

# V Congreso Mundial del Aguacate

Del 19 al 24 de Octubre de 2003  
Granada-Málaga



ACTAS: VOLUMEN I

*Consejería de Agricultura y Pesca*







**ACTAS (VOLUMEN I)  
PROCEEDINGS (VOLUME I)**

**V Congreso Mundial del Aguacate  
V World Avocado Congress**

**Título:**

V Congreso Mundial del Aguacate. Actas (Volumen I).

**©:**

JUNTA DE ANDALUCÍA  
Consejería de Agricultura y Pesca.

**Publica:**

Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

**© Textos:**

Autores.

**© Ilustraciones:**

Autor/es.

**Colección:**

Congresos y Jornadas.

**Serie:**

Fruticultura.

**Dep. Legal:**

SE-3282-2003.

**Maquetación e Impresión:**

A.G. Novograf, S.Á. (Sevilla).

## **COMITÉ ORGANIZADOR / ORGANIZING COMMITTEE**

### **COMITÉ EJECUTIVO / EXECUTIVE COMMITTEE**

Fernando Pliego Alfaro  
José María Farré Massip  
José Manuel Acosta Pérez  
Araceli Barceló Muñoz  
Carlos López Herrera  
José García Faraco  
Julián Díaz Robledo  
José Antonio Bustos Fernández

### **COORDINADOR COMITÉ CIENTÍFICO / CHAIRMAN OF SCIENTIFIC COMMITTEE**

Iñaki Hormaza Urroz

### **COORDINADOR VISITAS TÉCNICAS / TECHNICAL TOURS COORDINATOR**

José María Hermoso González

### **ENTIDADES CIENTÍFICAS / SCIENTIFIC INSTITUTIONS**

C.I.F.A.                      C.S.I.C.                      U.M.A.

### **SECTORES VIVERISTA, PRODUCTOR, INDUSTRIAL Y COMERCIAL / NURSERY, PRODUCTION, INDUSTRIAL AND COMMERCIAL SECTORS**

Ecohal Málaga  
Trops  
Brokaw España  
FAECA  
Eurobanan  
Campaña Verde  
Viveros Blanco  
Viveros Canarias  
Micoma  
Procam  
Aguacates Royal  
Viveros Velavo  
Marmosa

## PATROCINADORES / SPONSORS

**Consejería de Agricultura y Pesca  
Junta de Andalucía**  
[www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)

**Unicaja**  
[www.unicaja.es](http://www.unicaja.es)

## COLABORADORES / CONTRIBUTORS

**Ecotal**  
[www.ecotalmalaga.com](http://www.ecotalmalaga.com)

**Diputación Provincial de Málaga**  
[www.dipumalaga.org](http://www.dipumalaga.org)

**Caja Rural de Granada**  
[www.cajarural.com/granada](http://www.cajarural.com/granada)

**Trops**  
[www.sat2803.com](http://www.sat2803.com)

**Ayuntamiento de Vélez-Málaga**  
[www.ayto-velezmalaga.es](http://www.ayto-velezmalaga.es)

**F.A.E.C.A.**  
[www.faeca.es](http://www.faeca.es)  
[www.faecagranada.com](http://www.faecagranada.com)

**Campaña Verde Ecosol, S.L.**  
[www.campinaverde.com](http://www.campinaverde.com)

**Viveros Canarias**  
[www.viveroscanarias.com](http://www.viveroscanarias.com)

**Procam, S.C.A.**  
[www.procamsca.es](http://www.procamsca.es)

**Viveros Velavo, S.L.**  
Tel. 952 51 13 54 // Fax 952 55 05 99

**Ayuntamiento de Algarrobo**  
Fax 952 55 24 23

**Ayuntamiento de Almuñécar**  
[www.almunecar-ctropical.org](http://www.almunecar-ctropical.org)

**Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**  
[www.mapya.es](http://www.mapya.es)

**Cajamar**  
[www.cajamar.es](http://www.cajamar.es)

**Bacardi España, S.A.**  
Tel. 954 65 56 91-954 65 56 93

**Brokaw España, S.L.**  
Tel. 952 03 03 62 // Fax 952 50 09 80

**Grupo Arc Eurobanan**  
[www.eurobanan.com](http://www.eurobanan.com)

**Viveros Blanco, S.L.**  
[www.agroes.com/viverosblanco](http://www.agroes.com/viverosblanco)

**Micoma**  
Telf. 952 46 58 69 // Fax 952 66 49 00

**Aguacates Royal**  
Telf. 952 43 53 30 // Fax 952 62 21 71

**Marmosa Soc. Coop. And.**  
[www.es.geocities.com/pk50es](http://www.es.geocities.com/pk50es)

## ENTIDADES CIENTÍFICAS COLABORADORAS / SCIENTIFIC INSTITUTIONS

**CIFA / IFAPA**  
[www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca)

**C.S.I.C.**  
[www.csic.es](http://www.csic.es)

**UMA**  
[www.uma.es](http://www.uma.es)

**INDICE  
(TABLE OF CONTENTS)**

**VOLUMEN I  
(VOLUME I)**

**RECURSOS GENÉTICOS (GENETIC RESOURCES)**

	Pág.
<b>The israeli avocado germplasm bank: where and why the items had been collected.</b>	
A. Ben-Ya'acov, M. Zilberstaine, M. Goren and E.Tomer . . . . .	13
<b>The <i>Persea</i> germplasm resources potential as discovered during an international collection project.</b>	
A. Ben-Ya'acov and A. Barrientos P. . . . .	21
<b>The mountain avocado of Costa-Rica. <i>Persea americana</i> var. <i>costaricensis</i>, a new sub-species.</b>	
A. Ben-Ya'acov, A. Solis-Molina and G. Bufler . . . . .	27
<b>The wild avocado of Monteverde, Costa Rica.</b>	
A. Ben-Ya'acov, A. Solis-Molina and G. Bufler . . . . .	35
<b>Catálogo de cultivares de aguacatero (<i>Persea americana</i> Mill.) en Cuba.</b>	
N.N. Rodríguez-Medina, V.R. Fuentes-Fiallo, J.B. Velázquez-Palenzuela, G.L. González-García, D.G. Sourd-Martínez, J.A. Rodríguez-Rodríguez e I.M. Ramírez-Pérez . . . . .	39
<b>Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de cultivares de aguacatero (<i>Persea americana</i> Mill.) en Cuba.</b>	
N.N. Rodríguez-Medina, W. Rohde, C. González-Arencibia, I.M. Ramírez-Pérez, J.L. Fuentes-Lorenzo, M. A. Román-Gutierrez, X. Xiqués-Martín, D. Becker y J.B. Velázquez-Palenzuela . . . . .	47
<b>Genetic diversity analysis of Taiwan avocado accessions.</b>	
T.-L. Chang , M.-T. Lu, C.-A. Liu and I.-Z. Chen . . . . .	55
<b>Uso potencial de la raza antillana como fuente de resistencia a la podredumbre radicular del aguacate.</b>	
L. Gallo Llobet, A. Rodríguez Pérez, F. Siverio de la Rosa, S. Díaz Hernández, y P. Domínguez Correa . . . . .	61
<b>Molecular approaches for the characterisation of ghanaiian avocado pear (<i>Persea americana</i> Mill.) germplasm.</b>	
K.T. Taah, P.G. Alderson and J.B. Power . . . . .	69



## BIOTECNOLOGÍA (BIOTECHNOLOGY)

<b>Zygotic embryo culture and mutation breeding in avocado (<i>Persea americana</i> Mill).</b>	
J.L. Fuentes-Lorenzo, N.N. Rodríguez-Medina, L. Santiago-Hernández, Y. Valdés-Carbonel, I. Ramírez-Pérez, B. Velazquez-Palenzuela, E. Prieto-Miranda and M. Guerra-Torrez . . . . .	73
<b>Efecto de la desecación parcial sobre la germinación de embriones zigóticos inmaduros de aguacate.</b>	
C. Sánchez-Romero, R. Perán-Quesada, B. Márquez-Martín, A. Barceló-Muñoz y F. Pliego-Alfaro . . . . .	83
<b>Embriogénesis somática de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill. cv. Hass).</b>	
I. Vidales-Fernández, R. Salgado-Garciglia, M.A. Gómez-Lim, E. Ángel-Palomares y H. Guillén-Andrade . . . . .	89
<b>Factores que afectan a la obtención de embriones somáticos blanco-opacos de aguacate.</b>	
B. Márquez-Martín, C. Sánchez-Romero, R. Perán-Quesada, A. Barceló-Muñoz y F. Pliego-Alfaro . . . . .	97
<b>Influencia de espacios de crecimiento, temperaturas e intensidades de luz en la conservación <i>in vitro</i> de germoplasma de aguacate.</b>	
M. E. Angel Palomares, I. Vidales-Fernandez, H. Guillén-Andrade y R. Salgado-Garciglia . . . . .	103
<b>Cryopreservation of avocado.</b>	
D. Efendi and R. E. Litz . . . . .	111
<b>Genetic transformation of avocado.</b>	
S. Raharjo, Witjaksono, D. Efendi, I. Suarez, I. Gasca Vazquez, M. A. Gomez-Lim and R. E. Litz . . . . .	115
<b>Rescue of genetically transformed avocado by micrografting.</b>	
S. Raharjo and R. E. Litz . . . . .	119

## VARIETADES Y PATRONES (CULTIVARS AND ROOTSTOCKS)

<b>Desarrollo de técnicas para la copia de árboles de palto sobresalientes en Chile.</b>	
M. Castro, C. Fassio, N. Darrouy y M. Aedo . . . . .	123
<b>Evaluation of new 'Hass'-like avocado cultivars in South Africa.</b>	
S. Kremer-Köhne and M. L. Mokgalabone . . . . .	129
<b>Calidad de fruto en una colección de cultivares de aguacate.</b>	
J.M. Hermoso y J.M. Farré . . . . .	135
<b>Varietales de aguacate para el trópico: Caso Colombia.</b>	
D. Ríos Castaño y R. Tafur Reyes. . . . .	143
<b>Experiments with Ettinger cultivar grafted on clonal avocado rootstocks, in Israel.</b>	
A. Ben-Ya'acov , E. Michelson and I. Sela . . . . .	149

<b>Determinación de rangos de variabilidad en los niveles de producción de palto cv Hass sobre portainjertos de semilla de raza mexicana en Chile.</b>	
M. Castro, C. Fassio , N. Darrouy y A. Ben Ya'acov . . . . .	155
<b>Comportamiento a largo plazo de los cvs. Fuerte y Hass sobre los portainjertos Lula y Topa-Topa en suelo pizarroso.</b>	
J.M. Hermoso, J.T. Soria, J.C. López y J.M. Farré . . . . .	161
<b>Evaluación agronómica de nuevos patrones clonales de aguacate seleccionados por su alta productividad en el sur de España.</b>	
L. Olalla, J.L.Vivar, F. Jurado ,J.T. Soria, I. Imbroda, I. Jurado y A. Barceló . . . . .	167
<b>Horticultural characteristics of Hass avocado on commercial clonal and seedling rootstocks in California.</b>	
L. S. Rose . . . . .	171
<b>Comparación de aguacates cv. Hass cultivados en distintas áreas agroclimáticas.</b>	
J.M. Hermoso y J.M. Farré . . . . .	177

## MANEJO Y TÉCNICAS DE CULTIVO (CULTURE MANAGEMENT AND PRACTICES)

<b>Contribución al estudio del cambio de variedad en vergeles adultos de aguacatero (<i>Persea americana</i> Mill).</b>	
R. Martínez, J. Romero, R. Martínez-Valero y H. Gimeno . . . . .	181
<b>Contribución al estudio de la fecha del anillado con relación al porcentaje de inflorescencias determinadas e indeterminadas en el aguacatero (<i>Persea americana</i> MILL).</b>	
R. Martínez, R. Pellegrini, R. Martínez-Valero y H. Gimeno . . . . .	185
<b>Influencia del rayado de tronco en la entrada en producción de árboles de Hass fuertemente podados.</b>	
E. Guirado y J.M. Farré . . . . .	191
<b>Efectos de seis tipos de materia orgánica en el crecimiento y la productividad de aguacates jóvenes con baja fertilización nitrogenada.</b>	
J.M. Hermoso, M.D. Torres y J.M. Farré . . . . .	195
<b>Comparison of freezing protectant sprays applied to avocado trees.</b>	
R. McNeil, D. Medders and R. Guzman . . . . .	199
<b>Avocado planting systems.</b>	
B. Faber, G. Thorp and A. Barnett . . . . .	203
<b>Análisis de factores de adopción de innovaciones que favorecen la sustentabilidad ambiental en explotaciones de aguacate del litoral mediterráneo español.</b>	
S. Sayadi, J. Calatrava Requena y E. Guirado Sánchez . . . . .	209

## FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN (FLOWERING, FRUIT SET AND FRUIT DEVELOPMENT)

<b>Evidence for wind-mediated, self and cross pollination of 'Hass' avocado trees growing in mediterranean environments.</b>	
T.L. Davenport	.221
<b>Flowering of avocado (<i>Persea americana</i> mill.) as influenced by gibberellic acid treatments.</b>	
A. T. Bruwer and P.J. Robbertse	.227
<b>Anomalías morfológicas y fisiológicas del ciclo floral del aguacate en la costa de Almería.</b>	
C. Cabezas, J.J Hueso y J. Cuevas	.231
<b>Identificación y descripción de los estados fenológicos-tipo del aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.).</b>	
C. Cabezas, J.J. Hueso y J. Cuevas	.237
<b>Flowering behaviors of Taiwan avocado cultivars.</b>	
I.-Z. Chen, M.-T. Lu, T.-M. Jong and T.-L. Chang	.243
<b>The effect of cross-pollination by nurse limbs on Hass avocado production after topworking</b>	
R. McNeil and M. Beard	.251
<b>The effectiveness of the western bumblebee in pollinating Hass avocado trees.</b>	
R. McNeil and W. Pidduck	.253
<b>Contribución al estudio de la evolución del crecimiento del fruto del cv. Hass (<i>Persea americana</i> Mill) con respecto al tiempo en las condiciones ecológicas del área de Motril (Granada, España).</b>	
R. Martínez, J. J. Martínez, R. Martínez-Valero y J. Martínez	.257
<b>Girdling of Hass avocado trees to increase fruit yield and income in "off" years in a California coastal valley.</b>	
R. McNeil and G. Parsons	.263
<b>Efecto del Uniconazol-p (Sunny") sobre el crecimiento y productividad de paltos cv. Hass en Chile.</b>	
F. Mena, F. Gardiazabal, C. Magdahl, A.W. Whiley, T. Cantuarias, C. Wilhelmy y F. González	.267

## RIEGO Y ECOFISIOLOGÍA (IRRIGATION AND ECOPHYSIOLOGY)

<b>Manejo del riego del aguacate mediante el uso de dendrómetros.</b>	
D. Medina , R. Gómez y J. Windler	.273
<b>Contribución al estudio comparativo entre la eficiencia del riego por goteo y la microaspersión en el aguacatero (<i>Persea americana</i> Mill) con relación al agua mojada en saturación del suelo.</b>	
R. Martínez, P. Melgarejo, D. Salazar y R. Martínez-Valero	.283

<b>Comparación de riego por goteo y microaspersión en árboles adultos del cv. Reed.</b>	
J.M. Hermoso, M.D. Torres y J.M. Farré . . . . .	289
<b>Aplicación intermitente de agua sobre el follaje del aguacate Hass.</b>	
J.M. Hermoso <sup>1</sup> , J.T. Soria, S. Cortés y J.M. Farré . . . . .	295
<b>Plantaciones en colinas de frutos subtropicales. influencia de la orientación y la cota en la demanda evaporativa.</b>	
E. Guirado y J.M. Farré . . . . .	301
<b>Aspectos energéticos de la floración y productividad del aguacate Hass.</b>	
M.A. Pérez de Oteyza , J.M. Hermoso González y J.M. Farré Massip . . . . .	305
<b>Evaluación del ciclo fenológico del palto (<i>Persea americana</i> Mill) cv. Hass para la zona de la irrigacion Santa Rosa, Perú.</b>	
J.J Rosales, G. Parodi y B. Carlini . . . . .	311
<b>Efecto del fertirriego en la incidencia de <i>Sphaceloma perseae</i> J. en el cultivo de <i>Persea americana</i> M. en Michoacán, México.</b>	
J.A. Vidales Fernández, L.M. Tapia Vargas, J.L. Aguilera Montañés, J.J. Alcantar Rocillo, V.M. Coria Avalos, J. Anguiano Contreras y B.N. Lara Chavez . . . . .	317
<b>Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate <i>Persea americana</i> cv. "Hass" en Michoacán, México.</b>	
J. Anguiano-Contreras, V.M. Coria-Avalos, J.A. Ruíz-Corral, G. Chávez-León y J.J. Alcántar-Rocillo . . . . .	323
<b>Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) para paltos cv. Hass en Chile.</b>	
F. Gardiazabal, C. Magdahl, F. Mena y C. Wilhelmy . . . . .	329
<b>Environmental regulation of photosynthesis in avocado trees – a mini-review.</b>	
B. Schaffer and A.W. Whiley . . . . .	335
<b>Major update of two avocado software programs Avoman and Avoinfo.</b>	
S.F. Mulo and S.D.E. Newett . . . . .	343

## NUTRICIÓN MINERAL (MINERAL NUTRITION)

<b>Avocado mineral nutrition. The water-nutrients relationship.</b>	
E. Lahav and A. Aycicegi-Lowengart . . . . .	349
<b>Análisis de diferentes tejidos como indicadores del nivel de boro en el árbol de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.).</b>	
B. Razeto , C. Granger y T. Fichet . . . . .	359
<b>Contenido de macro y microelementos en hojas, flor y fruto de aguacate "Hass" en la region de Uruapan, Michoacán.</b>	
O.A.E. Bárcenas , E.J Molina, M.F. Huanosto y P.S. Aguirre . . . . .	365
<b>La fertilizacion en "sitio específico" incrementa los rendimientos y el tamaño de la fruta del aguacate en Mexico.</b>	
S. Salazar-García e I. Lazcano-Ferrat . . . . .	373

<b>Nutrición B, Zn y Cu del aguacate. Comparación de métodos de fertilización.</b>	
M.D. Torres, J.M. Hermoso y J.M. Farré . . . . .	381
<b>Nutrición PK del aguacate. Resumen de dos experimentos de 29 años.</b>	
J.M. Hermoso, S. Jaime, M.D. Torres y J.M. Farré . . . . .	387
<b>The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted Hass avocado on mexican seedling rootstocks.</b>	
P. Rengrudkij and G. J. Partida . . . . .	395
<b>Indices de referencia nutrimental N, P y K en aguacate (<i>Persea americana</i>, mill) var. "Hass" bajo fertirriego en Michoacán, México.</b>	
L.M. Tapia, J. L. Aguilera, J.L. Rocha, S. Cruz y J. Z. Castellanos . . . . .	401

**PRÁCTICAS DE VIVERO. PROPAGACIÓN. MICORRIZAS  
(NURSERY PRACTICES. PROPAGATION. MYCORRHIZAE)**

<b>Formación estructural de plantones de aguacate en vivero.</b>	
V.M. García-Cañizares, R. Brokaw, L. Rocha y R. G. Raya . . . . .	409
<b>Elementos minerales y carbohidratos en plantones de aguacate 'Carmen' inoculados con micorrizas arbusculares.</b>	
S.V. da Silveira, P.V.D. de Souza, O.C. Koller y S.F. Schwarz . . . . .	415

## THE ISRAELI AVOCADO GERMPLASM BANK: WHERE AND WHY THE ITEMS HAD BEEN COLLECTED

A. Ben-Ya'acov<sup>1</sup>, Miriam Zilberstaine<sup>2</sup>, M. Goren<sup>3</sup> and E. Tomer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> "Granot" Regional Research Center. D.N. Chefer 38100. Israel.

E-mail: [mirzil@shaham.moag.gov.il](mailto:mirzil@shaham.moag.gov.il)

<sup>2</sup> Dept. of Plant Protection. Ministry of Agriculture. Extension Service. Bet-Dagan 50250. Israel. E-mail: [mirzil@shaham.moag.gov.il](mailto:mirzil@shaham.moag.gov.il)

<sup>3</sup> A R O., Volcani Center. Bet-Dagan, Israel

### SUMMARY

Avocado seeds and graftwood were collected during the last 2-3 decades in different countries and introduced into Israel. Material that was not aimed to be evaluated as cultivars, was planted in a new gene pool orchard. This orchard includes about 200 trees, consisting of 148 different accessions. A list of these 148 different accessions is included in the article, with a description of their origin and more information.

The Israeli germplasm avocado bank is aimed to conserve endangered avocado material and to serve as a source for breeding work for new cultivars and rootstocks.

### BACKGROUND

The introduction of the avocado into Israel is a continuous process, commenced in the 1930's. Seeds from different sources, graftwood and even grafted plants were introduced, and this became the grain of a successful industry, distributed all over the country, in the last 30 years.

More recently, it has become necessary to enlarge the genetic base of the propagation material, to ensure the survival of the industry. After a wide survey in countries of origin, followed by collection work, a germplasm bank was established in Israel. The rapid disappearance of many native populations was the catalyzer for this project.

## METHODS

Avocado vegetal material can be conserved by one method only - as a whole plant, grown in any media. The Israeli genepool is grown as a regular orchard in Volcani Center in which 200 trees are included. Most of the trees are grafted on West Indian rootstocks, even if the introduction material was seeds. In some cases the original seedling, grown from the introduced seed, is the one planted in the genepool.

The plot, grown in six rows, each of them representing a group of *Persea* material: 1. West-Indian, 2. *Persea* species, excluding *americana*. 3. Not-identified items, 4. Guatemalans, 5 Conservation of interesting - not commercial – cultivars and rootstocks. 6. Mexicans. Altogether 148 different accessions are included.

The choice of material to be included in the germplasm bank was dictated by several factors:

- 1) The limited room: 198 places for trees,
- 2) The number of representatives for each accession: many of them got two representatives.
- 3) The importance of the accession to be conserved:
  - One) Is it a representative of a special population, especially endangered or neglected one?
  - Two) Is it a representative of a distinctive botanical group?
  - Three) Does it show resistance to one or more of the main avocado growing obstacles, such as root-rot, salinity, poor aerated soil, etc?
  - Four) Does it show any important characteristics as a cultivar, and so it can be included in a breeding program?
  - Five) Commercial cultivars and rootstocks were excluded.
  - Six) In general, only material compatible with avocado was included.

## RESULTS

The Bet-Dagan gene pool orchard now includes 194 trees, propagated from 148 accessions, and 4 free locations to be soon planted (37 with a new row).

The complete list of accessions is presented in Table 1, and a summary of the list according to country and identification - in Table 2.

Table 2: A summary of the list of accessions in Bet-Dagan genepool orchard.

Original Country	Persea americana sub-species				Other Persea & Beilschmedia species	Total
	Mexican	Guatemalan	West Indian	Not identified		
Canary Islands			6	1	1	8
Colombia			1			1
Costa Rica		1	9	10		20
Ecuador	3		5	5		13
Guatemala		4			10	14
Honduras		3	4	1	2	10
Israel		1				1
Jamaica			1	2		3
Malaysia			2			2
Mexico	13	11	13	5	8	50
Panama			2			2
Puerto Rico			2			2
Spain				5		5
USA	4	2	1	9	1	17
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>46</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>148</b>

## DISCUSSION

The Volcani Center avocado genepool in Israel, although limited in space, has a high variability that represents a big portion of the avocado world germplasm.

In regard to the Mexican race (*Persea americana*, Var, *Drymifolia*), we very rarely found any resistance to known stress factors in Israel and we do not expect to produce any new cultivar through breeding. It is most tolerant to low temperature and some of the items included in the genepool are already known for this characteristic.

The Guatemalan race (*Persea americana* Var. *Guatemalensis*), could be a good source for a new cultivar, but it is not expected to produce resistant rootstocks. Some of the items conserved from these two races are included because they show "primitive" traits of the race.

The West Indian avocado (*Persea americana*, Var. *Americana*) is important in Israel because it shows resistance to salinity. Hence, this group has more representatives in the gene pool than the former two groups.

The non-identified group of the avocado should receive more attention, as some hybrids are included here and some other could be older forms of *Persea americana*, from which the known races were developed.

Out of *Persea americana*, we got 22 items in the genepool. 21 of them are *Persea* species, such as *Persea schiedeana*, which differ in many characters from *P. americana*, and have not yet produce any fruits in Israel. The other *Persea* species are mostly close relatives of the *Persea americana*, and in our opinion are primitive types of the *americana*. There are also some representatives of the *Eriodaphne* sub-genera, such as *P. borbonia* and *P. Indica*, and one *Beilschmedia* species from Chile.



May 19, 1998

Table 1: Alphabetical list of accessions included in Bet-Dagan genepool, their location in the orchard and their description

	Row/Tree	Country of Origin	State or Region	Type/race	Description
Aguacate de Anis	7/33, 9/18	Honduras	San Pedro Sula	Guatemalan?	Anise smell of fruit
Aguacate de Monte	7/29	Costa Rica	Alajuela	Ag. de Monte	Endemic type
Aguacatitlan	10/13	Mexico	Mexico state	Mexican	Old tree
Amatenango	8/21	Mexico	Chiapas	Guatemalan	Primitive type
Amatlan	8/14	Mexico	Nayarit	West Indian	Isolated tree
Antigua	5/11-12	Mexico	Vera Cruz	West Indian	Dwarfing type
Apakia 1	8/8	Ecuador	Chota Valley	Hybrid?	Primitive type
Apakia 2	8/7	Ecuador	Chota Valley	Hybrid?	Primitive type
Aquila 1	10/2	Mexico	Vera Cruz	Mexican	Very primitive
Aquila 2	10/3	Mexico	Vera Cruz	Mexican	Very primitive
Arbol 1	7/22, 28	Panama	Chiriqui	West Indian	
Arbol 2	7/21, 26	Panama	Chiriqui	West Indian	
Argui 1	7/11	Canary Isl.	Grand Canary	West Indian	Arid zone
Argui 3	7/15-16	Canary Isl.	Grand Canary	West Indian	Arid zone
Avocataosa 2	5/15	Mexico	Nayarit	West Indian	Primitive and strong
Avocataosa3	5/26	Mexico	Nayarit	West Indian	Primitive and strong
Baños	10/4	Ecuador	Baños	Mexican	Big 'Nacional
Basaldua (1)	10/12	Mexico	Michoacan	Mexican	Cultivar-big fruit
Blue Mts 1	9/30-31	Jamaica	Blue Mountains	Not identified	Local type
Blue Mts 2	9/32-33	Jamaica	Blue Mountains	Not identified	Local type
Beilschmedia miersii	6/28	Chile	Quillota	Bielschmedia Miersii	Belloto
Borchard	9/4	USA	California	Mexican	Lime tolerant
Buena Fe 2	9/17	Ecuador	Pacific Coast	West Indian	Special type
Buena Fe 3	9/20	Ecuador	Pacific Coast	West Indian	Special type
CH-C11 Pahua (4)	9/6-7	Mexico	Tochimilco	Guatemalan	Pahua
CH-G 26/5 (3)	10/21, 33	Mexico	Chiapas	Mexican	Amatenango S4
Comitan 1	8/26	Mexico	Chiapas	Guatemalan	Primitive type
Comitan 3	8/15	Mexico	Chiapas	Guatemalan	Primitive type
Costa Rica 4	5/27	Costa Rica	Peninsula Nicoya	West Indian	Inundation tolerant
Cuevas	8/13	Mexico	Chiapas	Guatemalan	
Damian 1	10/16-17	Mexico	Motozintla	Mexican	Precocious
Damian 2	10/15	Mexico	Motozintla	Mexican	Precocious
Day	5/22	USA	Florida	Hybrid W.I.xMex	Cold resistant
Egami	7/12-14	USA	Hawaii	Guatemalan	
El Cercado	7/9-10	Spain	Malaga	Not identified	
El Charco 1	7/19	Spain	Malaga	Not identified	Old introduction
El Charco 2	7/17-18	Spain	Malaga	Not identified	Old introduction
El Charco 3	7/20	Spain	Malaga	Not identified	Old introduction
El Pino	7/25	Honduras	Atlantic Coast	West Indian	
El Venado 2	5/17	Mexico	Nayarit	Hybrid?	Strong tree
Fredi 4	7/30	Costa Rica	Poas de Aseri	Ag. de Monte	
Fredi 5	7/31	Costa Rica	Poas de Aseri	Ag. de Monte	
Fredi 7	10/31-32	Costa Rica	Poas de Aseri	Ag. de Monte	
Frowe	5/30	USA	Hawaii	West Indian	Cultivar

Row/Tree	Country of Origin	State or Region	Type/race	Description
Fuerta Negra	Mexico	Coatepec Harinas	Mexican	Good fruit quality
Gainsville	USA	Florida	Mexican	Frost resistant
Galvan	Mexico	Vera Cruz	West Indian	
Gordienko 1	Costa Rica	Atenas	West Indian	Rootrot resistant
Guacimal	Costa Rica	Guacimal	Not identified	Arid zone
Guadalupe 1	Mexico	Puebla	Not identified	
Guadalupe 2	Mexico	Puebla	Not identified	
Guat 1	Ecuador	Guayabamba	Not identified	Local hybrid
Guayabamba	Ecuador	Guayabamba	Mexican	'nacional' type
Guzman	Mexico	Nayarit	West Indian	Drought resistant
HAES 7315	USA	Hawaii	Hybrid	Cultivar
Hojancha 2	Costa Rica	Peninsula Nicoya	West Indian	Cultivar?
Huitepec 2	Mexico	Chiapas	Persea steyermarkii	
Huixtla	Mexico	Chiapas	West Indian	
IB Chalam	Mexico	Chiapas	Persea schiedeana	Old huge tree
IB Chalam B	Mexico	Chiapas	Persea schiedeana	Young tree
IB Chalam S	Mexico	Chiapas	Persea schiedeana	Seedling
Irigaray 141	Costa Rica	Guanacaste	Hybrid?	Arid zone
Irigaray 148	Costa Rica	Guanacaste	Hybrid?	Arid zone
Km 145	Mexico	Chiapas	Mexican	Primitive type
Km 43	Mexico		Mexican	
La Lucha	Guatemala	San Marcos	Persea nubigena	Young seedling
La Merced	Ecuador	Amazonas	West Indian	Special type
La Mesa	Chile	Quillota	Guatemalan	Cultivar candidate
La Piscina	Spain	Malaga	Not identified	Old tree
Las Americas	Honduras	Atlantic Coast	Guatemalan	Huge tree
Leyad Aro	Canary Isl.	Tenerife	Not identified	Strong tree
Lino	Honduras	Ocotepeque	Persea schiedeana	Called zucte
Llano Lindo 1	Costa Rica	Orotina	West Indian	Seedless fruit
Los Angeles 1	Costa Rica	Guacimal	Not identified	Arid zone
Los Angeles 3	Costa Rica	Guacimal	Not identified	Arid zone
Lula	USA	Florida	WI x Guat. Hyb.	Cultivar
Marichal	Costa Rica	Orotina	Not identified	
Maskaria 1	Ecuador	Chota Valley	Not identified	
Maskaria 3	Ecuador	Chota Valley	Not identified	
Mayo 133	USA	California	Mexican	Cultivar?
Mercado S. Pedro Sula	Honduras	San Pedro Sula	Guatemalan?	Ag. de anise
Mina 1 "S"	Costa Rica	Guanacaste	West Indian	Cultivar candidate
Mina 2 "S"	Costa Rica	Guanacaste	West Indian	Cultivar candidate
Miremar	Costa Rica	Limon	West Indian	Old and resistant
Miremar "S"	Costa Rica	Limon	West Indian	
Motozintla 3	Mexico	Motozintla	Guatemalan	Very primitive
Nabal 3	Israel	Volcani Center	Guatemalan	Salinity tolerant
Negra de la Cruz	Chile		Mexican	Cultivar
Nochan 3	Guatemala	Quetzaltepeque	Guatemalan	Market sample
Nevillero	Mexico	Vera Cruz	W.I.xGuat?	Flood resistant
No race	Mexico	Vera Cruz	Not identified	
Ocho Rios	Jamaica	North Coast	West Indian	
Orizaba 1	Mexico	Vera Cruz	West Indian	Market sample
Orizaba 3	Mexico	Vera Cruz	West Indian	Market sample

Row/Tree	Country of Origin	State or Region	Type/race	Description	
Orizaba 4	5/9	Mexico	Vera Cruz	West Indian	Market sample
Pacayal 1	9/21	Guatemala	Pochuta	Persea tolimanensis	Ag. de mico
Pacayal 5	9/29	Guatemala	Pochuta	Persea tolimanensis	Ag. de mico
Palestina	8/10-11	Guatemala	San Marcos	Guatemalan	Early ripening
P. americana C 2+ (2)	8/2	Colombia		Wild West Indian	
P. americana H1-72 (2)	8/3	Honduras		Not identified	Aguacate de anise
P. americana T2 (2)	8/9	USA	Hawaii		
P. borbonia (2)	6/31	USA	California	Persea borbonia	
P. cinerascens (2)	6/30	Mexico			
P. fluccosa H1-71 (2)	6/15-16	Mexico		Persea floccosa	
P. gigantea (2)	6/22	Honduras		Persea gigantea	
P. indica (2)	6/32-33	Canary Isl.		Persea indica	
P. longipes (2)	6/5, 10	Mexico		Persea longipe	
P. nubigena 1/7 (2)	6/17-18	Guatemala		Persea nubigena	Israeli selection
P. nubigena 1/8 (2)	6/21	Guatemala		Persea nubigena	Israeli selection
P. schiedeana Var. (2)	6/7	Guatemala		Persea schiedeana	
P. schiedeana 46/05(2)	6/1-2	Guatemala		Persea schiedeana	
P.i.s. 6915	8/16	USA		Hawaii	
Progreso	5/6	Honduras	Progreso	West Indian	Market sample
Puerto Jimenez	5/10	Costa Rica	Peninsula OSA	West Indian	Old, huge tree
Puerto Viejo	8/4-5	Costa Rica	Sarapiqui	Guatemalan	
Rio Negro 1	10/20	Ecuador	Amazonas	Mexican?	
Rio Negro 2	9/22-23	Ecuador	Amazonas	West Indian	Special type
Rirotonga A (2)	5/20	Malaysia		West Indian	Flooding tolerant
Rirotonga B (2)	5/21	Malaysia		West Indian	Flooding tolerant
Rocja	6/13-14	Guatemala	Alta Vera Paz	Persea schiedeana	Very primitive
Rollie	8/1	USA	California	Guatemalan	
San Cristobal	8/12	Mexico	Chiapas	Guatemalan	Market sample
San Cristobal Mer 35	8/28	Mexico	Chiapas	Guatemalan	Market sample
San Cristobal Mer 36	8/29	Mexico	Chiapas	Guatemalan	Market sample
San Javier 1	7/1-2	Canary Isl	La Gomera	West Indian	
San Javier 8	7/3-4	Canary Isl	La Gomera	West Indian	
San Marcos	8/6, 30	Guatemala	San Marcos	Guatemalan	Cultivar candidate
San Rafael	7/23, 27	Guatemala	San Marcos	Guatemalan	
San Sebastian 10	5/8	Canary Isl.	La Gomera	West Indian	
San Sebastian 11	5/7	Canary Isl.	La Gomera	West Indian	
Semil 34	9/11	Puerto Rico		West Indian	Tested as cultivar
Semil 43	8/12	Puerto Rico		West Indian	Tested as cultivar
Sholoia 1	8/23	Mexico	Chiapas	Guatemalan	
Sholola 6	8/20	Mexico	Chiapas	Guatemalan	
Tantima 2	5/28, 33	Mexico	Vera Cruz	West Indian	Wild tree
Tantima 3	10/18-19	Mexico	Vera Cruz	Mexican	Wild tree
Tapachula	5/4	Mexico	Chiapas	West Indian	Big seedling
Tela 2	5/3	Honduras	Tela	West Indian	Market sample
Tela 3	5/5	Honduras	Tela	West Indian	Market sample
Tezuitlan	10/9	Mexico	Vera Cruz	Mexican	
Tochomilco 1	10/27, 30	Mexico	Puebla	Mexican	Oldest tree
Toro Blanco	5/13	Mexico	Vera Cruz	West Indian	Flood tolerant
Toro Canyon	9/5	USA	California	Mexican	Pc tolerant
Tzontehuitz	6/8-9	Mexico	Chiapas	Persea sreyermarkii	Wild population

	Row/Tree	Country of Origin	State or Region	Type/race	Description
Trapp	9/1	USA	Florida		Cultivar
Urdesa "S"	10/22-23	Ecuador	Pacific Coast	West Indian	Special type
Xichoy 1	6/26	Guatemala	Tecpan	Persea nubigena	Old huge tree
Xichoy 1 "S"	6/23	Guatemala	Tecpan	Persea nubigena	Seedling

(1) Brought to Israel from Hawaii

(2) Brought to Israel from Riverside, California

(3) Material was taken from low altitude CICTAMEX genepool, trees 137, 135

(4) Material was taken from high altitude CICTAMEX genepool, trees 8, 9



## THE *PERSEA* GERMPLASM RESOURCES POTENTIAL AS DISCOVERED DURING AN INTERNATIONAL COLLECTION PROJECT

A. Ben-Ya'acov<sup>1</sup> and A.Barrientos P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Granot" Regional Research Center, D.N. Chefer 38100, Israel  
E-mail: [mirzil@shaham.moag.gov.il](mailto:mirzil@shaham.moag.gov.il).

<sup>2</sup> Universidad Autonoma Chapingo, Mexico. E-mail:[abarrien@mail.com](mailto:abarrien@mail.com)

### SUMMARY

During a long-term project many hundreds of avocado and other *Persea* trees were surveyed, and a few hundred were collected and conserved. Evaluation of the genepool for horticultural purposes has been commenced.

The most important general conclusions are: 1. The diversity of the avocado resources is still very high. 2. In many places and centers of origin important material was lost forever. 3. Many other representatives of the avocado groups and avocado relatives are in an endangered situation. 4. Based on this work and other sources, the exploration and collection should be continued, in order to preserve important resistant traits.

### BACKGROUND

The avocado (*Persea americana*) and its close relatives-other species of the sub-genus *Persea* – are native to tropical America and became endangered through the process of forest eradication. It is most important to rescue enough material from those endangered populations in order to have a germplasm bank with high diversity and a big potential of resistance to limiting factors. The future of the avocado industries depends on the existence and study of this genepool.

### METHODS

After dealing with the avocado germplasm subject for several years, we managed to start an international project in 1989.

Its objective was to study the avocado germplasm resources, as well as those of other *Persea* species, under different ecological conditions in Central and South America, and their potential as horticultural material.

During the years 1989-1996 exploration trips were done in the countries of origin, and the tree populations were described. Many places were visited 3 or 4 times, in order to see flowers in the blooming season or to collect seeds from a ripened fruit.

The field exploration and collection of material was followed by the establishment of gene pool orchards in Mexico, Guatemala, Costa Rica and Israel. In these countries, cooperation with local scientists was continued during the whole period. Cooperation with local people for a shorter period was established in Honduras, Panama, Ecuador, Peru and Chile. Material was collected also in the USA, Hawaii and Spain before and during the period of this project.

Parallel to the exploration and collection, a biochemical study was carried on by Dr. G. Bufler in Hohenheim University, Stuttgart, Germany. DNA study by different methods helped to establish "finger-print" of individual accessions. Database of avocado material was established in which avocado passport data and molecular data is included. Avocado descriptors was written by the team of this research – A. Barrientos, L. Lopez-Lopez, M.W. Borys (Mexico), G. Bufler (Germany) and A. Ben-Ya'acov (Israel), and published by the IPGRI, Rome.

In the present article, the germplasm potential of the *Persea*, as found during the project will be described.

## RESULTS AND DISCUSSION

The germplasm explored during the International project will be listed according to its botanical classification.

### 1. Genus: *Persea*, sub-genus *Persea*.

#### 1.1. Species: *Persea americana*

##### 1.1.1. Sub-species: *Drymifolia* (Mexican avocado)

This avocado race is well distributed in the highlands of Mexico. Many individual trees were explored in the states of Vera-Cruz, Puebla, Mexico, Queretaro, Gerero, Michaoacan and Guanojuato. The most primitive population was found in the village of Aquila, in Vera Cruz. The oldest known Mexican avocado tree was found in the village of Tochimilco, in the Puebla state. This tree was planted before the Conquest. The Mexican avocado trees in the state of Chiapas are a minority, among the Guatemalan trees. They are called "Tzi-tzi". It looks easy to distinguish the "Mexican" trees among their "Guatemalan" neighbors, as the race characteristics of each group are very clear and no intermediate type could be found. But the genetic analysis made in Germany has showed that many Guatemalan trees have Mexican identification traits and vice versa.

Avocado trees of the Mexican race can be found also in Guatemala, where they are called "Matul-obj", and as in Chiapas, here also they are a minority among many Guatemalan trees. The only other big center of Mexican race avocado trees is the "Nacionales" of Ecuador. We do not know of any good explanation about the existence of source of this group of trees.

The horticultural potential of the Mexican avocado is mainly in the fact that this race is the hardest in regard to low temperatures. This could be taken in to account in breeding programs. In some cases, both in Mexico and in Ecuador, the trees stand a high concentration of lime in the soil. Very few "Mexican" avocado type trees were selected as commercial cultivars, although they have very

good flesh quality. "Negra de la Cruz" in Chile and Bacon in California were selected under colder climate conditions. In CICTAMEX genepool in Coatepec Harinas, Mexico, few cultivar candidates are included.

### **1.1.2. Sub-species: Guatemalensis (Guatemalan avocado)**

Many seedlings of the Guatemalan race are distributed in the highlands of Guatemala and Chiapas. Few trees can be found in other parts of Mexico or in Honduras. In regard to germplasm conservation, primitive types were collected. Their typical fruit is small, and its shell is thick and woody. The smooth seed is an important trait, typical to the Guatemalans, including the primitive ones. Scattered avocado trees mixed with pine trees in the village of Motozintla, Chiapas, are most typical to this "primitive" Guatemalan avocado trees. The "Aguacate de Mico", according to our experience, is also a "primitive" Guatemalan, and not another *Persea*.

The agricultural potential of the Guatemalan avocado is very high, as it is the best – and probably the only – source for selection of new commercial cultivars from native population. In Guatemala, many of the seedlings grown in backyards and in coffee plantations, have high productivity and excellent quality: their seeds are small, the skin is not too thick and the flesh is nice and tasty. The ripening season is between September and June; hence selection work can supply cultivars for a relatively long season.

In the highlands of Honduras, "Aguacate de Anis" was earlier described by Wilson Popenoe, and is easy to find even today. The tree and the fruit characteristics are typical of the Guatemalan race, but the fruit has a strong anise smell. For us, this is an exceptionally interesting Guatemalan avocado, of which the horticultural value should be evaluated.

### **1.1.3. Sub-species: Americana (the West-Indian avocado)**

We have surveyed the lowland avocado of this race all along the Pacific and the Atlantic oceans, from sea level and up to 1000m. above sea level from Sinaloa in Mexico to Ecuador (Pacific side) and from Vera Cruz in Mexico to Colombia (along the Atlantic shores). They can be found also in Hawaii, the Caribbean Islands, and the Canary Islands. There is an open question in regard to the place of origin, and the ways of distribution.

The West-Indian avocado shows a big diversity because of its wide distribution. A few typical groups are mentioned:

- The dwarfing West-Indian in the lowland of Vera Cruz, Mexico and in the Canary Islands
- A vigorous type in other parts of Mexico and Central America.
- Wild trees were found in Avocatosa, Nayarit, Mexico and in Sierra Tantima, Vera Cruz, Mexico.
- Seedling orchards are common to Tapachula, Chiapas, Mexico, to Southern Guatemala and to Brazil.
- Seedlings are well distributed in backyards in Yucatan and elsewhere. Many of the trees in Yucatan are rounder than typical West Indian.
- West-Indian cultivars were selected in Florida, Hawaii, Puerto Rico and Cuba. In the same countries, grafted orchards could be found.
- In Coastal Pacific areas of Costa Rica, many of the trees are different from those described in northern countries, and look like Guatemalan x West Indian hybrids. These populations show drought resistance, especially in Guanacaste, salt resistance – in the Nicoya peninsula and inundation resistance in Orotina.



- In the coastal Pacific area of Ecuador, both the trees and the fruit look different, and another type was found in the Amazonian basin and in the slopes of the Vulcan Sierra Madre del Santa Marta, in Colombia.
- Near the Cienaga Grande in Colombia, avocado seedlings are grown in so-called saline soil.

The horticultural potential of the West Indian avocado lies mainly in its resistance to soil retarding factors. West Indian seedling trees and West Indian seedling and clonal rootstocks are known for their resistance to lime induced chlorosis and salinity. It also looks more promising to select root-rot resistant rootstocks among the West Indian seedling population than in any others. On the other hand, the West Indian avocado is more sensitive to cold temperature and to poor aerated soil than other types.

The quality of the West Indian avocado fruit is not considered acceptable by most export markets. But in the Caribbean Islands and in Brazil, their quality is preferred. Hence, the potential of this race for cultivar breeding is limited to local markets.

#### **1.1.4. Not identified *P. americana* accessions**

The exact identification of the sub-species of the *Persea americana* is not easy in many cases but new methods of genetic analysis will make it possible to improve it in the near future. Some avocado groups don't have any clear and significant symptom of one of the three races described earlier, and we would like to mention them here.

##### **1.1.4.1. The Mountain avocado of Costa Rica**

In a study of avocado genetic resources the related species were explored in Costa Rica. It was found in this country that the native avocado population and its botanical relatives are unique and differ from those known from northern countries. One unique item is the mountain avocado of Costa Rica, hereby described as a new sub-species – *Persea americana* var. *Costaricensis*.

This is abundant type of avocado, distributed in elevations between 1200 and 2000m. above sea level. The fruit characteristics separate it from other known sub-species: it is much smaller than West Indian (*P. americana* var. *America*) and Guatemalan (*P. americana* var. *Guatemalensis*) avocados; it has a skin like the West Indian avocado in its pale green color, soft leathery texture, medium thickness and peelability, but a seed like the Guatemalan avocado in its oblate form and smooth surface.

##### **1.1.4.2. The avocado of Monte Verde, Costa Rica**

In the natural cloud forest of Monte Verde, Costa Rica, we found vigorous avocado trees, which produce big fruits. This type of avocado is called by local people Nubijena (Nubichena) but the fruit is much bigger than *Persea nubigena* fruit known from Guatemala.

##### **1.1.4.3. Old avocado trees of Southern Spain**

There are some dozens of old avocado trees near Malaga, on the southern coast of Spain. They were planted a long before the avocado industry was established, and probably from material brought by Spaniard explorers during the years of the occupation of Mexico. From leaves and fruit examination it was hard to decide whether they belong to the Mexican race (but with no anise smell) or to the Guatemalan one (but with smaller leaves and not typical fruit). Probably they are hybrids of these two races. Some of the trees were included in horticultural experiments in the station "La Mayora", and some were included in the Israeli gene pool, but no horticultural characteristics can be mentioned here.

### 1.2. Species: *Persea nubigena*

The last two centers of the *Persea nubigena* still exist in Guatemala: Around Cero Chichoy, in Tecpan, and in Miramundo, Jalapa. Both were described by the late Dr. E. Schieber. *P. nubigena* is a close relative of the Guatemalan avocado, and probably an ancestor of it. Lucille Kopp recommended a unification of the two groups.

Very little is known about the *Persea nubigena* as avocado rootstock, and as a fruit it does not have any value. But as it is endangered and a very important primitive type, it should be conserved immediately.

### 1.3. Species: *Persea steyermarkii*

This species differ from *P. nubigena* in a few botanical traits, and is considered to be a rare species. The species was described in San Marcos, Guatemala, but we did not manage to find it there. On the other hand, we found a big population of trees on the mountains of Chipas, near Tzontehuitz, north of San Cristobal de las Casas, and few trees in Huitepec, west of San Cristobal. Its horticultural value is not known.

### 1.4. Species: *Persea floccosa*

*Persea floccosa* was described in the past near the border of Vera Cruz and Puebla, in Mexico. At the present time we also managed to find it there. Items in the Israeli collection were brought from Riverside.

### 1.5. Species: *Persea schiedeana*

*Persea schiedeana* is the most distinctive of the subgenus *Persea*, and is compatible with avocado. It is well distributed throughout the avocado native land, from Central Mexico, through Central America and probably also in Colombia, with the popular name changing from country to country, and even in the same country: Chinini (Mexico), Hib or IB (Mexico-Chiapas), Coyo or Coyou (Northern Guatemala), Zucte or Chucte (Southern Guatemala and Honduras) and Yas or Jas (Costa Rica).

The fruit is very popular in Mexico and is sold in markets in the states of Vera Cruz, Puebla, Oaxaca, Tabasco and Chiapas. In some of these states the Chinini is cultivated as orchards of seedling trees. Probably there are "races" of the *Persea schiedeana*, that differ in botanical traits and in the elevation of distribution. The Yas of Costa Rica has huge trees but smaller fruits than the other local types, rounder and not edible. In the huge bi-national park of La Amistad, near the border of Costa Rica with Panama, the Yas is completely wild, as part of a primary forest.

It looks important to enlarge the genepool of the *Persea schiedeana*, and a big task of horticultural evaluation should be started with: rootstocks selection for avocado and for the *schiedeana*, grafting methods, and cultivar selection. Many of the trees produce poor ugly fruits, but in some trees excellent fruit can be found.

## 2. Genus *Persea*, sub-genus *Eriodaphne*

During the international project the emphasis was on the sub-genus *Persea*, as its species are compatible with the avocado.

Species of the sub-genus *Eriodaphne*, mostly incompatible with the avocado, were investigated randomly. Some of them are listed:

1. *Persea indica*: Native of the Canary Islands. Indicator for the presence of the Root Rot agent.

1. *Persea borbonia*: Resistant to *Phytophthora cinnamomi*.
2. *Persea cinerascens*.
3. *Persea lingue*: Native of Chile.
4. *Persea meyeniana*: Native of Chile.
5. *Persea longipes*: Native of Vera Cruz, Mexico.
6. *Persea vesticula*: Was investigated in Chiapas, Mexico.
7. *Persea donell-smithii*: Was investigated in La Cascada, Chiapas, Mexico and Alta Vera Paz, Guatemala.
8. *Persea caerulea*: In Costa Rica.

About 80 species belong to this subgenus, and the importance of their conservation is for the future, when propagation and hybridization will be easier.

### **Other interesting genera.**

The family Lauraceae is rich in many other genera, beside *Persea*. We have seen many *Ocotea* spp. and *Nectandra* spp. trees, but fruit appearance closer to the avocado can be found only in the genus *Beilschmedia*. In the states of Vera Cruz and Puebla, Mexico, one can find two important species, *B. mexicana* and *B. anay*. Both are edible but incompatible with the avocado. Selection of superior trees was done among those planted in coffee plantations. In Chile we collected seeds of *B. miersii*, a non-edible but interesting relative of the avocado.

## **REFERENCES**

- BARRIENTOS-PRIEGO, A.F., BEN YA'ACOV, A., LA CRUZ TORRES, E., LOPEZ-LOPEZ, L., BUFLER, G. AND BORYS, M.W. 1995 Descriptors for Avocado, IPGRI, Rome, Italy, In English and Spanish.
- BEN-YA'ACOV, A., BUFLER, G., BARRIENTOS-PRIEGO, A.F., DE LA CRUZ TORRES, E. AND LOPEZ-LOPEZ L. 1992 A study of avocado germplasm resources 1988-1990. 1. General description of the International project and its findings. Proc. of 2<sup>nd</sup> World Avocado Congress 1992. pp. 535-541.
- BERGH, B.O. 1992 The origin, nature and genetic improvement of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook 76: 61-75.
- KOPP, L.E. 1966 A taxonomic revision of the genus *Persea* in the Western hemisphere (*Persea*-Lauraceae). Mem. N.Y. Bot. Gar. 14: 1-120.
- POPENOE, W. 1935 Origin of the cultivated races of avocados. Calif. Avocado Assoc. Yearb. 184-194.
- SCHIEBER, E. AND ZENTMYER, G.A. 1978 Exploring for *Persea* in Latin America. Calif. Avocado Soc. Yearb. 63: 60-65.
- SCHROEDER, C.A. 1974 *Persea schiedeana*, the Coyo, a possible rootstock for avocado in South Africa. Calif. Avocado Soc. Yearb. 57: 18-23.
- SCORA, W.R. AND BERGH, B.O. 1990 Origin and taxonomy of avocado (*Persea americana*) Mill, Lauraceae, ACTA Horticulture 275: 387-394.

**This research was supported by the GIARA, German-Israeli Agricultural Research Agreement.**

## THE MOUNTAIN AVOCADO OF COSTA-RICA. *PERSEA AMERICANA* VAR. *COSTARICENSIS*, A NEW SUB-SPECIES

A. Ben-Ya'acov<sup>1</sup>, A. Solis-Molina<sup>2</sup> and G. Bufler<sup>3</sup>

<sup>1</sup> "Granot" Regional Research Center, D.N. Chefer 38100, Israel  
E-mail: [mirzil@shaham.moag.gov.il](mailto:mirzil@shaham.moag.gov.il)

<sup>2</sup> Ministry of Agriculture, San Jose, Costa Rica.

<sup>3</sup> Hohenheim University, Germany.

### SUMMARY

In a study of Avocado genetic resources, the related species were explored in Costa Rica. It was found in this country that the native avocado population and its botanical relatives are unique and differ from those known from northern countries. One unique item is the mountain avocado of Costa Rica, hereby described as a new sub-species-*Persea americana* var. *Costaricensis*.

This is an abundant type of avocado, distributed in elevation between 1200 and 2000 m. above sea level. The fruit characteristics separate it from other known sub-species: it is much smaller than West Indian (*P. americana* var. *Americana*), and Guatemalan (*P. americana* var. *Guatemalensis*) avocados, it has skin like the West Indian avocado in its pale green color, soft leathery texture, medium thickness and peelability, but a seed like the Guatemalan avocado in its oblate form and smooth surface. The possibility of being hybrid of the above mentioned two "races" discussed and contradicted.

**Key Words:** avocado, Costa Rica, germplasm, *Persea americana*

### BACKGROUND

The avocado genetic resources are located mainly in those parts of the world where destruction of native vegetation has reached an advanced stage. Many avocado relatives that were described in the literature about 20-30 years ago are no longer available.

In order to rescue these endangered species, and to enable further breeding research, a wide scale project has been operated since 1989 with the participation of Latin American, German and

Israeli scientists (Ben-Ya'acov et al. 1992). The stages included in the project are: exploration, collection, propagation, conservation and evaluation of many accessions, having wide diversity. The evaluation includes horticultural traits and a study of the DNA characteristics (Buefler and Ben-Ya'acov, 1992).

In Costa Rica, unique examples of avocado and its relatives were found, one of which is described in this article for the first time.

## METHODS

In Costa Rica, one of the countries included in the study of the avocado genetic resources, the program has included the following activities;

1. A general study of the ecological conditions in different regions.
2. A study of the flora based on the literature and herbariums.
3. Exploration trips.
4. Collection of representative accessions as well as material from outstanding trees.
5. Propagation and conservation.
6. Evaluation study

During the years 1990-1994 exploration trips were arranged in Costa Rica, and more than 60 accessions were collected as seeds, graftwood and germinating plants. The material was propagated and conserved in gene pools in Costa Rica (Wilson Botanical Garden), in Mexico (CICTAMEX) and in Israel (Volcani Center). Leaves from different accessions were collected, treated by the recommended methods and examined for DNA characteristics by the RFLP method (Buefler and Ben-Ya'acov, 1992).

## RESULTS

### **Description of the mountain avocado of Costa Rica**

This is an abundant type of avocado tree, mostly distributed among the elevations of 1200 to 2000 m. above sea level. It is called by the local people 'Aguacate de Monte' or 'Aguacate de Montana' and even 'Aguacatillo'. These names are commonly used for different avocado types and their relatives, but the last name is used in Mexico for other species and not for the *Persea americana*; it means that the fruit is very small and useless.

#### **The tree**

The trees are big, and sometimes very big, depending on their age. Most of its characteristics are typical of the avocado (Kopp, 1966; Bergh, 1975, 1992).

#### **The leaves**

They are of various forms, but usually smaller than those of the Guatemalan and West Indian avocado. They lack the anise smell which the Mexican avocado often has (Bergh and Ellstrand 1986).

### The flowers

The flowers are also typical to avocado but emerge along the whole length of the twigs. The blooming season is in November-December, and the fruit ripens in September.

### The fruit

The fruit is round and small, often very small about 4 cm in diameter (Fig. 1). We also found trees with pyriform fruits, mostly a little bigger in size. The typical fruit has a very small amount of flesh and its quality is poor. The fruits of the typical round type are not considered edible because of their poor quality, but some of the pyriform type taste better.

The fruit skin is leathery and easy to peel, and its color is pale green and shiny, so that it is very much like the West Indian avocado skin.

### The seed

The seed is relatively big, round to oblate in form, and its surface is smooth, so that it is very much like the Guatemalan avocado seed. In few cases, we found rosy to red seeds (Fig. 2). The seeds are frequently used as a rootstock source.

Twenty accessions which we consider typical of the Costa Rican mountain avocado are described in Table 1. Leaves from three typical trees were analyzed for their DNA characteristics by the restriction length fragment polymorphism (RFLP) method and these were found to be different from those of any known avocado group (Ben-Ya'acov et al, 1992; Bufler and Ben-Ya'acov, 1992).

## DISCUSSION

There is no doubt that the avocado type hereby described belongs to the species *Persea americana*. This species is botanically divided into varieties also called races or sub-species (Bergh, 1975, 1992; Bergh and Ellstrand, 1986; Kopp, 1966;). But the mountain avocado of Costa Rica could not be considered as belonging to one of the known races, especially because its fruit skin and flesh quality are nearer to those of the West Indian avocado (*Persea americana* var. *Americana*) while the seed form and surface are nearer to the Guatemalan avocado (*Persea americana* var. *Guatemalensis*).

All West Indian avocado fruits are much bigger in size than the one described here, and so are most Guatemalans. Some primitive Guatemalans have small fruits, but they have much thicker and harder shell than the Costa Rican type.

Our conclusion is that this avocado from Costa Rica does not belong to any known race or botanical variety and is not a hybrid.

The reasons why it could not be a hybrid are:

1. The two parent candidates do not grow in the region. Of the three important varieties of the avocado, the Mexican and Guatemalan could not be found in Costa Rica, and the West Indian is present, but in lowland areas only.
2. The Costa Rican type is native to the region and has its own variable population.
3. The small size and poor quality of the fruits could not be a result of hybridization among bigger fruited types.

4. The basic characteristics of possible parent races are absent in the Costa Rican type (Kopp, 1966; Williams, 1977).

We came to the conclusion, supported by the results of the DNA analysis that the Costa Rican mountain type is a new variety. In recent years, the tendency has been to eliminate separation among the groups involved in the *Persea* genus, subgenus *Persea*, and to leave only *P. schiedeana* as a separate species from *Persea americana* (Bergh, 1992; Bergh and Ellstrand 1986; Scora and Bergh, 1992). According to this classification, eight groups would be recognized as sub-species, to which there will now be added one more sub-species, var. *Costaricensis* belonging to the species *Persea americana*.

The existence of the mountain avocado of Costa Rica has previously been mentioned in the literature. Typical of botanical surveys of flora, the surveys made in Costa Rica (Burger and van der Werff, 1990; Skutch, 1971) did not mention inter-specific differences. Popenoe (1927, 1935), Schroeder (1977) and Zentmyer and Schieber (1976) were dealing more specifically with the variable *Persea americana* and *Persea* spp. which were found in their exploration trips in Costa Rica, but they also did not describe the type which is the subject of this paper.

The Pacific coastal area of Costa Rica and neighboring countries was considered as the origin of the West Indian avocado (Storey et al, 1986). We found many intermediate trees between the mountain type and the West Indian avocado on the Western slope of the mountains. May we suggest that the mountain Costa Rican avocado is an ancestor of the West Indian race, rather than its offspring. Further DNA analysis will either confirm or contradict this hypothesis.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the "German-Israeli Agreement for Agricultural Research (GIARA) which supports research in Third world countries.

## BIBLIOGRAPHY

- BEN-YA'ACOV, A., G. BUFLER, A.F., BARRIENTOS, E. DE LA CRUZ-TORRES & L.L. LOPEZ, 1992. A STUDY OF THE AVOCADO GENETIC RESOURCES, 1988-1990: I. General description of the international project and its findings. In: Proc, 2nd World Avocado Congress, Riverside, CA, 535-541.
- BEN-YA'ACOV, A., 1992. A study of the avocado genetic resources. Final Report, submitted to the GIARA Foundation, Contribution from the Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel, No. 1652-E, 1995 Series.
- BERGH, B.O., 1975. Avocados. In: Janick, J. and J.N. Moore (eds, Advances in Fruit Breeding. pp. 541-567. Purdue University Press, Lafayette, IN.
- BERGH, B.O., 1992. The origin, nature and genetic improvement of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk 76: 61-75.
- BERGH, B.O., & N.C. ELLSTRAND, 1986. Taxonomy of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk 70: 135-145.
- BUFLER, G. & A. BEN-YA'ACOV, 1992. A study of the avocado genetic resources. III. Ribosomal DNA repeat unit polymorphism in avocado. In: Proc, 2nd World Avocado Congress, Riverside, CA 2: 545-555.

- BURGER, W. & G. VAN DER WERFF, 1990. Family #80 Lauraceae. In: Burger, W. (ed). Fieldiana, Botany New Series, No. 23. pp. 101-104. Flora Costaricensis Field Museum of Natural History, Chicago.
- KOPP, L.E., 1966. A taxonomic revision of the genus *Persea* in the Western Hemisphere. Mem. N.Y. Botanical Garden 14: 1-117.
- POPENOE, W., 1927. Wild avocados. Calif. Avocado Association Yrbk 1927:51-54.
- POPENOE, W., 1935. Origin of the cultivated races of avocado. Calif. Avocado Association Yrbk 1935: 184-194.
- SCHROEDER, C.A., 1977. No Yas - a threat to the avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk 61: 37-42.
- SCORA, R.W. & B.O. BERGH, 1992. Origin of and taxonomic relationships within the genus *Persea*. In: Proc, 2nd World Avocado Congress, Riverside, CA 2: 505-514.
- SKUTCH, A., 1971. A naturalist in Costa Rica. Univ. of Florida Press, Gainesville, FL.
- STOREY, W.B., B.O. BERGH & G.A. ZENTMYER, 1986. The origin, indigenous range and dissemination of the avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk 70: 127-133.
- WILLIAMS, L.O., 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. Econ. Bot. 31: 315-320.
- ZENTMYER, G.A. & E. SCHIEBER, 1976. Exploring for *Persea* in Costa Rica. Calif. Avocado Soc. Yrbk 60: 172-175.



Table 1: Genetic material of the mountain type avocado collected in Costa Rica.

No	Name	Collection Place	Conserved in Gene pool			Notes
			1	2	3	
1	San Rafael	Coronado			G(2)	In RFLP test, found to be different from any known avocado
2	Las Nubes 1	Coronado				In RFLP test, found to be different from any known avocado
3	Las Nubes 3	Coronado	G			
4	Las Nubes 5	Coronado	G			
5	Monteverde 11	Monteverde	G			Very small fruit, known as Aguacatillo
6	Monteverde 15	Monteverde	G,S			Very small fruit, known as Aguacatillo
7	Lecheria	Passo Ancho				In RFLP test, found to be different from any known avocado
8	Freddy 2	Poas de Aseri	G	S(2)		Very small fruit
9	Freddy 3	Poas de Aseri	G,S			
10	Freddy 4	Poas de Aseri	G,S		S	Rosy seed
11	Freddy 5	Poas de Aseri	G,S		S	
12	Freddy 7	Poas de Aseri	G,S		S	Pyriform fruit
13	Freddy 15	Poas de Aseri	G,S			Red seed
14	Rojas	Coronado	G,S			The fruit is pyriform, nice and edible
15	Get Shemani	Heredia	G			
16	Carisal 1	Alejuela	G			From a huge tree that was cut back
17	La Cima 1	De Copey	G,S	S		Nice, but small pyriform fruit
18	La Cima 2	De Copey	G,S	S		Nice, but small pyriform fruit
19	La Brisas	Zarcero		S		
20	Solis	Zarcero		S		

Legend: (1) Gene pool - 1-CICTAMEX Mexico, 2-Wilson Botanical Garden, Costa Rica, 3-ARO, Volcani Center, Israel.  
 (2) Propagated as G-Graftwood, S-Seeds

Figures



Fig. 1. A typical inflorescence of the mountain avocado of Costa Rica.

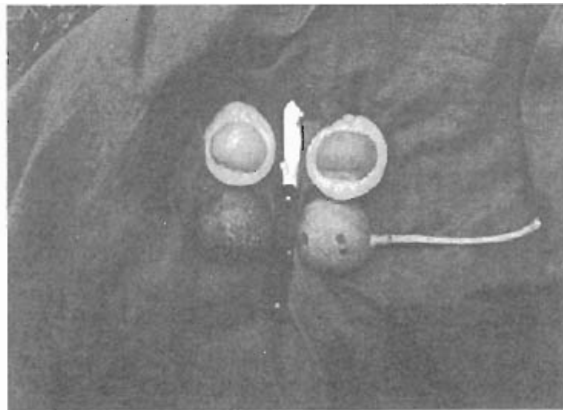


Fig. 2. A typical rounded fruit and leaves of the mountain avocado.



## THE WILD AVOCADO OF MONTEVERDE, COSTA RICA

A. Ben-Ya'acov<sup>1</sup>, A. Solis-Molina<sup>2</sup> and G. Bufler<sup>3</sup>

<sup>1</sup> "Granot" Regional Research Center, D.N. Chefer 38100, Israel E-mail: mirzil@shaham.moag.gov.il

<sup>2</sup> Ministry of Agriculture, San Jose, Costa Rica.

<sup>3</sup> Hohenheim University, Germany.

### SUMMARY

In the framework of a study of avocado germplasm resources, special attention was paid to Costa Rica, as it was found that its avocado tree population differs from those known to be from northern countries of origin. The wild avocado of Monteverde described in this article is a unique type of avocado, not known from any other habitat, but only from the wild forest of Monteverde, and it could not be recognized botanically, as any other known species. Its description shows that it is closer to *Persea nubigena* than to any known avocado, but its fruit is much bigger. The origin of the avocado that was discovered in Monteverde and measures for its future conservation and evaluation are discussed.

**Key Words:** *Persea americana* var. *Nubigena*, *Persea nubigena*, Wild avocado

**Abbreviations:** M.V.= Monteverde avocado; P.=*Persea*; S.G.=sub-genus;

S.S.= sub-species; Var.=variety; VN=variety *Nubigena*

### BACKGROUND

Tropical America is considered as the origin of the avocado (*Persea americana* Mill.). Different avocado types could be found in each country of origin between Mexico and Peru, all of them belonging to the same species, but divided into four botanical varieties or sub-species, namely var. *Dry-*

*mifolia* (the Mexican avocado), var. *Guatemalensis* (the Guatemalan avocado), var. *Americana* (the tropical lowland avocado called also West Indian) and var. *Nubigena* (Kopp, 1966). Probably, some other *Persea* species should also be considered as sub-species of the *Persea americana* (Scora and Bergh 1992). Most of the information about the avocado sub-species was collected in Mexico and Guatemala, where their distribution is well known.

Like many other species and probably more than most, the wild avocado is now undergoing a rapid process of extinction. Many of the tropical forests that were cutback during the last two to three decades, included avocado types and relative species. The diversity of the avocado population has diminished and traits essential for future breeding research will not be available. For this reason, a study of the avocado germplasm resources was commenced in 1989; it includes exploration, collection, conservation and evaluation of the various accessions (Ben-Ya'acov et al., 1992). In Costa Rica, the exploration resulted in new avocado types not known in countries further north. (Ben-Ya'acov et al., submitted for publication).

## METHODS

In a study of the avocado genetic resources, several different regions of Costa Rica were included. The ecological conditions of each region as well as earlier botanical investigations were studied. Plant material, either seeds or budwood were collected, propagated and conserved. Material was also used for evaluation for horticultural purposes, especially as rootstocks. Leaf material was collected, treated and sent to Germany for a study of its DNA characteristics (Büfler and Ben-Ya'acov, 1992).

## RESULTS AND DISCUSSION

Among about 60 items that were described and collected in Costa Rica, one will be described here: the wild avocado of the Monteverde forest. When part of the forest was cut back, a type of avocado tree was discovered and left alone in the pasture. A few trees of the same type were found at an elevation of 1700 m above sea level, and probably there are more in the crowded forest.

The avocado tree of Monteverde (MV) is called "Nubichena" by local people; this is the Spanish pronunciation of "Nubigena". The main question is whether it is identical to var. *Nubigena* (VN) of *Persea americana*

**Twigs:** MV has corky twigs; new vegetation flesh has green twigs, but when it attains only a few centimeters in length it becomes completely covered with a corky layer. This phenomenon is known also from VN in which it is less pronounced.

**Leaves:** Two leaf characteristics are common to MV and VN: the secondary-veins divergence of more than 60° and the existence of a canal along the leaf petiole. However MV leaves are smaller in size, do not hold erect positions like VN leaves and are softer.

**Fruit:** The VN fruit is limited to 4-5 cm in diameter (Schieber and Zentmyer, 1973; Williams, 1977). Williams even used this size limitation as a main identification trait. The MV fruit diameter is much bigger: 12-14 cm. Both fruits have a round form and corky skin, but the MV skin is much thicker, about 5 mm or more, and is harder and very woody (See Photo 1)

**Distribution:** According to several sources (Kopp, 1966; Schieber and Zentmyer, 1973, 1976). VN is distributed in Chiapas (Mexico), Guatemala, Honduras, El Salvador and northern Nicaragua. The place where we have found the MV was not included in any of these information sources.

**Relationship with the Guatemalan avocado:** Several different authors tend to consider the VN as a precursor of the Guatemalan avocado (the same applies to *P. steyermarkii* and *P. tolimanensis*) (Kopp 1966; Schroeder 1951; Williams 1977), and some of them included the Guatemalan avocado in the species *Persea nubigena*. Primitive Guatemalan avocado types as well as more developed ones could be found in the same regions where VN is abundant in Chiapas, Guatemala and elsewhere, but this is not the case with MV. All around Monteverde and throughout other parts of Costa Rica no Guatemalan avocado trees could be found. On the other hand, MV is much closer in size to the typical Guatemalan avocado than to any VN type.

**Compatibility with avocado cultivars:** VN is known to be graftable and compatible with avocado cultivars. We have some experience with MV: when we collected budwood in Monteverde, we managed to graft it on avocado rootstocks and the reciprocal grafts were also successful. A grower in Monteverde, Sr. Juan Evangelista, used to collect seeds from the wild jungle trees and grow them in his nursery. Then he grafted them with scion of different cultivars. The grafted trees in his orchard showed a bottle phenomenon, i.e., the rootstock trunk was stronger and hence thicker than the tip.

**DNA analysis:** The as yet uncompleted analysis has led to the conclusion that MV is an 'avocado of unknown race' with "some VN traits". The wild avocado of Monteverde described here, and the mountain avocado of Costa Rica (Ben-Ya'acov et al., submitted for publication) are two of the avocado types of Costa Rica not known further north. One explanation for this fact (Jorge Leon, personal communication) is the existence of Lake Nicaragua, in southern Nicaragua near the Costa Rican border. In this place the mountain chain is interrupted, preventing the migration of mountain flora in either direction. The avocado type described here was not mentioned in past explorations of Costa Rica (Skutch, 1971; Zentmyer and Schieber, 1976).

## CONCLUSIONS

The wild avocado of Monteverde, Costa Rica is a unique type of avocado, endemic to this area. It has many primitive characteristics, described in the article, but its fruit is much bigger than that of any other primitive avocado. It is more closely related to *Persea americana* var. *Nubigena* than to any other avocado type, but differs from the var. *Nubigena* in important traits. Probably it should be considered as a different variety. It is clear that the wild avocado of Monteverde developed separately from var. *Nubigena*, and neither of these two a precursor nor progenitor of the other.

No relationships to possible Guatemalan progenitors were found. This avocado is compatible with avocado cultivars and when it was used as a rootstock, trees developed successfully and showed precocity. MV avocado is now conserved in gene pools in Mexico, Costa Rica and Israel, and will be further evaluated for its horticultural traits.

The research project reported here has been supported by the GIARA Foundation (German-Israel Agricultural Research Agreement).

## REFERENCES

BEN-YA'ACOV, A., G. BUFLER, A.F. BARRIENTOS, E. DE LA CRUZ-TORRES & L. LOPEZ-LOPEZ, 1992. A study of the avocado genetic resources 1988-1990: I. General description of the international project and its findings. In: Proc. 2nd World Avocado Congress 2: 535-541.

BUFLER, G. & A. BEN-YA'ACOV, 1992. A study of the avocado genetic resources: III. Ribosomal

- DNA repeat unit polymorphism in avocado. In: Proc. 2nd World Avocado Congress 2: 545-555.
- FROLICH, E.F., C.A. SCHROEDER & G.A. ZENTMYER, 1958. Graft compatibility in the genus *Persea*. Calif. Avocado Soc. Yearb. 42: 102-105.
- KOPP, L.E., 1966. A taxonomic revision of the genus *Persea* in the Western Hemisphere. Mem. N.Y. Botanical Garden 14: 1-117.
- SCHIEBER, E. & G.A. ZENTMYER, 1973. Collecting *Perseas* in Central America and Mexico. Calif. Avocado Soc. Yearb. 56: 94-101.
- SCHIEBER, E. & G.A. ZENTMYER, 1976. Exploring for *Persea* in Latin America. In: Proc. 1st International Tropical Fruit Short Course: The Avocado, pp.16-20.
- SCHROEDER, C.A., 1951. Avocado materials for horticultural research. Calif. Avocado Soc. Yearb. 36: 107-112.
- SCORA, R.W. & B.O. BERGH, 1992. Origin of and taxonomic relationships within the genus *Persea*. In: Proc. 2nd World Avocado Congress 2: 505- 514.
- SKUTCH, A., 1971. A naturalist in Costa Rica. Univ. of Florida Press, Gainesville.
- WILLIAMS, L.O., 1977. The avocado, a synopsis of the genus *Persea*, Subg. *Persea*. Economic Botany 31:315-320.
- ZENTMYER, G.A. & E. SCHIEBER, 1976. Exploring for *Persea* in Costa Rica. Calif. Avocado Soc. Yearb. 60: 172-175.



Photo 1. The wild avocado of Monteverde, Costa Rica

## CATÁLOGO DE CULTIVARES DE AGUACATERO (*PERSEA AMERICANA* MILL.) EN CUBA

N. N. Rodríguez-Medina<sup>1</sup>, V. R. Fuentes-Fiallo<sup>1</sup>, J. B. Velázquez-Palenzuela<sup>1</sup>, G. L. González-García<sup>1</sup>, D. G. Sourd-Martínez<sup>1</sup>, J. A. Rodríguez-Rodríguez<sup>1</sup> e I. M. Ramírez-Pérez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>**Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ave 7<sup>ma</sup> NO. 3005, e/ 30 y 32, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: [iicif@ceniai.inf.cu](mailto:iicif@ceniai.inf.cu).**

<sup>2</sup>**Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear. Calle 30 No. 502 e/ 5<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup>, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba. E. Mail: [fuentes@ceaden.edu.cu](mailto:fuentes@ceaden.edu.cu).**

### RESUMEN

A pesar de que el aguacatero (*Persea americana* Mill.) se cultiva en Cuba en mayor o menor escala desde hace más de 400 años, no es hasta posterior a 1904, con la fundación de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, que comenzó a llamar la atención de los agricultores de los municipios más cercanos a La Habana. Con la fundación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales en 1965 (actual Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical), que se nutrió de otras colecciones ya establecidas y de prospecciones a lo largo y ancho de la Isla, se creó la colección más grande del país. Como parte de los resultados obtenidos en la evaluación de la colección de aguacateros, se ofrece la caracterización de 21 cultivares mediante la utilización de los descriptores propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos y de otros establecidos por los autores. La información se ofrece en forma de un Catálogo que brinda para cada cultivar fotos a color de las ramas jóvenes y del fruto, tanto entero, como abierto, así como los 92 descriptores evaluados: 65 cualitativos y 27 cuantitativos (promedio de 20 mediciones). En notas adicionales se ofrece información sobre la raza, grupo dicogámico, origen y algunas características distintivas del cultivar. Los cultivares seleccionados son: 'Amado Gómez No. 1', 'California', 'Casimiro', 'Catalina', 'Centro América No. 3', 'CH 1 No. 3', 'Chavao No. 3', 'Choquette', 'Darío', 'Duke 7', 'Govin', 'Hass', 'Itzamná', 'Jaruco No.1', 'José Antonio', 'Los Moros', 'Lula', 'Miguel García', 'Monroe (Estación)', 'Sicilia No. 6', 'Suardía' y 'Wilson Popeño'. Ellos pertenecen a distintas razas y grupos dicogámicos y su cultivo permite la obtención de frutos maduros prácticamente durante todo el año, lo que unido a sus excelentes rendimientos y a la calidad de sus frutos los hace idóneos para la producción de aguacates en el país. Este Catálogo constituye un manual de obligada consulta para investigadores, productores, docentes y estudiantes.



**Palabras Clave:** Aguacatero, catálogo, recursos fitogenéticos, caracterización.

## INTRODUCCION

Una de las formas en que se manifiesta la actividad de los recursos fitogenéticos es el establecimiento de colecciones de interés económico. Pero estas colecciones carecen de sentido si no se manejan de una manera científica, porque su razón de ser no es acumular una serie de plantas más o menos diferentes sino hacer que las mismas estén caracterizadas para que puedan servir para trabajos de mejoramiento (Sánchez, 1999).

Como una contribución al desarrollo de la actividad de los recursos fitogenéticos en Cuba el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) se ha trazado la meta de enriquecer sus colecciones de frutales en los próximos años y a la vez, comenzar la publicación de los resultados obtenidos en la caracterización de las mismas, de forma tal que los mejoradores y productores puedan contar con la información necesaria para desarrollar en el país el mejoramiento y la máxima explotación de los frutales en Cuba, tanto nativos como introducidos.

Con el presente catálogo, que recoge la caracterización de 21 cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) el IIFT da inicio a una serie de publicaciones sobre las características de los materiales que atesora en sus colecciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la colección de aguacateros:

Los cultivares considerados se encuentran en las colecciones de la Unidad Científico Tecnológica de Base del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, en el municipio de Alquizar, provincia de La Habana, Cuba, a los 82°31' de latitud Norte y 22°47' de longitud Oeste, a unos 11 metros sobre el nivel del mar. Están plantados a un marco de 10 X 10 m, en un Suelo Ferralítico Rojo, en un terreno de topografía llana y pendiente 0° (Rodríguez et al., 1999).

### Material Vegetal:

Los 21 cultivares seleccionados son: 'Amado Gómez No. 1', 'California', 'Casimiro', 'Catalina', 'CH 1 No. 3', 'Chavao No. 3', 'Choquette', 'Darío', 'Duke', 'Govín', 'Hass', 'Itzamná', 'Jaruco No.1', 'José Antonio', 'Los Moros', 'Lula', 'Miguel García', 'Monroe (Estación)', 'Sicilia No. 6', 'Suardía' y 'Wilson Popenoe'.

### Caracterización:

Para la selección de los caracteres evaluados se han seguido fundamentalmente los Descriptores para aguacate (*Persea* spp.) publicado por el Instituto Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IPGRI) en 1995, además de algunos adicionados por los autores. En cada cultivar se evaluaron 92 descriptores: 65 cualitativos y 27 cuantitativos (Tabla 1).

En notas adicionales se ofrece información sobre la raza presumible, grupo dicogámico, origen y algunas características distintivas de cada cultivar.

## RESULTADOS

La información se ofrece en forma de un Catálogo que brinda para cada cultivar fotos a color de las ramas jóvenes y del fruto, tanto entero, como abierto, así como los 92 descriptores evaluados: 65 cualitativos y 27 cuantitativos. A modo de ejemplo se ofrece la ficha correspondiente al cultivar 'Los Moros' (Tabla 1).

Los cultivares seleccionados, con excepción del 'Duke-7', que usualmente se colectan los frutos para la utilización de sus semillas con la finalidad de obtener portainjertos, producen frutos de calidad para el consumo durante todo el año (Figura 1). Los mismos pertenecen a los grupos ecológico Antillano y Guatemalteco, o son considerados híbridos de Guatemalteco X Antillano.

## DISCUSIÓN

América Latina es una de las regiones productoras más importantes de aguacates (Duarte, 1998). Este renglón presenta particular importancia si se tiene en cuenta que América Tropical fue su centro de origen y dispersión, y alberga recursos valiosos que deben preservarse de manera adecuada (Rodríguez *et al.*, 1999; Sánchez, 1999).

En los últimos años se han realizado prospecciones en diferentes países: Méjico (Barrientos *et al.*, 1995; Rubi *et al.*, 1995), Guatemala (Ben-Ya'acov *et al.*, 1995a), Costa Rica (Ben-Ya'acov *et al.*, 1995b), Ecuador y Perú (Ben-Ya'acov *et al.*, 1995c), y se han replicado colecciones formadas por unos 400 ejemplares; que incluyen aguacateros, especies afines y de otros géneros de Lauraceae; en Méjico, Guatemala, Costa Rica e Israel (Ben-Ya'acov *et al.*, 1995c).

La preservación de los recursos genéticos del aguacatero en Cuba comienza a principios del siglo pasado y tiene su máxima expresión posterior a 1965 con la fundación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales (González *et al.*, 1996-97); hoy Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La colección actual posee más de 200 accesiones y la caracterización y evaluación de las mismas ha permitido la selección de un grupo de cultivares con potencialidades para el consumo en la Isla y para la exportación durante todo el año.

## BIBLIOGRAFÍA

BARRIENTOS, A.; M. W. BORYS; A. D. BEN-YA'ACOV; L. LÓPEZ; M. RUBI; G. BUFLER AND A. SOLÍS. 1995. Progress of the study on the avocado genetic resources. III. The findings from the Mexican Gulf region. III World Avocado Congress. Abstract. p:107.

BEN-YA'ACOV, A.; E. MARTÍNEZ AND C. MAS. 1995A. Progress of the study on the avocado genetic resources in Guatemala. III World Avocado Congress. Abstract. p:106.

BEN-YA'ACOV, A.; A. SOLÍS AND E. PERI. 1995B. Progress of the study on the avocado genetic resources. II. The avocado genetic resources in Costa Rica. III World Avocado Congress. Abstract. p:109.

BEN-YA'ACOV, A.; G. BUFLER; A. BARRIENTOS; L. LÓPEZ; M. RUBI AND Z. WIESMAN. 1995C. Progress of the study on the avocado genetic resources. VIII. General conclusions of the research project. III World Avocado Congress. Abstract. p:111.

DUARTE, O. 1998. La fruticultura en América Latina. Conferencia. Taller Constitutivo de la Red Latinoamericana de Frutales (RELAFRUT). La Habana, Cuba, 19p.

GONZÁLEZ, G.; V. R. FUENTES; N. N. RODRÍGUEZ, M. TORRES; M. CAPOTE; J. CAÑIZARES; H. LIMA Y P. OROSCO. 1996-97. Colecciones y recursos fitogenéticos en la Estación Nacional de Frutales. Revista del Jardín Botánico Nacional. Vol: XVII - XVIII, p:123-134.

IPGRI. 1995. Descriptores para el aguacate (*Persea* spp.) . Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia, 54p.

RODRÍGUEZ, N. N., G. GONZÁLEZ, A. SIMÓN, OLGA MAS Y MARLENE MORENZA. 1999. Recursos genéticos del aguacatero (*Persea amaricana* Mill.) en Cuba. I. Prospección, colecta, establecimiento de la colección, selección y caracterización de cultivares. Citrifrut 17(1, 2 y 3):27-32.

RUBI, M.; L. LÓPEZ; A. BARRIENTOS; A. D. BEN-YA'ACOV; G. BUFLER AND A. SOLÍS. 1995. Progress of the study on the avocado genetic resources. I. Central part of Mexico. III World Avocado Congress. Abstract. p:105.

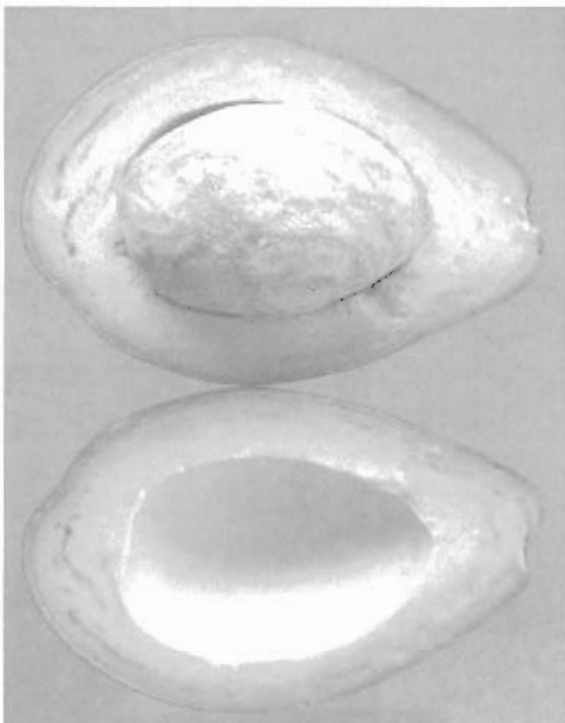
SÁNCHEZ, J. DE LA L. 1999. Recursos genéticos del aguacate (*Persea amaricana* Mill.) y especies afines en México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5 (número Especial):7-18.

Figura 1. Época de cosecha de aguacateros seleccionados en las condiciones de Cuba.

No	Cultivares	G.D	TEMPRANOS				MEDIA ESTACION				TARDIOS				
			Mar	Abr	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	
1	'Los Moros'	B	■	■											
2	'Sicilia No. 6'	A			■	■									
3	'José Antonio'	A				■	■								
4	'Govín'	A					■	■							
5	'Wilson Popenoe'	A						■	■						
6	'Casimiro'	B							■	■					
7	'Jaruco No. 1'	B								■	■				
8	'CH -1 No. 3'	B									■	■			
9	'Catalina'	A										■	■		
10	'Monroe Estación'	B											■	■	
11	'Lula'	A												■	■
12	'Choquette'	A													■
13	'California'	B													■
14	'Suardía'	B													■
15	'Miguel'	B													■
16	'Hass'	A													■

G.D. - Grupo dicogámico

Tabla 1. Ficha que ilustra la caracterización del aguacatero 'Los Moros'.



## 7. Descriptores de la planta:

<b>Código</b>	<b>Descriptor</b>	
<b>7.1 Arbol</b>		
7.1.1	Edad del árbol (años)	19
7.1.2	Tipo de árbol	2
7.1.2.1	Tipo de portainjerto	1
7.1.3	Vigor del árbol	3
7.1.7	Superficie del tronco	7
7.1.9	Patrón de ramificación	2
7.1.10	Distribución de las ramas	2
7.1.12	Extensión del crecimiento de los vástagos (cm)	15.02 ± 4.62
7.1.13	Longitud de entrenudos de los vástagos (cm)	0.51 ± 0.08
7.1.14	Diámetro del vástago (cm)	0.57 ± 0.11
7.1.15	Color de la rama joven	3
7.1.16	Superficie de la rama joven	2
7.1.17	Color de las lenticelas del vástago joven	2
7.1.18	Forma de la hoja	4
7.1.19	Forma de la base de la hoja	1
7.1.20	Longitud de la lámina foliar (cm)	11.88 ± 1.71
	Anchura de la lámina foliar (cm)	5.86 ± 0.86
	Relación longitud/anchura de la hoja	2.03
	Longitud del peciolo (cm)	2.17 ± 0.25
	Relación longitud del peciolo/hoja	0.18
7.1.21	Pubescencia de la superficie inferior de la hoja joven	7
7.1.21	Pubescencia de la superficie inferior de la hoja adulta	3
7.1.22	Pubescencia de la superficie superior de la hoja joven	5
7.1.22	Pubescencia de la superficie superior de la hoja adulta	3
7.1.23	Color de las hojas maduras	2
7.1.24	Peciolo acanalado	1
7.1.25	Angulo de inserción del peciolo foliar	1 y 2
7.1.26	Margen de la hoja	1
7.1.28	Relieve de la venación en el haz	5
7.1.29	Divergencia de las venas primarias respecto a la vena principal (o)	40
7.1.30	Forma del ápice de la hoja	1- 3 y 5
7.1.31	Textura de la hoja	5
7.1.32	Olor a anís	1
<b>7.2 Flor</b>		
7.2.2	Epoca de floración y duración	
7.2.2.1	Primeros signos de yemas florales	10-20/9
7.2.2.2	Primeras flores abiertas	20-30/9
7.2.2.3	Fin de la floración	20-30/3
7.2.3	Floración secundaria	1
7.2.5	Tipo de floración	2
7.2.7	Color de la flor	3
7.2.8	Pubescencia del pétalo	7
7.2.9	Pubescencia del sépalo	7
7.2.13	Longitud del pedicelo (mm)	2.44± 0.38
7.2.14	Longitud del pétalo (mm)	6.42 ± 0.58
7.2.15	Longitud del sépalo (mm)	4.84 ± 0.95

Duración del período de floración (días)		190
<b>7.3 Fruto</b>		
7.3.4	Hábito de fructificación	2
7.3.5	Forma del fruto	5
7.3.6	Longitud del fruto (cm)	14.16 ± 0.52
7.3.7	Diámetro del fruto (cm)	9.48 ± 0.21
	Relación longitud/diámetro del fruto	1.49
7.3.8	Uniformidad del tamaño del fruto	5
7.3.9	Peso del fruto (g)	572.40 ± 38.80
7.3.10	Forma de la base del fruto	1
7.3.11	Forma del ápice del fruto	2
7.3.12	Posición del ápice del fruto	2
7.3.13	Aristas en el fruto	1
7.3.14	Brillantez de la cáscara del fruto verde	7
7.3.14	Brillantez de la cáscara del fruto maduro	3
7.3.15	Posición del pedicelo en el fruto	1
7.3.16	Forma del pedicelo	2
7.2.17	Pedicelo en forma de "cabeza de clavo"	0
7.2.18	Longitud del pedúnculo (cm)	7.00 ± 2.75
7.2.19	Diámetro del pedúnculo (mm)	2.80 ± 0.50
7.3.20	Longitud del pedicelo (cm)	0.80 ± 0.09
7.3.21	Color del pedicelo	2
7.3.22	Distinción de la unión del pedicelo con el pedúnculo	1
7.3.24	Superficie de la cáscara del fruto	3
7.3.25	Color de la cáscara del fruto	6
7.3.26	Grosor de la cáscara del fruto (mm)	0.90 ± 0.18
	Peso de la cáscara del fruto (g)	34.88 ± 2.74
	Relación peso de la cáscara/ fruto	0.06
	Peso de la masa comestible (g)	446.56 ± 40.60
	Relación peso de la masa comestible/fruto	0.78
7.3.30	Flexibilidad de la cáscara del fruto	1
7.3.31	Adherencia de la cáscara del fruto	3
7.3.32	Color de la pulpa cercana a la cáscara	5
7.3.33	Color de la carne cercana a la semilla	3
7.3.34	Textura de la pulpa	2
7.3.35	Dulzura de la pulpa	3
7.3.36	Amargor de la pulpa	1
7.3.37	Sabor nogado de la pulpa	3
7.3.38	Fibra en la pulpa	3
7.3.39	Sabor general de la pulpa	7
<b>7.4 Semillas</b>		
7.4.1	Forma de la semilla	5
7.4.2	Peso de la semilla (g)	90.96 ± 12.03
	Relación peso de la semilla/fruto	0.16
7.4.3	Superficie del cotiledón	5
7.4.4	Adherencia de los cotiledones	1
7.4.5	Color del cotiledón	2
7.4.6	Longitud de la cavidad de la semilla (cm)	7.72 ± 0.64
7.4.7	Diámetro de la cavidad de la semilla (cm)	5.66 ± 0.35
	Relación Longitud/diámetro de la cavidad de la semilla	1.36

7.4.8	Longitud de la semilla (cm)	6.54 ± 0.47
7.4.9	Diámetro de la semilla (cm)	5.60 ± 0.34
	Relación longitud/diámetro de la semilla	1.16
	Relación longitud de la cavidad/semilla	1.18
	Relación diámetro de la cavidad/semilla	1.01
7.4.10	Cubierta de la semilla	3
7.4.13	Forma de la sección transversal de la semilla	1
7.4.14	Posición del eje embrionario (mm)	12.06 ± 1.60
	Número de cosechas/año	9
	Epoca de cosecha	9

Notas adicionales:

Pertenece al grupo ecológico Antillano y al grupo dicogámico B.

Prospectado en al Finca Peñalver, de José Miguel Sánchez, situada en la carretera El Junco-Los Moros, en Güira de Melena, provincia Habana.

Debe su nombre al caserío Los Moros, de la misma localidad. Posee dos picos de producción: marzo-abril (temprana) y junio-julio (intermedia).

## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, BIOQUÍMICA MOLECULAR DE CULTIVARES DE AGUACATERO (*PERSEA AMERICANA* MILL.) EN CUBA

N. N. Rodríguez-Medina<sup>1</sup>, W. Rohde<sup>2</sup>, C. González-Arencibia<sup>3</sup>, I. M. Ramírez-Pérez<sup>4</sup>, J. L. Fuentes-Lorenzo<sup>4</sup>, M. A. Román-Gutierrez<sup>3</sup>, X. Xiqués-Martín<sup>3</sup>, D. Becker<sup>2</sup> y J. B. Velázquez-Palenzuela<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>**Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ave 7<sup>ma</sup> NO. 3005, e/ 30 y 32, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba. e-mail: [iicif@ceniai.inf.cu](mailto:iicif@ceniai.inf.cu).**

<sup>2</sup>**Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung. Carl-von-Linné-Weg 10, D 50829, Köln, Germany. e. mail: [rohde@mpiz-koeln.mpg.de](mailto:rohde@mpiz-koeln.mpg.de)**

<sup>3</sup>**Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Calle 25 e/ I y J, Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba. e. mail: [cglez@fbio.uh.cu](mailto:cglez@fbio.uh.cu).**

<sup>4</sup>**Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear. Calle 30 No. 502 e/ 5<sup>ta</sup> y 7<sup>ma</sup>, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba. e. mail: [fuentes@ceaden.edu.cu](mailto:fuentes@ceaden.edu.cu)**

### RESUMEN

Se realizó la caracterización morfoagronómica, isoenzimática y molecular en aguacateros (*Persea americana* Mill.) de la colección del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical de Cuba. Para ello se emplearon los descriptores establecidos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, tres sistemas enzimáticos: peroxidasa, polifenol oxidasa y ascorbato oxidasa y la técnica de ISTR (Inverse Sequence-Tagged Repeat), respectivamente. A través de la matriz de correlaciones, el análisis de componentes principales realizado con las variables 'color de las lenticelas del vástago joven'; 'olor a anís en las hojas'; 'longitud del pedúnculo'; 'superficie', 'grosor' y 'flexibilidad de la cáscara del fruto' y 'época de cosecha', permitió el agrupamiento de cultivares en los grupos ecológicos presumibles. Los considerados como híbridos de Guatemalteco x Antillano quedaron incluidos dentro de los Guatemaltecos. El análisis genético con los tres sistemas enzimáticos, se basó en las variables 'número total de loci', 'total de bandas o alelos', 'total de alelos raros', 'valor medio de alelos por locus', 'porcentaje de loci polimórficos' y 'valor medio de alelos por loci polimórficos'. Se determinó la matriz de similitud a través del índice de Zcekanowski. El análisis de conglomerados determinó la formación de cinco grupos, con una gran similitud en la mayoría de los cultivares de origen Antillano y mayor variabilidad para los de origen Guatemal-



teco y algunos híbridos. Se determinó la alta eficiencia de la técnica de ISTR para la detección del polimorfismo dentro de los genotipos seleccionados. Aunque el análisis de conglomerados no permitió el agrupamiento adecuado de los cultivares en sus grupos ecológicos posiblemente a que se utilizó una sola combinación de primer ( $F_3 + B_2B$ ), se registró un 100% de bandas polimórficas. Los análisis de isoenzimas y del marcador de ADN utilizado, brindaron patrones de bandas específicos que permiten la identificación de los cultivares estudiados y el nivel de variabilidad genética de los mismos, resultados que pueden o no coincidir con los análisis que utilizan variables morfoagronómicas de selección antrópica para el agrupamiento de los cultivares según su grupo ecológico.

**Palabras Clave:** Aguacatero, caracteres morfológicos, isoenzimas, marcadores de ADN, Grupos Ecológicos.

## INTRODUCCIÓN

En el aguacatero, existen tres Grupos Ecológicos o Razas Hortícolas: Mexicano, Guatemalteco y Antillano. Estos grupos se diferencian en su época de floración, época de recolección, contenido de aceite en la pulpa, tipo de corteza y resistencia al frío. Los caracteres morfológicos se han empleado con mayor o menor efectividad para la identificación de estos grupos (Lima *et al.*, 1988; Rodríguez *et al.*, 2000), sin embargo, cuando estamos en presencia de híbridos naturales entre Razas Hortícolas diferentes, resulta difícil su ubicación (Lima *et al.*, 1988).

Los marcadores genéticos son entidades heredables que están asociados a caracteres de importancia económica, que se han utilizado en la selección y evaluación de los bancos de germoplasma para diferentes cultivos (Staub *et al.*, 1982; Darvasi y Soller, 1994). Los estudios del polimorfismo isoenzimático y del ADN en el aguacatero se han aplicado para garantizar el conocimiento y mantenimiento de la diversidad genética presente en las colecciones y en la caracterización de loci potencialmente marcadores, que pueden ser utilizados dentro de los programas de mejoramiento genético (Clegg *et al.*, 1999, González *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2002).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal:

Los cultivares de aguacatero considerados (Tabla 1) pertenecen a las colecciones de la Unidad Científico Tecnológica de Base del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, en el municipio de Alquizar, provincia de La Habana, Cuba.

### Caracterización morfoagronómica:

Se determinaron 92 caracteres morfoagronómicos y se seleccionaron siete de ellos: 'color de las lenticelas del vástago joven'; 'olor a anís en las hojas'; 'longitud del pedúnculo'; 'superficie', 'grosor' y 'flexibilidad de la cáscara del fruto' y 'época de cosecha'. Con el empleo del paquete de programa NTSYS-pc se realizó un análisis de componentes principales, a partir de la matriz de correlaciones.

### Caracterización bioquímica:

Se tomaron muestras foliares de 20 cultivares de aguacatero de los referidos en la Tabla 1 para la caracterización isoenzimática. Se empleó un sistema de corrida vertical y buffer discontinuos (González y González, 1981). El gel de separación fue de 8,5% de poliacrilamida (PAGE) y buffer

de corrida Tris-glicina 0,04 M (pH = 8,3). Los métodos de tinciones fueron: isoenzimas peroxidadas (Iglesias y col., 1974), isoenzimas polifenoloxidasas (Guedes y Rodríguez, 1974) e isoenzimas ascorbato oxidasas (Pasteur y col., 1987). El análisis genético se basó en las variables: número total de loci, total de bandas o alelos, total de alelos raros, valor medio de alelos por locus, porcentaje de loci polimórficos y valor medio de alelos por loci polimórficos. Se empleó el paquete de programa MAT-GEN para obtener la matriz de similitud, por el índice de Zcekanowski (Sigarroy y Cornide, 1995). Para el agrupamiento se utilizó el análisis de conglomerados.

### Caracterización molecular:

Se colectaron hojas jóvenes de 18 cultivares referidos en la Tabla 1 para el aislamiento del ADN genómico, siguiendo el procedimiento sugerido por Doyle and Doyle, (1990) modificado por Rohde et al. (1995). Para la amplificación (PCR), se empleó la pareja de primer F<sub>3</sub> + B<sub>2</sub>B (Rohde et al., 1996) marcados con (g-<sup>33</sup>P) ATP (Amersham-Pharmacia- Biotech). Se realizó la reacción de amplificación con el protocolo sugerido por Rohde et al. (1995) en un volumen final de 25 µl con 25 ng de DNA genómico, 200 µM dNTPs, 2.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 1x PCR buffer (Gibco/BRL), 2.5 pmoles de cada primer, y 1 unidad de Taq DNA polimerasa (Gibco/BRL). El programa de amplificación consistió en los siguientes pasos: (1) 95°C/3min; (2) 95°C/ 30seg; (3) 45°C/30seg; (4) 72°C/2min; (5) 72°C/10min, con 40 ciclos entre los pasos 2 y 4. Después de la desnaturalización, se corrieron alícuotas de 2 µl en un gel de poliacrilamida al 4%. Se obtuvieron bandas visibles por autorradiografía. Se empleó el paquete de programa NTSYS-pc para obtener la matriz distancias y el agrupamiento se realizó a través de un análisis de conglomerados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales realizado con las variables morfológicas seleccionadas permitió constatar que las dos primeras componentes extrajeron el 86,44% de la variación total, correspondiendo el 58,36% y el 28,08% para la primera y segunda componente, respectivamente. Las variables que más contribuyeron para la discriminación en la primera componente fueron el grosor y la flexibilidad de la cáscara del fruto y la época de cosecha, y en la segunda, el olor a anís en las hojas y el color de las lenticelas del vástago joven. En el gráfico de los componentes principales (Figura 1) puede notarse la formación de tres grupos. El primero compuesto por los aguacateros del Grupo Guatemalteco y la mayoría de los híbridos de Guatemalteco x Antillano, con excepción del cultivar Monroe (Estación) que se agrupó con los Antillanos (Grupo II). El cultivar Jaruco No.1, clasificado como Antillano (Lima et al., 1988) quedó incluido en el Grupo I. Es posible que el mismo, conjuntamente con el Hass y el Miguel García, sean híbridos donde uno de los parentales pertenezcan al Grupo Guatemalteco, resultados que confirman los obtenidos por Clegg et al. (1999) para el caso específico del cultivar Hass. El Grupo III quedó constituido por el único representante de la raza Mexicana.

Los resultados obtenidos coinciden con los de Rodríguez et al. (2000) y demuestran la efectividad de las variables seleccionadas para el agrupamiento de los aguacateros según su grupo ecológico.

La Tabla 2 muestra las medidas de la variabilidad genética para los sistemas enzimáticos estudiados. Se obtuvo un total de 13 loci con 25 alelos y la presencia de alelos propios en cada sistema, los cuales pueden haberse originado por la ocurrencia de mutaciones (Martins- Corder et al., 1996). Los resultados están en correspondencia con el sistema de reproducción dicogámico de esta especie, que provoca diferentes niveles de heterocigosidad en las poblaciones de aguacatero (Pliego-Alfaro y Bergh, 1992).

En el análisis de agrupamiento (dendrograma), se aprecia la formación de cinco grupos, de acuerdo a las afinidades genéticas entre los cultivares (Fig. 2). Las mayores similitudes se presentan para los de origen Antillano, el híbrido Monroe (Estación) y el cultivar Duque-7 de origen Mexicano, que constituyen de esta forma el Grupo I. Estos resultados ponen de manifiesto que la mayor variabilidad genética está contenida en los cultivares de origen Guatemalteco y algunos de los híbridos, ya que nueve de los once cultivares de origen Antillano, están incluidos en el primer Grupo.

A partir del análisis de ISTR se pudo detectar un total de 157 bandas, todas ellas polimórficas. Con el empleo de la combinación de primer señalada pudo distinguirse el 100% de los genotipos, cada uno caracterizado por un patrón de bandas específico. En el análisis de conglomerados, sin embargo, los grupos ecológicos presumibles no quedaron bien representados (Figura 3). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Mhameed *et al.*, (1997), pero contrastan con los de Clegg *et al.*, (1999). Este hecho puede deberse a diferentes razones: Primero, la clasificación de las razas está basada sobre caracteres morfológicos seleccionados de árboles y frutos; segundo, el ISTR explora polimorfismos en regiones no codificadoras del ADN (Ramírez *et al.*, 2002) ; y tercero, el empleo de una sola pareja de primer.

Los resultados demuestran que con un único par de primer fue suficiente para distinguir todos los genotipos, lo que indica que este marcador genético puede resultar de utilidad para la certificación de variedades, para la detección de duplicados en las colecciones y para asistir programas de mejoramiento en el aguacatero (Ramírez *et al.*, 2002).

## BIBLIOGRAFÍA

- CLEGG, M.T., M. KOBAYASHI AND J. ZHONG LIN. 1999. The use of molecular markers in the management and improvement of avocado (*Persea americana* Mill.). Revista Chapingo Serie Horticultura 5:227-231.
- DAVARSI, A. Y M. SOLLER 1994. Optimum spacing of genetic markers for determinig linkage between marker loci and quantitative trait loci. Theor Appl. Genet. 89:351-357.
- DOYLE, J.J. AND DOYLE J.L., 1990. Isolation of plants DNA from fresh tissue. Focus12:13-15.
- González, C., M.I. Roman, X. Xiques, J. Dueñas, R. Jimenez y N. Rodríguez 2002. Caracterización genético-bioquímica de 20 cultivares de aguacate (*Persea.americana* Mill) en Cuba. Rev. Biología 6(1):49-55.
- GONZÁLEZ, C. Y J. A. GONZÁLEZ 1981. Estudio de patrones para lima 'Persa' III. Caracterización isoenzimática. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Cítrico y otros Frutales 4(2):101-108.
- GUEDES, A. AND C. J. RODRÍGUEZ 1974. Disc electrophoretic pattern of phenoloxidase from leaves of coffe cultivars. Sep. De Portugalial. Acta Biológica Serie A. Vol. XIII, p:169-177.
- IGLESIAS, L.; H. LIMA AND J. P. SIMÓN 1974. Isozyme identification of cigotic and nucellar seedlings in *Citrus*. J. Hered. 65:81-84.
- LIMA, H., T. RIVERA, A. M. CABRERA Y O. L. RODRÍGUEZ 1988. Clasificación de cultivares de aguacatero (*Persea americana*) en grupos ecológicos. Ciencia y. Técnica en la. Agricultura. Citricos y otros Frutales (11):47- 53.
- MARTINS-CORDER, M.A., E.S.MORI, P.Y. KAGEYAMA Y C.R.LOPES. 1996. Estudo da variabilidade isoenzimatica em *Eucalyptus urophylla* das ihas flores. Scientia Forestalis 50: 43-49.

- MHAMEED, S., D. SHARON, D. KAUFMAN, E. LAHAV, J. HILLEL., C. DEGANI. AND U. LAVI 1997. Genetic relationships within avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars and between *Persea* species. *Theor. Appl. Genet.* 94:279-286.
- PASTEUR, N., G. PASTEUR, F. BONHOMME Y J. CATALÁN. 1987. Interpretation genetique des zymogrammes. *Manuel Technique de Genetique par electroforese des proteines. Technique et Documentation (Lavoisier).*
- PLIEGO-ALFARO, F. Y B. O. BERGH. 1992. Biotechnology of perennial fruit crops. Chapter 13: Avocado. Ed. Hammers-Chlag, F. A. y R.E. Litz. CAB International: 323-334.
- RAMÍREZ, I. M., J. L. FUENTES, N. N. RODRÍGUEZ, J. R. CUETO AND W. ROHDE 2002. DNA polymorphic in Cuban varieties of avocado (*Persea americana* Mill.) as detected by Inverse Sequence Tagged Repeat (ISTR) analysis. *Cultivos Tropicales* 23(3):88'85.
- RODRÍGUEZ, N. N., G. GONZÁLEZ, A. SIMÓN, H. LIMA, C. GONZÁLEZ, R. JIMÉNEZ, O. MAS Y M. MORENZA. 2000. Recursos genéticos del aguacatero (*Persea americana* Mill.) en Cuba. II. Agrupación de cultivares en sus grupos ecológicos a través de marcadores morfológicos y bioquímicos. *CitriFrut* 18(1,2 y 3):23-32.
- ROHDE, W., A. KULLAYA, J. RODRÍGUEZ. AND E. RITTER 1995. Genetic analysis of *Cocos nucifera* L. by PCR amplification of spacer sequences separating a subset of copia-like Eco RI repetitive elements. *J. Genet. & Breed.* 49: 179-186.
- ROHDE, W. 1996. Inverse sequence-tagged repeat (ISTR) analysis: a novel and universal PCR-based technique for genome analysis in the plant and animal kingdom. *J. Genet & Breed* 50:249-261.
- SIGARROA, A. Y M. T. CORNIDE. 1995. Paquete de Programas MAT-GEN. Manual del Usuario, Facultad de Biología, 23 p.
- STAUB, J. E., L. J. KUHNS, B. MAY Y P. GRUN. 1982. Stability of potato tuber isozymes under different storage regimes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 405-408.

**Tabla 1.** Relación de cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) estudiados y de sus grupos ecológicos presumi-  
bles.

NÚMERO DE ORDEN	CULTIVAR	GRUPO ECOLÓGICO PRESUMIBLE
1	Amado Gómez No. 1	A
2	California	G
3	Casimiro	A
4	Catalina	A
5	Centro América No. 3	G
6	CH 1 No. 3	A
7	Chavao No. 3	A
8	Choquette	G x A
9	Cueto	A
10	Duke 7	M
11	Hass	?
12	Itzamna	G
13	Jaruco No. 1	A
14	José Antonio	A
15	Los Moros	A
16	Lula	G x A
17	Miguel García	?
18	Monroe (Estación)	G x A
19	Sicilia No. 6	A
20	Suardia	G
21	Wilson Popenoe	A

A –Antillanos; G –Guatemaltecos; M –Mexicanos; G x A – Híbridos de Guatemalteco y Antillano

**Tabla 2.** Medidas de la variabilidad genética en cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) para los sistemas enzi-  
máticos estudiados.

Sistemas	No. Loci	No. Alelos	No. Alelos Propios	Media Alelos/Locus	% Loci Polimórficos	Media Alelos/Loci Polimórficos
PX	6	10	1	1,5	100	1,5
PPO	4	8	1	1,7	75	2
AO	3	7	1	2	100	2
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>1,7</b>	<b>90,2</b>	<b>1,7</b>

PX –Peroxidasas

PPO –Polifenoloxidasas

AO –Ascorbato oxidasas

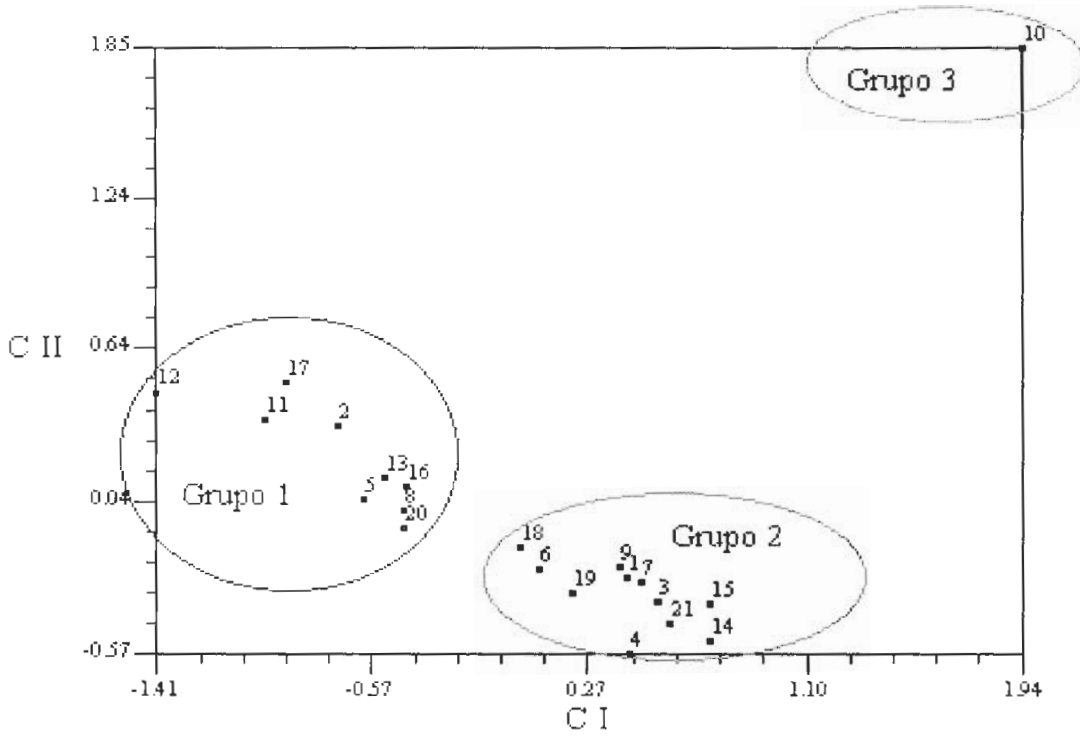


Figura 1. Agrupamiento de cultivares de aguacatero a través del análisis de componentes principales, utilizando caracteres morfológicos.

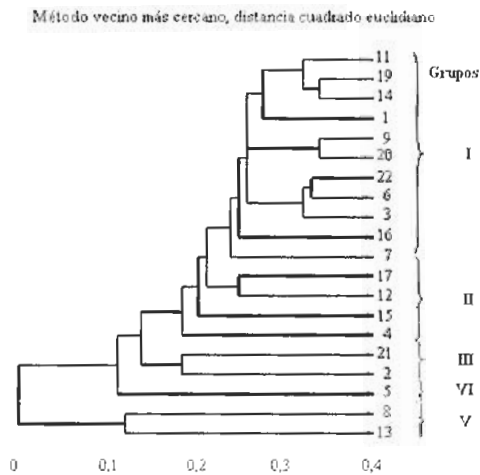


Figura 2. Dendrograma que ilustra la agrupación de los cultivares de aguacatero a través de caracteres bioquímicos.

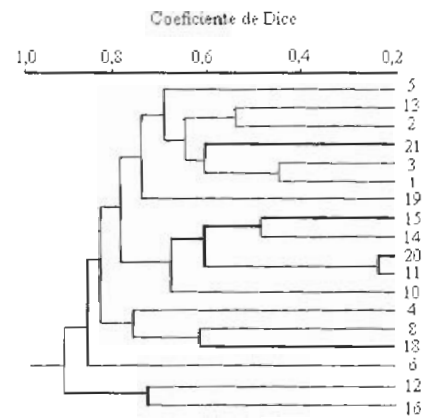


Figura 3. Dendrograma que ilustra la agrupación de los cultivares de aguacatero a través del marcador ISTR.



## GENETIC DIVERSITY ANALYSIS OF TAIWAN AVOCADO ACCESSIONS

*Tsu-Liang Chang<sup>1</sup>, Ming-Te Lu<sup>1</sup>, Chien-An Liu<sup>2</sup> and Iou-Zen Chen<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>**Dept. Horticulture. National Taiwan University. 106 Taipei. Taiwan. Republic of China.  
E-mail: ghouse@ntu.edu.tw**

<sup>2</sup>**Asian Vegetable Research and Development Center. P.O. Box 42. Shanhua. Tainan  
741. Taiwan. Republic of China. E-mail: liuchien@netra.avrdc.org.tw**

### SUMMARY

Forty-two avocado accessions maintained at the Chiayi Agricultural Experimental Station (Chiayi, Taiwan) were evaluated for genetic diversity using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. A total of 107 polymorphic bands were detected for genetic diversity analysis upon polymerase chain reaction (PCR) amplification of 21 octamer primers, an average of five scorable bands per primer. These primers were considered highly informative because they amplified at least one polymorphic band that distinguished between accessions. Jaccard's coefficient was applied to calculate genetic similarity, and UPGMA cluster analysis to generate the dendrogram. The forty-two accessions were first divided into two main groups ( I and II ), at 0.27 of Jaccard's coefficient similarity and the second main group was further separated into two subgroups( II-1 and II-2 ), at 0.33. It suggested that there was high degree of genetic diversity between the first main groups of cultivated avocados as well as the two subgroups of the second main group. The first main group can be further divided into four subgroups ( I-1, I-2, I-3 and I-4 ). Major local selected accessions were assigned to the first two subgroups of the first main group ( I-1 and I-2 ) showed either Guatemalan or West Indian origin. Except Nabel, a cultivar introduced from Guatemala, most cultivars of the third subgroup ( I-3 ) are hybrids with Guatemalan origin. The accessions of the first subgroup of the second main group ( II-1 ) are either hybrids of Mexican and Guatemalan varieties or Guatemalan cultivars. Mexican cultivars are assigned to the second subgroup of the second main group ( II-2 ). In most cases, dendrogram constructed from UPGMA cluster analysis of 42 avocado cultivars, based on similarity index, correlated well with their respective recorded origin.

**Key Words:** RAPD, local selection, genetic diversity, identification



## INTRODUCTION

The commercial avocados, which belong to *Lauraceae*, are perennial evergreen fruit trees. The species *Persea americana* Mill. is polymorphic and can be categorized into Mexican, Guatemalan, and West Indian 'horticultural' races which regarded as geographical ecotypes ( Scora et al., 2002 ). Horticultural traits such as new flush color, exocarp thickness, seed coat, cotyledon, and tightness in seed cavity have been traditionally employed for classification. However, a lot of traits used for classification are fruits traits and can't be utilized before fruits are mature. Plenty of hybrids have been bred with parents of different origins since there is no hybridization barrier or incompatibility between groups. Molecular markers, which can detect DNA polymorphism, have been utilized for taxonomy study and genetic diversity research in recent years ( Clegg et al., 1999 ). A high level of polymorphism was detected in avocado by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers ( Bufler and Ben-Ya'acov, 1992). These methods provide unique tools to understand the genetic relationship between avocado varieties as well as for early selection to utilize resources better and acceleration of breeding process. The purpose of this study is to evaluate the genetic diversity and phylogenetic relationship of the forty-two avocado accessions maintained at the Chiayi Agricultural Experimental Station (Chiayi, Taiwan) with RAPD markers.

## MATERIAL AND METHODS

### Material and DNA extraction:

Fresh leaf samples of the 42 avocado cultivars were collected from Chiayi Agricultural Experimental Station of the Taiwan Agriculture Research Institute. CTAB protocol of Kidwell and Osborn (1992) was followed for total DNA extraction.

### RAPD assay:

A total of 100 UBC (University of British Columbia) primers (set 1: No.1 to 100) were used. RAPD reactions were carried out in 25 $\mu$ l volume containing 1X buffer (10mM Tris-HCl pH8.3; 50mM KCl), 100 $\mu$ M dNTPs, 3mM MgCl<sub>2</sub>, 0.5 $\mu$ M primer, 1.5 unit Taq DNA polymerase and 25ng template DNA. Amplifications were performed in PERKIN ELMER GenAmp 2400. The thermal cycle program was five min at 94 $\mu$ , followed by 30 sec at 94 $\mu$ , 30 sec at 38 $\mu$ , and one min at 72 $\mu$  for 45 cycles, and then further extended at 72 $\mu$  for 10 minutes. PCR amplification products were separated in 1.5% agarose gel by electrophoresis at 100V, 0.5X TBE buffer, then stained with ethidium bromide (0.5 $\mu$ g/ml).

### Data analysis:

The scorable and polymorphic RAPD bands were scored with 0/1 scoring method (0 as absent and 1 as present). The band size was decided by Bio-Gene (Copyright c1999 Vilber-Lourmat) software. Cluster analysis was done with NTSYSpc (version 2.01b) using Jaccard's coefficient and unweighted paired grouped method using arithmetic average (UPGMA).

## RESULTS AND DISCUSSION

100 UBC octamer primers were screened for polymorphism and 21 of them were able to generate polymorphic bands. 107 polymorphic bands were detected and employed for genetic diversity analysis upon polymerase chain reaction (PCR) amplification of the 21 polymorphic primers, an average five scorable bands per primer. These primers were considered highly informative because they amplified at least one polymorphic band that distinguished between accessions. Jaccard's coefficient was applied to calculate genetic similarity, and UPGMA cluster analysis to generate the

dendrogram. The forty-two cultivars were separated into two main groups ( I and II ) by cluster analysis (Figure 1). They were first divided at 0.27 of Jaccard's coefficient similarity and then the second main group was further separated at 0.33 (II-1 and II-2), suggesting that there was high degree of genetic diversity between them. The first main group can be further divided into four subgroups (I-1, I-2, I-3 and I-4). Accessions assigned to the first two subgroups of the first main group are of either Guatemalan or West Indian origin. Almost all of the local selections belong to subgroups I-1 and I-2, with exception of 'CAES11' in subgroup I-3 and 'Hung Chi Chao' in I-4 (the only accession in the subgroup). Except Nabel, a cultivar introduced from Guatemala, most cultivars of the third subgroup are hybrids between Mexican and Guatemalan varieties. The accessions of the first subgroup of the second main group (II-1a) are either hybrids of Mexican and Guatemalan varieties or Guatemalan cultivars. Subgroup II-1b contains only one accession 'G755', which is a hybrid of Guatemalan race and *Persea schiedeana*. Mexican races are assigned to the second subgroup of the second main group (II-2).

Some accessions showed unique banding pattern could be used to identify horticultural races. For example, UBC 1-800 only be found in 'Mexicola' and UBC 39-750 could be found in G755. This is an easy way to identify specific cultivar. The genetic diversity information revealed by this study also provided a way to identify the local avocado selections in Taiwan. In the case of 'Tou Wei Chi' and 'Yang Hui Huang -1', it's hard to distinguish them by traditionally morphological differences. After this study, we can confirm the situation by their highly similarity of 0.97. The genetic diversity analysis of the avocado cultivars from Chiayi Agricultural Experimental Station of the Taiwan Agriculture Research Institute confirms that there is high degree of heterozygosity preserved at the avocado germplasm orchard. All of the banding pattern are useful to estimate the genetic basis for selection of parents to explore the heterosis for avocado improvement in the future.

## CONCLUSIONS

RAPD analysis of the avocado cultivars preserved at the avocado germplasm orchard of the Chiayi Agricultural Experimental Station (Chiayi, Taiwan) revealed there is high degree of genetic diversity among these accessions and provided a unique tool to differentiate avocado accessions of different origins with more concrete molecular evidence. RAPD analysis were able to provide accurate and reliable genetic diversity analysis in this study under an economic and time-saving manner.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Chiayi Agricultural Experimental Station (Chiayi, Taiwan) for the supply of plant material.

## REFERENCES

- BUFLER G, BEN-YA'ACOV A 1992. A study of the germplasm resources, 1988-1990.3 Ribosomal DNA repeat unit polymorphism in avocado. In: Lovatt C, Holthe PA, Arpaia ML (eds) Proceedings of the Second World Avocado Congress, vol. 2. University of California, Riverside, CA, pp 545-550
- CLEGG MT, KOBAYASHI M, LIN JZ 1999. The use of molecular markers in the management and improvement of avocado (*Persea americana* Mill.). Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 227-231.
- FIEDLER J, BUFLER G, BANGERTH F 1998. Genetic relationships of avocado (*Persea americana* Mill.) using RAPD markers. Euphytica 101:249-255

KIDWELL KK, OSBORN TC 1992. Simple plant DNA isolation procedures. In: Beckman JS, Osborn TC (eds). *Plant Genomes: Methods for Genetic and Physical Mapping*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp 1-13

LU MT 2002. Analysis of Genetic Relationship in Avocado Cultivars Using RAPD Markers. Master Thesis Part II, Graduate Institute of Horticulture, National Taiwan University, pp 63-95

SCORA RW, WOLSTENHOLME BN, LAVI U 2002. Taxonomy and Botany. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing, Oxon UK, pp 15-37

Table 1. Plant material used in the study and their reported origins.

No.	Accession	Reported Origin <sup>Z</sup>	No.	Accession	Reported Origin
v1	CAES1	LS	v29	Half	W x G
v2	CAES2	LS	v30	Pollock	W
v3	CAES3	LS	v33	Hawaii #5	G
v4	CAES4	LS	v34	Lula	G x M
v6	CAES6	LS	v35	Ettinger	M
v11	CAES11	LS	v38	Tou Wei Chi	LS
v13	Lin Der Tsung	LS	v39	Mexican	U
v14	Topa Topa	M	v40	Choquette	G x W
v15	Fuerte	M x G	v44	Reed	G
v16	Hass	G x M	v45	Hung Hsin Hsi Yeh	LS
v17	Hung Chi Chao	LS	v47	Horshim	M
v18	Nabal	G	v54	Yang Hui Huang -1	LS
v19	Bacon	M	v55	79-6-5-3	LS
v20	Zutano	M	v56	G Hass	U
v21	Susan	M	v58	Yang Hui Huang -2	LS
v22	Chuang Nan Shan	LS	v59	Chang An	LS
v23	Stewart	M	v60	G755	P. sch x G
v24	Sweetgarut	U	v61	Toro canyon	U
v26	Duke7	M	v62	Borchard	U
v27	Halemana	G	v63	Mexicola	M
v28	Anaheim	G	v64	Jim	M

<sup>Z</sup>M:Mexican race, G:Guatemalan race, W:West Indian race, LS:Local Selection,

U:no confirmed record, x: indicated hybridization, P. sch:*Persea schiedeana*.

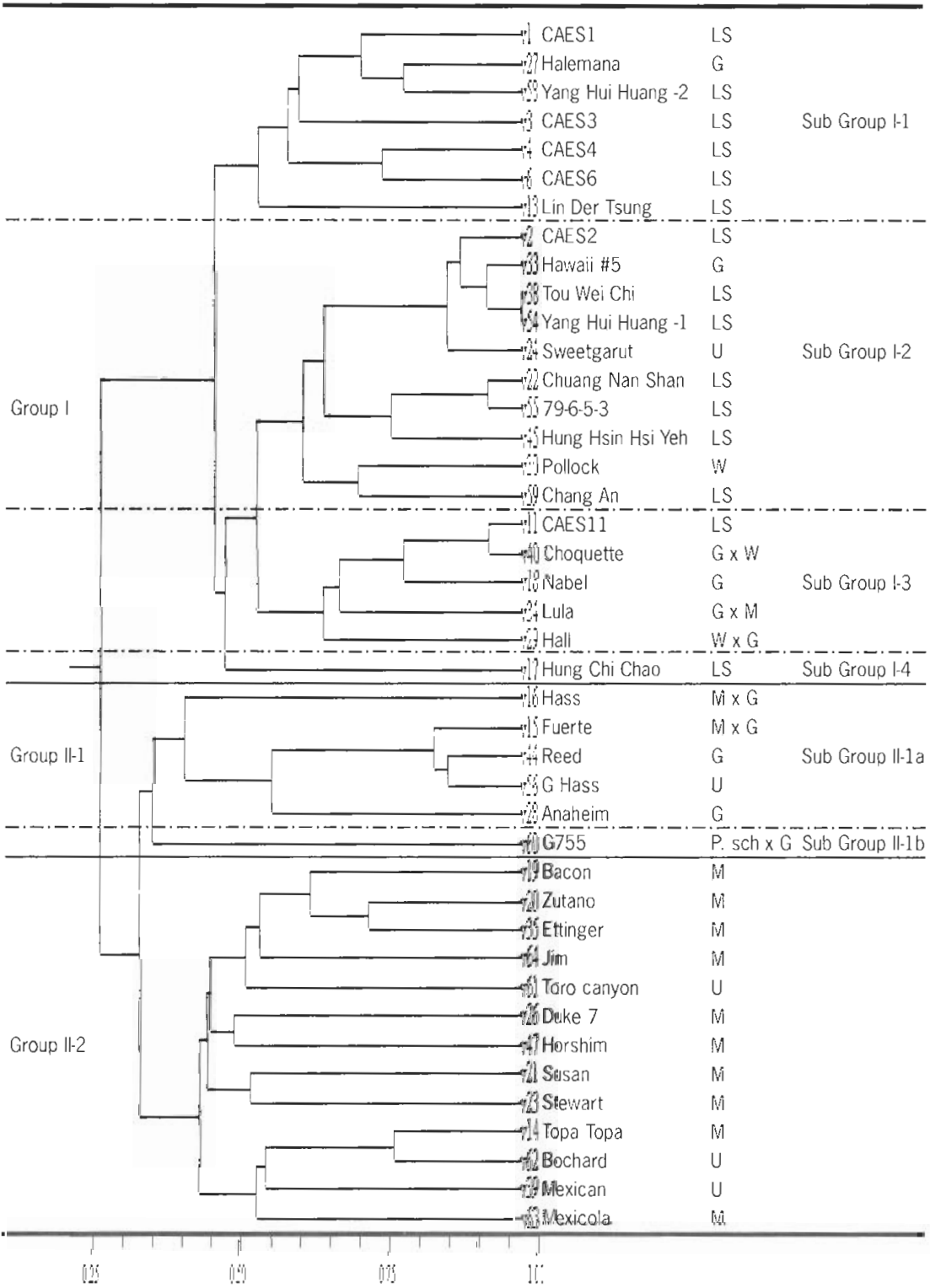


Fig. 1. Dendrogram of avocado accessions revealed by UPGMA cluster analysis on the basis of 107 polymorphic bands. Similarity calculated by Jaccard's coefficient. Description of plant material shown in Table 1.



## USO POTENCIAL DE LA RAZA ANTILLANA COMO FUENTE DE RESISTENCIA A LA PODREDUMBRE RADICULAR DEL AGUACATE

Gallo Llobet, L.<sup>1</sup>; Rodríguez Pérez, A.<sup>1,2</sup>; Siverio de la Rosa, F.<sup>3</sup>; Díaz Hernández, S.<sup>1</sup> y Domínguez Correa, P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Protección Vegetal del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (I.C.I.A.), Apdo. 60, C.P.: 38202 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.  
Correo electrónico: [lgallo@icia.es](mailto:lgallo@icia.es)

<sup>2</sup> Dpto. de Microbiología y Biología Celular. Facultad de Farmacia. Universidad de la Laguna. C.P.: 38207 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.

<sup>3</sup> Sección de Laboratorio de Sanidad Vegetal. Dirección General de Desarrollo Agrícola. Apdo. 60, C.P.: 38202 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.

### RESUMEN

Se han evaluado patrones procedentes de la germinación de semillas recolectadas en árboles de aguacate de raza Antillana, pertenecientes a ecotipos locales (Tenerife y La Gomera, Islas Canarias, España) y material vegetal recolectado en Cuba. Se evaluaron más de 1600 individuos frente al patógeno mediante distintos procesos de selección: tanque con solución nutritiva inoculada con el patógeno y tierra infestada de forma natural. Se seleccionaron 342 patrones para su trasplante en sucesivas etapas a una parcela altamente infestada con el patógeno. El comportamiento del material vegetal seleccionado se estudió en campo durante seis años (222 patrones); cuatro años (58 patrones); tres años (32 patrones) y dos años (30 patrones). Hasta el momento han sobrevivido un 59%; 48%; 62%; y 63% de los patrones seleccionados. Estos resultados confirman el alto interés agronómico de la raza Antillana como fuente de resistencia a la podredumbre de raíz del aguacate.

**Palabras Clave:** Aguacate, Antillano, patrones, podredumbre radicular, *Phytophthora cinnamomi*, tolerancia-resistencia, selección.

## INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos constituyen la base de la producción agrícola y la seguridad alimentaria mundial, garantizando la disponibilidad de los genotipos necesarios para la mejora genética. Una de las prioridades en la investigación del aguacate es encontrar patrones tolerante-resistentes a la enfermedad conocida como podredumbre de raíz cuyo agente causal es *Phytophthora cinnamomi* Rands. Esta enfermedad es el mayor problema del cultivo en todas las áreas productoras del mundo (Zentmyer, 1980) y fue detectada por primera vez en las Islas Canarias en 1975 (Gallo y col., 1978) y en la costa del Mediterráneo en 1983 (Gallo, 1987). *P. cinnamomi* puede permanecer en el suelo durante largos períodos de tiempo aún en ausencia de plantas hospedadoras (Zentmyer, 1980), de forma que las posibilidades de erradicación de esta enfermedad en suelos infestados son prácticamente nulas. Una parte importante en la lucha integrada frente a *P. cinnamomi* y la forma más eficaz de control de la enfermedad a largo plazo es la utilización de patrones resistentes (Zentmyer y col., 1967; Coffey, 1987; Zilberstain y col., 1992; Mengue y col., 1992; Whiley y col., 2002).

En las Islas Canarias se han utilizado como portainjertos semillas de aguacate de raza Antillana desde que se establecieron los primeros cultivos comerciales en 1960. Su buena adaptación al clima y la disponibilidad de material vegetal procedente de árboles dispersos en plantaciones de plataneras sembrados al regreso de Cuba de los emigrantes Canarios en los años 20, ha hecho de la raza antillana la única con interés agrícola en las Islas. Los primeros trabajos sobre resistencia a *P. cinnamomi* en patrones de raza Antillana se realizaron en Canarias (Gallo y col., 1984), comprobándose mediante pruebas comparativas de patogeneicidad la mayor resistencia de estos patrones (Gallo, 1990; Gallo y Siverio, 1995). En Israel, el porcentaje de resistencia observado en esta raza es también mayor que el encontrado en las razas Mexicana y Gutemalteca (Ben-Ya'acov y Michelson, 1995; Ploetz y col., 2002).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La selección de patrones tolerante-resistentes a *P. cinnamomi* se realizó sobre plántulas procedentes de la germinación de semillas recolectadas mayoritariamente en árboles de raza Antillana pertenecientes a ecotipos locales (Tenerife y La Gomera, Islas Canarias, España). También se dispuso en menor proporción de material vegetal antillano recolectado en Cuba y de semillas procedentes de híbridos locales Antillano x Guatemalteco (Gema). El proceso de selección se inició con la germinación de las semillas en bandejas con picón. Una vez obtenidas las plántulas se utilizaron diferentes métodos de selección: tanque con solución nutritiva inoculada con el patógeno, terrinas con tierra infestada y directamente en campo infestado. En el primer caso, cuando las plantas tuvieron 8-10 cm de altura se colocaron en un tanque con solución nutritiva y se inocularon con *P. cinnamomi* después de emitir raicillas nuevas. Transcurridos 3 meses se observó el porcentaje de raíces sanas para seleccionar el material tolerante-resistente (Zentmyer y Mircetich, 1960). Los ensayos en terrinas se realizaron en condiciones controladas de invernadero, sembrando las plántulas en terrinas con tierra infestada de forma natural y evaluando la resistencia al patógeno al cabo de 9-12 meses. Por último, la selección en campo se realizó atendiendo a la supervivencia de árboles jóvenes (1 año) que fueron sembrados en una parcela infestada con *P. cinnamomi* en 1992.

El material vegetal que mostró un mejor comportamiento en los ensayos preliminares de resistencia en tanque y en terrina fue seleccionado para su evaluación en campo, trasplantándose a una parcela del I.C.I.A. altamente infestada desde hace más de 30 años. Se realizaron evaluaciones anuales del material vegetal midiendo la altura, el diámetro del tallo a 10 cm del suelo y el perímetro de la copa. Para evaluar la tolerancia-resistencia a la podredumbre radicular se midió el índice de intensidad de la enfermedad (IIE) utilizando una escala visual de 0 a 5 en la que 0 corresponde a un árbol sano y 5 a un árbol completamente desfoliado (Gabor y col., 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante los procesos iniciales de selección en tanque y en terrina se obtuvieron 342 patrones para su evaluación en campo (Fig. 1). Éstos fueron trasplantados por grupos a la parcela infestada en los años 1997 (Grupo I, 222 patrones), 1999 (Grupo II, 58 patrones), 2000 (Grupo III, 32 patrones) y 2001 (Grupo IV, 30 patrones). En las tablas 1-4 se muestran los resultados obtenidos hasta el momento, detallándose el origen de los patrones y su supervivencia a *P. cinnamomi*. De los 222 patrones sometidos desde 1997 a stress biológico producido por *P. cinnamomi* actualmente sobreviven 131 (59%), 50 de ellos sin ningún síntoma de enfermedad. El resto de patrones muestra un porcentaje de supervivencia similar: sobreviven el 48% de los 58 patrones trasplantados en 1999, 11 de ellos sin síntomas; 62% de los 32 patrones trasplantados en el año 2000, 14 de ellos sin síntomas; y 63% de los 30 patrones trasplantados en 2001, aunque sólo 3 no muestran síntomas de enfermedad (Fig. 2 y 3). Siete de estos patrones (BH-2; La Planta 1-A; La Planta 2-4; La Planta 2-8; Gema; Maoz H5-6B y SS3-1) se propagaron clonalmente y están siendo reevaluados en campo desde 1999, junto con otros 4 patrones seleccionados directamente en campo (H15A-2,1; H15A-6,13; H15A-9,2 y H15G-4,28).

## CONCLUSIONES

Como resultado del programa de selección se mantiene un campo de plantas madre que cuenta con 50 patrones de raza Antillana que no presentan síntomas de enfermedad después de 6 años de ensayo en una parcela altamente infestada por *P. cinnamomi*. Otros 28 patrones de raza Antillana se mantienen también sin síntomas de enfermedad después de tiempos de ensayo que oscilan entre 2 y 4 años.

Los resultados obtenidos confirman el potencial de la raza Antillana como fuente de resistencia a la podredumbre de raíz del aguacate.

## Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Proyectos INIA Sc 96-085; INIA RTA 01-098, y por la Unión Europea (STD3), Life Sciences and Technologies for Developing Countries, Proyecto TS3\*CT94-0308.

## BIBLIOGRAFÍA

- BEN-YA'ACOV A, MICHELSON E 1995. Avocado Rootstocks. Horticultural Reviews. 17:381-429.
- COFFEY MD 1987. *Phytophthora* root rot of avocado an integrated approach to control in California. Plant Disease. 71:1046-1052.
- GABOR RK, GUILLEMET FB, COFFETY MD 1990. Comparison of field resistance to *Phytophthora cinnamomi* in twelve avocado rootstocks. HortScience, 25: 1655-1656.
- GALLO LLOBET L, MIRALLES CISCAR F, ÁLVAREZ DE LA PEÑA FJ 1978. La podredumbre de las raíces del aguacate. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- GALLO LLOBET L, JAIZME VEGA MC, HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ J 1984. Resistencia, patogenicidad y control *in vivo* e *in vitro* de *Phytophthora cinnamomi* Rands, parásito del aguacate. III Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Tenerife.



GALLO LLOBET L 1987. Podredumbre de raíz en aguacate causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands. Fruticultura profesional. 9:52-56.

GALLO LLOBET L 1990. Search for resistance to *Phytophthora* root rot in West Indian avocado rootstocks in the Canary Islands. Bull OEPP/EPP. 20:95-99.

GALLO LLOBET L, SIVERIO DE LA ROSA F 1995. Evaluation of West Indian avocado seedlings's tolerance-resistance to *Phytophthora cinnamomi* Rands compared with clonal resistant rootstocks Duke 7, Thomas, and Toro Canyon, under field conditions. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Avocado Congress. Tel Aviv, Israel. p.396-399.

MENGUE JA, GUILLEMET FB, CAMPBELL S 1992. The performance of rootstocks tolerant to root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* under field conditions in southern California. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Avocado Congress. Riverside, CA. 1:101-104.

PLOETZ R, SCHNELL RJ, HAYNES J 2002. Phytoparasitica 30:262-268.

WHILEY AW, SCHAFFER B, WOLSTENHOLME BN 2002. The Avocado botany, production and uses. CABI Publishing UK.

ZENTMYER GA, MIRCETICH SM 1960. Results with new method of testing for resistance to *Phytophthora* root rot of avocado. California Avocado Society Yearbook. 44:107-109.

ZENTMYER GA, PAULUS AO, BURNS RM 1967. Avocado root rot. University of California Agricultural Extension Service Circular. 511.

ZENTMYER GA 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. The American Phytopathological Society, St Paul Minnesota.

ZILBERSTAIN M, BEN-YA'ACOV A, SELA I 1992. Selection of avocado rootstocks resistant to root rot in Israel. Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture. 36:15-19.



Figura 1: Campo de plantas madres de patrones de raza Antillana, establecido en 1997 en parcela altamente infestada con *P.cinnamomi*. El material vegetal fue preseleccionado por su tolerancia-resistencia al patógeno.

Tabla 1: Supervivencia en campo infestado con *P. cinnamomi* de patrones de raza Antillana obtenidos de semillas de árboles de La Gomera, preseleccionados por su resistencia al patógeno. Fecha de trasplante a campo: 1997 (Grupo I), 1999 (Grupo II), 2000 (Grupo III) y 2001 (Grupo IV).

La Gomera		Nº de patrones vivos/nº total de patrones			
		Grupo (años en la parcela)			
Localidad	Arbol	Grupo I (6 años)	Grupo II (4 años)	Grupo III (3 años)	Grupo IV (2 años)
San Sebastián	SS-3	7/10	-	-	-
	SS-7	27/37	-	-	1/1
	SS-8	4/6	2/3	-	-
Valle Gran Rey	VGR-18	3/4	1/2	-	-
	VGR-20	6/12	0/3	-	1/1
	VGR-32	1/1	-	-	-
	VGR-37	1/1	-	-	-
	VGR-38	7/23	0/1	-	-

Tabla 2: Supervivencia en campo infestado con *P. cinnamomi* de patrones de raza Antillana e híbridos Antillano x Guatemalteco (Gema) obtenidos de semillas de árboles de Tenerife, preseleccionados por su resistencia al patógeno. Fecha de trasplante a campo: 1997 (Grupo I), 1999 (Grupo II), 2000 (Grupo III) y 2001 (Grupo IV).

Tenerife (vertiente Norte)		Nº de patrones vivos/nº total de patrones				
		Grupo (años en la parcela)				
Localidad	Arbol	Grupo I (6 años)	Grupo II (4 años)	Grupo III (3 años)	Grupo IV (2 años)	
Tacoronte	ECA	1/3	-	-	-	
	ECA-1	4/7	2/3	-	1/2	
	ECA-2	1/2	1/1	-	0/1	
Valle de Guerra	Gema	2/2	-	-	-	
	Gema (H-14)	-	4/8	-	2/3	
	Gema (H-15)	-	1/2	-	1/1	
	Gema 03 (H-14)	-	-	4/6	0/1	
	Gema 04 (H-14)	-	0/1	-	-	
	Gema 07 (H-15)	-	-	2/2	-	
	Gema 10 (H-14)	-	-	-	1/1	
	H-5/88	-	1/1	-	-	
	Maoz	-	-	-	0/1	
	Maoz 2 (H-14)	-	-	10/18	2/4	
La Orotava	Maoz 6 (H-14)	-	-	3/4	-	
	Maoz H-5 6-B	11/15	-	-	-	
	Orotava	0/1	-	-	-	
	-	Antillano	7/11	6/12	-	-

**Tabla 3:** Supervivencia en campo infestado con *P. cinnamomi* de patrones de raza Antillana obtenidos de semillas de árboles de Tenerife, preseleccionados por su resistencia al patógeno. Fecha de trasplante a campo: 1997 (Grupo I), 1999 (Grupo II), 2000 (Grupo III) y 2001 (Grupo IV).

Tenerife (vertiente Sur)		Nº de patrones vivos/nº total de patrones				
		Grupo (años en la parcela)				
Localidad	Arbol	Grupo I (6 años)	Grupo II (4 años)	Grupo III (3 años)	Grupo IV (2 años)	
Arafo	Taro	-	-	1/1	-	
	Taro 02	1/2	0/1	-	-	
	Taro 03	0/1	-	-	-	
	Taro 05	-	-	-	1/1	
	Taro 07	-	-	-	2/3	
	Taro 08	-	-	-	1/1	
	Taro 09	-	-	-	0/1	
	Taro 12	0/1	0/1	-	1/1	
	Taro 13	1/3	-	-	-	
	Taro 14	2/3	-	-	-	
	Taro 15	-	2/2	-	2/2	
	Taro 17	-	1/2	-	-	
	Taro 19	-	0/2	-	1/1	
	Taro 35	-	1/1	-	-	
	Güímar	A-4 (10)	-	2/2	-	-
		A-7	-	0/1	-	-
		BH-2	3/4	-	-	-
		La Planta 1-A	2/3	-	-	-
		La Planta 2	9/16	-	-	-
La Planta 2-02		0/2	-	-	-	
La Planta 2-04		5/6	-	-	-	
La Planta 2-06		0/1	-	-	-	
La Planta 2-07		-	-	-	-	
La Planta 2-08		0/3	-	-	-	
La Planta 2-10		1/1	-	-	-	
La Planta 2-C		0/1	-	-	-	
La Planta 2-D		5/5	-	-	-	
La Planta 2-E		1/1	-	-	-	
La Planta 2-G		1/2	-	-	-	
Melquiades	3/6	-	-	-		
Igueste	I-1	2/5	1/5	-	2/2	
	I-2	5/8	2/2	-	-	

**Tabla 4:** Supervivencia en campo infestado con *P. cinnamomi* de patrones de raza Antillana obtenidos de semillas de árboles de Cuba, preseleccionados por su resistencia al patógeno. Fecha de trasplante a campo: 1997 (Grupo I), 1999 (Grupo II), 2000 (Grupo III) y 2001 (Grupo IV).

Cuba		Nº de patrones vivos/nº total de patrones			
		Grupo (años en la parcela)			
Localidad	Arbol	Grupo I (6 años)	Grupo II (4 años)	Grupo III (3 años)	Grupo IV (2 años)
Cuba	Catalina	4/6	-	-	0/1
	Pedro Luis	1/3	-	-	-
	Perrero	1/1	-	-	-
	Tarros	1/1	-	-	-

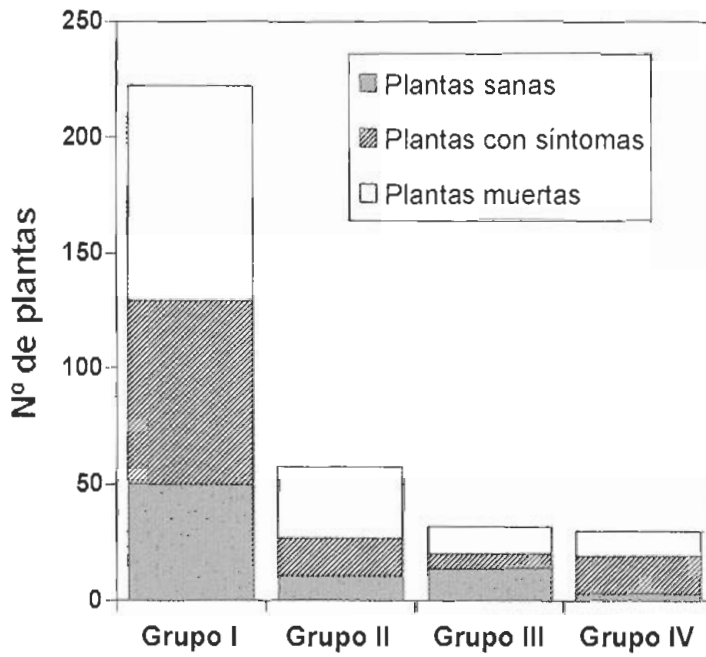


Figura 2: Comportamiento frente a *P. cinnamomi* de patrones de raza Antillana trasplantados a campo en los años 1997 (Grupo I), 1999 (Grupo II), 2000 (Grupo III) y 2001 (Grupo IV).

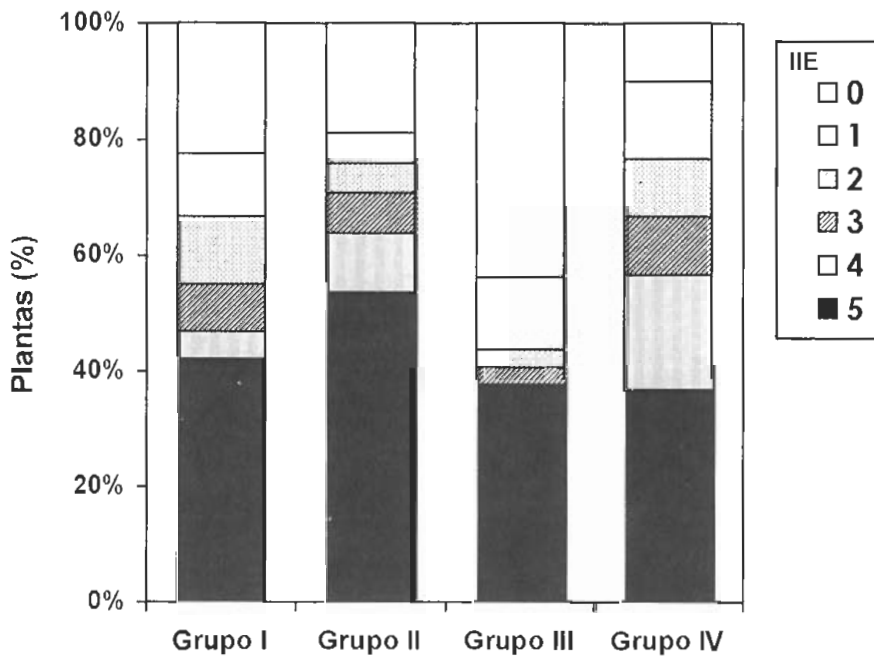


Figura 3: Índice de intensidad de la enfermedad (IIE, de 0-5, 0=planta sana; 5=planta muerta) de los patrones de raza Antillana evaluados frente a *P. cinnamomi* en campo desde los años 1997 (Grupo I), 1999 (Grupo II), 2000 (Grupo III) y 2001 (Grupo IV).



## MOLECULAR APPROACHES FOR THE CHARACTERISATION OF GHANAIAN AVOCADO PEAR (*PERSEA AMERICANA* MILL.) GERMPLASM.

K. J. Taah,<sup>1</sup> P. G. Alderson<sup>1</sup> and J. B. Power.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Agricultural Sciences Division* <sup>2</sup> *Division of Plant Sciences, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus. LE 12 5RD. UK.*  
E-mail: [sbxkjt@gwmail.nottingham.ac.uk](mailto:sbxkjt@gwmail.nottingham.ac.uk).

### ABSTRACT

In forested regions of southern Ghana many edible forms of avocado pear exist, but offer different fruit and fruiting quality characteristics. This is the result of unregulated seed-based propagation, use of volunteer seedlings as planting materials by farmers and germplasm introductions from a variety of sources, including the USA by the United States Agency for International Development (USAID). It is believed that West Indian, Mexican and Guatemalan races of avocado all co-exist in Ghana.

To date, no studies have been undertaken to characterise those races or their hybrids in Ghana. Some of the key determining morphological characteristics for those ecological races are outlined here.

Research currently being carried out at the University of Nottingham, UK is investigating the use of molecular markers (AFLPs) to characterise and delineate the avocado pear germplasm currently grown in Ghana.

**Key Words:** volunteer seedlings, ecological races, molecular methods, AFLPs, avocado pear.

### AVOCADO IN GHANA

Ghana is located on West Africa's Gulf of Guinea and the southern regions of the country experience a bimodal rainfall regime typified by a tropical rainforest belt, turning to coastal savannah vegetation on the Accra Plains. The northern part of the country has a single peak rainfall thus

generating a Guinea savannah eco-zone. Avocado pear is now widespread in the forest regions of Ghana (Figure 1) but there is no formal record or time frame of its introduction into the country. The first recorded planting of avocado pear was at Aburi (near Accra) in 1870, with peasant avocado pear production being recognised by 1907 (Anon, 1961). Large-scale commercial cultivation is, however, still the exception and there are no certified avocado nurseries to supply the growers with grafted material. Avocado pear growers rely on seed-propagated plants and volunteer seedlings as planting materials, the latter often infected with pests, such as the giant looper, and diseases, such as *Phytophthora* root-rot. Although avocado pear is predominantly found in the forested regions in southern Ghana (Figure 1), where the climate, soils and vegetation are optimal for cultivation, it is regarded as an important crop economically throughout the country.

## AVOCADO RACES

The complex flowering of avocado, combined with the fact that there is little or no information on the origin of germplasm, has resulted in a large pool of genetically divergent material giving variations in fruit shape, size, flesh quality and peel characteristics. The peel characteristics of the fruit can be used as a basis for morphological characterisation of the three known races (Figure 2). Avocado races may be characterised by peel that is (i) medium or thin in thickness, smooth and either leathery or brittle as found in the West Indian race (Figure 2a), (ii) thin, smooth and either leathery or brittle as found in the Mexican race (Figure 2b) and (iii) thick, pebbled and either leathery or brittle as found in the Guatemalan race (Figure 2c). Mature unripe fruits that are green will ripen yet maintain their green peel colour, however, those that are predominantly green but with some anthocyanin pigmentation ripen fully to a deep purple or dark green /purple. The shape of the fruit ranges from ellipsoid through pyriform and obovate to spheroid. The flesh of the fruit (meat) ranges from watery, through fibrous (both undesirable), and dry (desirable) to buttery (most desirable).

## MOLECULAR CHARACTERISATION OF AVOCADO

Amplified fragment length polymorphism (AFLP), a polymerase chain reaction (PCR) based-fingerprinting technology (Vos *et al.*, 1995) is being developed to characterise avocado pear germplasm. This technology is seen as suitable due to:

- The availability of several restriction enzymes and corresponding primer combinations providing flexibility to facilitate the direct manipulation of AFLP fragments for defined applications, such as genetic mapping.
- It provides appropriate performance in terms of reproducibility, resolution and time efficiency.
- It is sensitive enough for the detection of polymorphisms at the total-genomic level.
- AFLP technology does not require sequence information or probe collections prior to the generations of AFLP fingerprints.

Air-dried avocado leaves will be used for the characterisation, and the procedure involves:

- Isolation and purification of genomic avocado DNA. Air-dried avocado leaves from selected fruit bearing trees in Ghana are being used for DNA isolation, following modifications to the protocol of Dellaporte *et al.* (1983). A protocol for air-drying avocado leaves is being developed to assess any effects on the DNA isolation and purity (Figure 3).
- Digestion with Eco RI and MseI restriction enzymes.

- Ligation with Eco RI and MseI adaptors at the restricted ends.
- Preselective amplification with Eco RI and MseI primers
- Selective amplification
- Generation of DNA fingerprints and cluster analysis (ABI Prism Genotyper) to group avocado pear present in Ghana into races.

## REFERENCES

ANONYMOUS 1961. *Miscellaneous Information*. The Ghana Farmer. Vol. XIII No. 1 Division of Agriculture. Accra.

DELLAPORTE SL, WOOD J, HICKS JB 1983. A plant DNA minipreparation: Version II. *Plant Molecular Biology Report* 1: 19-21.

VOS P, HOGERS R, BLEEKER M, REIJANS M, VAN DE LEE T, HORNES M, FRIJTERS A, POT J, PELEMAN J, KUIPER M, ZABEAU M 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23:4407-4414.

## Acknowledgement

The senior author acknowledges receipt of funds from the Ghana Government and the Carr Scholarship Fund, University of Nottingham.



Figure 1. Avocado growing areas in Ghana.





Figure 2. Fruits of three races of avocado. (a) West Indian (b) Mexican (c) Guatemalan  
source: <http://www.ucavo.ucr.edu/> (Accessed 13/05/03)

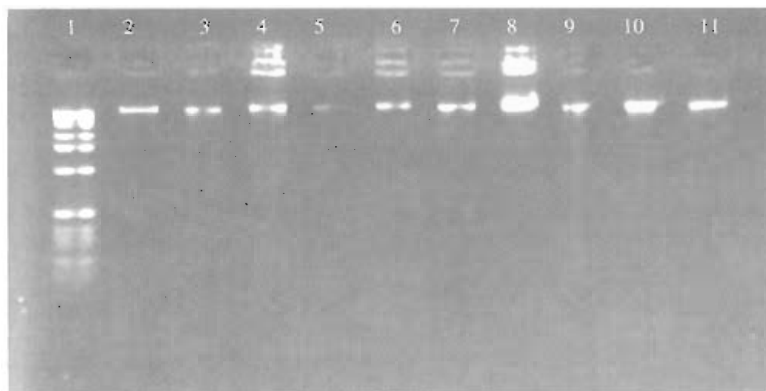


Figure 3. Gel electrophoresis of avocado DNA extracted from leaves of seedlings (cultivar Hass) raised in a controlled environment room.  
Lane 1 represents 1 kb ladder. With the exception of lanes 10 and 11, which represent freeze-dried avocado leaves from seedling number 4, all other lanes are in pairs and represent fresh and dried leaves respectively from the following seedlings: lanes 2 & 3 from seedling number 1; lanes 4 & 5 from seedling number 2; lanes 6 & 7 from seedling number 5; and lanes 8 & 9 from seedling number 18.

## ZYGOTIC EMBRYO CULTURE AND MUTATION BREEDING IN AVOCADO (*PERSEA AMERICANA* MILL).

J. L. Fuentes-Lorenzo<sup>1</sup>, N. N. Rodríguez-Medina<sup>2</sup>, L. Santiago-Hernández<sup>1</sup>, Y. Valdés-Carbonel<sup>1</sup>, I. Ramírez-Pérez<sup>1</sup>, B. Velazquez-Palenzuela<sup>2</sup>, E. Prieto-Miranda<sup>1</sup> and M. Guerra-Torrez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear (CEADEN). 5<sup>ta</sup> y 30, # 502, Miramar, Playa, C. Habana, Cuba. E-mail: [fuentes@ceaden.edu.cu](mailto:fuentes@ceaden.edu.cu)

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IICF) 7<sup>ma</sup> e/ 30 y 32, Miramar, Playa, C. Habana, Cuba.

### ABSTRACT

Mutation induction and biotechnological techniques are current approaches used in plant breeding. At present work, both methodologies were combined in order to obtain a mutation-breeding model in avocado. *In vitro* germination and rooting of zygotic embryos, sprout multiplication and plantlets adaptation in Cuban avocado varieties were studied. Percentage of germinated entire embryos were higher using mature than immature embryos. Near of 80 % of entire plantlets obtained by embryo culture technique were adapted to greenhouse conditions. Based on inhibition of entire sprout fraction, radiosensitivity curves for Duke and Hass varieties were developed. Inhibition of entire sprout fraction was described by a second order polynomial equation. Fit of experimental data and theoretical model was equal to 0.96 and 0.95 for Hass and Duke radiosensitivity curves, respectively. LD<sub>50</sub> values defined as the dose, at which the 50 % of entire sprout fraction are inhibited, were determined in 27 and 28 Gy for Hass and Duke varieties, respectively. Gamma-rays mutagenic doses for zygotic embryos of both varieties were also established between 19 and 25 Gy. Applied mutagenic dose did not affect significantly plantlets development. However, leaf and root anomalies, atrophied and chlorophyll-deficient shoots and albinism were observed at doses higher than LD<sub>50</sub> values. The usefulness of the combined approach to improve avocado varieties was discussed. This *in vitro* methodology appears as an alternative to traditional breeding methods, particularly for improving agronomic characteristics as rot-root resistance and salt tolerance in avocado.

**Key Words:** Zygotic embryo culture, Mutation breeding,  $\gamma$ -rays, avocado.

## INTRODUCTION

The avocado is an important fruit tree, which have been incorporated into dietary culture of many countries across the world. In spite of its wide acceptance, soil-borne disease *Phytophthora* rot-root and abiotic stress as salinity have limited its intensive production (Gallo-Llobet *et al.*, 1999; Zilberstaine, 1999; Kremer-Kohne and Duvenhage, 2000; Kremer-Kohne *et al.*, 2001).

Genetic breeding in avocado using conventional hybridization methods is quite difficult. Therefore, only a few formal genetic studies have been reported. The long juvenile period and the large area required for growing trees doing breeding programs very expensive are among the main problems (Lavi *et al.*, 1991). In our country, breeding efforts have been limited to selection of varieties, its vegetative propagation and *ex situ* conservation.

Mutation induction techniques are alternative breeding methods, which have been widely used for genetic improvement of major crops, ornamentals and eventually perennial fruit crops (Przybyla, 1994; Maluszynsky *et al.*, 2000). Mutation breeding in avocado is very recent. First efforts were made by Salvador Sánchez Colín CICTAMEX Foundation in Mexico in order to obtain dwarf and architectural improved genotypes (Sánchez-Colín *et al.*, 1990). These studies have demonstrated the usefulness of induced mutation using  $\gamma$ -rays to modify plant architecture, vegetative growth, flowering, fruit setting and certain changes on fruiting behavior in avocado (De la Cruz *et al.*, 1995ab, 1998; Rubi *et al.*, 1995). Nowadays, FAO/IAEA Coordinated Research Project aimed at improving fruit crops by mutation induced and biotechnology have been established (Mohan, 2002).

The use of biotechnological techniques as tissue culture in mutation breeding schemes could be a more effective way to improve plant varieties by means of selection optimization, shorten breeding schemes and therefore diminishing cost of breeding effort (Maluszynski *et al.*, 1995). Tissue culture for different types of avocado explants have been established (Mohamed-Yasseen, 1993). The utility of these techniques to micropropagation and morphogenetic capacity restoration of rootstock (Pliego-Alfaro and Murashige, 1987; Barcelo-Muñoz *et al.*, 1999) and to breeding purposes (Sneke and Barlass, 1983; Bijzet, 1999; Witjaksono and Litz, 1999; Litz and Litz, 2002) in avocado have been also demonstrated.

The present study has hypothesized that zygotic embryo culture could be an effective model for mutation breeding in avocado. According to this, our objectives were: (1) to study *in vitro* germination and rooting of zygotic embryos, sprout multiplication and plantlets adaptation in Cuban avocado varieties; and (2) to develop radiosensitive curves of zygotic embryos of Duke and Hass varieties and to establish their  $\gamma$ -rays mutagenic dose.

## MATERIALS AND METHODS

### Plant material

Fruits were obtained from open-pollinated trees of Duke, Hass, Suardía Estación, Catalina and Jaruco No. 1 varieties located at Güira de Melena station of the Tropical Fruit Research Institute (IFTI). Genotypes were selected on the basis of their relevance for breeding purpose in Cuba. Duke variety is used as rootstock for both *ex situ* conservation and production in our country; and remaining varieties are amount the most important cultivars in Cuba.

### Zygotic embryo culture

Seeds with different developmental state as those of fruits between 4-43 week-old from fruit-set were used. An embryo was considered as mature when it was extracted from ripe fruits, which

depended on the genotype. Seeds were dipped into 90 % (v/v) ethanol and flamed to surface sterilize. Aseptic seeds were divided by half into separated cotyledons, excising the plumule-radicle axes together with 1 cm-thick sections of cotyledon, and transferring them into tubes of nutrient medium.

For all experiments, zygotic embryos were put on filter paper bridges into glass tube containing 5 ml of Murashige and Skoog (1962) salt medium, diluted to half strength (1/2 MS) supplemented with 30000 mg/L of sucrose, 100 mg/L of inositol, pH  $5.7 \pm 0.1$ ; except for multiplication experiments where 0.5 mg/L of benzilaminepurine (BA) and giberelic acid ( $GA_3$ ) were also added. Four week-old entire plantlets were transferred to glass pots containing 10 ml of fresh medium without hormones and grown for eight more weeks. Cultures were grown in a climate-room with a relative humidity of 60 %, temperature of  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  and light intensity of 2500 lx provided by Chiyoda lux fluorescent lamps and measured using a Yu116 Luxometer (Russia). A 16-hour light photoperiod was used.

Three month-old plantlets were transferred to pots containing a mix of soil, organic matters and charcoal breeze at 1:1:0,4 ratio for acclimatization before these were transferred to normal greenhouse conditions. At this acclimatization state, plants were covered using transparent nylon for two weeks and watered three times weekly. First watering was made using MS (1/2) salt medium. This step resulted critical during material adaptation.

### **Radiosensitivity curves**

Glass tubes containing mature zygotic of Duke and Hass varieties were irradiated in a dose range between 15-50 Gy, then the embryos were immediately transferred to new tubes with fresh medium. Irradiation was conducted in a Russian PX- $\gamma$ -30M  $^{60}\text{Co}$  irradiator at  $35^\circ\text{C}$ . The rate dose values were between 38-46 Gy/min, estimated by Fricke dosimeter.

Percentage of entire sprout induction was used as criterion in order to know varieties sensibilities to gamma rays. This indicator was calculated for each treatment (radiation dose) as induced entire sprout / total embryo number. At least, three experiments were developed for each treatment and a minimum of 20 embryos was used in each experiment. Survival embryo data were compute for polynomial fit analysis according Origin-PC package (Microcal Software, Inc.).

## **RESULTS AND DISCUSSION**

*In vitro* response of cultivated zygotic embryos is shown in Table 1. For all genotypes, the percentage of germinated entire embryos were higher using mature than immature embryos in accordance with a previous study (Rodriguez *et al.*, 1997). Between 16 and 34 % of immature embryos did not germinate, while this percentage ranged between 2 and 7 in the case of mature embryos. Near of 80 % of entire plantlets obtained by embryo culture techniques could be adapted to greenhouse conditions.

	Varieties				
	Duke	Hass	Suardia Estación	Catalina	Jaruco No.1
<b>Immature embryos</b>					
Number of cultivated embryos	70	51	50	49	65
Percentage of germinated entire embryos	44	38	40	45	33
Percentage of non-germinated embryos	16	34	29	23	31
Percentage of adapted plantlets <sup>&gt;</sup>	83	80	83	85	86
Percentage of germinated incomplete embryos	26	22	28	38	33
Percentage of contaminated cultures	14	6	5	4	3
<b>Mature embryos</b>					
Number of cultivated mature embryos	203	99	55	81	63
Percentage of germinated entire embryos	71	71	83	81	80
Percentage of non-germinated embryos	2	5	8	6	7
Percentage of adapted plantlets <sup>&gt;</sup>	80	84	81	89	80
Percentage of germinated incomplete embryos	26	12	4	9	10
Percentage of contaminated cultures	1	12	5	4	3

(>) Based on number of germinated entire embryos

According to the literature, germination percentage of *in vitro* propagated avocado depended on the used genotype, explant kind, salt medium and hormones concentration. Thus, *in vitro* propagated embryos in 1/2 MS medium supplemented with 0.5 mg/ml of BA of Fuerte variety showed a germination percentage between 4-66 % depending on embryo maturity (Skene and Barlass, 1983). Rodríguez *et al.* (1997), using identical experimental conditions observed that embryo germination of Hass, Suardia Estación and Catalina varieties was near to 30 %. However, when the medium was supplemented with 0.5 mg/ml of BA and GA<sub>3</sub> it was increased until 46 %.

Zygotic embryo culture was limited by the number of germinated incomplete embryos and by contamination. The percentage of germinated incomplete embryos per genotype was always higher when immature embryos were used, except for Duke variety, whose mature embryos had too small size and therefore it were difficult to manipulate. In these cases, the plumule-radicle axis was easily broken when it was excised from cotyledons. This was a serious limitation, which have been observed during experimental procedure. On the other hand, culture contamination depended on genotypes ranging between 1 and 14 %. It has been shown than *in vitro* contamination could be high when axillary buds are used as explants in avocado micropropagation (Cooper, 1987; Capote del Sol *et al.*, 2000). In these studies, fungicide application and strict control of humidity during culture were necessary for control of contamination. Our results indicated that the application of ethanol at 95 % as disinfectant agent was effective to obtain sterile sprouts from zygotic embryos.

In order to establish a useful micropropagation method, *in vitro* multiplication rate of three avocado genotypes was studied (Table 2).

	Varieties		
	Duke	Hass	Suardia Estación
<b>Immature embryos</b>			
Percentage of culture with multiple sprouts	31	46	55
Number of sprouts per cultivated embryo	3,3 ± 0,6	6,0 ± 2,0	6,3 ± 3,2
<b>Mature embryos</b>			
Percentage of culture with multiple sprouts	80	83	80
Number of sprouts per cultivated embryo	2,0 ± 1,0	4,1 ± 1,8	3,2 ± 2,2

Basal medium:  $1/2$  MS medium, (1962)

Multiple sprout induction depended on studied genotype. Duke variety showed lower multiplication response. In general, the mean number of induced sprouts was lower for mature (ranging between 2-4) than for immature cultivated embryos (ranging between 3-6), in accordance with a previous study developed by us (Rodríguez *et al.*, 1997). Plantlets derived from subculture of these sprouts showed poor rooting and adaptability capacities.

Sneke and Barlass (1983) have shown that mature embryos cultivated in  $1/2$  MS medium supplemented with 0.5 mg/ml of BA produce between 4-5 sprouts per embryo. Multiplication rate of cultivated axillary buds in MS medium supplemented with 0.65 mg/ml of BA was between 2.3 and 3.7 (Pliego-Alfaro *et al.*, 1987; Barcelo-Muñoz *et al.*, 1988). This index was 3 when buds were cultivated in Woody Plant Medium without hormones, but it was zero in presence of 1 mg/l of BA (Cooper, 1987). Biasi *et al.*, (1994) have also demonstrated a linear dependence between the concentration of cytokinin and multiplication rate of cultivated axillary buds in range between 0 and 4 mg/ml. However, BA or kinetin concentration equal or higher than 4 mg/ml produced tissue vitrification in accordance with previous studies (Pliego-Alfaro *et al.*, 1987; Schall, 1987). All these studies, including our data, evidence that the practical utility of these methods is still limited and could be optimized.

Based on inhibition of entire sprout fraction radiosensitivity curves for Duke and Hass varieties were developed (Figure 1). Inhibition of entire sprout fraction depended on radiation dose according to the equation  $Y(x) = a + b_1x + b_2x^2$ , where  $Y(x)$  is the logarithm of entire sprout fraction,  $x$  is the radiation dose; and  $a$ ,  $b_1$  and  $b_2$  are the equation parameters (Table 3). The fit of experimental data and theoretical model was equal to 0.96 and 0.95 for Hass and Duke radiosensitivity curves, respectively.

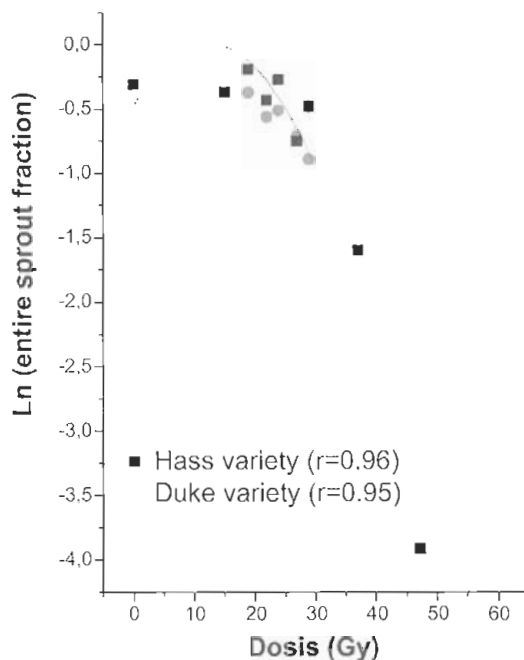


Figure 1. Effect of  $\gamma$ -rays on survival of avocado embryos of Duke and Hass varieties.

Varieties	R-Square	Equation parameters		
		a	b1	b2
Duke	0.95*	-0.3943	0.0166	0.0009
Hass	0.96*	-0.4711	0.0775	0.0004

(\*) Significant for  $p < 0.0001$

Based in the equation parameters,  $LD_{50}$  (defined as the dose at which the 50 % of entire shoot fraction is inhibited) was calculated.  $LD_{50}$  values of 27 and 28 Gy were obtained for Hass and Duke varieties, respectively. This result suggested a similar sensibility to  $\gamma$ -rays for both varieties, however; doses higher than  $LD_{50}$  evidenced that Hass variety was more sensible to lethal effect of radiation.

In general, doses lower than  $LD_{50}$  value were not toxic for both varieties and did not change significantly variety performance in culture (Table 4). *In vitro* germination, rooting and contamination levels were very similar for non-irradiated and irradiated avocado embryos. However, other qualitative indicators as leaf and root anomalies, atrophied and chlorophyll-deficient shoots and albinism were observed at doses higher than  $LD_{50}$  values.

Based on loss of grafting capacity of irradiated avocado scions,  $LD_{50}$  values between 20 and 40 Gy for a group of avocado ecotypes have been previously established (Sánchez-Colín et al. 1990). According to this criteria, an  $LD_{50}$  value of 30 Gy for Hass variety has been also reported (De la

Cruz *et al.* 1993). The results here obtained with Hass variety suggested that zygotic embryos are slightly more sensible to gamma rays than scions, maybe due to higher moisture content than that present in scions. The effect of moisture content on radiosensitivity of avocado varieties has been previously demonstrated (Rubi *et al.*, 1993).

**Table 4.** *In vitro* response of irradiated embryos<sup>></sup> of Duke and Hass varieties cultivated in 1/2 MS medium.

	Varieties	
	Duke	Hass
Total number of cultivated embryos	698	317
Percentage of germinated entire embryos	52	76
Percentage of non-germinated embryos	7	3
Percentage of germinated incomplete embryos	35	9
Percentage of contaminated cultures	6	12

(>) Considering only irradiated embryos at doses lower than LD<sub>50</sub> values

Visser (1973), indicated that doses within LD<sub>60</sub>-LD<sub>70</sub> range were useful for mutagenesis in fruit trees. According to this, we have calculated mutagenic doses between 19 and 26 Gy for Hass and Duke varieties. The results here found using zygotic embryos as experimental model agree with those obtained by De la Cruz *et al.* (1993) irradiating scions of Hass variety.

The present study has optimized a micropropagation method in avocado. The usefulness of the combined approach using mutation and embryos culture techniques to improve avocado varieties is evident. This combined methodology appears as an alternative to traditional breeding methods to improve important characteristics as root-rot resistance and salt tolerance in avocado, where *in vitro* selection methods could be determinant.

### Acknowledgments

The authors wish to thank Dario Sourd for technical assistance. This work was supported by IAEA Research Contract 11671/RO and the PRN/2-3/1-2002 project of the Cuban Nuclear Agency of the Ministry of Science, Technology and Environment.

### REFERENCES

- BARCELO-MUÑOZ, A.; PLIEGO-ALFARO F. AND BAREA J.M., 1988. Micropropagation de aguacate (*Persea americana* Mill) en fase juvenil. Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, España, p.503-506.
- BARCELO-MUÑOZ, A., ENCINA, C.L. AND PLIEGO-ALFARO, F., 1999. Micropropagation of adult avocado. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 58, p. 11-17.
- BIASI, L.A.; KOLLER, O.C. AND KÄMPT, A.N., 1994. Micropropagação do abacateiro "Ouro Verde" a partir de segmentos nodais. *Pesq. Agrop. Brazil*, vol. 29(7), p. 1051-1058.



- BIJZET, Z., 1999. Developing and optimizing techniques to facilitate the development of avocado rootstocks resistant to *Phytophthora cinnamomi*. SA Avocado Growers' Association Yearbook, vol. 22, p. 96-100.
- CAPOTE DEL SOL, M.; ROGRÍGUEZ, N.N. AND BLANCO, M., 2000. *In vitro* propagation of the avocado (*Persea americana* Mill). Tropical Fruits Newsletter, No. 36/37, p. 3-12.
- COOPER, P.A., 1987. Advances in the micropropagation of avocado. Acta Horticulturae, vol. 212, p.571-575.
- DE LA CRUZ, E.; HERNÁNDEZ, M.; RUBI, M. AND SAVEDRA, C., 1993. Radiosensitivity study on Hass avocado for breeding purposes. Proceeding of Salvador Sánchez Colín foundation meeting, CICTAMEX, S.C., Coatepec Harinas, Mexico, p. 121-128.
- DE LA CRUZ, E. RUBI, M. AND FALCÓN, B., 1995a. Efecto de la radiación gamma sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de aguacate Cv. Hass. Proceeding of Salvador Sánchez Colín foundation meeting, CICTAMEX, S.C., Coatepec Harinas, Mexico, p. 55-60.
- DE LA CRUZ, E. RUBI, M. AND SAAVEDRA, C., 1995b. Advances on the radioinduced mutation breeding program on avocado at CITAMEX. Proceeding of World Avocado Congress III, Tel Aviv, Israel, p.120.
- DE LA CRUZ, E. RUBI, M. AND SANDOVAL, L. AND GARCÍA-ANDRADE, J.M., 1998. Architecture variability on Hass avocado subjected to <sup>60</sup>Co gamma irradiation. Proceeding of 17 Phytogetic Congress, Acapulco, Guerrero, Mexico, p. 76.
- GALLO-LLOBET, L.; PÉREZ-ZÁRATE S. AND SIVERIO-DE LA ROSA, F., 1999. Búsqueda de resistencia a *Phytophthora cinnamomi* Rands en patrones de aguacate de raza antillana. Proceeding of World Avocado Congress IV, Acapulco., Mexico.
- KREMER-KOHNE, S. AND DUVENHAGE, J.A. , 2000. Field testing of new avocado rootstocks for tolerance to root rot. SA Avocado Growers' Association Yearbook, vol. 23, p. 70-71.
- KREMER-KOHNE, S.; DUVENHAGE, J.A. AND MAILULA, S.A., 2001. Breeding and field testing of new avocado rootstocks for increased Hass yields and resistance to root rot. SA Avocado Growers' Association Yearbook, vol. 24, p. 33-34.
- LITZ, R.E. AND LITZ, W., 2002. Somatic embryogenesis of avocado (*Persea americana* Mill.) and its application for plant improvement. Acta Hort. (ISHS), vol. 575, p. 133-138.
- LAVI, U.; LAHAV, E.; GENIZI, A.; DEGANI, C.; GAZIT, S. AND HILLEL, J., 1991. Quantitative genetic analysis of traits in avocado cultivars. Plant Breeding, vol. 106, p.149-160.
- MALUSZYNSKI, M.; AHLOOWALIA, B.S. AND SIGURBJORNSSON, B., 1995. Application of *in vivo* and *in vitro* mutation techniques for crop improvement. Euphytica, vol. 85, p. 303-315.
- MALUSZYNSKI, M.; NICTERLIEN, K.; VAN ZANTEN, L. AND AHLOOWALIA, S., 2000. Officially released mutant varieties-The FAO/IAEA database. Mutation Breeding Review, No 12, p.1-84.
- MOHAMED-YASSEN, Y., 1993. Morphogenesis of avocado *in vitro*. A review. Cal. Avocado Soc. Yearbook, vol. 77, p. 101-105.
- MOHAN, J., 2002. Review of induction of mutation in fruits of tropical and subtropical regions. Acta Hort. (ISHS), vol. 575, p. 295-302.
- MURASHIGE, T. AND SKOOG, F. A, 1962. revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Plant Physiology, vol. 15, p. 473-493.

PLIEGO-ALFARO, F.; ENCINA, C.L. AND BARCELO-MUÑOZ, A., 1987. Propagation of avocado rootstocks by tissue culture. S. Afr. Avocado Grower Assoc. Yrb, vol. 10, p. 36-39.

PLIEGO-ALFARO, F. AND MURASHIGE T., 1987. Possible rejuvenation of adult avocado by graftage onto juvenile rootstocks *in vitro*. HortScience, vol. 22, p. 1321-1324.

PRZYBYLA, A., 1994. Mutational breeding of vegetatively propagated plants. Revista Chapingo (Serie Horticultura), vol 1(1), p.145-150.

RODRÍGUEZ, N.N.; FUENTES, V.; RODRÍGUEZ, O.L. AND ALVAREZ, M., 1997. Cultivo *in vitro* de embriones maduros e inmaduros de aguacatero (*Persea americana* Mill). Agricultura Técnica, vol. 57(2), p.154-158.

RUBI, M.; SAAVEDRA, C.; DE LA CRUZ, E. AND HERNÁNDEZ, M., 1993. Effect of moisture content on radiosensitivity of avocado (*Persea americana* Mill). Proceeding of Salvador Sánchez Colín foundation meeting, CICTAMEX, S.C., Coatepec Harinas, Mexico, p. 111-119.

RUBI, M.; DE LA CRUZ, E. AND TRUJILLO, R., 1995. Mejoramiento genético del aguacate mediante mutagénesis radioinducida. Proceeding of Salvador Sánchez Colín foundation meeting, CICTAMEX, S.C., Coatepec Harinas, Mexico, p. 49-54.

SÁNCHEZ, S.; RUBI, M. AND SOSA, R., 1990. Variability induction by irradiation of avocado (*Persea americana* Mill) scions. Proceeding of Salvador Sánchez Colín foundation meeting, CICTAMEX, S.C., Coatepec Harinas, Mexico, p. 41-48.

SCHALL, S., 1987. La multiplicación de avocatero (*Persea americana* Mill. Cv. Fuerte) por microboutaraje *in vitro*. Fruits, vol. 42(3), p. 171-176.

SKENE, K.G.M. AND BARLASS M., 1983. *In vitro* culture of adscissed immature avocado embryos. Annals of Botany, vol. 52, p. 667-672.

VISSER, T., 1973. Methods and results of mutations breeding in deciduous fruits, with special reference to the induction of compact and fruit mutation in apple. In: Induced mutation in vegetatively propagated plants, FAO/IAEA, p.21-23.

WITJAKSONO, H. AND LITZ R.E., 1999. Induction and growth characteristic of embriogenic avocado cultutres. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, vol. 58, p. 19-29.

ZILBERSTAINNE, M.; BEN-YACACOV, A.; BEN-GAL, O.; LEVI, O. AND LINN, A., 1999. Integration of strategies for controlling root-rot in avocado in Israel. Revista Chapingo Serie Horticultura, vol. 5, p.251-253.



## EFFECTO DE LA DESECACIÓN PARCIAL SOBRE LA GERMINACIÓN DE EMBRIONES ZIGÓTICOS INMADUROS DE AGUACATE

C. Sánchez-Romero<sup>1</sup>, R. Perán-Quesada<sup>1</sup>, B. Márquez-Martín<sup>1</sup>, A. Barceló-Muñoz<sup>1</sup>, F. Pliego-Alfaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IFAPA. Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga, España. [cifacruz@olinet.es](mailto:cifacruz@olinet.es)

<sup>2</sup> Dpto. de Biología Vegetal. Universidad de Málaga. 29071 Málaga, España. [ferpliego@uma.es](mailto:ferpliego@uma.es)

### RESUMEN

Se ha estudiado el efecto de diferentes modos y periodos de desecación sobre la germinación de embriones zigóticos inmaduros de aguacate. La desecación parcial en condiciones de alta humedad relativa tuvo efectos significativamente positivos al incrementar la germinación del 15% en embriones sin desecar al 73.33% en embriones desecados durante 14 días en medio B5m+cw. Además del porcentaje final de germinación, otros parámetros relacionados tales como el tipo de germinación y la calidad de las plántulas obtenidas, también se vieron claramente favorecidos por el proceso de desecación. Los mejores resultados se obtuvieron con embriones desecados en presencia de medio nutritivo; no obstante, los cambios observados no siempre pudieron ser correlacionados con variaciones en el contenido hídrico del embrión zigótico.

**Palabras Clave:** *Persea americana*, embriogénesis zigótica, contenido hídrico.

### INTRODUCCIÓN

Durante su desarrollo el embrión zigótico pasa por las fases de histodiferenciación, maduración y desecación; en esta última fase, la pérdida de agua provoca una reducción general del metabolismo de la semilla (Kermode y col., 1986). Tras la hidratación en condiciones adecuadas se produce una reactivación de los sistemas metabólicos lo cual conduce a la germinación del embrión y al establecimiento de la plántula.

La desecación se encuentra entre dos fases metabólicas totalmente distintas, una claramente anabólica, caracterizada por la síntesis y acumulación masiva de productos de reserva y otra básicamente catabólica, en la que se produce la movilización de dichas sustancias para soportar el crecimiento y desarrollo de la nueva plántula. En base a esto, se ha propuesto que la desecación podría tener un papel importante en causar el cambio desde la fase de desarrollo a la fase germinativa (Bewley, 1995).

Aunque las semillas recalcitrantes, como es el caso del aguacate, son sensibles a la desecación (Farrant y col., 1993), lo cierto es que en ellas, al final del periodo de maduración, también tiene lugar una pérdida importante de agua (Sánchez-Romero y col., 2002). No obstante, nunca se alcanzan niveles tan bajos de contenido hídrico como en semillas ortodoxas ni se entra en estado de dormancia.

Estudios realizados a lo largo del desarrollo del embrión zigótico de aguacate han puesto de manifiesto que, en condiciones estándar, sólo se consiguen niveles aceptables de germinación en estadios muy avanzados de maduración (Perán-Quesada, 2001). La dificultad de reproducir dichos estadios en embriogénesis somática ha planteado la necesidad de buscar mecanismos que mejoren la conversión de los embriones somáticos actuando sobre factores que influyan directamente sobre la germinación de los mismos.

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio sobre el efecto de distintos tratamientos y periodos de desecación parcial sobre la germinación y posterior desarrollo de la plántula utilizando como modelo experimental embriones zigóticos inmaduros de aguacate.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de aguacate (cv. Hass) de 7-8 cm de longitud recolectados en la Estación Experimental "La Mayora" (Algarrobo, Málaga). Los frutos fueron desinfectados por inmersión durante 10 minutos en una solución de lejía comercial al 10% (v/v) con Tween 20 (1 gota/100 ml) y posteriormente enjuagados tres veces con agua destilada estéril. Los frutos desinfectados se cortaron longitudinalmente extrayendo los embriones zigóticos y seleccionando para la realización del experimento aquéllos con una longitud entre 16 y 22 mm.

La desecación parcial se llevó a cabo en una atmósfera con una humedad relativa del 97%. Estas condiciones se consiguieron utilizando como desecadores RITAs (Cirad, Francia) sin intercambio de aire con el exterior y con una solución saturada de  $K_2SO_4$  en la base (Fig. 1A). Dos formas diferentes de desecación fueron testadas: incubación del embrión en placas de Petri sin medio de cultivo (Fig. 1B) o con 25 ml de medio MS (Murashige y Skoog, 1962) con los macronutrientes B5 (Gamborg y col., 1968) y suplementado con leche de coco al 10% (v/v) y 6  $g\ l^{-1}$  de agar (B5m+cw) (Fig. 1C).

En cada una de las formas de desecación se probaron diferentes periodos de tiempo: 7, 14 y 21 días. Los controles consistieron en embriones sin desecar procedentes directamente del árbol.

Se cuantificaron las variaciones de peso fresco (PF) y peso seco (PS) experimentadas durante el proceso de desecación con y sin medio de cultivo. El peso seco se cuantificó tras permanecer los embriones en una estufa a 75 °C durante 48 h. El contenido hídrico (CH) se determinó aplicando la fórmula  $((PF-PS)/PF) \times 100$ . En cada tratamiento se realizaron un mínimo de 6 medidas.

El efecto de la desecación se evaluó sobre la capacidad de germinación de los embriones desecados y por consiguiente, 15 embriones procedentes de cada uno de los tratamientos, se pusieron a germinar, tras la eliminación parcial de los cotiledones, en medio M1 (Skene y Barlass, 1983).

En la fase de germinación se realizaron tres recultivos de 5 semanas cada uno y se tomaron datos de porcentaje de germinación, tipo de germinación (tallo, raíz o tallo y raíz) y longitud de las estructuras formadas al final de cada recultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución del peso fresco durante el proceso de desecación dependió de las condiciones en las que éste se llevó a cabo. El contenido hídrico disminuyó progresivamente en los embriones zigóticos desecados sin medio de cultivo alcanzándose una disminución del 3.23% tras 21 días de desecación. En los embriones desecados en medio de cultivo se produjo un ligero incremento del contenido hídrico, del 88.58% al 90.42%.

La desecación parcial en atmósfera de alta humedad relativa tuvo un efecto significativo sobre la capacidad de germinación. Así, se observó un aumento progresivo del porcentaje de germinación al aumentar el periodo de desecación obteniéndose los valores más altos a los 14 días (73.33%) (Tabla 1). Periodos de desecación más prolongados dieron lugar a una disminución de la germinación. La tendencia fue la misma tanto si la desecación se llevaba a cabo con o sin medio de cultivo. No obstante, los valores de germinación alcanzados fueron siempre más elevados cuando los embriones eran desecados en medio B5m+cw.

Embriones zigóticos sin desecar sólo desarrollaron tallos mientras que en todos los tratamientos de desecación se observó, en mayor o menor medida, germinación completa (tallo y raíz). Los mayores porcentajes de germinación completa (33.33%) se obtuvieron a los 14 días de iniciada la desecación (con y sin medio de cultivo).

Nuestro estudio pone de manifiesto que la desecación parcial en condiciones de alta humedad relativa promueve significativamente la germinación de embriones zigóticos inmaduros de aguacate. Se observa un efecto principal atribuible al proceso de desecación en sí y otro de menor influencia atribuible al modo en que éste se lleva a cabo (con o sin medio de cultivo). El efecto positivo de la desecación sobre la germinabilidad de embriones inmaduros se da a todos los niveles (mayor porcentaje de germinación final, mayor porcentaje de germinación completa y mayor calidad de las plántulas obtenidas) y siempre se ve potenciado por la presencia de medio nutritivo.

El papel regulador de la desecación como proceso desencadenante de la germinación ha sido previamente descrito por diferentes autores tanto en embriones zigóticos (Kermode y col., 1986) como en embriones somáticos (Roberts y col., 1989). Desecaciones parciales con pérdidas de agua muy pequeñas, del nivel de las registradas en embriones de aguacate desecados sin medio de cultivo (aproximadamente el 3%), han sido suficientes en otras especies como *Laurus nobilis* (Tako y col., 2002) o *Ricinus communis* (Kermode y Bewley, 1989) para incrementar significativamente la germinabilidad. Efectos tan patentes con variaciones tan pequeñas de contenido hídrico han sido explicados por una capacidad aparente de la desecación parcial de sustituir a tratamientos de desecación total o bien porque cambios más sutiles, resultantes en sólo pequeñas fluctuaciones del contenido hídrico, sean suficientes y no se requiera necesariamente un tratamiento radical que puede llegar a conducir a una rotura severa de la estructura o el metabolismo celular (Kermode y Bewley, 1989).

## BIBLIOGRAFÍA

BEWLEY JD 1995. Physiological aspects of desiccation tolerance. A retrospect. *International Journal of Plant Science* 156: 393-403

- FARRANT JM, BERJAK P, PAMMENTER NW 1993. Studies on the development of the desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia maina* (Forssk.) Vierh.: The acquisition of germinability and response to storage and dehydration. *Annals of Botany* 71: 405-410
- GAMBORG, OL, MULLER RA, OJIMA K 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research* 50: 151-158
- KERMODE AR, BEWLEY JD, DASGUPTA J, MISRA S 1986. The transition from seed development to germination: a key role for desiccation? *HortScience* 21:1113-1118
- KERMODE AR, BEWLEY JD 1989. Developing seeds of *Ricinus communis* L., when detached and maintained in an atmosphere of high relative humidity, switch to a germinative mode without the requirement for complete desiccation. *Plant Physiology* 90: 702-707
- MURASHIGE T, SKOOG F 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497
- PERÁN-QUESADA R 2001. Embriogenesis *in vitro* de aguacate (*Persea americana* Mill.). Tesis Doctoral. Universidad de Málaga, España.
- ROBERTS DR, FLINN BS, SUTTON BCS 1989. Desiccation promotes and synchronizes the germination of white spruce somatic embryos. *Plant Physiology* 89 (Suppl.) 49 (Abst.)
- SÁNCHEZ-ROMERO C, PERÁN-QUESADA R, BARCELÓ-MUÑOZ A, PLIEGO-ALFARO F 2002. Variations in storage protein and carbohydrate levels during development of avocado zygotic embryos. *Plant Physiology and Biochemistry* 40: 1043-1049
- SKENE KGM, BARLASS M 1983. In vitro culture of abscised immature avocado embryos. *Annals of Botany* 52: 667-672
- TAKOS I, KONSTANTINIDOU E, MEROU TH 2002. The effect of desiccation on the seed germination of *Laurus nobilis* L. En: Thanos CA, Beardmore TL, Connor KF, Tolentino EL Jr (eds). *Tree Seeds 2002, Annual Meeting of IUFRO*. Chania Crete, pp 178-182

**Figura 1:** A) RITA con embriones zigóticos de aguacate (cv. Hass) a la semana de iniciada la desecación. B) Desecación sin medio de cultivo. C) Desecación en medio B5m+cw.



**Tabla 1:** Efecto de la desecación parcial sobre la germinación de embriones zigóticos inmaduros de aguacate (cv. Hass). Datos procedentes de 15 embriones por tratamiento.

Tratamiento	Germinación (%)
Control	15
Sin medio 7 días	26.67
Con medio B5m+cw 7 días	46.67
Sin medio 14 días	66.67
Con medio B5m+cw 14 días	73.33
Sin medio 21 días	26.67
Con medio B5m+cw 21 días	40





## EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA MILL. CV. HASS)

I. Vidales-Fernández<sup>1</sup>, R. Salgado-Garciglia<sup>2</sup>, M.A. Gómez-Lim<sup>3</sup>,  
E. Ángel-Palomares<sup>2</sup> y H. Guillén-Andrade<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Campo Experimental Uruapan, Ave. Latinoamericana 1101, Col. Revolución, CP 60150, Uruapan, Mich., México. [cefapuru@prodigy.net.mx](mailto:cefapuru@prodigy.net.mx);

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Facultad de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, CP 58030, Morelia, Mich., México. [rsalgado@zeus.umich.mx](mailto:rsalgado@zeus.umich.mx);

<sup>3</sup> Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad de Biotecnología e Ingeniería Genética de Plantas. Apartado postal 629. Irapuato, Gto. México. [mgomez@ira.cinvestav.mx](mailto:mgomez@ira.cinvestav.mx)

### RESUMEN

El cultivo *in vitro* de tejido nucelar de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) y la subsecuente inducción de la embriogénesis somática fue desarrollada. Segmentos de tejido nucelar fueron colocados sobre un medio de cultivo con sales minerales MS, auxinas (picloram, AIB y 2,4-D) y suplementado con caseína hidrolizada. Ácido ascórbico y L-cisteína fueron probados para reducir necrosis en oscuridad y con baja intensidad de luz. La necrosis se redujo en un 100% con la inmersión del tejido nucelar en ácido ascórbico (400 mg/l) antes del cultivo *in vitro*. Un 20% de callo embriogénico desarrollo sobre medio de inducción con 2,4-D (1 mg/l) después de 50 días a 25°C en oscuridad. Sin embargo, los callos embriogénicos desarrollaron mejor en un medio adicionado con picloram (4 mg/l) y AIB (0.4 mg/l). La multiplicación del callo embriogénico fue obtenida en baja intensidad de luz y cultivado sobre medio sin reguladores por 4 semanas; los embriones maduraron sobre un medio endurecido con agar-agar 20 g/l y germinaron en un 10% bajo cultivo de dos fases: primero en un medio bajo en nitratos y sin reguladores, y posteriormente en medio MS con 0.3 mg/l de BA.

**Palabras Clave:** Aguacate, nucelas, embriogénesis somática y auxinas.

## INTRODUCCIÓN

El aguacate en Michoacán, México presenta problemas graves por enfermedades principalmente con antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), roña (*Sphaceloma persea*) y tristeza (*Phytophthora cinnamoni*), en casos extremos estas provocan la muerte del árbol o bien reducen la producción y calidad de la fruta hasta en un 14% (Vidales, 2001). La baja producción es un problema que la biotecnología puede solucionar a través de la transformación con genes resistentes, la selección clonal y mutagénesis; no obstante para utilizar estos mecanismos de mejoramiento genético *in vitro* se requiere el tener previamente el sistema de regeneración de una planta completa a través de embriogénesis somática u organogénesis adventicia (Villalobos y Thorpe, 1991). Éxito en embriogénesis somática en aguacate ha sido reportado con embriones cigóticos inmaduros (Mooney y Van Staden, 1987; Pliego-Alfaro y Murashige, 1988; Raviv *et al.*, 1998 y Witjaksono y Litz, 1999a). Sin embargo, el establecimiento de este sistema con tejido nucelar de aguacate no está reportado. El cultivo *in vitro* de las nucelas frecuentemente presenta necrosis y por consecuencia pérdida de la competencia embriogénica; condiciones de obscuridad (etiolación del tejido), ácido ascórbico y L-cisteína fueron identificados como importantes componentes para evitar la necrosis en tejidos inmaduros y ha sido reportado en aguacate (Zirari and Lionakis, 1994; Llano-Agudelo *et al.*, 1995; Mohamed-Yasseen, 1995; Witjaksono and Litz, 1999a) y en varias especies vegetales (Litz, 1984a; Litz, 1984b; Rout *et al.*, 1995; Jiménez, 1998; Ara *et al.*, 1999). En el presente estudio, se presentan los efectos de algunos componentes para evitar necrosis de las nucelas, así como el efecto de los reguladores de crecimiento sobre la embriogénesis somática de *P. americana* cv. "Hass".

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas se llevaron a cabo en los laboratorios de cultivo de tejidos vegetales del Campo Experimental Uruapan – INIFAP y del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas – Universidad Michoacana. Se utilizó tejido nucelar de aguacate cv. Hass, obtenido de frutos de 10 a 12 mm de diámetro.

### Productos y procedimientos para evitar la necrosis-oxidación de la nucela

Para evitar la necrosis se probaron: cisteína 0 y 10 mg/l adicionada al medio de cultivo, ácido ascórbico 0 y 400 mg/l con inmersión del tejido durante 5 segundos antes de su establecimiento *in vitro* e incubación bajo luz con intensidad de  $9.4 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ , con 16 horas de luz por 8 de obscuridad y obscuridad completa hasta la generación de callo embriogénico; en este experimento se aplicaron ocho tratamientos en total, al interaccionar los dos niveles de cada factor  $2 \times 2 \times 2 = 8$ . Se emplearon 25 nucelas por tratamiento en dos repeticiones, establecidas en tubos de ensaye de fondo plano de 95 x 25 mm, conteniendo medio de generación de callo embriogénico, formado con: sales minerales MS (Murashige y Skoog, 1962) 0.5 X, mioinositol 100 mg/l, ácido nicotínico 1 mg/l, piridoxina 1 mg/l, glicina 1 mg/l, tiamina 10 mg/l, caseína hidrolizada 200 mg/l, picloram 2 mg/l, sacarosa 30 g/l y agar-agar (Sigma®) 4.4 g/l, ajustando el pH a 5.7.

### Componentes del medio de cultivo en la inducción de callo embriogénico, multiplicación y desarrollo, maduración y germinación de embriones somáticos

En la inducción de callo embriogénico se utilizó la concentración de sales minerales MS a 0.5X y/o 1X, y dosis de la auxina 2,4-D (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 y 1 mg/l) y combinaciones de las auxinas picloram-ácido indolbutírico (AIB) en dosis de 0-0, 1-0.1, 2-0.2, 4-0.4 y 2-0 mg/l. En el primer estu-

dio se utilizaron de 7 a 12 nucelas por tratamiento y en el segundo de 10 a 20, inoculadas en tubo de ensaye de 150 x 24 mm. Una vez establecidas las nucelas en los medios de cultivo de los dos experimentos anteriores, se pusieron en obscuridad por 45 a 50 días, periodo después del cual se colocaron a luz con una intensidad de  $9.4 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ , con 16 horas de luz por 8 de obscuridad; la temperatura se mantuvo constante a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ . En la multiplicación y desarrollo de embriones somáticos se evaluó en medio sólido y líquido la citocinina bencilaminopurina (BA) 0.11 mg/l, ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) 0.11 mg/l y picloram (0.1, 0.3, 0.6, 0.9 y 1 mg/l), el compuesto nitrogenado orgánico caseína hidrolizada (0, 200, 400, 600, 800 y 1000 mg/l), y el efecto de la luz indirecta y de la obscuridad. En la maduración de embriones se probó el efecto del ácido abscísico (ABA) a 0, 1, 2, 4 y 8 mg/l, sacarosa (30, 40, 50, 60, 70 y 90 g/l), agar-agar (Sigma®) 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 20 y 30 g/l y manitol (70, 90, 110 y 130 g/l). En la germinación de embriones somáticos se evaluaron diferentes dosis de reguladores de crecimiento y procedimientos, la interacción BA- $\text{AG}_3$  (0.11-0.11, 0.11-0.24 y 0.11-0.36 mg/l), BA- $\text{AG}_3$  (0-0, 0.5-0, 1.25-0, 0.2-0.1 y 0.1-0.1 mg/l), barrido de reguladores BA (0, 0.3, 0.6 y 0.9 mg/l) – AIB (0, 0.03 y 0.06 mg/l), adenina (0, 25, 50 y 100 mg/l), inmersión temporal (12, 24, 48, 72 horas) e inmersión continua y prueba de sales de minerales de Anderson (1975) modificadas en nitratos y recultivo a los 90 días en medio MS con 0.3 mg/l de BA.

### Variables tomadas y análisis estadístico

Las variables tomadas fueron: porcentajes de necrosis-oxidación, formación de callo y germinación, diámetro en mm, color de callo, número de masas proembriogénicas (MPs) y de embriones en sus diferentes fases: globulares (G), acorazonados (A), torpedos (T) y maduros (M); se evaluó viabilidad por observación directa en microscopio de epifluorescencia previa tinción con diacetato de fluoresceína. Con los datos se realizó análisis de varianza bajo diseños de bloques al azar y completamente al azar, al encontrar significancia se utilizaron las pruebas de medias: diferencia mínima significativa (DMS) y Tukey para determinar el mejor tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del ácido ascórbico, cisteína y presencia de luz en la necrosis-oxidación del tejido nucelar

Cuando el tejido nucelar fue inmerso en solución de ácido ascórbico 400 mg/l y cultivado en medio MS e incubado en obscuridad o en baja radiación por 40 días, la necrosis-oxidación fue totalmente reducida (Figura a); en tanto que en los explantes del control se observó un 87.5% y 100% de necrosis en obscuridad y luz, respectivamente. La incorporación de L-cisteína (10 mg/l) al medio de cultivo no tuvo efecto sobre la reducción de la necrosis (Tabla 1). En ovulos de frutos inmaduros de Jaboticaba (Litz, 1984a), nucelas de mango (Litz, 1984b; Ara et al., 1999) y en embriones cigóticos inmaduros de aguacate (Witjaksono y Litz, 1999a) el ácido ascórbico fue efectivo para evitar la necrosis.

### Inducción de callo embriogénico

Para inducir el callo embriogénico, el tejido nucelar fue inmerso en ácido ascórbico (400 mg/l) antes de su cultivo en varios medios e incubado en obscuridad a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ . Callo embriogénico fue producido en una baja frecuencia, pero desarrollo sobre medios diferentes: MS 0.5X con 2,4-D (1 mg/l), MS 0.5X adicionado con picloram (4.0 mg/l) y AIB (0.4 mg/l) y MS 0.5X suplementado con picloram (4 mg/l) y AIB (0.2 mg/l); no obstante que en el primer medio anterior se obtuvo un 20% de callo embriogénico, estos desarrollaron mejor en el segundo medio (Tabla 2). Estas frecuencias en embriogénesis somática son comparables con datos reportados en algunos cultivares de *P. americana*, desde 0 hasta 25% (Witjaksono y Litz, 1999a). En general, callo embriogénico fue cul-

tivado sobre el mejor medio de inducción en obscuridad por 8 semanas, y produjeron abundantes MPs (Figura 1b). Los callos mostraron un color blanco crema (a los 40 días) y conforme avanzó la fase de inducción (después de 10 días), los embriones declinaron en calidad, cambiando a un color café.

### **Multiplicación y desarrollo de embriones somáticos**

Las MPs diferenciaron embriones después de tres semanas en medio basal MS, sin reguladores y solidificado con agar-agar (5g/l). Los embriones en fase temprana fueron compactos y bien desarrollados, de color blanco, continuaron creciendo hasta alcanzar la fase G (Figura 1c). La producción de embriones en estas condiciones fue observada en un año sin pérdida aparente en el potencial embriogénico del cultivo. También en medio líquido no se detectó respuesta al picloram y fue claro que al incrementar la dosis de esta auxina se disminuyó la viabilidad de los embriones (17.5%, con 1 mg/l de picloram) y la formación de MPs hasta 80% (Tabla 3), resultados que no coinciden con lo reportado por Money y Van Staden (1987) y Witjaksono y Litz (1999a). En el desarrollo de los embriones se observó respuesta positiva al utilizar caseína hidrolizada, con un incremento de manera significativa en el número de embriones A (Tabla 4).

### **Maduración de embriones somáticos**

Se obtuvo un promedio de 0.66 y 0.76 M por caja de Petri (con 5 grupos de masas de embriones en fases G, A y T) con 1 y 2 mg/l de ABA, respectivamente, y un promedio máximo de 0.37 M con 50 g/l de sacarosa, sin encontrar diferencias entre los tratamientos probados. El efecto del agar-agar sobre la maduración fue importante al detectar hasta 1.96 M con una dosis de 20 g/l de agar, no se observaron diferencias con el tratamiento de 30 g/l, pero sí con 10 g/l. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Perán-Quesada *et al.* (1999) y Witjaksono y Litz (1999b) en cuanto al efecto del agente gelificante, pero no con la afirmación que elevadas concentraciones de sacarosa tienen un efecto positivo en la formación de M. Las dosis probadas en manitol provocaron alta necrosis del explante (90%) y no hubo M. Al endurecer el medio de cultivo con agar se provocó una reducción en la humedad relativa dentro de la caja de Petri, ambiente que propició una desecación lenta de los embriones somáticos y una condición de estrés que aceleró la maduración de estos, no obstante que a mayor concentración del agente gelificante el diámetro de los embriones somáticos fue menor, respuesta similar a lo observado por Witjaksono y Litz (1999b).

### **Germinación de embriones somáticos**

Con las diferentes pruebas realizadas sobre reguladores de crecimiento en medio sólido o líquido, no se obtuvieron porcentajes aceptables de germinación, solamente en algunos tratamientos se observaron indicios de emisión de brotes o formación de raíces. Sin embargo, al establecer los M en medio de cultivo con sales de Anderson (1975) modificadas en nitratos (+25%), sin reguladores y recultivar éstos a los 90 días a medio MS con BA 0.3 mg/l se obtuvo un porcentaje del 10% de germinación a los 118 días de su establecimiento. Las investigaciones realizadas al respecto con otro germoplasma, mencionan porcentajes de 12% para emisión de brotes y de 1% en formación de brotes-raíces en un medio con 0.1 mg/l de Thidiazuron (TDZ) más 0.5 mg/l de AG<sub>3</sub> (Raviv *et al.*, 1998) o bien esta ha sido esporádica (Witjaksono y Litz, 1999b).

## **CONCLUSIONES**

Esta investigación indica que a partir de tejido nucelar de aguacate cv. Hass se puede establecer el sistema de embriogénesis somática, se evita la necrosis de la nucela con el uso de ácido ascórbico y se genera callo embriogénico con las auxinas (2,4-D, picloram y AIB), al eliminar éstas fue

posible la multiplicación de MPs y la germinación de embriones somáticos, los cuales previamente deben cultivarse en medio de cultivo endurecido con agar y subcultivarlos en dos fases, la primera en medio sin reguladores y la segunda en presencia de la citocinina BA.

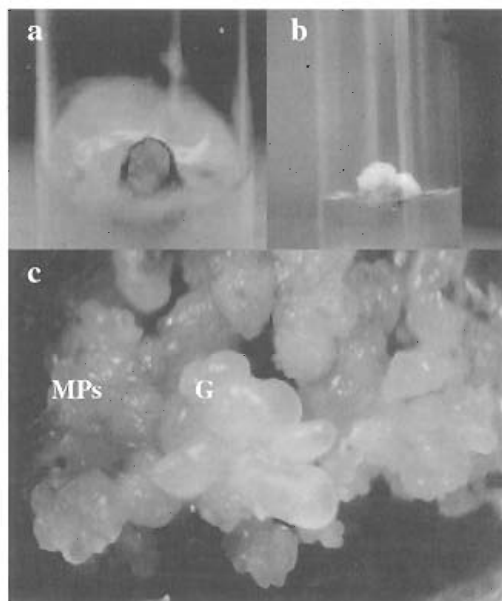
## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, W.C. 1975. Propagation rhododendrons by tissue culture: Part. 1. Development of a culture medium for multiplication of shoots. Proc. Inter. Plant Prop. Soc. 25: 129-135.
- ARA, H., JAISWAL, U. AND JAISWAL, V.S. 1999. Germination and plantlet regeneration from encapsulated somatic embryos of mango (*Mangifera indica* L.). Plant Cell Report. 19:166-170.
- JIMÉNEZ, G.E.A. 1998. Cultivo de ápices y meristemas. In: Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología. Instituto de Biotecnología de las Plantas. pp. 45-56.
- LITZ, R.E. 1984A. *In vitro* somatic embryogenesis from callus of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*). Hortsci. 19(1): 62-64.
- LITZ, R.E. 1984b. *In vitro* somatic embryogenesis from nucellar callus of monoembryonic mango. Hortsci. 19(5): 715-717.
- LLANO-AGUDELO, B.E., GONZÁLEZ-ROSAS, H. AND SALAZAR-GARCÍA, S. 1995. *In vitro* culture of mature avocado embryos. Fruits, 50(1): 59-64.
- MOHAMED-YASSEEN, Y. 1995. *In vitro* propagation of avocado (*Persea americana* Mill.). Calif. Avocado Soc. Yrbk. 79: 107-111.
- MOONEY, P.A. AND VAN STADEN, J. 1987. Induction of embryogenesis in callus from immature embryos of *Persea americana*. Can. J. Bot. 65: 622-626.
- MURASHIGE, T. AND SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.
- PERÁN-QUESADA, R., SÁNCHEZ-ROMERO, C., BARCELÓ-MUÑOZ, A. Y PLIEGO-ALFARO, F. 1999. Efecto de la sacarosa, gelrite y ABA en el desarrollo de embriones somáticos de aguacate. XIII Reunión Nacional de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal y VI Congreso Hispano Luso de Fisiología Vegetal.
- PLIEGO-ALFARO, F. AND MURASHIGE, T. 1988. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.) *in vitro*. Plant Cell, Tiss. and Org. Cult. 12: 61-66.
- RAVIV, A., AVENIDO, R.A., TISALONA, L.F., DAMASCO, O.P., MENDOZA, E.M.T., PINKAS, Y. AND ZILKAH, S. 1998. Callus and somatic embryogenesis of *Persea* species. Plant Tiss. Cult. and Biotech. 4 (3-4):196-206.
- ROUT, G.R., SAMANTARAY, S. AND DAS, P. 1995. Somatic embryogenesis and plant regeneration from callus culture of *Acacia catechu* – a multipurpose leguminous tree. Plant Cell, Tiss. and Org. Cult. 42: 283-285.
- VIDALES, F.J.A. 2001. Enfermedades. In: Tecnología para la producción de aguacate en México. SAGARPA. INIFAP. Libro Técnico 1:177-194.
- VILLALOBOS, V.M. AND TORPE, V.T. 1991. Micropropagación: conceptos, metodología y resultados. In: Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Editores W. M. Roca, L. A. Mroginski. CIAT, Cali, Colombia.

WITJAKSONO AND LITZ, R.E. 1999a. Induction and growth characteristics of embryogenic avocado cultures. *Plant Cell, Tiss. and Org. Cult.* 58: 19-29.

WITJAKSONO AND LITZ, R.E. 1999b. Maturation of avocado somatic embryos and plant recovery. *Plant Cell, Tiss. And Org. Cult.* 58: 141-148.

ZIRARI, A. AND LIONAKIS, S.M. 1994. Effect of cultivar, explant type, etiolation pretreatment and the age of plant material on the *in vitro* regeneration ability of avocado (*Persea americana*). *Acta Horticulturae* 365: 69-76.



**Figura 1.** Inducción de callo embriogénico de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass): a, tejido nucelar sin necrosis; b, inducción de callos en tejido nucelar; c, masas proembriogénicas (MPs) y embriones somáticos en fase globular (G).

**Tabla 1.** Porcentajes de necrosis del tejido nucelar de aguacate (*Persea americana* cv. Hass).

Tratamientos	Obscuridad	Luz
	Porcentaje	
Sin antioxidantes	87.5	100
L-cisteína	91.5	79.16
Ácido ascórbico	0	0
L-cisteína-Ác. Ascórbico	4.15	3.8

Tabla 2. Porcentajes de formación de callo embriogénico en tejido nucelar de aguacate cv. Hass, color y tamaño de callos, en el medio donde las estructuras fueron formadas.

MS Concentración	Reguladores de crecimiento (mg/l)	Inducción de callos (%)	Color de Callos	Diametro de callos (mm)
0.5X	Picloram-AIB 4 - 0,4	17.8	Blanco crema	13
0.5X	2,4-D 1	20	"	13
1X	Picloram-AIB 2 - 0,2	10	Café claro	13
1X	Picloram 2	10	"	8

Tabla 3. Número y porcentajes de viabilidad de estructuras embrionarias de aguacate cv. Hass en sus diferentes fases, por cada 10 ml de medio, a los 20 días de cultivo.

Tratamiento dosis de picloram (mg/l)	Número de estructuras embrionarias				Viabilidad (%)
	MPs	G	A	T	
0	29.5	12.5	4	4.5	85
0.1	13.5	12	2	1.5	80
0.3	6.5	6	1.5	0.5	35
0.5	13	10	4	0	45
0.7	8.5	8.5	2	0.5	55
1.0	6.5	10	2.5	0.5	17.5

Tabla 4. Número de estructuras embrionarias (globulares y acorazonados) en callos de aguacate cv. Hass, a los 20 días del establecimiento. Agrupamiento estadístico (Tukey  $\alpha = 0.01$ ).

Tratamiento dosis de caseína (mg/l)	Número de estructuras embrionarias y agrupamiento estadístico			
	Globulares		Acorazonados	
400	5.68	A	2.54	A
800	5.02	A	2.08	A B
600	4.58	A B	1.04	B C
0	4.20	A B	1.36	B
200	3.44	A B	1.72	A B
1000	0.88	B	0.2	C





## FACTORES QUE AFECTAN A LA OBTENCIÓN DE EMBRIONES SOMÁTICOS BLANCO-OPACOS DE AGUACATE

B. Márquez-Martín<sup>1</sup>, C. Sánchez-Romero<sup>1</sup>, R. Perán-Quesada<sup>1</sup>, A. Barceló-Muñoz<sup>1</sup> y F. Pliego-Alfaro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IFAPA, Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churriana, Málaga. [cifacruz@olinet.es](mailto:cifacruz@olinet.es)

<sup>2</sup>Dpto. de Biología Vegetal, Campus de Teatinos s/n. Universidad de Málaga. 29071 Málaga, España. [ferpliego@uma.es](mailto:ferpliego@uma.es)

### RESUMEN

La regeneración de plantas vía embriogénesis somática en especies leñosas, incluido el aguacate, es un proceso bien conocido, aunque la frecuencia de conversión de los embriones a plantas es generalmente muy baja. Los problemas de conversión son atribuidos, en muchos casos, a morfologías atípicas o a la inmadurez de los embriones somáticos formados. Nuestros estudios se centraron en la obtención de embriones blanco-opacos, considerados como embriones en los que se ha iniciado la acumulación de sustancias de reserva. A partir de cultivos embriogénicos derivados de embriones zigóticos inmaduros del cultivar Duke-7, se seleccionó la fracción de callo con características friables y se cultivó en medio B5m (formulación MS con los macronutrientes de la formulación B5), suplementado con ABA (0- 100  $\mu$ M), agentes osmóticos (PEG y sorbitol) o distintas fuentes de nitrógeno orgánico (aminoácidos Jensen, glutamina, caseína hidrolizada y extracto de levadura a 250 y 500 mg l<sup>-1</sup>). Los medios fueron solidificados con 6 g l<sup>-1</sup> de agar y los cultivos se incubaron en condiciones de oscuridad.

En algunas especies, la aplicación de ABA y/o agentes osmóticos durante estadios tempranos de desarrollo del embrión somático evita la embriogénesis secundaria e inhibe la aparición de anomalías, así como la germinación precoz; sin embargo, nuestros resultados en aguacate ponen de manifiesto, que en presencia de ABA se disminuye la regeneración de embriones blanco-opacos, mientras que con la utilización de agentes osmóticos tampoco se obtienen resultados positivos. Por el contrario, la incorporación de nitrógeno orgánico, en particular los aminoácidos de Jensen, sí mejoró el porcentaje de regeneración de estructuras blanco-opacas.

Abreviaturas: ABA – Ácido abscísico; B5m – formulación MS (Murashige y Skoog, 1962) con los macronutrientes de la formulación B5 (Gamborg y col., 1968); MS – Murashige y Skoog (1962); PEG – Polietilenglicol; ebo – embrión somático blanco-opaco.

## INTRODUCCIÓN

La regeneración de plantas de aguacate vía embriogénesis somática ha sido descrita previamente por varios autores ( Mooney y van Staden, 1987; Pliego-Alfaro y Murashige, 1988; Witjaksono y Litz, 1999), aunque la frecuencia de conversión de los embriones a plantas es todavía muy baja (Perán-Quesada y col., 2001). En otras especies, los problemas de conversión son atribuidos a morfologías atípicas o a inmadurez de los embriones somáticos formados (Ammirato, 1987). Numerosos trabajos están orientados a evitar la germinación precoz y a conseguir un aumento de la acumulación de sustancias de reserva en el embrión somático. La acumulación de estas sustancias durante la embriogénesis somática y zigótica está regulada por genes inducidos por estrés hídrico o ABA (Attree y col., 1992; Obendorf y Wettlauffer, 1984; Xu y col., 1990). El cambio en los niveles de ABA durante el desarrollo embrionario es bien conocido en semillas ortodoxas (Hetherington y Quatrano, 1991; Walker-Simmons, 1987), aunque se ha demostrado que en algunas especies con semillas recalcitrantes los niveles endógenos de ABA fluctúan de manera similar (Etienne y col., 1993; Pence, 1992). Por otro lado, el uso de algunos agentes osmóticos como PEG, manitol, sacarosa o sorbitol, también puede tener efectos positivos en la maduración de embriones somáticos (Misra y col., 1993). Finalmente, la presencia de nitrógeno, suplementado en forma de nitrato, amonio, aminoácidos individuales y/o caseína hidrolizada es un requerimiento indispensable para la histodiferenciación del embrión y su maduración (Merkle y col., 1995). Walker y Sato (1981) mantienen que, en ausencia de amonio o nitrato, embriones somáticos de alfalfa no se desarrollan.

En aguacate se ha observado que los meristemos de tallo y raíz están, a menudo, subdesarrollados ( Mooney y van Staden, 1987; Pliego-Alfaro y Murashige, 1988). Al contrario que los embriones zigóticos maduros, los embriones somáticos de aguacate son raramente bipolares, hecho que puede explicar la baja conversión de estos embriones a plantas (< 5%) (Pliego-Alfaro y Murashige, 1988). Por tanto, para que esta técnica de regeneración sea aplicable en programas de mejora, es necesario optimizar la fase limitante del proceso: el desarrollo y la maduración de los embriones somáticos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de frutos inmaduros de aguacate (alrededor de 1 cm de longitud) del cv Duke 7, se establecieron cultivos embriogénicos siguiendo el protocolo de Pliego-Alfaro y Murashige (1988); así, después de retirar los sépalos y el pedúnculo, los frutillos fueron desinfectados en el interior de una cabina de flujo laminar durante 10 min en una solución de lejía comercial al 10% con Tween 20 (2 gotas/100 ml). Los frutos fueron lavados 3 veces en agua destilada estéril y diseccionados en condiciones de asepsia. Los embriones zigóticos extraídos cuidadosamente de los frutos, fueron cultivados en medio de inducción MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 0.41  $\mu\text{M}$  picloram y solidificado con 6 g l<sup>-1</sup> de agar. El pH del medio fue ajustado a 5.74 y autoclavado durante 15 min a 121° C y 0.1 MPa. El medio de cultivo fue repartido en alícuotas de 25 ml en tubos 25x150 mm (Bellco Glass) cubiertos con tapones de polipropileno (Bellco Glass Inco Kaputs). Las líneas que proliferaron en estas condiciones fueron multiplicadas y mantenidas en el mismo medio de inicio.

Como material de partida en estos experimentos se utilizaron 0.4 g de callo embriogénico friable mantenido en las condiciones anteriores, con el que se establecieron suspensiones en 40 ml de medio MS líquido suplementado con 0.41  $\mu\text{M}$  de picloram (Witjaksono y Litz, 1999). Los cultivos se mantuvieron en agitación a 120 rpm en condiciones de luz difusa durante 9 días. Tras este periodo de tiempo, las suspensiones se filtraron secuencialmente a través de dos mallas, de 2 y 1 mm respectivamente, utilizándose 400 mg de la fracción retenida entre ambas mallas, como inóculo para inducir el desarrollo de embriones blanco-opacos.

En el primer experimento se evaluó el efecto de diversas concentraciones de ABA (1-100  $\mu\text{M}$ ) añadido al medio de cultivo. Posteriormente se probaron dos tipos de agentes osmóticos (PEG y sorbitol) a concentraciones de 2.5, 5 y 7.5% (p/v). Por último, se testó el efecto de diferentes fuentes de nitrógeno incorporado al medio en forma de aminoácidos de Jensen (Jensen, 1977), así como glutamina, caseína hidrolizada o extracto de levadura a dos concentraciones: 250 y 500  $\text{mg l}^{-1}$ . En todos los experimentos el medio basal utilizado fue B5m solidificado con 6  $\text{g l}^{-1}$  de agar.

Se cultivaron entre 15 y 20 tubos por tratamiento realizándose dos repeticiones de cada experimento. Se tomaron datos durante 3 subcultivos (5 semanas cada uno), del porcentaje de regeneración de embriones somáticos blanco-opacos y número de embriones blanco-opacos por cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

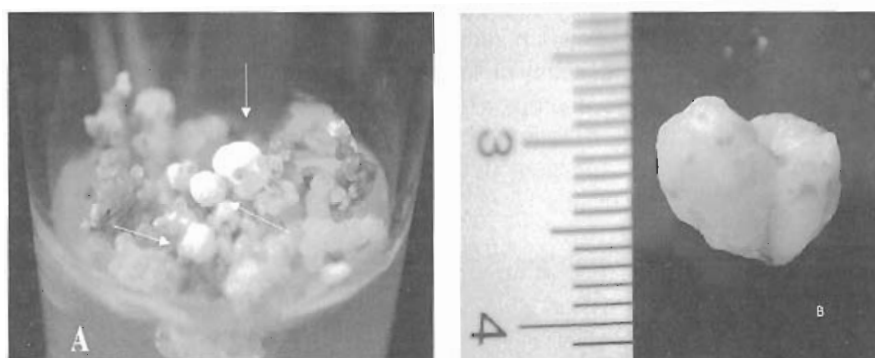


Figura 1.- A. Embriones somáticos blanco-opacos en medio de desarrollo (B5m) B. Embrión somático desarrollado.

### Efecto del ABA

Diversos autores han apuntado que la adición de ABA al medio de cultivo regula la maduración de embriones, previene la germinación precoz y facilita la acumulación de proteínas de reserva y carbohidratos (Attree y col., 1992; Obendorf y Wettlauffer, 1984; Xu y col., 1990). Sin embargo, en el caso del aguacate, nuestros datos indican que la adición de ABA al medio afecta negativamente a la formación de embriones blanco-opacos; así, los cultivos control formaron el mayor número de embriones blanco-opacos, alcanzándose un 47.78% de regeneración (Tabla 1) (Figura 1). En semillas recalcitrantes, al carecer de una fase clara de desecación, se piensa que la fase de maduración no está influenciada por el ABA de la misma forma que en embriones ortodoxos (Perán-Quesada, 2001) por lo que, en general, es difícil controlar *in vitro* el desarrollo de este tipo de embriones (Wang y Janick, 1984).

	Control	1 $\mu\text{M}$ ABA	10 $\mu\text{M}$ ABA	100 $\mu\text{M}$ ABA
% reg ebo	47,78	33,33	35,71	23,33
nº ebo/cult	1,36 $\pm$ 0.04	0,77 $\pm$ 0.08	0,59 $\pm$ 0.04	0,43 $\pm$ 0.12

Tabla 1.- Datos de porcentaje de regeneración (% reg ebo) y número (nº ebo /cult) de embriones somáticos blanco-opacos en medios con distinta concentración de ABA.

## Efecto de agentes osmóticos

Se ha demostrado que , además del ABA, agentes osmóticamente activos como PEG, manitol o sacarosa pueden inhibir el proceso de germinación precoz, siendo en algunos casos más efectivo el establecimiento de altas presiones osmóticas en el medio de cultivo que el aporte exógeno de ABA (Perán-Quesada, 2001). En aguacate, durante las primeras semanas de desarrollo los embriones toman una apariencia diferente en los medios con sorbitol o PEG, presentando en estos últimos un aumento de tamaño considerable, así como una textura friable e hiperhídrica (Figura 2), hecho que se acentúa al aumentar la concentración de PEG. Sin embargo, estos embriones no evolucionan a blanco-opacos, permaneciendo con esas características durante todo el ensayo. La adición de cualquiera de estos agentes osmóticos al medio, disminuye significativamente el número de embriones blanco-opacos formados. Entre ambos agentes osmóticos, el sorbitol arrojó mejores resultados que el PEG, obteniéndose un máximo de 58.20% de regeneración en medio con 2.5% (p/v) sorbitol (Tabla 2); sin embargo, no se observaron diferencias significativas respecto al control. Existen trabajos en coníferas donde se pone de manifiesto que el uso de agentes osmóticos no permeables favorece la maduración de embriones somáticos (Hakman y von Arnold, 1988; Joy y col., 1991; Svobodová, y col., 1999). Svobodová y col. (1999), describen un aumento de tamaño general de los embriones madurados en presencia de PEG, aunque a altas concentraciones (7.5%) se produce un descenso de la frecuencia de germinación que atribuyen a la muerte de filas completas de células en el propio embrión. Como hemos mencionado, en aguacate también se observa ese aumento de tamaño en los embriones somáticos en presencia de PEG, aunque no se produce la conversión a blanco-opacos, hecho que podría indicar que la acumulación de sustancias de reserva no se produce.

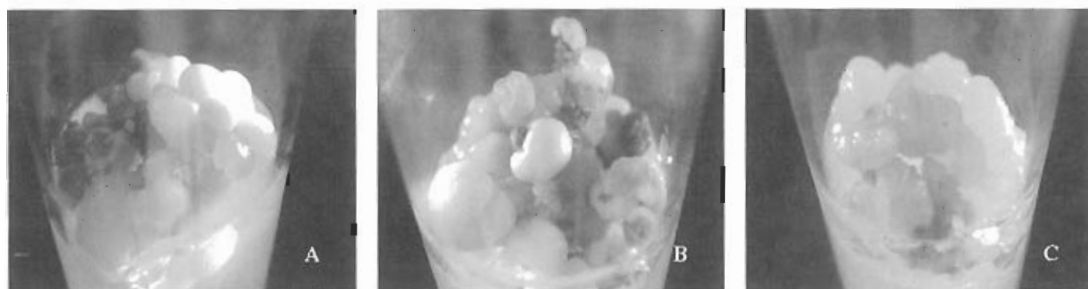


Figura 2.- Desarrollo de embriones somáticos. A: B5m 6g l<sup>-1</sup> agar. B: B5m 2.5% sorbitol 6 g l<sup>-1</sup> agar. C: B5m 2.5% PEG 6 g l<sup>-1</sup> agar.

	Control	2,5 % PEG	5 % PEG	7,5 % PEG	2,5 % sorbitol	5 % sorbitol	7,5 % sorbitol
% reg ebo	52,64	15,63	13,47	1,67	58,20	37,88	15,27
n°ebo/cult	1,65±0,75	0,28±0,05	0,22±0,06	0,01±0,01	1,73±0,66	1,17±0,31	0,29±0,01

Tabla 2.- Datos de porcentaje de regeneración (% reg ebo) y número (n° ebo /cult) de embriones somáticos blanco-opacos en medios con diferentes agentes osmóticos.

## Efecto de la fuente de nitrógeno

La incorporación de los aminoácidos de Jensen (Jensen, 1977) al medio de cultivo con embriones zigóticos inmaduros de aguacate tuvo efectos positivos en la maduración de los mismos (Perán-Quesada, 2001). En embriones somáticos, al estudiar el efecto de distintas fuentes de nitrógeno

orgánico, se han observado diferencias significativas entre ellas, obteniéndose también los mejores resultados con la adición de la mezcla de aminoácidos de Jensen (1977). Curiosamente, con cualquiera de las otras fuentes de nitrógeno ensayadas se produce una disminución en la regeneración de blanco-opacos. Además, no se observan diferencias significativas entre la caseína hidrolizada y la glutamina (Tabla 3). Por otra parte, en los medios con extracto de levadura se produce una degeneración del cultivo embriogénico y una muy baja producción de embriones blanco-opacos.

	Control	aa Jensen	250 mg l <sup>-1</sup> ext. levad	500 mg l <sup>-1</sup> ext. levad	250 mg l <sup>-1</sup> glutamina	500 mg l <sup>-1</sup> glutamina	250 mg l <sup>-1</sup> caseína	500 mg l <sup>-1</sup> caseína
% reg ebo	24,72	40	4,44	3,33	25,83	17,50	24,44	12,50
n°ebo/cult	0,45±0.02	0,85±0.16	0,07±0.09	0,05±0.06	0,44±0	0,23±0.02	0,44±0.12	0,24±0.26

Tabla 3.- Datos de porcentaje de regeneración (% reg ebo) y número (n° ebo /cult) de embriones somáticos blanco-opacos en medios con diferentes fuentes de nitrógeno orgánico.

## BIBLIOGRAFÍA

AMMIRATO, PV 1987. Organizational events during somatic embryogenesis. En: Plant Tissue and Organ Culture, pp: 57-81. Green, C.E. y col. (Eds). Alan R. Liss. Inc., New York.

ATTREE, SM, POMEROY, MK, FOWKE, LC 1992. Manipulation of culture conditions for culture of somatic embryos of white spruce for improved triacylglycerol biosynthesis and desiccation tolerance. *Planta*, 187: 395-404.

ETIENNE, H, SOTTA, B, MONTORO, P, MIGINIAC, E, CARRON, MP 1993. Comparison of endogenous ABA and IAA contents in somatic and zygotic embryos of *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. during ontogenesis. *Plant Sci.*, 92:111-119.

GAMBORG, OL, MULLER, RA, OJIMA, K 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Research*, 50: 151-158.

HAKMAN, I, VON ARNOLD, S, 1988. Somatic embryogenesis and plant regeneration from suspension cultures of *Picea glauca* (white spruce), *Physiol. Plant.* 72:579-587.

HETHERINGTON, AM, QUATRANO, RS, 1991. Mechanisms of action of abscisic acid at the cellular level. *New Phytologist*, 119: 9-32.

JENSEN, CJ, 1977. Monoploid production by chromosome elimination. En: Applied and Fundamental Aspects of Plant Cell, Tissue and Organ Culture, pp: 299-340. Reinert, J., Bajaj, Y.P.S. (Eds). Springer-Verlag, Berlín.

JOY, RW IV, YEUNG, EC, KONG, L, THORPE, TA 1991. Development of white spruce somatic embryos. I. Storage product deposition. *In Vitro Cell. Dev. Biol.* 27P: 32-41

MERKLE, SA, PARROT, WA, FLINN, BS 1995. Morphogenic aspects of somatic embryogenesis. En: In Vitro Embryogenesis in Plants, pp: 155-204. Thorpe, TA (Ed). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holand.

MISRA, S, ATTREE, SM, LEAL, I, FOWKE, LC 1993. Effect of abscisic acid, osmoticum, and desiccation on synthesis of storage proteins during the development of white spruce somatic embryos, *Ann. Bot.* 71: 11-22.

- MOONEY, PA, VAN STADEN, J 1987. Induction of embryogenesis in callus from immature embryos of *Persea americana*. Can.J. Bot., 65: 622-626.
- MURASHIGE, T, SKOOG, F 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., 15: 473-497.
- OBENDORF, RL, WETTLAUFFER, SH 1984. Precocious germination during in vitro growth of soybean seeds. Plant Physiol., 76: 1023-1028.
- PENCE, VC 1992. Abscisic acid and the maturation of cacao embryos *in vitro*. Plant Physiol., 98: 1391-1395.
- PERÁN-QUESADA, R, SÁNCHEZ-ROMERO, C, MÁRQUEZ-MARTÍN, B, BARCELÓ-MUÑOZ, A, PLIEGO-ALFARO, F 2001. Efecto del medio de cultivo sobre la maduración y germinación de embriones somáticos de aguacate. Actas de Horticultura. Vol 28. (1): 111-115.
- PERÁN-QUESADA, R 2001. Embriogénesis in vitro de aguacate (*Persea americana* Mill.). Tesis doctoral. Universidad de Málaga, España.
- PLIEGO-ALFARO, F, MURASHIGE 1988. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.). Plant Cell Tiss. Org. Cult., 12: 61-66.
- SVOBODOVÁ, H, ALBRECHTOVÁ, J, KUMSTYROVÁ, L, LIPAVSKÁ, H, VÁGNER, M, VONDRÁKOVÁ, Z 1999. Somatic embryogenesis in Norway spruce: Anatomical study of embryo development and influence of polyethylene glycol on maturation process. Plant Physiol. Biochem., 37(3): 209-221.
- WALKER, KA, SATO, SJ 1981. Morphogenesis in callus tissue of *Medicago sativa*: the role of ammonium ion in somatic embryogenesis, Plant Cell Tiss. Org. Cult., 1: 109-121.
- WALKER-SIMMONS, M 1987. ABA levels and sensitivity in developing wheat embryos of sprouting resistant and susceptible cultivars. Plant Physiol., 84: 61-66.
- WANG, YC, JANICK, J 1984. Inducing precocious germination in asexual embryos of cacao. HortSci., 19: 839-841.
- WITJAKSONO, LITZ, RE 1999. Maturation of avocado somatic embryos and plant recovery. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 58: 141-148.
- XU, N, COULTER, KM, BEWLEY, JD 1990. Abscisic acid and osmoticum prevent germination of developing alfalfa embryos, but only osmoticum maintains the synthesis of developmental proteins. Planta, 182: 382-390.

## INFLUENCIA DE ESPACIOS DE CRECIMIENTO, TEMPERATURAS E INTENSIDADES DE LUZ EN LA CONSERVACIÓN *IN VITRO* DE GERMOPLASMA DE AGUACATE

Ma. Ercelia Angel Palomares<sup>1</sup>, Vidales-Fernández I.<sup>2</sup>, Guillén-Andrade H.<sup>2</sup> y Salgado-Garciglia R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Uruapan, Michoacán. México. [dcmeangel@yahoo.com.mx](mailto:dcmeangel@yahoo.com.mx) y [dcangel4@hotmail.com](mailto:dcangel4@hotmail.com).

<sup>2</sup>Campo Experimental Uruapan- INIFAP, Uruapan, Michoacán. México, [cefapuru@prodigy.net.mx](mailto:cefapuru@prodigy.net.mx).

<sup>3</sup>Instituto de investigaciones Químico Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México. [rsalgado@zeus.umich.mx](mailto:rsalgado@zeus.umich.mx).

### RESUMEN

En México existe una amplia diversidad genética de aguacate y sus parientes silvestres actualmente resulta preocupante la pérdida acelerada de su germoplasma debida a la destrucción de los hábitats en las últimas décadas y a su uso como portainjertos del cultivar Hass principalmente, disminuyendo así las plantaciones de aguacate criollo en Michoacán y otros estados de la República Mexicana. Esto ha motivado la conservación *in vitro* de su germoplasma para la creación de nuevas variedades ya que la conservación por métodos tradicionales demanda erogaciones importantes, por la mano de obra, espacio y el riesgo de tener el material expuesto a la presión del ambiente. La conservación *in vitro* es una alternativa ya que al reducir espacio de crecimiento, temperatura e intensidad de luz durante la incubación de yemas axilares provenientes de plantas de aguacate cultivados *in vitro* y conservados también *in vitro* en el medio de Murashige y Skoog (MS), se pudo observar la influencia de estas variables en la inhibición de la brotación de los explantes, además presentaron bajo porcentaje de necrosis y su crecimiento fue mínimo, no afectando la viabilidad de los explantes después de 90 días de su conservación, lo cual se comprobó al colocar las yemas conservadas en el medio de cultivo MS inductor de brotes, obteniéndose de 80 a 90% de brotación.



**Palabras Clave:** germoplasma, *in vitro* y conservación

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la conservación de los recursos naturales y por ende la reserva genética ha tomado gran importancia en el sentido de eliminar la presión destructiva que existe sobre las plantas que proporcionan alimento y satisfactores al hombre, por factores como la sustitución de genotipos locales por variedades mejoradas e híbridos, crecimiento de las ciudades, ampliación de superficies de los cultivos, sobre explotación de los bosques, cambios en las técnicas agrícolas y el abuso de agroquímicos, la sustitución por variedades seleccionadas y mejoradas para la explotación comercial. En el estado de Michoacán y demás Estados productores de aguacate en la República Mexicana están comprendidos los climas subtropical, templado y templado frío dentro de la llamada Sierra Volcánica Transversal (Eje Neovolcánico). Estas características geográficas y ecológicas han permitido que el aguacate sea originario de México y Centroamérica, ya que en estas áreas se concentran los recursos genéticos del aguacate y especies afines, Sánchez (1999), lo cual ha sido demostrado por su amplia diversidad genética. Los recursos que prosperan en forma silvestre están en peligro de extinción, y en grado menor también lo están aquellos ubicados en áreas urbanas y suburbanas, el aprovechamiento de estos recursos genéticos silvestres (criollos) son considerados como un importante apoyo para la economía de un gran número de familias indígenas, debido a que no exigen mucha atención, soportan condiciones ecológicas adversas y hasta el ataque de plagas y enfermedades, sin embargo, rara vez reciben alguna actividad o práctica de manejo frutícola, además se utilizan como portainjertos para la propagación del aguacate Hass.

Con los portainjertos criollos se han intentado diversos métodos de conservación, los cuales van desde el tradicional banco de semillas hasta el mantenimiento de áreas de reserva naturales, establecimiento de jardines botánicos o huertos fenológicos. Sin embargo en muchos de estos casos el mantenimiento no es factible y en otros resulta prohibitivo, tanto por su alto costo como por el riesgo de pérdidas por manejo inadecuado o desastres naturales. Para la preservación de la variabilidad genética es necesario mencionar que ésta se debe conservar con la mayor integridad posible, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la reducción de espacios de crecimiento, temperatura e intensidad de luz durante la incubación de yemas axilares provenientes de plantas de aguacate cultivados *in vitro*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo se utilizaron microestacas de 8 a 13 mm de longitud con 2 ó 3 yemas axilares procedentes de plántulas generadas *in vitro* de aguacate (*Persea americana*, Mill. var. *drymifolia*), la siembra se hizo en el medio de cultivo de Murashige y Skoog (1962) MS con 30 g/l de sacarosa sin reguladores de crecimiento, con 25 repeticiones en cada caso. En espacios de crecimiento, se probaron 3 tratamientos (tamaños de envases), el tratamiento 1 tubo de ensaye (2.0 x 15 cm) con 10 ml de medio, el tratamiento 2 boca angosta (4.0 x 9.0 cm) con 20 ml de medio y el tratamiento 3 envases boca ancha (5.5 x 7.0 cm diámetro por altura, testigo) con 25 ml de medio. En el estudio de temperatura, se probaron 2 tratamientos: el tratamiento 1 (5°C) y el tratamiento 2 (25°C testigo). Para el trabajo de intensidades de luz, se evaluaron 3 tratamientos: el tratamiento 1 (80 luxes), el 2 (885 luxes) y el tratamiento 3 (2200 luxes testigo). Las condiciones de cultivo para los tratamientos de espacios de crecimiento fue temperatura de 25° C, fotoperiodo de 16 horas luz con una intensidad de 2200 lux y 8 horas de oscuridad, para los tratamientos de temperatura los cultivos de yemas axilares del tratamiento 1 se colocaron a 5° C en un refrigerador, los explantes del tratamiento 2 (25° C) se colocaron en el cuarto de incubación con una tempe-

ratura de 25° C y fotoperíodo de 16 horas luz con una intensidad de 2200 lux y 8 horas de oscuridad, las condiciones de cultivo para los tratamientos de intensidades de luz estuvieron en el cuarto de incubación en temperatura de 25° C con fotoperíodo de 16 horas de luz (variando las intensidades en cada tratamiento) y 8 horas de oscuridad.

En cada uno de los trabajos mencionados se realizaron 5 evaluaciones con intervalos de 20 días, al efectuar dichas evaluaciones cada 20 días, 5 repeticiones de cada uno de los trabajos y de cada tratamiento fueron recultivadas las yemas a medio de cultivo para brotación fue el MS con 0.3 mg/l de bencil adenina (BA) y 30 g/l de sacarosa. Las yemas en el medio para brotación fueron mantenidas en el cuarto de incubación con una temperatura de 25° C, fotoperíodo de 16 horas luz con una intensidad de 2200 lux, las variables evaluadas fueron: sobrevivencia de explantes, brotación y longitud de brotes en mm. La unidad experimental fue un tubo por tratamiento, los datos se sometieron a un diseño completamente al azar para su interpretación estadística.

## RESULTADOS

### Espacios de crecimiento

Con la siembra de las yemas axilares colectadas en campo, en diferentes recipientes de cultivo (espacios de crecimiento), se logró determinar la inhibición o retardo del crecimiento, después de transcurridos 90 días del cultivo *in vitro*. Después de este tiempo de incubación, no se presentó contaminación en ningún tratamiento, fue observado solamente un 10% de brotación en los recipientes más pequeños (tubo de ensayo), porcentaje muy bajo comparado con la brotación en yemas cultivadas en los otros dos recipientes (frascos de boca ancha y angosta con un 90 y 100% respectivamente (Figura 1).

El número y la longitud de brotes determinados, también fue más bajo en el tubo de ensayo, donde se formó sólo un brote de 5 mm de longitud por yema cultivada; en el frasco de boca angosta, se obtuvieron dos brotes con una longitud promedio de 16 mm; y, tres brotes en frascos de boca ancha con una longitud de 20 mm. Con los resultados anteriores, se encontraron diferencias significativas entre los espacios de crecimiento utilizados para este estudio de conservación, siendo los tubos de ensayo donde la brotación, número de brotes y longitud de éstos fue mínimo, objetivo de la conservación *in vitro*.

### Temperaturas

Al incubar las yemas axilares provenientes de plantas en campo, en dos temperaturas (5° C y 25° C), se pudo determinar la más adecuada para la conservación *in vitro*, ya que los resultados mostraron un 90% de supervivencia después de 90 días a 5° C, contra un 78% de supervivencia al incubarlas a 25° C. A 5° C, tanto el porcentaje de brotación como la longitud de los brotes, fue menor que al incubar las yemas en la temperatura tradicional de cuarto de cultivo (25° C), se presentó un 10% de brotación con brotes de 5 mm de longitud en contra de un 90% de brotación y brotes de hasta 27 mm en 25° C (Figura 2). Los resultados determinados al incubar las yemas a 25° C son diferentes significativamente a los presentados al incubarse a 5° C lo cual indicó que la temperatura más baja (5° C) es adecuada para la óptima conservación de yemas axilares de aguacate, ya que permitió una inhibición en la brotación y no se presentó el desarrollo de éstos.

### Intensidad de luz

Al cultivar *in vitro* las yemas axilares de aguacate colectadas en campo, en las tres diferentes intensidades de luz (80, 880 y 2200 lux), dio como resultado la determinación de la mejor condición

de incubación donde hubo retardo en el crecimiento y desarrollo de los explantes. Después de 90 días de conservación, se observó el porcentaje más bajo de brotación así como en la longitud de éstos, en la condición de 80 lux, con un 5% de brotación y brotes de menos de 5 mm (Figura 3), en los tratamientos en 880 lux y 2200 lux, se presentó un 70% y 90% de brotación, con brotes de longitud promedio de 10 y 17 mm respectivamente. Estos datos mostraron diferencias significativas, siendo el tratamiento de 80 lux, donde las yemas axilares se mantuvieron sin cambio, con un alto porcentaje de supervivencia. Pudo constatarse que la intensidad más baja de luz probada en este estudio, logró mantener latentes las yemas de aguacate, intención buscada en esta investigación, debido a que no hubo prácticamente brotación pero las yemas aún sobrevivieron este periodo de cultivo *in vitro*.

## DISCUSIÓN

En el espacio de crecimiento el tamaño de los recipientes para el cultivo *in vitro* de las yemas axilares de aguacate criollo, fue definitivo para lograr detener o retardar el crecimiento y desarrollo de éstas, ya que en el recipiente con menor espacio de crecimiento (tubo de ensayo) se inhibió hasta en un 90% el índice de brotación, con el número y crecimiento mínimo de los brotes inducidos (Figura 1). En el recipiente con mayor espacio de crecimiento pudo observarse hasta un 100% de brotación, con tres brotes por yema axilar y con 20 mm de longitud. El porcentaje de supervivencia de las yemas mantenidas en tubos de ensayo fue de 90%, por lo que estos recipientes resultaron los más adecuados para la conservación *in vitro* de las yemas axilares de aguacate criollo, ya que en ellos se logró la inhibición del crecimiento y desarrollo de las yemas axilares, sin afectar su viabilidad o supervivencia.

Estos resultados coinciden con Pierik (1990), quien menciona que el tipo de recipiente para cultivo, la forma y tamaño, y el sistema de cierre, influyen en la morfogénesis de los explantes cultivados *in vitro*. Righetti y col. (1990) indican que el control del crecimiento es dado por afectarse los procesos de diferenciación y morfogénesis al acumularse gases y otros compuestos orgánicos, dependiendo del tamaño y sellado de los recipientes de cultivos *in vitro*. Los tubos de ensayo fueron escogidos como los recipientes de cultivo para realizar los estudios posteriores de conservación *in vitro* de yemas axilares de aguacate.

La temperatura es otro factor importante que afecta el crecimiento de tejidos *in vitro*, es el control de la temperatura de incubación, debido a que influye directamente sobre la regulación del metabolismo primario o secundario, dirigiendo entre otros, el desarrollo de los procesos fisiológicos (Plucknett y Williams, 1992). Con la siembra de yemas axilares de aguacate criollo por 90 días en la temperatura de 5°C, se inhibió la inducción de brotes hasta en un 90% y la elongación de la yema axilar (Figura 2). Al contrario, los cultivos conservados a 25°C, siguieron un desarrollo normal de los cultivos *in vitro*, presentando formación de brotes y el crecimiento de éstos. Esta inhibición de la formación de brotes pero manteniendo óptimos porcentajes de viabilidad de los explantes después de mantenerse hasta 90 días en cultivo, se ha observado al cultivarse tejidos en temperaturas bajas (0-5 °C), permitiendo aumentar los periodos de dormancia de algunas plantas leñosas y la conservación prolongada de determinados cultivos *in vitro*; mientras que a temperaturas constantes comunes de cuartos de cultivo (20°C), se inducen los procesos de morfogénesis como la organogénesis y la embriogénesis somática (Cañal et al., 1999; Stalker y Chapman, 1999), no consiguiendo la conservación a mediano plazo. El lograr porcentajes de supervivencia de más del 90% de las yemas axilares de aguacate criollo al cultivarse a una temperatura de 5°C por 90 días, sin presentarse la formación de brotes, indica que este método es adecuado para su conservación a mediano o largo plazo, ya que por su respuesta, es posible mantenerlas por más tiempo bajo esas condiciones de cultivo. Aunque estos resultados son muy favorables para conservar *in vitro* aguacate, fue necesario realizar otros estudios para optimizar este tipo de conservación.

También las respuestas morfogénéticas son alteradas por la calidad, intensidad y periodos de luz, a las cuales se incuban los explantes para su cultivo y conservación *in vitro*, aunque depende de la especie vegetal y el objetivo a investigar (Cañal *et al.*, 1999). Para el caso de las yemas axilares de aguacate criollo cultivadas *in vitro* a diferentes intensidades de luz (80, 880 y 2000 lux), se observó que en la intensidad más baja se logró mantener inhibida la formación de brotes, intención buscada en esta investigación. Esta disminución de la formación de brotes en las yemas axilares de aguacate criollo encontradas al incubarse en una intensidad de 80 lux (Figura 3), comprueba lo reportado por Cañal y col. (1999), quienes indican que las necesidades de luz de los cultivos *in vitro* son inferiores a las de la planta *in vivo* para presentar un desarrollo normal, dado que el medio de cultivo contiene cantidades importantes de sacarosa como fuente de carbono, comportándose como cultivos autótrofos. En las intensidades media (880 lux) y relativamente alta (2200 lux), hubo formación de brotes y elongación de éstos en relación directa, debido a que con una irradiación normal a excesiva (1000 a 5000 lux) se produce un aumento notable en la temperatura dentro del recipiente de cultivo, lo que causa la aceleración de procesos de morfogénesis; al contrario, el cultivar a intensidades bajas de luz (<1000 lux), disminuye aún más la tasa de fotosíntesis y los procesos de nutrición, que conllevan a detener los procesos más comunes de morfogénesis *in vitro*, como la formación de brotes y de raíces.

En general, cada especie tiene un intervalo específico de temperatura en el que se produce su desarrollo y crecimiento óptimo, intervalo que puede variar en función del genotipo, del órgano donador del explante, de la época del año, edad y estado fenológico de la planta donadora. Una complicación adicional se produce por el hecho de que puede existir interacción entre la temperatura y otros factores como la luz (intensidad y fotoperiodo), sustrato y nutrición. Esta respuesta es clara al cultivarse las yemas axilares de aguacate criollo en los diferentes recipientes, temperaturas e intensidades de luz, proponiendo cultivar este tipo de explantes en un recipiente pequeño, temperatura e intensidad de luz relativamente bajas, para lograr la conservación de este tipo de explantes a mediano plazo.

## CONCLUSIONES

Se logró establecer un sistema de conservación *in vitro* a mediano plazo de yemas axilares de aguacate reduciendo el espacio de crecimiento, disminuyendo la temperatura y la intensidad de luz durante la incubación de los explantes.

## BIBLIOGRAFIA

- CAÑAL M. J., RODRÍGUEZ R., FERNÁNDEZ B., SÁNCHEZ-TAMÉZ R. Y MAJADA J. P. 1999. Biotecnología Vegetal. Libro de reportes cortos, 5° Coloquio Internacional de Biotecnología Vegetal. Instituto de Biotecnología de Plantas. Junio 16-19 de 1999. Ediciones GEO. La Habana, Quinto Santa Clara. Cuba pp. 17-25.
- MURASHIGE T. Y F. SKOOG. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant*. 15: 443-497.
- PIERIK R. L. M. 1990. Cultivo *in vitro* de plantas superiores. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España 325 p.
- PLUCKNETT D. L. Y WILLIAMS J. T. 1992. Los bancos genéticos y la alimentación mundial. Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura Tropical San José Costa Rica. pp. 25-125.
- RIGHETTI, B., MAGNANNI, E., INFANTE, R. Y PEDREN, S. 1990. Ethylene, ethanol acetaldehyde and carbon dioxide released by *Prunus avium* shoot cultures. *Physiol. Plant*. 78: 507-510.

SÁNCHEZ J. L. 1999. Recursos Genéticos de Aguacate (*P. americana* Mill) y especies afines en México. Rev. Chapingo. Serie Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Vol. V. Núm. Especial. 1999. p. 7 – 18.

STALKER J. T. Y CHAPMAN 1989. Scientific management of germoplasm: characterization, evaluation and enhancement. Department of Crop University North Carolina State University. pp 23 – 28.

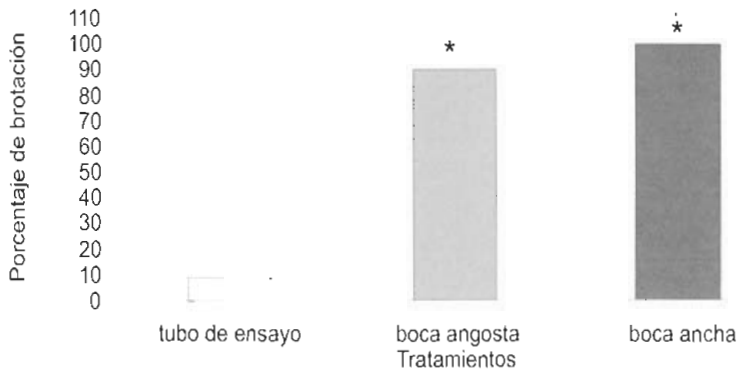


Figura 1. Porcentaje de brotes en yemas axilares de aguacate (*P. americana* Mill. var. *drymifolia*) colectadas en campo, después de 90 días en medio de cultivo en diferentes espacios de crecimiento (tubo de ensayo, frasco de boca angosta y frasco de boca ancha), prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Diferencias significativas (\*).

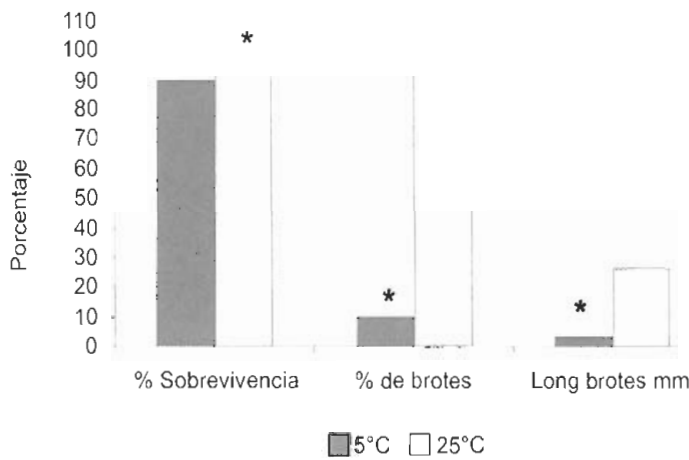


Figura 2. Porcentaje de supervivencia y de brotación y longitud de brotes a los 90 días de conservación *in vitro* de yemas axilares de aguacate (*P. americana* Mill. var. *drymifolia*) colectadas en campo, en condiciones de cultivo de 5°C y 25°C, prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Diferencias significativas (\*).

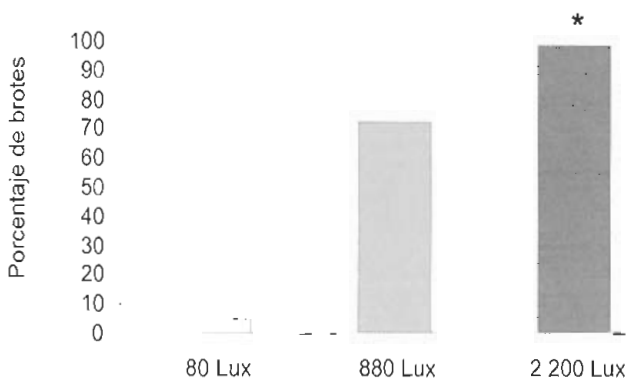


Figura 3. Porcentaje de brotación a los 90 días de conservación *in vitro* de yemas axilares de aguacate (*P. americana* Mill. var. *drymifolia*) colectadas en campo, en tres intensidades de luz: 80, 880 y 2200 lux, prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Diferencias significativas (\*).



## CRYOPRESERVATION OF AVOCADO

*Darda Efendi and Richard E. Litz*

**Tropical Research and Education Center, University of Florida, 18905 SW 280 St.,  
Homestead FL 33031-3314 USA**

### ABSTRACT

Avocado genetic resources are maintained ex situ in field repositories at great cost and always under threat of inclement weather, pests and disease. Cryopreservation is an important alternative method for long-term conservation of plant genetic resources. Moreover, it is an important storage method for biotechnology research, in which experimental materials, i.e., embryogenic cultures, lose morphogenic competence relatively quickly and cannot be stored reliably in vitro. Two cryopreservation procedures have been developed for avocado embryogenic cultures: 1) slow cooling at  $-1^{\circ}\text{C min}^{-1}$  from  $25^{\circ}\text{C}$  to  $-80^{\circ}\text{C}$  followed by rapid cooling to  $-196^{\circ}\text{C}$ ; and 2) vitrification or rapid cooling from  $25^{\circ}\text{C}$  to  $-196^{\circ}\text{C}$ . Embryogenic cultures recovered from cryogenic storage demonstrate normal growth, and somatic embryos can be recovered. All of the avocado genotypes currently being genetically manipulated in our research program have been successfully introduced into liquid nitrogen. Cryogenic storage of avocado has important significance for management of avocado genetic resources.

**Key Words:** avocado, somatic embryo, cryopreservation,

### INTRODUCTION

Somatic cell genetic studies of avocado are based upon the somatic embryogenic pathway. Witjaksono and Litz (1999a) demonstrated that embryogenic avocado cultures can lose their morphogenic competence as early as 3-4 months after induction. This loss of competence is genotype-dependent. As a result, it is impossible to carry out medium and long term research involving genetic transformation and protoplast culture with many avocado cultivars. Storage of embryogenic cultures in liquid nitrogen has been demonstrated with citrus (Sakai et al., 1990; 1991; Kobayashi et al., 1990; Duran Vila, 1995; Perez et al., 1997; 1999), and a few other tropical/subtropical fruit trees, e.g., rubber (Engelmann and Etienne, 1995) and oil palm (Dumet et al., 1993). This strategy ensures a continuous supply of embryogenic cultures to support somatic cell gene-



tic studies. Moreover, cryopreservation has become integral for the management of plant genetic resources. Germplasm collections are expensive to maintain and can be threatened by pests, diseases and weather. Cryopreservation is a relatively inexpensive method for backing up germplasm collections. The development of two protocols for cryogenic storage of embryogenic avocado cultures and recovery of somatic embryos and plants following cryopreservation have been developed: 1) slow or step-wise cooling ( $-1^{\circ}\text{C min}^{-1}$ ) to  $-80^{\circ}\text{C}$  followed by rapid cooling to  $-196^{\circ}\text{C}$ ; and 2) rapid cooling to  $-196^{\circ}\text{C}$ .

## MATERIALS AND METHODS

### **embryogenic cultures**

Embryogenic cultures were induced in petri dishes from zygotic embryo explants of several avocado cultivars on B5<sup>-</sup> medium, i.e., B5 major salts (without  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) (Gamborg et al., 1968), MS (Murashige and Skoog, 1962) minor salts, 0.41 mM picloram and (in  $\text{mg liter}^{-1}$ ) thiamine HCl (4), myo-inositol (100), sucrose (30,000) and agar (8,000) (Witjaksono and Litz, 1999a). Cultures were maintained on MSP, i.e., MS basal medium, with 0.41 mM picloram, the organic components of B5<sup>-</sup> and agar (8,000) (Witjaksono and Litz, 1999a). After 3 to 6 subcultures on MSP, embryogenic cultures were transferred into liquid MS3:1P medium, i.e., MS basal medium containing 60 mM inorganic nitrogen (75% of nitrogen is  $\text{NO}_3^-$  and 25% is  $\text{NH}_4^+$ ) supplemented with organic addenda (Witjaksono and Litz, 1999b) and the other components of MSP.

Petri dishes were sealed with Parafilm® and cultures were maintained in darkness at room temperature ( $25^{\circ}\text{C}$ ). Suspension cultures in Erlenmeyer flasks were sealed with aluminum foil and Parafilm, and incubated under ambient laboratory conditions at 125 rpm. The pH was adjusted to 5.7 with either KOH or HCl prior to autoclaving at  $1.1 \text{ kg cm}^{-2}$  and  $120^{\circ}\text{C}$  for 20 min.

### **cryopreservation**

slow or step-wise cooling cryopreservation. Embryogenic cultures of avocado were successfully cryopreserved using a cryoprotectant mixture of 5% DMSO and 5% glycerol with either 0.13M or 1.0M sucrose (Efendi, 2003). Approximately 200 mg of air-dried embryogenic cultures were mixed with 1.0 ml of sterile cryoprotectant solution in 1.2 ml Corning®, cryogenic vials, and maintained on ice for 30 min. The vials were inserted into Nalgene®, "Mr. Frosty" containers containing 250 ml isopropanol. The containers were placed in a low temperature ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) freezer for 2h for controlled cooling at the rate of  $-1^{\circ}\text{C min}^{-1}$ . After 2 h, the vials were removed from "Mr. Frosty" and inserted into aluminum cryo-cane holders. They were then immersed directly into liquid nitrogen ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) in a Bio-Cane 20 Dewar container.

rapid cooling or vitrification. Embryogenic cultures (approximately 200 mg) were suspended in 1.0 ml sterile loading solution (2.0M glycerol and 0.4M sucrose) in 1.2 ml cryovials for 15 min (Efendi, 2003). The loading solution was then replaced with 1.0 ml plant vitrification solution number 2 (PVS2) (Sakai et al., 1990), and maintained on ice. PVS2 consisted of 15% DMSO, 30% glycerol and 15% ethylene glycol. The vitrification solution was decanted after 60 min, and the cryovials were inserted into cryosleeves, and plunged into liquid nitrogen in a Bio-Cane 20 Dewar container.

recovery from cryopreservation. Following storage in liquid nitrogen, the cryovials were removed from liquid nitrogen and immersed for 5 min in a  $40^{\circ}\text{C}$  water bath (Efendi, 2003). The embryogenic cultures were decanted onto sterile semi solid MSP medium in Petri dishes. Vital staining with sodium tetrazolium chloride (TTC) immediately after thawing could not be correlated with survival. There was a strong cultivar-related difference in survival of cryopreserved cultures. Cryopreserved

embryogenic cultures proliferated on MSP medium and as suspension cultures in MS3:1P liquid medium. The growth rate of cryopreserved cultures exceeded that of the non cryopreserved controls.

Embryogenic cultures were plated on somatic embryo development (SED) medium, i.e., MS3:1 medium supplemented with 20% (v/v) filter-sterilized coconut water and solidified with 6 g liter<sup>-1</sup> gellan gum (Witjaksono and Litz, 1999b). The plates were closed but not sealed and were maintained in total darkness at 25°C for two months. The recovery of white-opaque mature somatic embryos was significantly greater from cryopreserved cultures than from the non frozen controls. Plants have been recovered from avocado somatic embryos derived from cryopreserved embryogenic cultures at the same frequency that has been reported for other studies involving avocado somatic embryogenesis.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Avocado has been regenerated from non elite materials (zygotic embryos) (Mooney and Van Staden, 1987; Pliego Alfaro and Murashige, 1988; Raviv et al., 1998; Witjaksono and Litz, 1999a, b) and from elite or clonal materials (Witjaksono et al., 1999). The long term maintenance of clonal avocado genetic resources currently is based upon ex situ germplasm collections. Cryopreservation of elite avocado genetic resources is feasible, based upon the results of the current study. The establishment of long term cryogenic storage banks for avocado germplasm would be important back-ups for existing ex situ collections. Moreover, cryogenic storage of elite avocado germplasm will stimulate the exploitation of this material using somatic cell genetic approaches.

## Acknowledgements

The authors are grateful for the of Bogor Agricultural University (D. Efendi), the University of Florida and the California Avocado Commission. Florida Agricultural Experiment Station Journal Series No. N-

## REFERENCES

- DUMET, D., F. ENGELMANN, N. CHABRILLANGE & Y. DUVAL 1993. Cryopreservation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) somatic embryos involving a desiccation step. *Plant Cell Rep.* 12:352-355.
- DURAN-VILA, N. 1995. Cryopreservation of germplasm of citrus. In: Bajai, Y. P. S. (ed.) *Biotechnology in agriculture and forestry 32. Cryopreservation of plant germplasm 1*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 70-86.
- EFENDI, D. (2003). Transformation and cryopreservation of embryogenic avocado (*Persea americana* Mill.) cultures. Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville.
- ENGELMANN, F. & H. ETIENNE. 2000. Cryopreservation of embryogenic calli of *Hevea brasiliensis*. In Jain, S. M., P. K. Gupta & R. J. Newton (eds.), *Somatic Embryogenesis in Woody Plants*, Vol. 6, Kluwer Acad. Pub., Dordrecht, pp. 729-746.
- GAMBORG, O.L., R. A. MILLER & K. OJIMA. 1968. Plant cell cultures. I. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.* 50:151-158
- KOBAYASHI, S., A. SAKAI & I. OYAMA 1990. Cryopreservation in liquid nitrogen of cultured navel orange (*Citrus sinensis* Obs.) nucellar cells and subsequent plant regeneration. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 23:15-20
- MOONEY P.A. & J. VAN STADEN. 1987 Induction of embryogenesis in callus from immature embryos of *Persea americana*. *Can. J. Bot.* 65: 622-626

MURASHIGE, T. & F. SKOOG. 1962. A revised medium for growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.

PÉREZ, R. M. 2000. Cryostorage of *Citrus* embryogenic cultures. In Jain, S. M., P. K. Gupta & R. J. Newton (eds.), *Somatic Embryogenesis in Woody Plants Vol. 6*, Kluwer Acad. Pub., Dordrecht, pp. 707-728.

PEREZ, R. M., L. NAVARO & N. DURAN-VILA. 1997. Cryopreservation and storage of embryogenic callus cultures of several citrus species and cultivars. *Plant Cell Rep.* 17:44-49.

PLIEGO-ALFARO F. & T. MURASHIGE. 1988. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.) *in vitro*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 12:61-66

RAVIV, A., R.A. AVENIDO, L.F. TISALONA, O.P. DAMASCO, E.M.T. MENDOZA, Y. PINKAS & S. ZILKAH. 1998. Callus and somatic embryogenesis of *Persea* species. *Plant Tiss. Cult. Biotech.* 4: 196-206.

SAKAI, A., S. KOBAYASHI & I. OIYAMA. 1990. Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) by vitrification. *Plant Cell Rep.* 9:30-33.

SAKAI, A., S. KOBAYASHI & I. OIYAMA. 1991. Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) by a simple freezing method. *Plant Sci.* 74:243-248.

WITJAKSONO & R. E. LITZ. 1999a. Induction and growth characteristics of embryogenic avocado (*Persea americana* Mill.) cultures. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 58:19-29.

WITJAKSONO & R. E. LITZ. 1999b. Maturation of avocado somatic embryos and plant recovery. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 58: 141-148.

WITJAKSONO, R.E. LITZ & PLIEGRO-ALFARO. 1999. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.). In: Jain, S. M., P. K. Gupta & R. J. Newton (eds.) *Somatic embryogenesis in woody plants vol.5*, pp. 197-214.

## GENETIC TRANSFORMATION OF AVOCADO

Simon Raharjo<sup>1</sup>, Witjaksono<sup>2</sup>, Darda Efendi<sup>1</sup>, Isidro Suarez<sup>1</sup>, Ivan Gasca Vazquez<sup>3</sup>, Miguel A. Gomez-Lim<sup>3</sup>, and Richard E. Litz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Tropical Research and Education Center, University of Florida, 18905 SW 280 St., Homestead FL 33031-3314 USA;*

<sup>2</sup>*Botanical Garden, Jl, Bogor INDONESIA;*

<sup>3</sup>*CINVESTAV, Irapuato Gto MEXICO.*

### ABSTRACT

An important advantage for using genetic transformation to improve perennial fruit trees is that a single horticultural trait can be altered, without significantly affecting the phenotype of the cultivar. Embryogenic avocado cultures have been transformed with different gene constructs in order to address different breeding objectives. Avocado is being transformed with genes encoding for different antimicrobial proteins, including chitinase, glucanase, the antifungal protein (AFP) and magainin, and the first greenhouse planting of transgenic plants containing the gene for AFP has been established. As part of a strategy for controlling avocado sunblotch disease, embryogenic cultures have been transformed with the *pac1* ribonuclease gene from yeast. In order to control fruit ripening and extend the shelf life of avocado fruit, embryogenic cultures have been transformed with the gene for SAM hydrolase, a bacterial gene that mediates the breakdown of S-adenosylmethionine (SAM), a precursor of ethylene.

**Key Words:** avocado, somatic embryo, genetic transformation

### INTRODUCTION

Certain breeding objectives of avocado are difficult to achieve in a timely manner, due to the long juvenile period of the species. Genetic engineering strategies as they are applied to vegetatively propagated fruit species, can target specific characteristics of the plant. Hence, it is feasible to alter a cultivar for one or more traits without altering the phenotype of the clone. Genetic engineering of avocado is limited only by the availability of genes that are associated with specific horti-

cultural traits. Relatively few genes have been isolated from avocado, and they are associated with fruit ripening, i.e., ethylene biosynthesis. Several mRNAs increase during avocado fruit ripening, i.e. messages for cellulase (Christofferson *et al.*, 1984), cytochrome P-450 oxidase (Bozak *et al.*, 1990), and polygalacturonase and ACC oxidase (Dopico *et al.*, 1993). Different cDNAs associated with fruit ripening have been isolated: polygalacturonase pAVOpg (Kutsunai *et al.*, 1993) and ACC oxidase or pAVOe3 (McGarvey *et al.*, 1992).

Avocado has been genetically transformed with certain genes that mediate specific horticultural traits.

- Fruit ripening. Avocado fruit is strongly climacteric (Kays, 1997). Ethylene acts as a natural triggering mechanism for the induction of the respiration climacteric (Kays, 1997), and also regulates fruit ripening by coordinating the expression of several genes. Mexican and Guatemalan avocados are unable to ripen while the fruit are still attached to the tree and can remain on the trees accumulating oil for 2-4 months after reaching maturity (Whiley, 1992). This can prolong avocado supply by "on-tree storage", but can cause alternate bearing in subsequent years. The fruit of West Indian and West Indian X Guatemalan hybrids mature, ripen and drop if not harvested at maturity, and fruit cannot be stored on the trees (Whiley, 1992). To ensure availability of fruit year-round in tropical zones, several avocados cultivars each with a different harvesting season must be grown. There is therefore no uniform standard for the tropical avocado.

Ethylene production can be reduced by blocking the activity of specific genes involved in ethylene biosynthesis. Blocking or lowering ethylene biosynthesis has not been attempted with woody tree species; however, this could increase on-tree storage of tropical avocados and prolong shelf-life. Theologies *et al.* (1992) reported that the cloning of the genes in tomato, e.g., ACC synthase and ACC oxidase, enabled the regeneration of plants bearing fruit with extended shelf-life using antisense technology. SAM hydrolase from bacteriophage T3 encodes S-adenosylmethionine hydrolase (Bestwick *et al.*, 1991), and catalyzes the conversion of SAM to methylthioadenosine (Good *et al.*, 1994). Efendi (2003) has described the transformation of embryogenic avocado cultures with SAM hydrolase, which is under the control of an avocado fruit ripening-specific cellulase promoter. The gene would be expressed in mature green fruit just as they would normally start to ripen.

- Disease resistance

Avocado sunblotch is caused by the avocado sunblotch viroid (ASBVd), which replicates in chloroplasts (Semancik and Szychowsky, 1994). There is no known resistance to this disease within avocado and its close relatives. Procedures for eliminating pathogens from plants include regeneration from the nucellus and from micrografts. Although viroid infections of grape and citrus can be eliminated by micrografting, recent studies (Suarez *et al.*, in press), using RT-PCR as a sensitive diagnostic tool, have demonstrated that ASBVd persists in avocado plants regenerated from the nucellus and in micrografted plants. An alternative strategy for controlling viroid diseases involves genetic transformation with the *pacI* ribonuclease gene from *Schizosaccharomyces pombe* (Sano *et al.*, 1997). We are attempting to transform avocado using a gene construct containing *pacI* with a transit peptide gene that would result in the expression of the *pacI* gene in the chloroplasts.

As part of a strategy to enhance resistance to root (Phytophthora root rot) and foliar diseases of avocado, a number of genes whose expression is associated with antimicrobial activity have been inserted into embryogenic avocado cultures, including those for chitinase,  $\beta$ -1,6-glucanase and the antifungal protein. These genes are activated as part of the host defense mechanism, and the proteins are referred to as pathogenesis-related proteins. Another gene of interest encodes the defense peptide magainin 2, which has been isolated from the skin of the African clawed frog. Magainin 2 consists of a short  $\alpha$ -helix peptide, and has been shown to be effective against fungi and gram positive and negative bacteria.

## METHODOLOGY AND RESULTS

Embryogenic cultures were induced on semi solid B5<sup>-</sup> medium (Gamborg et al., 1968), MS (Murashige and Skoog, 1962) minor salts, 0.41  $\mu\text{M}$  picloram and (in  $\text{mg liter}^{-1}$ ) thiamine HCl (4), myo-inositol (100) and sucrose (30,000) (Witjaksono and Litz, 1999a). Cultures were maintained on semi solid MSP, MS basal medium, with 0.41  $\mu\text{M}$  picloram, the organic components of B5<sup>-</sup> and agar (8,000) (Witjaksono and Litz, 1999a). Embryogenic cultures were transferred into liquid MS3:1P medium, MS basal medium with 60 mM inorganic nitrogen (75% of N as  $\text{NO}_3^-$  and 25% as  $\text{NH}_4^+$ ) supplemented with organic addenda (Witjaksono and Litz, 1999b) and the other components of MSP. Petri dishes were sealed with Parafilm® and maintained in darkness at room temperature (25°C). Suspension cultures in Erlenmeyer flasks were sealed with aluminum foil and Parafilm, and incubated under ambient laboratory conditions at 125 rpm.

Embryogenic suspension cultures were genetically transformed with various gene constructs (Cruz-Hernandez et al., 1998). Embryogenic cultures were transformed with *A. tumefaciens* strains EHA101 or EHA105 accordingly: 1) AFP incorporated in pGPTV containing *uidA*, *bar* (glyphosate resistance) and the CaMV 35S promoter (Raharjo et al., unpublished data); 2)  $\beta$ -1,3-glucanase and chitinase cloned in pGPTV with *uidA*, *bar* and the CaMV 35S promoter (Witjaksono et al., unpublished data). 3) In addition, a complex transformed somatic hybrid consisting of 'Gwen' with *chalcone synthase* and *nptII* + 'Hass' with AFP, *bar* and *uidA* was selected on medium containing phosphinothricin (PPT) and kanamycin sulfate. 4) Embryogenic cultures have been genetically transformed with pAG4092 harboring SAM hydrolase to block ethylene biosynthesis, with *nptII* and under the control of an avocado fruit-specific cellulase promoter (Efendi, 2003).

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Transformed plants with the AFP, AFP+chalcone synthase and SAMase genes have been regenerated with the agency of micrografting (Raharjo and Litz, this proceedings). Transgenic plants with AFP are currently in greenhouse trials.

## Acknowledgements

The authors are grateful for the support of the California Avocado Commission, the Fulbright Commission and Bogor Agricultural University. Florida Agricultural Experiment Station Journal Series No. N-

## REFERENCES

- BESTWICK, R.K., W. WAGONER, J.A. KELLOGG, W. PENGELLY, L. BROWN & A. FERRO. 1991. Reduced ethylene biosynthesis in transgenic tobacco plants expressing S-adenosylmethionine hydrolase. *J. Cell Biochem.* 15A:110.
- BOZAK, K.R., H. YU, R. SIREVAG & R.E. CHRISTOFFERSON. 1990. Sequence analysis of ripening-related cytochrome P-450 cDNAs from avocado fruit. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 87:3904-3908.
- CHRISTOFFERSEN, R.E., M.L. TUCKER & G.G. LATIES. 1984. Cellulase gene expression in ripening avocado fruit, the accumulation of cellulase mRNA and protein as demonstrated by cDNA hybridization and immunodetection. *Plant Mol. Biol.* 3:385-391

- CRUZ-HERNANDEZ, A., WITJAKSONO, R. E. LITZ & M.A. GOMEZ-LIM. 1998. *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of embryogenic avocado cultures and regeneration of somatic embryos. *Plant Cell Rep.* 17: 493-503.
- DOPICO, B., A.L. LOWE, I.D. WILSON, C. MERODIO & D. GRIERSON. 1993. Cloning and characterization of avocado fruit mRNAs and their expression during ripening and low-temperature storage. *Plant Mol. Biol.* 21:437-449.
- EFENDI, D. 2003. Transformation and cryopreservation of embryogenic avocado (*Persea americana* Mill.) cultures. Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville.
- GAMBORG, O.L., R.A. MILLER & K. OJIMA. 1968. Plant cell cultures. I. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.* 50:151-158.
- GOOD, X., J.A. KELLOGG, W. WAGONER, D. LANGHOFF, W. MATSUMURA, AND R.K. BESTWICK. 1994. Reduced ethylene synthesis by transgenic tomatoes expressing S-adenosylmethionine hydrolase. *Plant Mol. Biol.* 26:781-790.
- KAYS, S.J. 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press. Athens.
- KUTSUNAI, S.Y., A.C. LIN, F. W. PERCIVAL, G.G. LATIES & R. E. CHRISTOFFERSON. 1993. Ripening-related polygalacturonase cDNA from avocado. *Plant Physiol.* 163:289-290
- MCGARVEY, D.J., R. SIREVAG & R.E. CHRISTOFFERSON. 1992. Ripening-related gene from avocado fruit. *Plant Physiol.* 8:554-559
- MURASHIGE, T. & F. SKOOG. 1962. A revised medium for growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.
- SANO, T., NAGAYAMA, A., OGAWA, T., ISHIDA, I. AND OKADA, Y. 1997. Transgenic potato expressing a double stranded RNA-specific ribonuclease is resistant to spindle tuber viroid. *Biotechnology.* 15:1290-1294
- SEMANCIK, J.S. AND SZYCHOWSKY, J.A. 1994. Avocado sunblotch: a persistent viroid
- SUAREZ, I.E., R.A. SCHNELL, D. N. KUHN & R.E. LITZ (in press) Avocado sunblotch viroid (ASBVd) is persistent in embryogenic cultures derived from the nucellus of an ASBVd-infected tree
- THEOLOGIES, A., T.I. ZAREMBINSKI, P.W. OELLER, X. LIANG & S. ABEL. 1992. Modification of fruit ripening by suppressing gene expression. *Plant Physiol.* 100:549-551.
- WHILEY, A.W. 1992. *Persea americana* Miller. pp. 249-254. In: Verheij, E.W.M. & R.E. Coronel (eds.). *Plant Resources of South-East Asia No. 2: Edible Fruits and Nuts*. Pudoc. Wageningen.
- WITJAKSONO & R.E. LITZ. 1999a. Induction and growth characteristics of embryogenic avocado (*Persea americana* Mill.) cultures. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 58:19-29.
- WITJAKSONO & R.E. LITZ. 1999b. Maturation of avocado somatic embryos and plant recovery. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 58: 141-148.

## RESCUE OF GENETICALLY TRANSFORMED AVOCADO BY MICROGRAFTING

*Simon Raharjo and Richard E. Litz*

**Tropical Research and Education Center, University of Florida, 18905 SW 280 St.,  
Homestead FL 33031-3314 USA**

### ABSTRACT

Development of avocado somatic embryos to maturity appears to be normal; however, the majority of somatic embryos lack bipolarity, often lacking a shoot apex. Developing shoots generally become necrotic *in vitro*. The germination and conversion rate of somatic embryos has therefore been low under optimal *in vitro* conditions. Avocado embryogenic cultures have been transformed with several gene constructs. In order to increase the plant recovery rate, shoots (5-10 mm long) that develop from somatic embryos have been grafted onto 3 to 4-week-old 'Booth' and 'Lula' *in vitro*-germinated seedling rootstocks with a success rate that is ca. 70%. The first nursery trials of transgenic avocado plants have been entirely derived from micrografted somatic embryo shoots.

**Key Words:** somatic embryo, avocado, micrografting

### INTRODUCTION

Somatic embryogenesis of avocado has been described from zygotic embryos (Mooney and Van Staden, 1987; Pliego-Alfaro and Murashige, 1988; Raviv et al., 1998; Witjaksono and Litz, 1999a, b) and from the nucellus (Witjaksono et al., 1999a). Although somatic embryos can be recovered efficiently from embryogenic cultures, most of them are developmentally abnormal, and generally lack either a root or a shoot meristem (Pliego-Alfaro and Murashige, 1988; Witjaksono et al., 1999a; Efendi, 2003). The frequency of recovery of bipolar somatic embryos has been reported to range from 0.002% to 5-6% (Pliego-Alfaro and Murashige, 1988; Raviv et al., 1998; Witjaksono, 1997; Witjaksono and Litz, 1999a, b; Witjaksono et al., 1999a; Efendi, 2003), and is genotype-dependent.

Protoplast isolation and culture from embryogenic tissues of avocado has been reported (Witjaksono et al., 1998) together with limited somatic hybridization (Witjaksono, 1997). Embryogenic



cultures of avocado have been genetically transformed with selectable marker and reporter genes (Cruz-Hernandez et al., 1997) and with genes that target specific horticultural traits, including fruit ripening (Efendi, 2003) and various genes that are implicated in plant disease resistance, i.e., chitinase,  $\beta$ -1,6-glucanase and the antifungal protein gene (Raharjo et al., in press). Despite the progress that has been reported with respect to *in vitro* genetic manipulation of avocado, the low level of regeneration has impeded progress.

Witjaksono et al. (1999b) attempted to address this problem by micropropagating somatic embryo shoots; however, this procedure was not very effective, and many shoots that are dissected from somatic embryos fail to survive. Therefore, this strategy was inadequate because so much of the genetic diversity that was produced was lost. Another approach that has been attempted has been to improve the composition of the plant growth medium that is used for avocado somatic embryo development/maturation (Witjasono and Litz, 2002); however, the recovery of regenerants is unacceptably low for most manipulations. The current study describes another approach for efficient recovery of regenerants by micrografting somatic embryo shoots onto seedling rootstocks *in vitro*.

## MATERIALS AND METHODS

### *embryogenic cultures*

Embryogenic cultures were induced on B5<sup>-</sup> medium, i.e., B5 major salts (without  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) (Gamborg et al., 1968), MS (Murashige and Skoog, 1962) minor salts, 0.41  $\mu\text{M}$  picloram and (in mg liter<sup>-1</sup>) thiamine HCl (4), myo-inositol (100), sucrose (30,000) and agar (8,000) (Witjaksono and Litz, 1999a). Cultures were maintained on MSP, i.e., MS basal medium, with 0.41 mM picloram, the organic components of B5<sup>-</sup> and TC agar (8,000) (Witjaksono and Litz, 1999a). After 3 to 6 subcultures on MSP, embryogenic cultures were transferred into liquid MS3:1P medium, i.e., MS basal medium containing 60 mM inorganic nitrogen (75% of nitrogen is  $\text{NO}_3^-$  and 25% is  $\text{NH}_4^+$ ) supplemented with organic addenda (Witjaksono and Litz, 1999b) and the other components of MSP.

Following their genetic manipulation in maintenance medium (see Litz, 2003 in this proceedings), suspension cultures were plated on somatic embryo development (SED) medium, i.e., MS medium supplemented with 20% (v/v) filter-sterilized coconut water, 45 g liter<sup>-1</sup> sucrose and solidified with 6 g liter<sup>-1</sup> gellan gum (Witjaksono and Litz, 1999b). The plates were closed but not sealed and were maintained in total darkness at 25°C for two months. Large, opaque-white (>5 mm diameter) somatic embryos were selected and germinated on semi solid MS medium containing 4.44 mM benzyladenine and 28.9  $\mu\text{M}$  gibberellic acid, and incubated under light conditions consisting of 60-80 mmol sec<sup>-1</sup>m<sup>2</sup> provided by cool white fluorescent bulbs with a 16 h photoperiod. After 2-6 weeks, shoots emerged, and were used as scions when they were 5-20 mm length.

Petri dishes were sealed with Parafilm® and maintained in darkness at room temperature (25°C). Suspension cultures in Erlenmeyer flasks were sealed with aluminum foil and Parafilm, and incubated under ambient laboratory conditions at 125 rpm.

### *rootstock preparation*

Mature avocado fruit were harvested from 'Booth' and 'Lula' trees in the avocado germplasm collection of the University of Florida TREC. The seeds were removed, and were surface-disinfested in a 20% (v/v) solution of commercial bleach for 10 min, followed by 3x rinses with sterile deionized water. The cotyledons were separated, and the embryo axis from each seed together with a cube of cotyledonary tissue (15x15x8 mm) was explanted onto semi solid MS medium in 200x25 mm

Petri dishes. The cultures were maintained under light conditions consisting of 60-80  $\mu\text{mol sec}^{-1}\text{m}^{-2}$  provided by cool white fluorescent bulbs with a 16 h photoperiod.

#### *micrografting*

A modification of a procedure for micrografting clonal avocado onto seedling rootstocks was adopted (Pliego Alfaro and Murashige, 1987). Each germinating zygotic embryo of 1.0-1.5 cm length was decapitated by a single slice through the hypocotyl approx. 5-7 mm below the cotyledonary nodes. A V-shaped cut, 3-4 mm deep was made with a new sterile razor blade. Excised shoot tips from somatic embryos (5-10 mm long) with a matching V-shaped base were inserted into the rootstock, and the graft was secured with sterile thread. Newly micrografted plantlets were transferred individually to semi solid MS medium with 100 mg liter<sup>-1</sup> activated charcoal in baby food jars, and were maintained under light conditions consisting of 60-80  $\text{mmol sec}^{-1}\text{m}^{-2}$  provided by cool white fluorescent bulbs with a 16 h photoperiod.

After 3-4 weeks, a successful graft union was established, and the thread that secured the rootstock and scion was removed. Vigorous growth of the grafted shoots generally required 4-15 weeks from the time that the graft union was established. With this procedure, 69.2% of micrografted transformed shoots developed normally and produced plants. In contrast, only 30.4% of shoots excised from somatic embryos (but not grafted) survived after 3 months, and surviving shoots failed to form roots and did not show normal shoot growth.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Micrografting can be used to rescue genetically transformed avocados that develop from somatic embryos. This innovation is critical for the efficient recovery of genetically manipulated avocado, not only from transformed cultures but from cultures that are derived from other somatic cell genetic manipulations.

### Acknowledgements

The authors are grateful for the support provided by the California Avocado Commission. Florida Agricultural Experiment Station Journal Series No. N-

## REFERENCES

- CRUZ-HERNANDEZ, A., WITJAKSONO, R. E. LITZ & M. A. GOMEZ-LIM. 1998. *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of embryogenic avocado cultures and regeneration of somatic embryos. *Plant Cell Rep.* 17: 493-503.
- EFENDI, D. (2003) Transformation and cryopreservation of embryogenic avocado (*Persea americana* Mill.) cultures. Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville.
- GAMBORG, O.L., R. A. MILLER & K. OJIMA. 1968. Plant cell cultures. I. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.* 50:151-158.
- MOONEY P.A. & J. VAN STADEN. 1987 Induction of embryogenesis in callus from immature embryos of *Persea americana*. *Can. J. Bot.* 65: 622-626.
- MURASHIGE, T. & F. SKOOG. 1962. A revised medium for growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.

- PLIEGO-ALFARO, F. & T. MURASHIGE. 1987. Possible rejuvenation of adult avocado by graftage onto juvenile rootstocks *in vitro*. HortScience 22: 1321-1324.
- PLIEGO-ALFARO F. & T. MURASHIGE. 1988. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.) *in vitro*. Plant Cell Tiss Org. Cult. 12:61-66.
- RAVIV, A., R.A. AVENIDO, L.F. TISALONA, O.P. DAMASCO, E.M.T. MENDOZA, Y. PINKAS & S. ZILKAH. 1998. Callus and somatic embryogenesis of *Persea* species. Plant Tiss. Cult. Biotech. 4: 196-206.
- WITJAKSONO. 1997. Development of protocols for avocado tissue culture: somatic embryogenesis, protoplast culture, shoot regeneration and protoplast fusion. Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville.
- WITJAKSONO & R. E. LITZ. 1999a. Induction and growth characteristics of embryogenic avocado (*Persea americana* Mill.) cultures. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 58:19-29.
- WITJAKSONO & R. E. LITZ. 1999b. Maturation of avocado somatic embryos and plant recovery. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 58: 141-148.
- WITJAKSONO & R. E. LITZ. 2002. Somatic embryogenesis of avocado (*Persea americana* Mill.) and its application for plant improvement. Acta Hortic. 575: 133-138.
- WITJAKSONO, R. E. LITZ & J. W. GROSSER. 1998. Isolation, culture and regeneration of avocado (*Persea americana* Mill.) protoplasts. Plant Cell Rep. 18: 235-242.
- WITJAKSONO, R.E. LITZ, AND F. PLIEGRO-ALFARO. 1999. Somatic embryogenesis in avocado (*Persea americana* Mill.). In: Jain, S. M., P. K. Gupta and R. J. Newton (eds.) Somatic embryogenesis in woody plants vol.5, pp. 197-214.
- WITJAKSONO, B. SCHAFFER, A. COLLS, R. E. LITZ, & P. A. MOON. 1999. Avocado shoot culture, plantlet development and net CO<sub>2</sub> assimilation in an ambient and enhanced CO<sub>2</sub> environment. In Vitro Cell. Dev. Biol.35: 238-244.

## DESARROLLO DE TÉCNICAS PARA LA COPIA DE ÁRBOLES DE PALTO SOBRESALIENTES EN CHILE.

M.Castro<sup>1</sup>, C. Fassio<sup>1</sup>, N.Darrouy<sup>1</sup> y M.Aedo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> **Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. San Francisco s/n La Palma Quillota. Chile. Correo electrónico: [paltos@ucv.cl](mailto:paltos@ucv.cl)**

### RESUMEN

El Programa de selección de árboles sobresalientes en su búsqueda de ecotipos destacados en cuanto a factores de productividad tales como: altos niveles de producción, alta eficiencia del árbol (Kg/área proyectada) y bajo nivel de añerismo, implicó el desarrollo de técnicas para la copia de estos árboles. Normalmente, cuando se encuentra material de este tipo se procede a rebajar completamente la copa a fin de obtener la mayor cantidad posible de brotes del portainjerto para su clonación, sin embargo, tomando en cuenta que es una técnica altamente destructiva (el árbol original desaparece) y que en Chile la mayoría de los portainjertos utilizados son de semilla pertenecientes a la raza mexicana, la cual se caracteriza por presentar una relativa mayor facilidad para la emisión de brotes adventicios (más que la raza guatemalteca); se procedió a ensayar distintos métodos para la inducción de la brotación del portainjerto sin rebajar completamente el árbol, tales como: descalce de la planta, lesionado y aplicación de citoquininas (bencilaminopurina, BAP), estimulación de la brotación de raíces mediante lesionado y aplicación de citoquininas (BAP) y rebaje del 50% del árbol y anillado. Los resultados de esta investigación indican que con el tratamiento de estimulación de la brotación de raíces no se obtienen brotes a partir del portainjerto. Sin embargo, al descalzar la planta, lesionar y aplicar citoquininas se obtienen brotes débiles a partir del portainjerto y al rebajar el 50% del árbol y anillar se logra obtener brotes más vigorosos, existiendo en ambos casos, una alta correlación entre la respuesta de los árboles y las condiciones ambientales imperantes. Los brotes obtenidos en todos los tratamientos presentaron un 100% de prendimiento una vez injertados sobre portainjerto franco.

**Palabras Clave:** palto, aguacate, árbol copia, clonación. aguacate

## INTRODUCCIÓN.

Actualmente, la superficie dedicada al palto en Chile se encuentra alrededor de las 21.000 ha con una producción total que alcanzó las 110.000 ton en la temporada 2001/2002 (ODEPA, 2003). La principal variedad cultivada es Hass. Considerando estas cifras y la buena aceptación que tiene la fruta en los mercados internacionales, es de suma importancia la investigación destinada a mejorar el establecimiento, producción y calidad de este cultivo, así como la multiplicación de material vegetal promisorio. El sistema tradicional de multiplicación comercial del palto en Chile, se realiza a través de la técnica de injertación de la variedad comercial de interés sobre un portainjerto propagado por semilla, lo que implica la obtención de plantas heterogéneas, ya que cada una es genéticamente diferente, aún cuando sus semillas se hayan seleccionado por tamaño y peso desde un árbol con características relevantes (Gandulfo, 1983). Estas diferencias genéticas de los portainjertos francos producen variabilidad en el crecimiento y fructificación de muchas plantaciones, como también diferentes grados de susceptibilidad a bioantagonistas y factores ambientales presentes en Chile. La búsqueda de nuevo material vegetal se basa en la necesidad de contar con una mayor diversidad, puesto que actualmente las plantaciones comerciales se centran solamente en el cultivar Hass injertado sobre patrones de raza mexicana. Castro (2002), señala que las tendencias actuales de la investigación mundial de esta especie están centradas a la búsqueda de patrones y variedades que presenten características adecuadas para su explotación. En Chile, debido a la diversidad climática y de suelo y a la existencia de una gran variabilidad en los portainjertos, es posible encontrar ecotipos que sobresalen ante una condición limitante, por ser muy productivos o por no presentar añerismo, entre otras características. Por lo tanto, es de gran interés desarrollar algún mecanismo que permita replicar éstos árboles (tanto la variedad como el portainjerto) de manera que la descendencia obtenida a partir de ellos, sea una copia exacta de la planta que le dio origen. Investigaciones realizadas en Israel por Ben-Ya'acov et al (1992) conducentes a la selección de portainjertos sobresalientes, señalan que, luego de escoger los árboles candidatos fue posible inducir la brotación de los portainjertos mediante la remoción completa del árbol bajo la zona de unión. Ben-Ya'acov y Michelson (1995) indican que los portainjertos de raza mexicana presentan una mayor facilidad (en comparación con la raza guatemalteca) en la emisión de brotes en árboles establecidos en campo. Sin embargo, cabe destacar que este procedimiento es una técnica altamente destructiva debido a que el árbol original desaparece, por lo tanto, es necesario desarrollar e implementar una técnica menos destructiva en lo referente a la emisión y obtención de brotes del portainjerto y su posterior clonación.

Smith, Köhne y Schutte (1993) encontraron árboles de palto sobresalientes en cuanto a producción, los que denominaron árboles "A". Estos investigadores intentaron hacer copias exactas de estos árboles durante la temporada 1991/1992; utilizando varios métodos para tal fin. Un método utilizado es la obtención de estacas de raíz para el establecimiento del portainjerto, sistema que sólo inicialmente muestra buenos resultados, ya que al cabo de un tiempo las estacas enraizadas mueren. Se piensa que el tiempo de obtención de las estacas podría jugar un rol en los resultados a obtener. Sin embargo, los mismos autores logran copiar 5 árboles "A", exponiendo las raíces a la luz solar y anillando, multiplicando los brotes resultantes del portainjerto a través del procedimiento normal de propagación del palto en vivero (Durand, 1990).

La técnica del anillado, ocasiona la interrupción del transporte de fotoasimilados y algunas fitohormonas en el floema, entre la rama anillada y las otras partes del árbol. Con esta práctica, se deja toda el agua y nutrientes presentes en ella disponibles para la parte baja del árbol (portainjerto), donde se quiere estimular para lograr alguna brotación, solo en algunos casos se ha usado como herramienta en la obtención de copias de árboles (Smith, Köhne y Schutte, 1993). Durand (1990) indica que la exposición de raíces de palto a la luz, en conjunto con anillado permitirían la obtención de brotes del portainjerto los que posteriormente podrían ser clonados. Por otra parte, el proceso de brotación está influenciado por la acción de reguladores de crecimiento, dentro de ellos las citokininas, las cuales son sintetizadas mayoritariamente en la zona de las raíces, y están

implicadas en la división celular, proliferación de yemas axilares, neoformación de órganos *in vitro*, y otros (Azcón y Talon, 2000). Junto con esto, la luz solar es fundamental en el proceso de brotación, puesto que de ella depende totalmente el crecimiento de los brotes, a excepción del brote etiolado el cual se desarrolla en ausencia de luz (López Y Orellana, 1986). Experiencias realizadas en frambuesa indican que es posible la obtención de nuevas plantas a través de brotes radicales etiolados, seleccionándose raíces de buen aspecto y cubriéndolas con un sustrato liviano para producir su brotación (Vega, Pérez-Cotapos y Sudzuki, 1984). Otro manejo que puede ser utilizado para inducir la brotación es la poda ya que favorece la formación de nueva madera generando brotes vigorosos, mas aún si ésta llega a niveles de rebaje hasta la rama madre.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la implementación de una metodología para la copia de ecotipos sobresalientes de palto.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Los ensayos se realizaron en el huerto de paltos de la Estación Experimental La Palma perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en la provincia de Quillota (V región), Chile (32°50' latitud sur y 71°13' longitud oeste). Esta zona posee clima local clasificándose como mediterráneo, el que se caracteriza por tener un período seco durante la estación cálida y lluvias durante la estación fría. El régimen térmico de esta zona presenta una temperatura media anual de 15.3°C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 27°C y una mínima media del mes más frío (julio) de 5.5°C. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 437 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso con 125 mm. La estación seca es de ocho meses (INIA, 1989).

Se ocuparon 27 árboles de palto variedad Hass sobre portainjerto Mexícola, plantados en el año 1995 a una distancia de 5 x 5 m, utilizándose 9 árboles por ensayo y 3 en cada tratamiento.

**1. Propagación a partir de brotes radicales etiolados:** En septiembre del 2002, se eligieron árboles de aspecto sano, crecimiento homogéneo y que tuvieran un diámetro de tronco aproximado de 0.3 m. Se demarcó 1 m<sup>2</sup> de superficie en el suelo utilizando un cuadrante de madera, con esta acción se dejó las raíces de los árboles expuestas, para la aplicación de tres tratamientos, cada uno con 3 repeticiones: T<sub>0</sub> (Testigo), T<sub>1</sub> (500 ppm de BAP + sustrato) y T<sub>2</sub> (Lesionado +500 ppm de BAP + sustrato). Para el caso de los árboles testigo; éstas sólo se cubrieron con 1 cm de una mezcla de turba y arena (1:1v/v). Se realizaron mediciones para cada tratamiento cada 15 días, monitoreando la brotación. Se consideró como brote, todo aquel crecimiento que se encontrara sobre el nivel del sustrato de la zona tratada. En todos los tratamientos, se realizó un seguimiento de la temperatura de suelo diaria en 3 horas del día: 9, 12 y 17 hrs. Con este fin se instaló un termómetro de suelo en el extremo noreste del cuadrante en cada tratamiento.

**2. Uso de citokininas para brotación desde el cuello:** En el mes de julio del 2002 en los árboles escogidos, se realizó un descalce, entendiéndose por tal, la remoción de suelo con el objeto de dejar el cuello de la planta al descubierto. Se realizaron tres tratamientos, con 3 repeticiones cada uno: T<sub>0</sub> (Testigo), T<sub>1</sub> (Descalce + lesionado + 250 ppm de BAP) y T<sub>2</sub> (Descalce + lesionado + 500 ppm de BAP). Las mediciones se efectuaron cada 15 días, observando presencia o ausencia de brotación, tomándose como brote, todo aquel crecimiento vegetal de más de 1 cm de longitud. Para cada brote obtenido se realizó un seguimiento consistente en mediciones de largo y diámetro una vez a la semana.

**3. Rebaje y anillado para estimular brotación:** En el mes de julio del mismo año se utilizaron 9 paltos escogidos por su aspecto sano y buen vigor. Se rebajó el 50% del árbol, hacia la cara este para asegurar la llegada de luz a la parte baja. Luego, en los tratamientos 1 y 2 se realizó

un anillado en la zona del tronco en el portainjerto; de 2 y 5 mm respectivamente, usando para ello un cuchillo anillador, obteniéndose así tres tratamientos con 3 repeticiones: T<sub>0</sub> (Testigo), T<sub>1</sub> (Rebaje + anillado 2 mm) y T<sub>2</sub> (Rebaje + anillado 5 mm). Cabe mencionar que el anillado se hizo sólo en la parte correspondiente a la zona rebajada, no en todo el tronco. Las mediciones se realizaron cada 15 días, para detectar presencia de brotación. También, para el caso de existencia de brotación, se midió la longitud y diámetro del brote una vez por semana.

Los brotes obtenidos en todos los tratamientos fueron extraídos y posteriormente injertados sobre portainjertos de semilla.

## RESULTADOS

**1. Efecto de la propagación por brote radical etiolado:** Los resultados obtenidos determinaron que no hubo respuesta positiva a los tratamientos aplicados, es decir, no se observó la presencia de brotación. Vega, Pérez-Cotapos y Sudzuki (1984), trabajando en frambuesa determinaron que la mejor época para la obtención de los brotes etiolados correspondió a otoño-invierno, siendo primavera y verano los períodos más desfavorables para ello. En este ensayo en palto, los tratamientos se efectuaron en primavera, lo que podría explicar en parte los resultados obtenidos.

**2. Efecto de la aplicación de citokinina en la brotación desde el cuello:** Durante la realización del ensayo se observó ausencia de brotación desde el cuello en todos los tratamientos efectuados, incluyendo el testigo hasta el día 17 de septiembre, fecha en la cual uno de los árboles tratados con lesionado y aplicación de BAP (250 ppm) mostró la presencia de 2 brotes, uno con orientación norte y el otro hacia el este. El brote con orientación norte a los 90 días alcanzó una longitud de 3,9 cm y 0,6 cm de diámetro, en cambio el brote con exposición este alcanzó una longitud de 3,0 cm y diámetro de 0,5 cm, en el mismo período de tiempo. Los árboles restantes no presentaron brotación. Es importante mencionar que uno de los árboles tratados con lesionado más la aplicación de BAP (500 ppm), mostró un rudimento de brote, ya que sólo se observó pequeñas hojas de color amarillo pálido que no alcanzaron una longitud más allá de los 5 mm; hojas que al cabo de 3 semanas murieron. Los brotes formados, si bien mostraron crecimiento, éste fue lento en el tiempo, llegando a ser prácticamente nulo, mostrando esta condición hasta su extracción. En cuanto al aspecto de los brotes obtenidos, se observó que poseían una coloración verde desde su emergencia, la cual se mantuvo hasta la realización de la injertación. Es necesario mencionar que la brotación del cuello se produjo al momento del crecimiento primaveral del palto.

**3. Efecto del rebaje y anillado en la brotación desde el tronco:** Según lo observado, no hubo respuesta en ninguno de los tratamientos hasta el 1 de octubre, donde uno de los árboles rebajados y anillado de 5 mm mostró la presencia de un brote. Al cabo de 15 días, es decir, a la siguiente medición, uno de los árboles rebajados y anillado de 2 mm respondió positivamente, observándose la aparición de un brote, al igual que en los trabajos de Smith, Köhne y Schutte (1993) y Durand, (1990) donde se utiliza el anillado como herramienta en la obtención de brotes desde un portainjerto. Cabe mencionar que en ambos casos, el brote se encontraba bajo la zona del anillado y creciendo hacia el sector este del árbol, es decir hacia la zona despejada a través del rebaje del árbol (Ben-Ya'acov *et al*, 1992) para permitir la llegada de luz y promover así la brotación. A diferencia de los brotes originados por lesionado y aplicación de BAP a partir del cuello (Ensayo 2), los obtenidos por rebaje y anillado presentaron un crecimiento acumulado mayor en longitud y diámetro, lográndose a los 54 días una longitud de 67,4 cm y 40,5 cm para los árboles con anillado de 5 y 2 mm, respectivamente; y un diámetro de 17,1 mm en ambos casos.

La brotación, al igual que en el Ensayo 2 tuvo lugar durante el crecimiento primaveral de los árboles. En cuanto al aspecto de los brotes, en ambos tratamientos la coloración que mostraron fue rojiza en un inicio, tornando luego a una coloración verde intenso.

## CONCLUSIONES

En los tratamientos con lesionado + BAP (250 ppm) y rebaje del 50% de la copa + anillado de 2 o 5 mm se logró obtener brotación del portainjerto.

Sin embargo, se hace necesario continuar investigando para lograr una técnica que permita obtener mayor número de brotes por árbol y de mejor calidad.

## BIBLIOGRAFÍA.

AZCÓN, J. Y TALÓN M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona. Edicions Universitat de Barcelona. 522pp.

BEN – YA'ACOV, A. Y MICHELSON, E. 1995. Avocado Rootstocks. Horticultural Reviews 17:381-429.

BEN – YA'ACOV, A., MICHELSON, E., ZILBERSTAIN, M., BARKAN, Y SELA, I. 1992. Selection of clonal avocado rootstocks in Israel for high productivity under different soil conditions. Proc. Of Second World avocado Congress. 521-526pp.

BERNALES, C. 1997. Implementación de la técnica de etiolación y acodo en la propagación clonal de paltos (*Persea americana*. Mill). Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 78p.

CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Madrid. Mundiprensa. 249pp.

CASTRO, M. 2002. Situación nacional de portainjertos de palto y su relación con factores de productividad y precocidad. In Seminario Internacional: Selección y uso de portainjertos y nuevas variedades de Palto. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 3 de Diciembre. 62–75pp.

CONRADIE, W. 1994. Evaluation of new avocado scion and rootstock cultivars. South African Avocado Growers' Association yearbook vol. 17; 70-71pp.

DURAND, B. 1990. Clonal propagation of avocado rootstocks. Farming in South Africa, Avocados DS

GANDULFO, L. 1983. Efecto del anillado y la aplicación de ácido indol butírico en el enraizamiento de brotes etiolados de palto (*Persea americana* Mill) cv. Mexícola. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 68p.

LÓPEZ, O. Y ORELLANA, M. 1986. Multiplicación de la frambuesa (*Rubus idaeus*. L) mediante brotes etiolados. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Agronomía. 45p.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS. MARZO 2003. [www.odepa.cl](http://www.odepa.cl) (on line)

SMITH, D., Y KÖHNE J., 1992. Production potencial of Fuerte seedling rootstocks. South African Avocado Growers' Association yearbook vol. 15; 83-85 pp.

SMITH, D., KÖHNE J., Y SHUTTE J., 1993. Progress with the single tree management concept. South African Avocado Growers' Association yearbook vol. 16; 80-81pp



VEGA, A., PÉREZ-COTAPOS, V. Y SUDZUKI, F. 1984. Obtención de plantas de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) a partir de brotes radicales etiolados. *Simiente* Vol. 54 (1-2): 70-72.

WHILEY, A. 2002. Crop management. *In*: The avocado. Botany, production and uses. U.S.A. Cabi publishing. 231-258 pp.



Figura 1. Brote del portainjerto obtenido en el tratamiento con rebaje del 50 % de la copa y anillado: a) anillado 2 mm y b) anillado 5 mm.

## EVALUATION OF NEW 'HASS'-LIKE AVOCADO CULTIVARS IN SOUTH AFRICA

*S Kremer-Köhne and M L Mokgalabone*

**Merensky Technological Services. P O Box 14. Duivelskloof 0835. South Africa.**

**E-mail: [sylviek@hansmerensky.co.za](mailto:sylviek@hansmerensky.co.za)**

### ABSTRACT

Six new 'Hass'-like cultivars from California ('Harvest', 'Gem', 'Jewel', 'Sir Prize', 'Nobel', '8-22-5') and one South African selection ('Bonus') were evaluated. Topworking started in 1996, and three crops were evaluated up to 2001. Data on fruit maturity, yield, fruit size distribution and fruit quality after simulated shipment were collected. Both, 'Harvest' and 'Gem', out-produced 'Hass', had good fruit quality and were therefore evaluated further in 2002. All the other cultivars either produced low yields, large fruit, did not colour up and / or had a high incidence of physiological disorders, and their evaluation was discontinued after the 2001 season.

In 2002, a fourth crop of cultivars Harvest, Gem and Hass was evaluated. The cumulative yields (1999-2002) were 138, 90 and 88 t/ha for 'Harvest', 'Gem' and 'Hass', respectively. The new 'Hass'-like cultivars Harvest and Gem matured later in the year than 'Hass'. Fruit quality problems were recorded for the first time in 2002 for 'Harvest'. Many 'Harvest' fruit had vascular browning which was probably caused by very low temperatures in the experimental orchard in winter 2002. 'Gem' fruit from the same orchard, however, had good fruit quality as in previous years. Further evaluation of these two cultivars is warranted.

**Key Words:** avocado, cultivars, 'Hass', yield

### INTRODUCTION

On the overseas market, the cultivar Hass is very popular due to its excellent shelf life and eating quality. Fruit with a mass exceeding 160g can usually be exported and best prices were fetched

in the 2002 season for 'Hass' fruit in the mass range 180g to 250g. The major draw backs of this cultivar are the production of a large percentage of undersized fruit and an alternate bearing pattern. The long term aim of this project is to find a new 'Hass'-like cultivar which consistently bears higher yields than 'Hass', and to extend the 'Hass' season. Therefore, the following new 'Hass'-like cultivars were evaluated at Westfalia Estate since 1996: Harvest, Gem, Jewel, Sir Prize, Nobel, 8-22-5 and Bonus.

## MATERIALS AND METHODS

The new 'Hass'-like cultivars Harvest, Gem, Jewel, Sir Prize, Nobel and 8-22-5 originated from a Californian breeding program (Witney & Martin, 1995). Bonus was selected at Westfalia Estate, situated in the Limpopo Province of South Africa (latitude 24°S). Top-working started at Westfalia Estate in 1996. Ten trees on Duke 7 rootstock were topworked per cultivar. For comparison, trees were also top-worked with 'Hass'.

Fruit were picked on several dates from mid June to early September, yields were recorded and fruit size distribution was determined by taking fruit samples and weighing fruit individually. Fruit were waxed with Avoshine (Citrashine Pty. Ltd.) and fruit firmness readings were taken with a densimeter (Köhne *et al.*, 1998) before storage and upon removal from cold storage. Fruit were stored for 28 days at 5.5°C to simulate sea shipment to Europe. Thereafter the fruit were ripened at 18°C. Black cold and lenticel damage were evaluated upon removal from cold storage, while skin colour, diseases and physiological disorders were evaluated when the fruit were eat ripe.

## RESULTS AND DISCUSSION

'Sir Prize', 'Nobel', '8-22-5', 'Jewel' and 'Hass' matured in June, while 'Harvest', 'Gem' and 'Bonus' matured in July through early September. Yields and the peaks of the fruit size distribution curves are shown in Table 1. Cumulative yields (1999-2001) of cultivars Harvest and Gem were higher than that of 'Hass' by 125% and 20% respectively, while 'Bonus' and 'Jewel' produced very low yields. 'Sir Prize', 'Jewel' and '8-22-5' fruit were found to be too large, while the fruit size distribution curve peaked at the more favourable counts 12-16 for 'Harvest' and at count 16 for 'Hass'. Over the three year period 1999 through 2001, 'Harvest' and 'Gem' had good fruit quality after simulated shipment, while cultivars Jewel and Nobel did not colour up. With regard to physiological disorders, 'Nobel', '8-22-5' and 'Jewel' had a high incidence of grey pulp (Kremer-Köhne, 2000, 2001 and 2002). Due to low yields, large fruit, colour problems and/or the high incidence of physiological disorders, the evaluation of 'Jewel', 'Nobel', '8-22-5', 'Bonus' and 'Sir Prize' was discontinued after the 2001 season.

In 2002, 'Harvest', 'Gem' and 'Hass' were evaluated further. 'Hass' matured in June through August, while 'Harvest' and 'Gem' matured in July through August which confirmed previous results. Yields and the peaks of the fruit size distribution curves are shown in Table 1. The cumulative yield (1999 – 2002) of cultivar Harvest was 57% and 53% higher than that of 'Hass' and 'Gem' respectively. 'Gem' has also been reported to bear high yields in California with less alternate bearing tendencies than some of the other varieties (Anpaia, 2002). Fruit quality after simulated shipment is shown in Table 2. In 2002, fruit quality problems were recorded for the first time for 'Harvest'. Many 'Harvest' fruit had severe vascular browning which was probably caused by very low temperatures in the experimental orchard in winter 2002. 'Gem' fruit from the same orchard, however,

er, had good fruit quality as in previous years. In addition to the high incidence of vascular browning in 'Harvest', a hard tissue layer around the seed was observed in some fruit.

## CONCLUSIONS

The new Hass-like cultivars Harvest and Gem matured later in the year than 'Hass'. 'Harvest' out-produced 'Hass' and 'Gem' by 57% and 53% respectively over the 4-year period 1999-2002. In 2002, however, 'Harvest' was affected by fruit quality problems for the first time while 'Gem' had good fruit quality as in previous years. The potentially inferior fruit quality of 'Harvest' is a major drawback on the excellent yields. Further testing of these two cultivars is warranted and is to be extended to three other South African production regions in 2003.

## Acknowledgements

The authors wish to thank the South African Avocado Growers' Association for financial support.

## REFERENCES

- ARPAIA ML, STOTTLEMYER D, ROBINSON R, FOCHT E, FJELD K, SIEVERT J 2002. Enhancement of avocado productivity. Plant improvement – selection and evaluation of improved varieties and rootstocks. Proceedings of the California Avocado Research Symposium 2002: 43-53
- KÖHNE JS, KREMER-KÖHNE S, GAY SH 1998. Non-destructive avocado fruit firmness measurement. South African Avocado Growers' Association Yearbook 21: 19-21
- KREMER-KÖHNE S 2000. New Hass-like avocado cultivars at Merensky Technological Services - progress report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 23: 52-55
- KREMER-KÖHNE S 2001. New Hass-like avocado cultivars at Merensky Technological Services – further progress in 2000. South African Avocado Growers' Association Yearbook 24: 43-44
- KREMER-KÖHNE S 2002. New Hass-like avocado cultivars at Merensky Technological Services – progress in 2001. South African Avocado Growers' Association Yearbook 25: 14-16
- WITNEY G, MARTIN G 1995. Taking the California avocado breeding program into the next century. Proceedings World Avocado Congress III: 114-118

**Table 1.** Yields (t/ha) and peaks of the fruit size distribution curves of new 'Hass'-like cultivars at Westfaia Estate (top-worked 1996) for the years 1999 through 2002.

Cultivar	Yield (t/ha) <sup>1</sup>					Cumulative 1999-2002	Count peak <sup>2</sup>
	1999	2000	2001	Cumulative 1999-2001	2002		
Harvest	29.2	37.0	52.4	118.6	19.3	137.9	12-16
Gem	11.4	28.2	23.8	63.4	27.0	90.4	12-14
Sir Prize	18.8	26.0	11.1	55.9	<sup>3</sup>		8-12
Hass	2.8	20.0	29.7	52.5	35.4	87.9	16
8-22-5	0	6.6	23.2	29.8	<sup>3</sup>		8-10
Nobel	6.8	7.8	10.9	25.5	<sup>3</sup>		14
Bonus	0	10.8	6.4	17.2	<sup>3</sup>		14-16
Jewel	4.6	5.6	5.9	16.1	<sup>3</sup>		8-10

<sup>1</sup> extrapolated to 200 trees/ha

<sup>2</sup> based on a 4 kg carton

<sup>3</sup> evaluation discontinued after the 2001 season

**Table 2.:** Postharvest quality of the new 'Hass'-like cultivars Harvest and Gem, compared with the standard 'Hass' after simulated shipment (28 days at 5.5°C) in 2002. Symptoms are presented as average ratings on a scale of 0 (no symptom) to 3 (severe symptom).

<b>Cultivar</b>	<b>Harvest</b>		<b>Gem</b>		<b>Hass</b>
Date picked	18/07/02	09/08/02	18/07/02	07/08/02	07/08/02
Number of fruit	139	129	140	120	140
Densimeter	n.d.	94.9	n.d.	95.7	93.8
<b>Evaluation upon removal from cold storage</b>					
Densimeter	87.6	85.2	89.6	87.8	83.2
Black cold damage	0	0	0	0	0
Lenticel damage	0.612	0.930	0.657	0.900	0.379
<b>Evaluation when eat ripe</b>					
Skin colour					
Green/black (%)	68	100	42	52	49
Black (%)	32	0	58	48	51
Anthracoise	0	0	0	0	0
Stem end rot	0	0	0	0	0.007
Grey pulp	0	0.008	0	0.033	0
Vascular browning	1.245	0.566	0.271	0.558	0.136
Days to ripening	3.3	3.6	3.4	4.0	4.0

n.d.= not determined



## CALIDAD DE FRUTO EN UNA COLECCIÓN DE CULTIVARES DE AGUACATE

J.M. Hermoso<sup>1</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental La Mayora (CSIC). Algarrobo-Costa. 29750 Málaga. España.

Correo electrónico: [jmhermoso@eelm.csic.es](mailto:jmhermoso@eelm.csic.es)

<sup>2</sup> C.I.F.A de Málaga. Cortijo de la Cruz s/n. 29140 Churrana. Málaga.España

### RESUMEN

Se comparan 12 características del fruto de 13 selecciones provenientes de los programas de mejora de la Universidad de California y del Instituto Volcani de Israel con los cultivares tradicionales Fuerte, Hass, Pinkerton y el local Perrinda. En el periodo de maduración temprana (enero-marzo) ninguno presenta características superiores a Hass. En el tardío (junio-agosto) Adi de Israel, en junio, y BL -122 de California, en julio, presentan características sobresalientes.

**Palabras Clave:** Maduración, características de fruto, podrido

### INTRODUCCIÓN

En los años 90 se seleccionaron en los programas de mejora de la Universidad de California y del Instituto Volcani de Israel varios cultivares (Lahav et al., 1998 y Witney et al., 1998). Ambos programas pretendían obtener cvs. más productivos que Hass, de epidermis resistente y alta calidad interna. El objeto de este trabajo era estudiar la calidad del fruto en una colección sita en la Estación Experimental La Mayora de Málaga (España) a lo largo de seis años.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Los diferentes cultivares se injertaron entre 1992 y 1997 sobre árboles de Fuerte/Topa-Topa, plantados en 1976. Por ello, el estudio de calidad de frutos se separó en dos partes, cuatrienio 1997-2000 y bienio 2001-2002. Las selecciones estudiadas cada año pueden verse en la Tabla 1. Per-



rinda, una selección local de piel negra, Pinkerton, Reed y Hass (solo en los dos primeros años), se estudiaron en parcelas vecinas donde estaban injertados sobre Topa-Topa.

En cada fecha se recolectaban veintidós frutos al azar, con pedúnculo cortado a 2 mm, dedicándose nueve para la determinación del contenido de materia seca de la pulpa por microondas (Agustín et al., 1988). Doce se maduraban a temperatura ambiente en una habitación interior bien ventilada con chimenea al exterior. La temperatura de maduración era muy estable ( $\pm 0.6$  a  $\pm 1.2^\circ$  C/día según meses), aumentando progresivamente desde  $17^\circ$  C en enero a  $22^\circ$  C en marzo,  $26^\circ$  C en junio y  $27^\circ$  C en julio-agosto aproximadamente. Una vez blandos se registraban peso de piel, semilla y pulpa (por diferencia a peso total). Se observaba si la semilla había iniciado la germinación separando los cotiledones. Cortando el fruto en cuatro partes y pelándolas se registraba si la piel podía separarse fácilmente de la pulpa o se quebraba al hacerlo. Se cuantificaba la presencia de fibra en la zona distal. A los frutos exentos de fibra se les asignaba nota diez. Si la zona era algo oscura la calificación era de cinco y de cero si estaba casi negra. La cata ciega se realizaba siempre por el mismo experto, incluyendo como criterios la textura mantecosa y el sabor a nuez característico de la especie. Los frutos acuosos y de sabor pobre recibían una nota 3-4. La máxima nota era 10. Se consideraba que el fruto estaba podrido por pedúnculo (stem end rot) si la zona oscura penetraba 2 ó más milímetros en la pulpa. Respecto al podrido provocado por antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides*) (body rot) se contaban los frutos totalmente podridos, inaceptables para el consumo, y los totalmente exentos de zonas podridas (frutos sanos). Para el análisis estadístico, a los resultados expresados en tanto por ciento se les ha aplicado una transformación arco seno.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las observaciones se resumen en la Tabla 2. Se comentan a continuación las características de los cultivares que se considera podrían tener interés comercial en las condiciones ambientales del estudio. En el periodo temprano (enero-marzo) tres son los cultivares con posible interés comercial: Hass, Fuerte y Pinkerton. Fuerte tiene un elevado contenido en materia seca y buen sabor, cercano al de Hass. Pinkerton tiene valores inferiores aunque buenos. Lamentablemente Fuerte es bastante fibroso en este periodo.

Adi y Pinkerton han mostrado características muy similares de forma, epidermis y componentes del fruto. Adi tiene un periodo menor de ablandamiento siendo ligeramente más tardío en acumular materia seca y en porcentaje de semilla germinada. En el periodo junio-agosto, tiene calidad gustativa y sensibilidad al podrido similares a Hass. Harvest y Reed son típicamente guatemaltecos con floración tardía y alta productividad. El porcentaje de pulpa de Harvest es muy bajo comparado con Reed y, más aún, con Hass. En el periodo junio-agosto, la calidad gustativa y la fibra de Reed y Harvest son semejantes. El peso medio del fruto (no mostrado) es menor en Harvest que en Reed lo que podría favorecer su interés comercial, por tener además piel negra y rugosa. La facilidad de pelado es similar en ambos cultivares y muy inferior a Hass. Harvest es muy sensible al ataque de la cochinilla *Protopulvinaria pyriformis*, probablemente más aún que Reed.

Aunque, debido al bajo número de árboles, no se ha estudiado a fondo la productividad, BL-122 no ha destacado por ser muy productivo ni por la capacidad de retener los frutos en el árbol, a diferencia de lo que se ha observado en California (Witney et al., 1998). El tamaño medio del fruto (no presentado) ha sido ligeramente superior a Hass lo que le favorece en años de alta cosecha pero perjudica en los de baja. BL-122 ha tenido entre 3 y 6 % menos de materia seca (Tabla 2 c), 0.9 a 1.1 puntos menos de nota de sabor (Tabla 2 l) y ligeramente mayor presencia de fibra en el periodo 1 junio – 1 agosto (Tabla 2 k). Su porcentaje de pulpa es también ligeramente inferior (Tabla 2 d) y muy inferior su facilidad de pelado (Tabla 2 f). Por contra la incidencia de podrido total en piel por *C.gloeosporoides* (Tabla 2 g) y podrido por pedúnculo (Tabla 2 i) han sido muy infe-

riores a los de Hass. Curiosamente la incidencia de semilla germinada (Tabla 2 b) ha sido ligeramente superior a Hass en 1997 - 2000 e inferior en 2001 - 2002.

## CONCLUSIONES

La calidad de Hass ha sido en conjunto superior a la de los restantes cultivares ensayados tanto en el periodo temprano, enero - marzo, como en el tardío, junio - agosto. Fuerte y Pinkerton tienen características de interés en enero - marzo. Sin embargo, Fuerte tiene una cierta incidencia de fibra oscura y Pinkerton de baja materia seca. En el periodo tardío, junio - agosto, Adi presenta excelente calidad, sobre todo en junio. BL-122 puede ser interesante en julio cuando tiene un contenido razonablemente alto de materia seca y una incidencia de podrido inferior a Hass. Los cultivares tardíos Harvest y Reed no tendrán probablemente un buen futuro comercial por su inferior calidad. Además su porcentaje de caída de frutos en junio - julio puede superar el 30 por ciento.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍN A, FARRÉ JM, GRANA E, VILCHEZ M 1989. Medición de la madurez en aguacate. Evolución del contenido en materia seca de la pulpa. I Jornadas Andaluzas de Frutos Subtropicales. Junta de Andalucía. Congresos y Jornadas 9/1989: 27-52

LAHAV E, LAVI U, DEGANI CH, GAZIT S 1998. Avocado breeding in Israel. Proc. World Avocado Congress III: 106-117

WITNEY G, MARTIN G 1998. Taking the California breeding program into the next century. Proc. World Avocado Congress III: 114-118

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible por la colaboración de las Cajas Rurales de Granada y Málaga (hoy Cajamar).

## TABLA

Tabla I. Cultivares estudiados

Cultivar	enero-marzo				junio-agosto				junio-agosto	
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	2001	2002
3-29-5 (C)						X	X	X		
ADI (I)				X				X	X	X
BL-122 (C)					X	X	X	X	X	X
BL-516 (C)						X	X			
BL-5552 (C)						X	X			
BL-667 (C)	X					X	X			
EDEN (I)				X						X
FUERTE			X							
HARVEST (C)	X				X	X	X	X	X	
HASS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
IRIET (I)										X
OA-184 (C)						X	X			
PERRINDA (E)			X				X			
PINKERTON	X	X	X	X		X				
REED					X	X	X	X		
REGAL (C)	X	X	X	X		X	X			
RT-5176 (C)	X	X	X	X						
SIR PRIZE (C)	X	X			X	X				
Origen:	(C) California				(I) Israel				(E) España	

Tabla 2. Parámetros de calidad.

Diferentes letras en la última columna indican diferencias significativas (N.S. 95%).

Tabla 2 a. Días en ablandar.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		14,5 def	
ADI	13,7 cde	9,7 ab	19,4 bc
BL.-122		13,8 ede	22,4 d
BL.-516		9,1 ab	
BL.-5552		7,5 a	
BL.-667	13,1 defg	9,8 ab	
EDEN	12,2 be		11,4 a
FUERTE	9,5 ab		
HARVEST	17,5 h	15,79 ef	19,7 ed
HASS	14,8 fg	13,9 ede	21,8 ed
IRIET			18,5 ab
OA-184		9,1 ab	
PERRINDA	17,5 fg	10,8 abed	
PINKERTON	15,7 f	17,4 f	
REED		10,5 ab	
REGAL.	14,1 ef	11,1 be	
RT-5176	12,5 ed		
SIR PRIZE	17,0 gh	14,2 cdef	

Tabla 2 b. Porcentaje de semilla germinada.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		58,5 fgh	
ADI	0,0 a	25,0 bede	34,7 c
BL.-122		55,75 defg	24,7 bc
BL.-516		25,79 be	
BL.-5552		33,3 bc	
BL.-667	0,0 a	37,7 bede	
EDEN	29,2 b		43,5 e
FUERTE	0,00 a		
HARVEST	0,00 a	6,1 a	0,0 a
HASS	0,00 a	42,8 bede	27,5 bc
IRIET			11,1 ab
OA-184		56,7 efgh	
PERRINDA	0,00 a	37,5 bedef	
PINKERTON	4,86 a	78,0 h	
REED		30,6 b	
REGAL.	3,13 a	49,4 cdef	
RT-5176	0,00 a		
SIR PRIZE	2,08 a	68,2 gh	

Tabla 2 c. Porcentaje de materia seca.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		37,7 f	
ADI	24,9 bed	38,7 f	36,4 c
BL.-122		30,9 bc	32,2 ab
BL.-516		32,2 ede	
BL.-5552		32,2 ed	
BL.-667	27,36 bed	34,1 ede	
EDEN	24,6 bed		36,6 c
FUERTE	34,7 f		
HARVEST	21,6 a	27,9 ab	26,7 a
HASS	30,3 d	36,9 f	35,3 bc
IRIET			32,3 ab
OA-184		30,4 bed	
PERRINDA	28,0 ed	37,4 def	
PINKERTON	25,8 c	34,7 def	
REED		25,9 a	
REGAL.	24,9 be	31,6 bed	
RT-5176	23,2 b		
SIR PRIZE	25,7 be	32,4 ede	

Tabla 2 d. Porcentaje de pulpa.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		64,2 ab	
ADI	74,7 de	77,9 g	78,4 d
BL.-122		69,1 cd	69,3 b
BL.-516		70,4 de	
BL.-5552		69,4 cd	
BL.-667	60,8 a	62,6 a	
EDEN	76,3 ef		76,8 d
FUERTE	79,4 g		
HARVEST	60,9 a	63,7 a	61,7 a
HASS	69,7 bc	71,9 ef	73,7 c
IRIET			71,5 bc
OA-184		71,4 def	
PERRINDA	71,4 c	75,0 fg	
PINKERTON	76,8 c	81,9 h	
REED		70,9 d	
REGAL.	67,8 b	66,8 bc	
RT-5176	74,2 d		
SIR PRIZE	62,9 a	64,2 ab	

Tabla 2 e. Porcentaje de semilla.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		20,7 h	
ADI	10,5 ab	8,7 b	7,6 a
BL.-122		15,4 def	14,1 c
BL.-516		17,1 efg	
BL.-5552		16,7 edefg	
BL.-667	23,1 g	23,9 i	
EDEN	13,1 bed		10,2 ab
FUERTE	13,5 bc		
HARVEST	22,2 g	23,0 i	25,2 c
LIASS	16,0 de	14,8 c	12,0 bc
IRIET			17,2 d
OA-184		14,2 cd	
PERRINDA	16,3 ede	15,2 edef	
PINKERTON	9,5 a	5,1 a	
REED		18,1 g	
REGAL	16,4 e	17,9 fg	
RT-5176	14,7 ed		
SIR PRIZE	20,1 f	20,5 hi	

Tabla 2 f. Porcentaje de piel.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		15,1 ef	
ADI	14,7 ed	13,4 bc	14,0 b
BL.-122		15,5 ef	16,6 c
BL.-516		12,6 b	
BL.-5552		14,0 ede	
BL.-667	16,1 def	13,6 bed	
EDEN	10,6 ab		13,0 ab
FUERTE	7,0 a		
HARVEST	16,9 f	13,4 bc	13,2 b
LIASS	14,3 ede	13,3 bed	14,3 b
IRIET			11,3 a
OA-184		14,5 def	
PERRINDA	12,4 c	9,8 a	
PINKERTON	13,7 c	13,0 bc	
REED		11,0 a	
REGAL	15,8 e	15,3 f	
RT-5176	11,1 b		
SIR PRIZE	17,1 f	15,3 ef	

Tabla 2 g. Porcentaje de frutos podridos.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		60,0 f	
ADI	0,0 ab	11,1 abed	9,7 a
BL.-122		24,8 ab	17,5 a
BL.-516		47,2 abede	
BL.-5552		57,6 ef	
BL.-667	4,2 ab	30,1 abed	
EDEN	4,2 ab		19,6 a
FUERTE	4,2 ab		
HARVEST	14,1 b	21,8 a	20,6 a
LIASS	2,8 ab	35,9 bedef	18,1 a
IRIET			5,6 a
OA-184		23,4 ab	
PERRINDA	2,8 ab	20,8 abedef	
PINKERTON	10,3 b	76,8 edef	
REED		24,5 abed	
REGAL	3,8 ab	44,8 abede	
RT-5176	1,9 a		
SIR PRIZE	2,1 ab	63,1 edef	

Tabla 2 h. Porcentaje de frutos sanos.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		9,5 a	
ADI	83,3 abc	38,9 abed	41,7 b
BL.-122		45,7 ede	52,8 b
BL.-516		28,5 bede	
BL.-5552		25,0 ab	
BL.-667	54,2 ab	40,9 ede	
EDEN	62,5 abc		49,4 ab
FUERTE	95,8 c		
HARVEST	74,2 abc	33,1 bed	8,3 a
LIASS	77,4 abc	24,1 abed	47,5 b
IRIET			75,0 b
OA-184		58,5 c	
PERRINDA	61,1 abc	37,5 abede	
PINKERTON	50,8 a	9,5 abed	
REED		29,3 abed	
REGAL	72,2 abc	20,2 abed	
RT-5176	75,8 bc		
SIR PRIZE	81,3 abc	17,5 abcd	

Tabla 2 i. Porcentaje de podrido por pedúnculo.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		18,5 ab	
ADI	0,0 abc	33,3 abc	32,5 ab
BL.-122		22,8 abc	31,3 ab
BL.-516		15,6 abc	
BL.-5552		4,6 ab	
BL.-667	5,6 abc	11,7 ab	
EDEN	0,0 abc		8,3 a
FUERTE	0,0 abc		
HARVEST	7,5 c	30,5 bc	48,5 bc
HASS	2,9 abc	31,0 bc	55,5 bc
IRJET			18,2 a
OA-184		7,1 ab	
PERRINDA	0,0 abc	5,0 abc	
PINKERTON	2,5 abc	0,0 a	
RIED		23,9 bc	
REGAL	0,0 a	7,9 ab	
RT-5176	1,0 ab		
SIR PRIZE	2,5 abc	30,0 abc	

Tabla 2 j. Porcentaje de piel entera.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		35,3 cd	
ADI	76,0 bede	40,3 edef	28,0 a
BL.-122		30,8 bc	36,7 a
BL.-516		63,2 defg	
BL.-5552		61,4 efg	
BL.-667	72,1 edc	76,2 g	
EDEN	44,6 ab		11,1 a
FUERTE	56,6 bed		
HARVEST	56,3 bc	47,7 ede	61,3 ab
HASS	78,8 edef	63,9 efg	71,3 c
IRJET			41,7 bc
OA-184		8,5 ab	
PERRINDA	89,7 cf	56,4 defg	
PINKERTON	94,5 f	55,6 edef	
RIED		43,3 cd	
REGAL	31,4 a	26,0 bc	
RT-5176	73,9 ede		
SIR PRIZE	19,0 a	11,0 a	

Tabla 2 k. Fibra.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		6,9 edef	
ADI	6,6 def	8,0 f	7,6 c
BL.-122		6,7 bc	6,9 b
BL.-516		7,0 edef	
BL.-5552		6,8 edef	
BL.-667	6,8 bc	6,4 bed	
EDEN	5,6 bc		5,9 a
FUERTE	6,2 bed		
HARVEST	6,5 ab	6,3 ab	5,9 a
HASS	8,0 fg	7,4 edef	7,4 c
IRJET			7,4 c
OA-184		7,2 ef	
PERRINDA	6,2 bc	6,9 edef	
PINKERTON	7,4 c	6,8 edef	
RIED		6,7 bc	
REGAL	5,1 a	5,3 a	
RT-5176	5,9 b		
SIR PRIZE	7,3 ede	6,6 bedc	

Tabla 2 l. Sabor.

	1997 a 2000		2001 a 2002
	enero marzo	junio agosto	junio agosto
3-29-5		7,9 ede	
ADI	5,9 c	8,3 de	8,4 b
BL.-122		7,4 ab	7,5 a
BL.-516		7,9 ede	
BL.-5552		7,5 abed	
BL.-667	7,0 bc	8,0 de	
EDEN	5,8 bc		7,4 a
FUERTE	7,8 d		
HARVEST	6,9 bc	7,5 abc	7,2 a
HASS	8,2 d	8,2 dc	8,6 b
IRJET			7,3 a
OA-184		7,5 abed	
PERRINDA	6,8 c	7,8 bede	
PINKERTON	6,9 c	8,0 bede	
RIED		7,5 abc	
REGAL	6,1 ab	6,9 a	
RT-5176	5,7 a		
SIR PRIZE	7,1 c	7,2 ab	



## VARIETADES DE AGUACATE PARA EL TRÓPICO: CASO COLOMBIA

D. Rios-Castaño

**Profrutales Ltda., Km. 14 vía Cali – Candelaria, Valle – Colombia.**

**E-mail: [profrutales@uniweb.net.co](mailto:profrutales@uniweb.net.co)**

R. Tafur-Reyes

**Presidente, Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca. Av. 4 A Norte 45 N – 12. Cali – Colombia. E-mail: [sagvalle@andinnet.com](mailto:sagvalle@andinnet.com)**

### RESUMEN

En Colombia, país suramericano, situado geográficamente entre las coordenadas 4° 10' latitud sur y 12° 25' latitud norte y entre 67° 05' y 79° longitud oeste, se producen aguacates desde el nivel del mar, hasta los 2.200 metros de altura, principalmente para el mercado local, pero con gran potencial exportador, tanto como fruta fresca, como procesada, por las características de las variedades cultivadas y las condiciones agroclimáticas de la región productora. La adaptación de las variedades introducidas al país y el estudio de las variedades nativas, desde hace más de 40 años, ha permitido evaluar su comportamiento y producción, caracterizando las 10 variedades de mayor importancia económica. Se consideran la raza y cruce entre ellas, tipo de flor, peso del fruto, color de la corteza, porcentajes de grasa, pulpa y fibra, floraciones por año, duración de la cosecha, altura del árbol, diámetro de la copa, volumen de la copa y la forma del fruto. Los resultados de esta investigación, son la suma de diferentes estudios iniciados, primero por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA y continuados posteriormente, por la empresa productora de plántulas frutales, Profrutales Ltda., con la colaboración permanente de huertos comerciales de diferentes regiones del país. Con la caracterización de las variedades y el desarrollo del cultivo en diferentes pisos térmicos del país, se percibe un gran potencial para el desarrollo comercial y agroindustrial del aguacate en Colombia.

**Palabras Clave:** aguacate, variedades, caracterización, potencial comercial.

### INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos fundamentales para el éxito de un cultivo comercial de aguacate, es la selección adecuada de las variedades a sembrar. Con ello se consigue:

- Garantizar continuidad en la producción y alargamiento de los periodos de cosecha.
- Manejar adecuadamente su comercialización al ofrecer suministro más estable para el mercado.
- Obtener mayores volúmenes de cosecha y por consiguiente mayor rentabilidad, con la correcta selección de variedades.



- d. Disminuir el riesgo de los problemas ocasionados por plagas y enfermedades, garantizar mejor desarrollo del cultivo y la mayor calidad de la fruta.

En el mismo huerto, utilizando variedades de las diferentes razas, así como los híbridos interraciales, se puede extender la duración de la cosecha de aguacate durante todo el año. El estudio y caracterización de las variedades de aguacate, actualmente sembradas en Colombia, permite recomendar las más adecuadas, de acuerdo a las condiciones agroecológicas de determinada zona.

En este trabajo se incluyen las variedades que presentan mejores perspectivas para cada clima y cada mercado, como resultado de los estudios adelantados por las instituciones de investigación agropecuaria en Colombia, viveristas particulares especializados y productores de diferentes zonas del país, sumando experiencias obtenidas durante los últimos cuarenta años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la descripción y caracterización de cada una de las variedades presentadas en el trabajo, se evaluaron los árboles madres de las variedades 'Booth 8', 'Choquette', 'Collinred', 'Fuerte', 'Gwen', 'Hass', 'Lorena', 'Reed', 'Trapica' y 'Trinidad', existentes en Profrutales Ltda., localizado en Villagorgona, municipio de Candelaria, Valle, Colombia; a 3<sup>o</sup> 24' latitud norte, y 76<sup>o</sup> 22' longitud oeste; 950 m.s.n.m.; 24.1 °C de temperatura promedio y 980 mm de precipitación promedio anual.

Los árboles madres se injertaron en aguacate Antillano, excepto la variedad 'Hass', que es una réplica genética de la planta de semilla original de aguacate 'Hass', exacta a la planta madre, que existía en 1991, en la Habra Heights, California, USA.

Cuando los árboles alcanzaron la edad adulta, entre los 7 y los 10 años, se hicieron las determinaciones de características del árbol. De la misma manera, después de varias cosechas, se iniciaron los análisis físicos y químicos en muestras de 24 frutos, por variedad, para cada análisis. Después de varios análisis, se tomaron los indicativos de caracterización de los frutos, de acuerdo a la metodología internacional para este tipo de estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1, muestra las características más sobresalientes de las 10 variedades de aguacate establecidos comercialmente en Colombia. La variedad 'Lorena', es la única nativa, mientras que las demás, se introdujeron desde Estados Unidos, México y Panamá. Pese a esta consideración, las variedades se han adaptado a las condiciones edafoclimáticas tropicales de las regiones productoras de aguacate en el país, obteniéndose buena rentabilidad, excelente calidad y árboles de vida comercial amplia, entre 20 y 30 años. En su conjunto, las variedades exhiben una amplia adaptación, considerando la altitud (m.s.n.m.). El tipo de flor, indica la forma de asociar los huertos, para obtener mejores cosechas; igualmente, muestra, de acuerdo a su raza y rango de adaptación, como se puede romper la estacionalidad de las cosechas.

Las características del árbol en las 10 variedades, se registran en la Tabla 2, obtenidas de los "árboles madre" del huerto básico de Profrutales Ltda. Con base a los resultados de altura, se reportan como variedades de porte bajo a 'Gwen' y 'Hass'; de porte medio, las variedades 'Booth 8', 'Lorena', 'Fuerte' y 'Trinidad'; mientras que se consideran de porte alto 'Choquette', 'Collinred', 'Trapica' y 'Reed'. Aún así, estos últimos, son árboles de fácil manejo.

Con relación al diámetro de la copa, se obtuvo el mayor valor con las variedades 'Fuerte', 'Trapica' y 'Collinred'; la media se registró con 'Choquette', 'Lorena', 'Trinidad' y 'Booth 8'; el menor

valor para 'Hass' y 'Gwen'. Según el volumen de la copa, 'Reed', 'Collinred', 'Fuerte' y 'Trapica', registraron el mayor valor; 'Booth 8', 'Lorena' y 'Trinidad' presentaron un volumen de copa medio y el menor volumen fue para las variedades 'Hass' y 'Gwen'. Este factor, al igual que el diámetro de la copa, indican que bajo las condiciones del trópico colombiano y mediana fertilidad de suelo, se puede obtener una densidad de siembra entre los 208 árboles por hectárea para las variedades más vigorosas y alrededor de los 240 árboles por hectárea para las variedades con valores medios de diámetro y volumen. Es de anotar que, 'Hass' y 'Gwen' tienen fácil adaptación y buena producción con densidades de siembra de 250 y 568 árboles por hectárea, respectivamente, siendo, a la vez, los cultivares de mayor futuro comercial.

El área del tallo, a nivel del suelo, fue mayor en 'Reed', 'Trapica', 'Fuerte' y 'Collinred'; valores medios para 'Trinidad', 'Hass', 'Lorena', 'Booth 8' y 'Choquette'; mientras que el área considerablemente baja, se presentó con 'Gwen'. El área del tallo a 30 cm del suelo, fue mayor en 'Trapica', 'Fuerte' y 'Collinred'; 'Hass', 'Reed', 'Trinidad' y 'Lorena' presentaron valores medios; los menores registros fueron con las variedades 'Choquette', 'Booth 8' y 'Gwen'. Los valores obtenidos son una variable determinante para estimar la compatibilidad de patrón e injerto y para medir el vigor en cada una de las partes. Lo anterior, demuestra, que existe un alto grado de compatibilidad entre las variedades evaluadas y el patrón Antillano utilizado.

Se evaluaron 21 características del fruto de las variedades, referente al tamaño, peso, color de la corteza, color de pulpa, porcentaje de pulpa, tamaño de semilla, fibra, contenido de grasa y la calificación del sabor entre otras, permitiendo determinar la amplia diversidad de los aguacates cultivados comercialmente en Colombia, Tabla 3. Los aguacates de mayor tamaño fueron 'Choquette', 'Lorena' y 'Trapica'; con tamaño medio, las variedades 'Fuerte', 'Reed', 'Collinred', 'Trinidad' y 'Booth 8'; mientras que 'Gwen' y 'Hass' presentaron el menor tamaño. Los de menor peso fueron 'Hass' y 'Gwen'; los mayores valores para 'Lorena' y 'Choquette'. El contenido de aceite, fue alto en 'Hass', 'Reed', 'Gwen' y 'Fuerte'; medio en 'Trapica', 'Lorena' y 'Booth 8'.

El porcentaje de pulpa en las 10 variedades fue alto, superior al 69 por ciento, considerado como adecuado para comercialización en fruta fresca y para agroindustria. Las semillas, a excepción de 'Trapica' y 'Choquette' presentan tamaño alrededor del 15 por ciento, valor relativamente alto.

El color de pulpa es un aspecto importante en el mercado. Las variedades seleccionadas, generalmente de colores amarillo verdoso brillante, de escasa fibra y buen contenido de aceite, se constituyen en un atractivo para el consumidor.

## CONCLUSIONES

Las evaluaciones realizadas, permitieron identificar como las más sobresalientes por su alta producción y calidad de frutos, las variedades 'Booth 8', 'Choquette', 'Collinred', 'Fuerte', 'Gwen', 'Hass', 'Lorena', 'Reed', 'Trapica' y 'Trinidad'.

Las características que identifican a las variedades teniendo en cuenta raza y tipo de flor, condicionan la zona óptima para el establecimiento y diseño de los huertos para obtener frutos durante todo el año e incrementar la producción.

Existe basta experiencia en Colombia, por parte de Profrutales Ltda., tanto en la caracterización de variedades como en la producción de plántulas injertadas de aguacate de alta calidad sanitaria para el desarrollo del cultivo del aguacate.

Tradicionalmente, se comercializa en el mercado interno, las variedades de mayor tamaño como 'Lorena', 'Trapica', 'Trinidad' y 'Choquette', mientras que para mercados más especializados, agroindustria o exportación, se opta por 'Booth 8', 'Collinred', 'Reed', 'Fuerte', 'Gwen' y 'Hass'.

En el trópico colombiano se obtienen rangos de adaptación amplios, que van desde 0 a 2.200 m.s.n.m., en donde las zonas marginales de mayor altitud, no reportan temperaturas mínimas inferiores a 13 °C, logrando cultivos productivos con frutos de óptima calidad, con las variedades 'Hass', 'Gwen' y 'Fuerte'.

## BILIOGRAFÍA

AVOCADO GROWER. 1984. 19 Year Average: 'Hass' yields reaches 7.249 pound per acre 8(11): 9 – 13.

CAMACHO B., S. Y D. RIOS-CASTAÑO. 1972. Factores de Calidad de Algunas Frutas Cultivadas en Colombia. Revista ICVS 7(1): 11-32.

PETERSON, P.A. 1956. Flowering Types in the Avocado with Relation to Fruit Production. California Soc. Yearbook 40: 174 – 179.

RIOS-CASTAÑO, D. 1963. Descripción de Aguacates. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Palmira. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. 153 p. (mecanografiado).

RIOS-CASTAÑO, D. Y R. TAFUR R. 1990. Variedades de Aguacate para Colombia. 27 p. Boletín.

RUEHLE, G. D. 1963. The Avocados Industry. University of Florida. Agric. Exp. Sta. Bull. 602

SALAZAR CASTRO, R., D. RIOS-CASTAÑO Y R. TORRES M. 1971. Selección de Variedades de Aguacate, *Persea americana* Mill. Revista ICA 6(4): 357 – 377.

Tabla 3. Características de los frutos de 10 variedades comerciales de aguacates en Colombia

Características	Booth 8	Choquette	Collinred	Fuerte	Gwen	Hass	Lorena	Reed	Trapica	Trinidad
Longitud (cm L)	10.20	17.00	10.34	12.30	9.16	9.16	14.69	10.60	14.60	10.31
Anchura (cm A)	7.60	10.00	8.82	9.40	6.91	6.79	9.18	8.70	8.85	8.71
L / A	1.34	1.70	1.17	1.30	1.32	1.35	1.60	1.22	1.65	1.18
Peso (g)	450.00	910.00	438.15	350.00	310.00	285.00	568.10	430.00	499.63	414.22
Textura corteza (1-8 UCR)	3.00	2.00	3.50	4.00	4.17	6.25	1.00	4.00	2.00	3.75
Color corteza (Munsell)	10 Y 4/3 Verde oliva moderado	5 GY 4/3 Verde oliva moderado	5 GY 4/3 Verde oliva moderado	2.5 GY 4/3 Verde oliva moderado	5 GY 4/3 Verde oliva moderado	5 YR 3/2 Rojo amarillo oscuro	2.5 GY 5/5 Verde amarillento moderado	2.5 GY 3/1 Verde oliva grisáceo	10 Y 7/9 Verde amarillento fuerte	5 GY 4/3 Verde oliva moderado
Peso corteza (g)	54.00	27.30	54.42	38.50	31.99	30.01	28.10	39.56	37.62	39.27
Corteza (%)	12.00	3.00	12.41	11.00	10.32	10.53	5.03	9.20	7.50	9.48
Corteza (mm)	1.40	1.00	2.00	1.20	1.27	1.21	1.08	1.30	1.05	1.25
Color Pulpa (Munsell)	7.5 Y 9/8 Amarillo verdoso brillante	5 Y 9/9 Amarillo brillante	7.5 Y 9/8 Amarillo verdoso brillante	7.5 Y 9/8 Amarillo verdoso brillante	7.5 Y 9/8 Amarillo verdoso brillante	2.5 GY 8/8 Verde amarillo moderado	2.5 Y 9/9 Amarillo brillante	5 Y 9/9 Amarillo brillante	5 Y 9/9 Amarillo brillante	7.5 Y 9/8 Amarillo verdoso brillante
Textura Pulpa (1-3 UCR)	2.00	3.00	2.00	1.00	1.75	1.00	2.38	2.00	2.00	1.00
Peso Pulpa (g)	326.25	728.00	311.94	259.00	219.17	199.27	455.55	323.79	372.37	297.20
Pulpa (%)	72.50	80.00	71.19	74.00	70.70	69.92	79.91	75.30	74.60	69.71
Grasa (%)	8.91	9.06	12.23	24.00	20.90	17.80	7.19	20.00	6.69	12.01
Fibra (%)	10.19	1.55	10.72	10.28	12.50	7.23	4.61	7.90	5.22	2.19
Peso semilla (g)	48.00	120.00	68.48	50.00	45.41	38.44	107.86	50.80	93.53	76.64
Semilla (%)	15.50	17.00	15.62	15.00	14.65	13.49	15.61	15.00	20.75	15.77
Semilla (cm L)	4.20	7.47	4.08	4.40	4.59	4.09	7.27	4.80	6.69	4.60
Semilla (cm A)	4.30	5.91	4.95	4.60	3.90	3.46	6.06	4.40	5.20	5.28
Relación (L/A)	0.98	1.26	0.82	0.95	1.18	1.18	1.20	1.09	1.29	0.87
Sabor (40 - 100 UCR)	90.00	80.00	90.00	90.00	80.00	97.50	77.50	90.00	70.00	87.50



## EXPERIMENTS WITH ETTINGER CULTIVAR GRAFTED ON CLONAL AVOCADO ROOTSTOCKS, IN ISRAEL

A. Ben-Ya'acov<sup>1</sup>, Esther Michelson<sup>1</sup> and I. Sela<sup>1</sup>

<sup>1</sup> "Granot" Regional Research Center. D.N. Chefer 38100. Israel.

E-mail: [mirzil@shaham.moag.gov.il](mailto:mirzil@shaham.moag.gov.il)

### SUMMARY

Three experiments were established at Ein-Ha'choresh during the years 1981-1983. Mostly, Mexican avocado rootstocks were evaluated in the experiments, and the tree productivity of VC40 and VC57 was comparably better than the other six. These two withstand lime conditions as well. In the absence of lime, the salt resistant VC51 rootstock exhibited the best productivity. This rootstock is probably a West-Indian x Guatemalan hybrid in origin. VC28, a West-Indian rootstock, was included in one experiment only, where lime was present, and induced good productivity there.

Other than the cumulative yield, the article includes data about tree size, tree efficiency, alternate bearing and uniformity (by calculation of CV). As a result of the experiments the recommended rootstocks showed superiority with regard to alternate bearing and uniformity as well the yield.

At Kibbutz Bahan, clonally propagated avocado rootstocks were evaluated. The experiment orchard had almost heavy soil with some calcareous spots and the water quality was good. The main experiment included four combinations of rootstock and scion that were duplicated from outstandingly productive Ettinger trees, as well as other groups of trees. Two of the duplicated groups proved to have high ranking, and induced productivity with 69% more yield than the trees grafted on the seedling rootstock.

The second experiment included Mexican rootstocks that had previously been selected for salinity tolerance. Of these, one rootstock - vc24 - was found to induce very high productivity when grafted Ettinger. In both experiments, the high productivity induced by the rootstocks was also accompanied with high uniformity in productivity, whereas on seedling rootstocks the productivity had high variation.

**Key Words:** Clonal rootstocks, Ettinger cultivar, salinity, lime, alternate production, uniformity.

v.c. = vegetative clone.

c.v. = Coefficient of variance.

## INTRODUCTION

The large scale selection of clonal avocado rootstocks commenced in Israel since 1978 resulted in 220 different rootstocks. Parallel, clonal propagation of those rootstocks took place in some of the nurseries. Re-evaluation of the clonal rootstocks has been done in 350 experiments, planted as commercial orchards. The whole process of clonal rootstock selection and the actual inventor of them were earlier published (Ben-Ya'acov and Zilberstaine, 1999).

The variability of avocado seedling population is extremely high. In order to grow more uniform orchards, it is necessary to propagate the rootstocks by clonal means. Clonal rootstocks needed also to contain resistance to soil stress factors and have better productivity. Once rootstocks are selected, their abilities should be re-investigated under field orchard conditions. We already know that in the Israeli cultivar Ettinger – the trees in the orchards are relatively much more uniform in comparison to other cultivars. The most productive tree among trees of the same scionic combination in a certain orchard, produce about 50-60% more yield than the average production of this group of trees, while in Fuerte and Hass cultivars the corresponding values are about 100%. Another factor that should be taken into account is the source of scion; in Ettinger cultivar we have not found any difference among different sources of scion (Ben-Ya'acov, 1995). For this reason rootstocks evaluation can be treated as such.

In the following article, five rootstock experiments for the Ettinger cultivar are described. The questions handled are: Are population of trees grafted on clonal rootstocks more uniform than trees on seedling ones? Do rootstocks taken from very productive Ettinger trees induce better productivity compared with the grafted Ettinger cultivar? What is the productivity on such different rootstocks in general, and in relation to the tree size? How do rootstocks selected for productivity behave under different soil conditions, in their appearance and productivity? What is the productivity of rootstocks selected for salt resistance?

## MATERIAL AND METHODS

General information about methods developed and used for the whole rootstock research system was published earlier (Ben-Ya'acov, 1996; Ben-Ya'acov and Zilberstaine, 1999).

In regard to the five experiments hereby described, it should be mentioned:

Experiments at Ein-Ha'choresh were planted on heavy alluvial soil, and irrigated with medium level saline water, i.e. chlorine content of 150-180 p.p.m. Lime concentration in the soil was higher in 1983 planting (Experiment No. 242) than in earlier plantings.

At Bahan 1980, plantings were on heavy well drained soil, on hilly margins. Lime spots are typical to this soil. The water quality was good with less than 100 ppm chlorine in it.

Rootstocks used in the experiments originated from different mother trees:

Mexican rootstocks produced from very productive Ettinger trees: VC 37, 40, 52, 57, or from tolerant trees: VC 13, 15, 19, 24.

West-Indian hybrid type, also produced from productive Ettinger tree: VC 51.

West-Indian type, resistant to lime and salinity: VC 28.

Mexican seedling rootstocks: Schmidt and 18/4.

Experimental design: The five experiments hereby described were designed according to the "randomized blocks".

## RESULTS AND DISCUSSION

Results of the experiments are presented in Tables 1-4.

Although Ettinger is considered as uniform in productivity, the data shows a wide range of productivity either at Ein-Ha'choresh (137-306 kg/tree, accumulated yield) or in Bahan (178-347 kg/tree).

Under saline conditions, VC 51 (W.I. Hybrid) show some advantage relative to the best productive Mexican rootstock, (Exp. 158, 208).

This order of ranking is changed when lime is present (exp. 242) or when salinity is absent (exp. 9).

In general, some of the clonal rootstocks duplicated from very productive trees managed to conserve this trait (VC 40, 51, 52, 57), but others did not (VC 37).

In two of the experiments, seedling rootstocks were included as well. In experiment 208, at Ein-Ha'choresh well known seedling commercial rootstock Schmidt produced 161 kg accumulated yield for the whole period in comparison to 245 kg of VC 51 and 237-225 kg of two other clonal rootstocks (Mexicans like Schmidt). It means, that these three rootstocks have a better performance with about 50% more yield, compared to Schmidt. Yield per unit area was about 9-10 kg/m<sup>2</sup>, but only 7.3 kg/m<sup>2</sup> for Schmidt and its alternate bearing was also smaller. Very important is the C.V. value: Value of 17.9% for VC 51 shows that this rootstock (and the other clonals as well) has a very good uniformity in its population, while Schmidt seedlings got C.V. Value of 34.8%. All values for V.C. 37 were even better than Schmidt, so that this rootstock failed to stand the re-evaluation.

In experiment No.9 at Bahan, the seedling rootstock was No. 18/4. Here also, total yield and yield per unit area were much smaller than for the best clonals, and the variability (56.8% C.V.) much higher than on the best clonals (24.1% C.V., for VC 40).

In the other Bahan experiment (No.11), big difference in productivity between rootstocks earlier selected for salt resistance was found. Na'an 25 (VC 24) was found to be a very productive rootstock, and had a very uniform population as well.

## CONCLUSIONS

This article is based on five experiments with avocado cultivar Ettinger, grafted on clonal rootstocks, and is part of a re-evaluation system of 350 experiments dealing with the same subject. Some of the examined rootstocks were achieved earlier from very productive Ettinger trees. Majority of them - VC 40, 51, 57 – managed to conserve the positive characteristics, and grew to be very productive trees. The re-evaluation also affects efficiency (yield per unit area), alternation and uniformity, positively. Under saline conditions VC 51 had advantages, but with lime it failed.

Other clonal rootstocks – also achieved earlier from very productive Ettinger trees – did not pronounce any advantage (VC 37).

Relative to seedling rootstocks – the good clonals had better productivity, having 50% more yield and much better uniformity (by coefficient of variance calculation).

During the re-evaluation process it was necessary to test the productive rootstocks with regard to their adaptation to different soil conditions and vice versa testing productivity of the rootstocks known for their resistance to soil stress factors. In this article, such evaluation is also included with a clear advantage of VC 24, relative to other rootstocks.



Salinity in avocado orchards is increasing, so most of the rootstocks (mainly belonging to the Mexican race) can not serve the industry any more.

### **Acknowledgements**

The authors wish to thank the grower teams of Ein-Ha'choresh and Bahan for their help in the collection of data and for their will in handling the long-term experiments in their orchards.

Also thanks to Dr. A. Genizi and Mrs. M. Zarchi for the statistical analysis.

### **REFERENCES**

- BEN-YA'ACOV A. 1995. A sum-up of experiments with seedling avocado rootstocks and scion sources: I A comparison of scion sources of the Ettinger cultivar. Alon Ha'Norea, Vol. 49 (5), (in Hebrew).
- BEN-YA'ACOV A. 1996. Development of methods for avocado rootstocks selection in Israel. Revista Chapingo serie horticultura, 5: 25-31.
- BEN-YA'ACOV A. AND E. MICHELSON 1995. Avocado rootstocks. Horticultural Reviews 17: 381-429.
- BEN-YA'ACOV A. AND E. MICHELSON, M. ZILBERSTAIN, Z. BARKAN AND I. SELA 1992. Selection of clonal avocado rootstocks in Israel for high productivity under different soil conditions. Proc. 2nd World Avocado Congr. Riverside, CA, 2: 521-526
- BEN-YA'ACOV A. AND M. ZILBERSTAIN 1999. Clonal avocado (*Persea americana* Mill) rootstocks in Israel. Revista Chapingo Serie Horticultura 5 Num. Especial 39-42

Table 1. Partial results of experiment No. 208 at Ein-Ha'choresh, Ettinger cultivar, planted 1821<sup>1</sup>

Rootstock VC No.	No. of trees	Yield Kg/tree	Project Area, m <sup>2</sup>	Yield per unit area Kg/m <sup>2</sup>	Alternation %	C.V. %	Rootstock type
51	27	245.3 a	26.0 a	9.5 ab	25.1 de	17.9	WI Hybrid
57	52	237.4 ab	24.0 ab	9.9 a	26.6 cde	27.4	Mexican
40	24	225.0 ab	25.6 a	8.9 ab	32.9 bc	24.6	Mexican
52	14	200.0 b	22.0 bc	9.3 ab	42.6 a	14.7	Mexican
Schmidt Seedling	23	161.1 c	22.4 bc	7.3 cd	33.7 bc	34.8	Mexican
37	18	136.6 c	20.8 c	6.6 d	42.3 a	44.7	Mexican
Significance level		**	**	**	**		

<sup>1</sup> Accumulated yield for 6 years: 1986-1991.

Explanation for data calculation, Ben-Ya'acov A., 1996

Values followed by different letters are significantly different at P = 0.01 level.

Table 2. A comparison between accumulated yield data of three experiments at Ein-Ha'choresh<sup>1</sup>

Rootstock VC No.	Rootstock type	Exp. 158 Planted 1981	Exp. 208 Planted 1982	Exp. 242 Planted 1983
58	West-Indian			208
37	Mexican	214	137	
40	Mexican	262	228	207
51	WI Hybrid	306	245	180
52	Mexican	244	200	
57	Mexican	267	237	220
Schmidt Seedling	Mexican		161	

<sup>1</sup> Accumulated yield for 6 years

**Table 3.** Partial results of experiment No. 9 at Bahan, Ettinger cultivar, planted 1980

Rootstock VC No.	No. of trees	Yield Kg/tree		Project Area, m <sup>2</sup>		Yield per unit area Kg/m <sup>2</sup>		C.V. %	Rootstock type
40	23	300.0	a	18.5	a	16.1	ab	24.1	Mexican Clonal
51	26	257.0	ab	16.6	ab	16.1	ab	31.0	WI Hybrid Clonal
37	16	218.5	bc	16.9	ab	12.3	c	38.0	Mexican Clonal
13	20	201.5	c	15.2	b	13.1	bc	40.1	Mexican Clonal
18/4	13	178.4	c	15.8	b	11.0	c	56.8	Mexican Seedling

Significance level

Accumulated yield: Until the age of 10.5 years.

Significance: \*\* :  $p=0.05$  level; \* :  $p=0.01$  level;

Values followed by different letters are significantly different

VC = Vegetative Clone

C.V. Coefficient of variance.

Rootstocks No. 40, 51, 37 were achieved from very productive trees

Rootstock 13 was achieved from tree that stood inundation.

Clonal Rootstock 13 was achieved from tree 18/4, from which the seeds also were taken

**Table 4.** Results of experiment Nº. 11 at Bahan, Ettinger cultivar, planted 1980

Rootstock VC No.	No. of trees	Yield Kg/tree		Project Area, m <sup>2</sup>		Yield per unit area Kg/m <sup>2</sup>		C.V. %	Rootstock name
24	28	347.4	a	18.1	a	19.3	a	16.7	Na'an 25
15	25	282.5	b	16.3	b	16.9	b	30.5	Binyamina
19	28	258.8	b	15.9	b	16.0	b	27.6	Mexicola 3

Significance level

Notes: See relevant notes under table No.3

The three rootstocks were selected for salinity tolerance, as Mexican seedlings.

## DETERMINACIÓN DE RANGOS DE VARIABILIDAD EN LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN DE PALTO CV HASS SOBRE PORTAINJERTOS DE SEMILLA DE RAZA MEXICANA EN CHILE

M.Castro<sup>1</sup>, C. Fassio<sup>1</sup>, N.Darrouy<sup>1</sup> y A. Ben Ya'acov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. San Francisco s/n La Palma Quillota. Chile. Correo electrónico: [paltos@ucv.cl](mailto:paltos@ucv.cl)*

<sup>2</sup> *Granot Avocado Research Unit, P.O. Box 1492, Pardes-Hana, 37114, Israel, Telefax: 972-6-6372264.*

### RESUMEN

Los huertos de palto presentan una alta heterogeneidad en su productividad. Son probablemente los más desuniformes de todos los frutales. La principal explicación a esta situación es la variabilidad de portainjertos utilizados, que en su mayoría corresponden a material proveniente de semilla, las que presentan una alta heterocigosis. En Chile, la mayoría de las plantaciones se ha establecido sobre patrones de semilla de la raza mexicana, con el agravante de que los huertos parentales desde donde se obtienen éstas no poseen condiciones de aislamiento. Dentro del marco del Programa de selección de árboles excepcionales, se determinaron los rangos de variabilidad existentes en los niveles de producción del principal cv de palto en Chile (Hass) en un huerto comercial de 14 ha que cuenta con registros anuales de producción por árbol. Se analizaron tres factores de productividad: producción acumulada en 10 años (Kg/árbol); eficiencia del árbol (Kg/área proyectada) y niveles de añerismo (desviaciones anuales del rendimiento promedio). Los resultados obtenidos comprueban que los niveles de variabilidad son altos, justificándose así la búsqueda de material "excepcionalmente productivo" para su posterior clonación y evaluación.

**Palabras Clave:** portainjertos, aguacate, palto, variabilidad, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

La variabilidad en la producción de los árboles con portainjerto de semilla en huertos de palto fue descubierta en 1952 por Gillespie, quien encontró que árboles de la variedad Fuerte plantados en condiciones de crecimiento muy uniformes, presentaban un variable rendimiento anual que oscilaba entre 12 y 500 Kg. (Ben- Ya'Acov y Michelson, 1995).

Ben- Ya'Acov a partir de 1985 condujo experimentos en Israel con portainjertos de semilla, a los cuales les realizó un seguimiento en cuanto a su nivel de producción durante 10 años. En ellos descubrió esta alta variabilidad en la producción, encontrando individuos sobresalientes de Fuerte y Hass que producían un 100% más que los árboles promedio (Ben- Ya'Acov y Michelson, 1995).

Smith y Köhne, (1992); Smith, Köhne y Shutte, (1993) caracterizaron la variabilidad existente en huertos de palto de la variedad fuerte injertados sobre portainjertos de semillas, clasificando los árboles en relación a su nivel de producción. De acuerdo a ésta se concluyó que existen árboles que producen consistentemente bien y otros que producen muy mal.

Investigaciones realizadas por Durand (1986) demuestran que la producción promedio de un huerto es sustentada en gran parte por árboles que producen más que el promedio y que si fuera posible tener un huerto con solo estos árboles sobresalientes, el promedio de producción de un huerto podría pasar de 13 ton/ha a 30 ton /ha.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Ben- Ya'Acov et al (1992a) la clonación de árboles excepcionales permite la obtención de árboles fieles a su tipo, capaces de mantener un buen rendimiento.

Tanto en Israel como en Sudáfrica se han realizado programas de búsqueda de árboles excepcionales bajo las propias condiciones locales, lo cual según según Ben - Ya'Acov y Michelson (1995), es un sistema mejor que el de introducir portainjertos desde otros países, que difieren considerablemente en clima y tipos de suelo.

En Chile el principal cultivar de palto utilizado corresponde a la variedad Hass (70%) (FIA 2000) el cual es injertado en la mayoría de los casos sobre portainjerto de semilla de raza mexicana, con un nivel de producción promedio de un huerto adulto y bien manejado de 10 Ton/ha (FIA 2000). Si bien actualmente se realizan numerosos manejos para aumentar este rendimiento promedio, muy poco se ha hecho en relación a la utilización de portainjertos que permitan aumentar este nivel de producción.

La presente investigación pretende caracterizar a nivel de huerto, los tipos de árboles existentes de acuerdo a su productividad individual, con el objeto de detectar la presencia de árboles sobresalientes injertados con la variedad Hass, que puedan ser a futuro utilizados como fuente de material para clonación.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en los sectores H y G del huerto de paltos perteneciente al Sr. Helmut Krausharr S., ubicado en el sector rural de Hijuelas, Provincia de Quillota, latitud Sur 32° 45' y longitud Oeste 71°11' (Instituto Geográfico Militar, 1981).

La zona de Hijuelas posee un clima templado cálido con lluvias invernales, con un promedio de precipitaciones de 437 mm anuales, siendo junio el mes más lluvioso. La temperatura media del período estival varía entre 18 y 23 °C, con una máxima del mes más cálido (enero) de 27°C. (INIA, 1989)

Los sectores estudiados corresponden a 1 hectárea compuesta por 199 árboles de palto de 12 años injertados con la variedad Hass sobre portainjerto de semilla de la raza mexicana. Se encuentran a una distancia de plantación de 6 x 6 y son regados con microaspersores de 28 lts/hora distanciados a 1.5 mts. Para esta investigación se estudiaron las condiciones edáficas y de manejo realizadas durante los diez años y se estableció que estas fueron uniformes para toda la hectárea.

A partir del mes de mayo de 1992 se realizó un conteo de frutos por árbol (expresado en kilos). Esta cuantificación se realizó en el mismo mes anualmente durante 10 años y fue registrado en una planilla individual para cada árbol. Los registros por árbol fueron ingresados a una planilla de cálculo y fue determinada la producción acumulada en 10 años.

En marzo de 2003, fueron estudiados los parámetros de crecimiento vegetativo: altura y diámetro de canopia de acuerdo a la metodología descrita por Köhne (1985) y fue determinada la eficiencia de cada árbol (Kg/área proyectada)

Se procedió a clasificar los árboles de acuerdo a su nivel de producción acumulada en 4 categorías las cuales se describen en el cuadro 1. Una vez clasificados los árboles se analizaron estadísticamente los datos para determinar si existían diferencias significativas entre las categorías de árboles en los parámetros: rendimiento acumulado promedio, desviaciones anuales del rendimiento promedio en 10 años y nivel de eficiencia. Para esto en primer lugar se procedió a probar la homogeneidad de la varianza existente entre las categorías mediante el Test de Bartlett y luego los resultados fueron analizados mediante el Test de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar la distribución de los tipos de árboles existentes en este huerto, es posible afirmar que la mayor proporción de árboles corresponde a los tipos C y B, siendo menor la proporción de árboles más y menos productivos (A y D). De acuerdo a esta proporción, el rendimiento promedio anual de este huerto fue de 10 toneladas por hectárea.

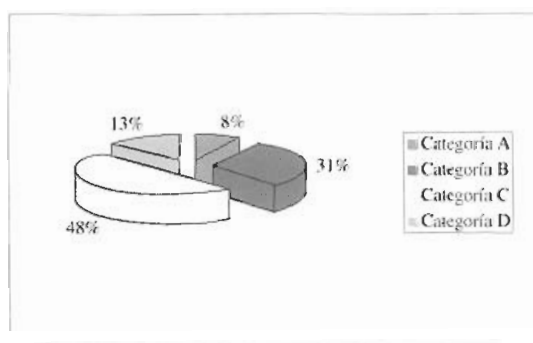
Como se observa en la figura 2, el rendimiento promedio acumulado de los árboles tipo A es 100% superior al rendimiento promedio de los árboles tipo D, y si en el huerto existieran solo árboles tipo A el rendimiento promedio de la plantación sería de 20 ton/ha.

En la figura 3 se graficó la tendencia de producción anual durante 10 años de las distintas categorías de árboles. En esta es posible observar que el fenómeno de producción alternada (añerismo) se produce con la misma frecuencia en cada categoría y es por lo tanto independiente del nivel productivo de los árboles.

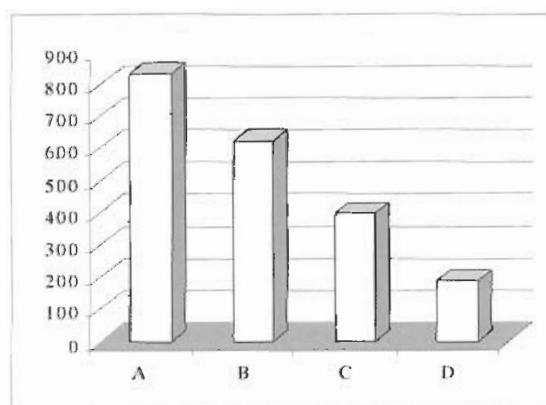
Del cuadro 2 se desprende que la eficiencia de los árboles de la categoría A y B es mayor a la de los árboles tipo D, puesto que a pesar de tener una mayor área de canopia, la cantidad de kilos por m<sup>2</sup> de éstos es significativamente mayor que en el caso de los árboles tipo D.

**CUADRO 1.** Categorías de árboles de acuerdo a su producción acumulada durante 10 años.

Categoría	Rango de producción acumulada en 10 años (Kg)
A	751-1000
B	501-750
C	251-500
D	0-250



**FIGURA 1.** Distribución porcentual de las categorías de árboles en 1 hectárea de palto cultivar Hass sobre portainjertos de semilla, Hijuelas-Chile.



**FIGURA 2.** Nivel de producción promedio acumulada durante 10 años en cada categoría de árboles en 1 hectárea de palto cultivar Hass sobre portainjertos de semilla, Hijuelas-Chile.

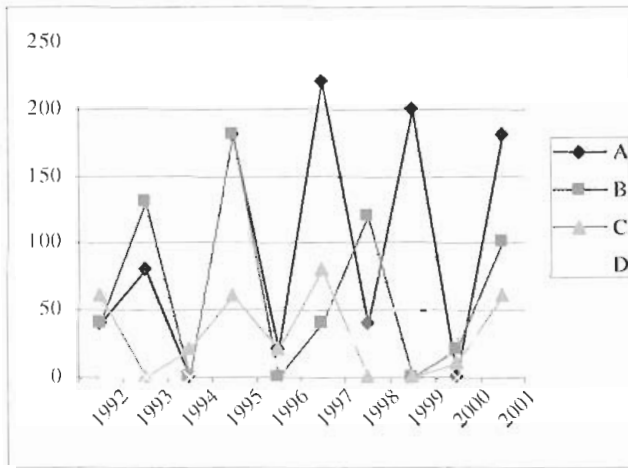


FIGURA 3. Distribución anual de rendimiento promedio en cada categoría de árboles en 1 hectárea de palto cultivar Hass sobre portainjertos de semilla, Hijuelas-Chile.

CUADRO 2. Eficiencia promedio y área de canopia por categoría de árboles en 1 hectárea de palto cultivar Hass sobre portainjertos de semilla, Hijuelas, Chile.

Categoría	Eficiencia promedio(Kg/m <sup>2</sup> )		Área de canopia (m <sup>2</sup> )	
A	20.01	a	44.38	a
B	16.97	a	37.21	ab
C	14.89	ab	28.79	bc
D	10.55	b	21.82	c

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente según Test de Tukey (p:0,05)

## CONCLUSIONES

Al evaluar la variabilidad en la producción durante 10 años en un huerto de palto Hass injertado sobre portainjertos de semilla de la raza mexicana, plantado y manejado en iguales condiciones, es posible concluir que el material vegetal, es probablemente el mayor responsable de esta variabilidad. Aún no es posible concluir si es el portainjerto o la combinación específica variedad/portainjerto el responsable de este comportamiento y los estudios futuros estarán enfocados a investigar cual es su causa. Por el momento es claro que es necesario clonar, los mejores árboles y evaluar la consistencia de su comportamiento.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el valioso aporte realizado por el señor Helmut Krausharr Scheuch.



## **BIBLIOGRAFÍA**

BEN YA'ACOV;A ;BUFFER; G.; BARRIENTOS-PRIEGO; A.;DE LA CRUZ-TORRES, E. Y LOPEZ-LOPEZ, L. 1992a A study of avocado germplasm resources, 1988-1990. I General description of the international project and its findings.Proc. of second world avocado congress II:535-541.

BEN YA'ACOV;A ; MICHELSON, E 1995 Avocado rootstocks.Horticultural Reviews 17: 381-429.

DURAND, B.J 1986. Avocado rootstock/scion relationships: A limited survey of the situation in South Africa. S.A. avocado Growers'Assoc. Yrb 7, 83-85.

FIA 2000. Frutales de Hoja persistente en Chile: situación actual y perspectivas. 121p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR 1981. Atlas de la república de Chile. Segunda edición. Santiago.222p.

KOHNE, J.S 1985 Yield estimation based on measurable parameters. S.A. avocado Growers'Assoc. Yrb 8, 103.

## COMPORTAMIENTO A LARGO PLAZO DE LOS CVS. FUERTE Y HASS SOBRE LOS PORTAINJERTOS LULA Y TOPA-TOPA EN SUELO PIZARROSO

J.M. Hermoso<sup>1</sup>, J.T. Soria<sup>1</sup>, J.C. López<sup>2</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Estación Experimental La Mayora. Algarrobo-Costa. 29750 Málaga. España.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Formación Agraria. Cortijo de la Cruz s/n. Churriana.29140 Málaga. España. Correo electrónico: [tropicalsfasip@terra.es](mailto:tropicalsfasip@terra.es)

### RESUMEN

El ensayo se desarrolló entre 1981 y 2000 sobre suelo pizarroso, bien drenado y muy ligeramente calizo. Durante los primeros ocho años (seis cosechas) Fuerte/Topa-Topa produjo mayor cosecha y productividad por unidad de área de tronco que Fuerte/Lula. En Hass el resultado fue el contrario. Las diferencias no eran sin embargo, estadísticamente significativas. Tampoco se registraron diferencias significativas entre portainjertos en peso medio del fruto. En las últimas doce cosechas (1988-2000) las diferencias entre portainjertos fueron menores. Sólo Fuerte sobre Topa-Topa produjo significativamente menor cosecha que sobre Lula. En general a un aumento de la productividad correspondía una disminución del tamaño medio del fruto. La productividad fue mayor en Hass que en Fuerte. No se observaron diferencias sistemáticas en contenido de materia seca de la pulpa, aunque en la mayoría de los años Lula parecía inducir un ligero adelanto en la maduración del Hass.

Los contenidos foliares de potasio eran más altos y los de calcio y magnesio más bajos sobre Topa-Topa, en ambos cultivares. Los de fósforo y manganeso eran superiores en Hass en ambos portainjertos. Cuando, en los últimos cuatro años del ensayo, se aplicó boro vía agua de riego, el ascenso del contenido foliar fue algo mayor en Fuerte e independiente del portainjerto. No se observaron diferencias claras entre portainjertos ni cultivares en cobre ó hierro.

**Palabras Clave:** Aguacate, nutrición, crecimiento, productividad.

## INTRODUCCIÓN

En los años 80 en la zona productora sur peninsular de España se utilizaban Topa-Topa y otros portainjertos indefinidos de raza mejicana. Sólo cuando el agua de riego tenía conductividad más elevada se prefería Lula. En este ensayo se compararon ambos portainjertos a largo plazo en suelo permeable no calizo con agua de buena calidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en mayo de 1981 sobre dos amplias terrazas en suelo pizarroso, permeable y muy ligeramente calizo. El horizonte superficial tenía 50 cm sobre subsuelo de pizarra rota. El tipo de suelo ha sido descrito por Casado et al. (1984). El agua de riego era rica en  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Su conductividad eléctrica antes de 1995 era inferior a  $1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y posteriormente de aproximadamente  $0.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . El marco de plantación era de  $8 \times 8 \text{ m}$ . Se compararon los cultivares Hass y Fuerte con los portainjertos Topa-Topa (raza mejicana) y Lula (híbrido guatemalteco-antillano). El diseño era en parcelas al azar con 5 árboles por parcela elemental y cuatro repeticiones. Hasta otoño de 1987 se regó por goteo con 3 goteros. árbol<sup>-1</sup> y después por microaspersión con dos microaspersores. árbol<sup>-1</sup>. Estos mojaban aproximadamente el 40% del área superficial.

Hasta 1990 el suelo se mantuvo limpio en su totalidad con una aplicación invernal de Caragard (CIBA- GEIGY. 25% terbutetona + 25% terbutilazina). Las yerbas escape, incluidas las perennes, se trataban con Roundup (MONSANTO. 36% glifosato). En 1990-1995 se mantuvo la zona no regada con césped natural segado, aplicando a través del agua de riego cantidades decrecientes de Goal (de  $2.4$  a  $2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) (RHOME & HASS. 25% oxifluorfen). A partir de 1995 se aplicó la mezcla  $2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de Goal y  $2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  de Gesatop (CIBA-GEIGY. 50% simazina o similar) distribuidas en 18-21 aplicaciones anuales.

En la tabla 1 se detallan los fertilizantes aplicados. N, Fe-EDDHA y B se aplicaban en el agua de riego, mientras que P y K se aplicaban al suelo en invierno. Anualmente, en julio y septiembre, los árboles recibían dos aspersiones foliares de  $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  al 0,3 % (Liuzhou Wenda Metal & Chemicals Factory. 22% de Zn).

Cosecha y número de frutos se registraban por árbol. El peso medio del fruto se calculó como media de los valores anuales y no como media ponderada por la cosecha del año.

El índice de alternancia se calculaba bianualmente como:

$$\text{Índice de alternancia} = \frac{\text{Cosecha año 1} - \text{Cosecha año 2}}{\text{Cosecha año 1} + \text{Cosecha año 2}} \times 200$$

Para el análisis estadístico se transformaron en positivo todos los valores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivar y portainjerto incidieron en el nivel foliar de N. Hass y Topa-Topa influyen positivamente en el contenido en lámina (tabla 2). En P el cultivar fue el factor determinante, siendo siempre los contenidos superiores en Hass. El portainjerto Topa-Topa registró valores especialmente altos de K y más bajos de Ca y Mg. Las relaciones K/Ca y K/Mg, que parecen ser muy importantes en el comportamiento poscosecha (Hofman et al., 2002) eran más elevadas en Topa-Topa que en Lula.

Los niveles de Zn en hojas tratadas por vía foliar dos veces (julio y septiembre) eran similares en todos los casos. El Fe era similar en todos los casos. Los niveles de Mn eran superiores en Hass e independientes del portainjerto.

En el quinquenio 91-95, sin fertilización, los niveles de B en hoja eran bajos y similares en todos los tratamientos (13-18 ppm). Tras 4 años de fertilización los niveles eran algo mayores en Fuerte (33 ppm) que en Hass (27.5 ppm).

En las seis cosechas de período juvenil (1984-1989) cosecha y productividad no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre portainjertos pero sí entre cultivares, siendo Hass más productivo que Fuerte (tabla 3). Fuerte sobre Lula produjo frutos significativamente mayores que las restantes combinaciones pero solamente en el bienio 88-89.

En las doce cosechas del período adulto (1989-2000) (tabla 4) sólo Fuerte sobre Topa-Topa tuvo cosechas significativamente menores que las restantes combinaciones. La mayor productividad por unidad de sección transversal de tronco se registró en Hass sobre Lula, aunque la diferencia con Topa-Topa no era estadísticamente significativa. Tampoco en Fuerte se observaron diferencias significativas entre portainjertos. Analizados conjuntamente, la productividad de Hass (194 g.cm<sup>-2</sup>) fue significativamente superior a la de Fuerte (154 g. cm<sup>-2</sup>).

Los frutos de Fuerte eran significativamente mayores que los de Hass. En ningún caso el portainjerto influyó en el peso medio del fruto.

Leopoldo (1999) estudió también Fuerte, Hass, Bacon y Reed sobre Lula y Topa-Topa durante 15 años en el sur del Portugal peninsular. El suelo era más pesado y calizo que el aquí utilizado, obteniendo sin embargo resultados similares a los aquí expuestos.

El índice de alternancia medido como cosecha ó como productividad era significativamente mayor en Fuerte que en Hass. Las diferencias entre portainjertos en Hass, eran notables pero no estadísticamente significativas.

Las áreas de tronco en el período adulto (1989-2000) (tabla 5) fueron similares para ambos cultivares y portainjertos. Sólo Fuerte/Lula tenía árboles más grandes acompañado por las menores productividades. El incremento del área de tronco a lo largo de los últimos doce años, no mostró diferencias entre portainjertos. Hass creció algo más que Fuerte, pero las diferencias no eran estadísticamente significativas.

El porcentaje medio de materia seca en pulpa de Hass fue superior sobre Lula. Esto implicaría un adelanto aproximado en la maduración de dos semanas (Agustín et al., 1988). Este resultado contrasta con las observaciones de Young (1992) en Australia donde el contenido de materia seca sobre portainjertos mejicanos era mayor que sobre portainjertos guatemaltecos.

El adelanto de la maduración iba acompañado, en algunos años, con un mayor porcentaje de frutos caídos antes de la recogida (datos no presentados).

## CONCLUSIONES

Las cosechas medias fueron similares en ambos cultivares y portainjertos excepto en la combinación Fuerte/Topa-Topa que las registró menores. Hass/Lula tuvo la mayor productividad media y Fuerte/Lula la menor. Sólo con Hass los árboles sobre Lula maduraban sus frutos aproximadamente veinte días antes que sobre Topa-Topa.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍN A, FARRÉ JM, GRANA E, VILCHEZ M 1988. Medición de la madurez en aguacate. Evolución del contenido en materia seca de la pulpa. Junta de Andalucía. I Jornadas Andaluzas de Frutos Subtropicales. Congresos y Jornadas: 27-52.

CASADO M, FARRÉ JM, JAIME S, HERMOSO JM 1984. Nutrición P-K en aguacate. Observaciones de los primeros 9 años. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie: Agrícola 26 (4): 47-66.

HOFMAN P.J., FUCHS, Y, MILNE, D.L. 2002. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. In A. W. Whiley, B. Schaffer and B.N. Wolstenholme (Eds): The Avocado: Botany, Production and Uses. CAB International: 363-401.

LEOPOLDO FERREIRA E. 1999. Productivity study of four avocado cultivars in Algarve region, Portugal. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 5. Nº especial : 73-76.

YOUNG P.J. 1992. Inherent influence of rootstock race on avocado fruit maturity. Proc. of Second World Avocado Congress: 149-154.

## TABLAS

Tabla 1. Fertilizantes aplicados (kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)

	En período juvenil (1982-1989) Cantidades crecientes entre	En período adulto (1989-2000) Aportaciones anuales medias
N	17 y 37	73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	11
K <sub>2</sub> O	30 y 170	170
Fe-EDDHA	0.5 y 1.3	3
B	-	0.7*

\* Sólo en periodo 1996-1999

Tabla 2. Niveles medios en lámina de hoja. Periodo 1988-1999

	% materia seca										ppm					
	N		P		K		Ca		Mg		K/Ca		Cu	Zn	Mn	
H/L	1.87	b	0.11	b	0.50	b	2.04	c	1.11	d	0.25	a	4.40	49.56	117.33	b
H/T	1.96	c	0.11	b	0.60	c	1.75	b	0.98	b	0.35	b	4.54	49.33	111.56	b
F/L	1.76	a	0.09	a	0.38	a	1.93	c	1.05	c	0.20	a	5.16	46.67	80.11	a
F/T	1.84	ab	0.09	a	0.59	c	1.51	a	0.88	a	0.41	c	4.90	48.00	89.11	a
N.S. %	95		95		95		95		95		95		N.S.	N.S.	95	

H/L=Hass/Lula H/T=Hass/Topa-Topa F/L=Fuerte/Lula F/T=Fuerte/Topa-Topa

Tabla 3. Parámetros medios de producción. Período juvenil (cosechas 1984-1989)

	Cosecha kg. árbol <sup>-1</sup> . año <sup>-1</sup>		Peso medio del fruto		Productividad g. cm <sup>-2</sup>	
Fuerte/Lula	11.6	a	244		66	a
Fuerte/Topa-Topa	15.1	a	232		125	a
Hass/Lula	22.9	b	207		201	b
Hass/Topa-Topa	19.5	b	224		137	b
N.S. %	95		N. S.		95	

Tabla 4. Parámetros medios de producción. Período adulto (cosechas 1989-2000)

	Cosecha kg. árbol <sup>-1</sup> . año <sup>-1</sup>		Peso medio del fruto g		Productividad g. cm <sup>-2</sup>	Índice de alternancia				
						Cosecha kg. árbol <sup>-1</sup>	Productividad g. cm <sup>-2</sup>			
Fuerte/Lula	75.7	b	261	b	142	a	73.9	b	71.6	b
Fuerte/Topa-Topa	58.5	a	266	b	166	ab	79.3	b	80.6	b
Hass/Lula	75.9	b	208	a	203	c	44.7	a	48.6	a
Hass/Topa-Topa	74.3	b	211	a	186	bc	36.3	a	36.7	a
N.S. %	95		95		95		95		95	

Tabla 5. Crecimiento del tronco y materia seca en pulpa de fruto. Período adulto (1989-2000)

	Área de tronco 1989 (cm <sup>2</sup> )		Área de tronco 2000 (cm <sup>2</sup> )		Incremento área de tronco 2000/1989		Materia seca en pulpa (%)	
Fuerte/Lula	309	b	933	b	199	ab	24.4	a
Fuerte/Topa-Topa	212	a	567	a	166	a	24.2	a
Hass/Lula	191	a	617	a	222	bc	30.1	c
Hass/Topa-Topa	206	a	623	a	202	c	28.6	b
N.S. %	95		95		95		95	



## EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE NUEVOS PATRONES CLONALES DE AGUACATE SELECCIONADOS POR SU ALTA PRODUCTIVIDAD EN EL SUR DE ESPAÑA

*Olalla L.<sup>1</sup>, Vivar J.L.<sup>1</sup>, Jurado F.<sup>1</sup>, Soria J.T.<sup>2</sup>, Imbroda, I.<sup>1</sup>, Jurado I.<sup>1</sup>, Barceló A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> **C.I.F.A. Cortijo de la Cruz. Churriana. 29140. Málaga**

<sup>2</sup> **Estación Experimental La Mayora. CSIC. Algarrobo Costa. 29750. Málaga**

### RESUMEN

En este trabajo se muestra el comportamiento en campo de 3 portainjertos seleccionados por su alta producción y productividad. Los árboles fueron clonados (12 copias/genotipo) mediante la técnica de Frolich e injertados con el cv. Hass, antes de plantarse al azar en una parcela de la zona aguacatera de Vélez-Málaga. Como control se utilizaron árboles de semilla de los cvs. Topa-Topa y Bacon. Los datos de producción acumulada (kg/árbol) de 1.998 a 2.003 (ambos inclusive) muestran mayores valores en los clonales, IV-8 (282 kg/árbol) y XV-2 (268 kg/árbol), que en el mejor de los controles, Topa-Topa de semilla (210 Kg/árbol). Sin embargo, los datos de productividad (kg/m<sup>2</sup>) referida al tamaño del árbol (estimado a través de la proyección vertical del mismo sobre el suelo) no revelaron diferencias significativas entre tratamientos, pues el patrón Topa-Topa de semilla era menos vigoroso que los portainjertos seleccionados IV-8 y XV-2. Parece por tanto, que al utilizar patrones menos vigorosos habría que aumentar la densidad de plantación para evitar disminuciones en la producción.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del aguacate se introdujo comercialmente en la costa meridional de Andalucía en los años 70-80 (Farré y Pliego, 1987) con patrones que procedían de semillas, fundamentalmente del cv. Topa-Topa, y tras algunas tentativas con diverso material de procedencia mejicana. Ya desde el principio se detectó una gran variabilidad en la producción de los árboles en estas plantaciones (Olalla-Mercadé y Rodríguez-Ruiz, 1991), debida en gran medida al elevado grado de heterocigosis de esta especie, ya señalada por otros autores (Pliego-Alfaro y Bergh, 1992). Por ello, a partir de datos individuales de producción de un gran número de árboles en la Estación Experimental La Mayora (Farré y Hermoso, datos no publicados), se seleccionaron una serie de árboles caracterizados por su alta producción y productividad (López-Encina y Pliego-Alfaro, 1987). Tres genoti-



pos (IV-8, XV-1, XV-2) fueron clonados mediante la técnica de Frolich (Frolich y Platt, 1972) e injertados con el cv. Hass para su evaluación agronómica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En una finca privada, en plena zona aguacatera del valle del río Vélez, se pudo disponer de un bancal de 0,3 Ha, situado en el borde de un arroyo afluente del citado río, con pendiente longitudinal del 4 %, orientado hacia el E. y abrigado de vientos. No ha habido problemas de heladas en el transcurso del ensayo, ni tampoco de calores excesivos, considerándose en conjunto la situación y orientación de la parcela como muy buenas.

El suelo asimismo es muy representativo de la zona, estando formado por detritus coluviales de laderas en las que el subsuelo es pizarroso. La fracción fina es arcillosa pero la presencia de elementos gruesos le confiere una buena capacidad de drenaje, por lo cual se considera muy bueno para el cultivo del aguacate. Tiene un pH de 7.3, bajo en calcio y sin problemas de salinidad.

Aparte de los tres patrones citados, IV-8, XV-1 y XV-2, se usaron como testigos patrones de semilla de los cvs Topa-Topa, como más utilizado en la zona, y Bacon, que había dado en la citada finca buenos resultados en comparación con Topa-Topa. Se prepararon doce árboles de cada patrón (salvo en el caso de Bacon, en el que se utilizaron 14) y se injertaron con púas del cv. Hass, procedentes también de árboles seleccionados por su alta productividad.

Se diseñó una plantación con los árboles repartidos al azar, ya que las condiciones experimentales parecían ser homogéneas, y el pequeño tamaño de la parcela dificultaba la distribución en bloques al azar. Los árboles se plantaron a 6 x 4 m y se les incorporó un sistema de riego por goteo con 3 goteros de 4 l/h por árbol (a partir del tercer año), que finalmente y en 1998, se cambió a un microaspersor de 25 l/h por árbol. Se cultivó con arreglo a los esquemas propios de la finca, en los que, aparte del control químico de hierbas durante los primeros años, se añadía un aporte de abono no muy alto, (200 Kg/Ha de nitrato potásico) y podas de limpieza de ramas en las partes bajas de los árboles. Se han registrado datos del área de la sección transversal de tronco, producción (número y peso de frutos), área sombreada, y volumen del árbol.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla nº 1 se expone un resumen de los resultados. Se produjeron pérdidas de árboles (a veces del injerto) en Topa-Topa y XV-2, y aunque se repusieron más tarde, entraron en producción con bastante retraso. Sus datos se han eliminado.

Ben-Ya'acov (1987) ha señalado el efecto relevante que tiene el portainjerto en la producción de árboles de aguacate. Nuestros datos confirman estas observaciones y muestran dos patrones, IV-8 y XV-2, con producciones significativamente superiores a los otros, aunque no en la proporción que mostraban los datos originales que permitieron su selección. En relación con la productividad, referida al tamaño del árbol (estimado a través de la proyección vertical del mismo sobre el suelo) las diferencias no llegan a ser significativas y existe la posibilidad de que portainjertos menos vigorosos, como Topa-Topa de semilla, si se plantaran a marcos más estrechos podrían igualar en producción, por superficie de terreno, a los más vigorosos. Parece claro que en este ensayo, sin árboles borde que enmarcaran los de toma de datos, los portainjertos más vigorosos pueden haber influido en el comportamiento de los menos vigorosos.

El tamaño medio del fruto, estimado a partir del conteo del número de frutos por árbol y año, parece algo superior en los patrones clonales, lo cual podría ser un factor comercial muy interesante.

No se han detectado influencias del tipo de patrón sobre los niveles de nutrientes en hoja, habiendo estado sus valores en relación a los de la finca de ubicación, ligeramente bajos en N, normales en P y ligeramente bajos en K.

Los datos en relación con el volumen del árbol no se presentan por no aportar nada diferente a los citados de la proyección horizontal de la copa.

## CONCLUSIONES

Parece claro que con estos dos patrones citados, IV-8 y XV-2, se consiguen aumentos sustanciales de producción, en las condiciones expuestas. Se está incrementando la producción de estos patrones, de manera que puedan abordarse experiencias más completas y rigurosas. Ninguno de estos dos patrones es resistente a las dos amenazas más graves de la industria aguacatera andaluza (*Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix*) (Pérez Jiménez y López-Herrera, comunicación personal). En cualquier caso, frente a patrones de origen externo (semillas de Méjico, fundamentalmente, y recientemente algún clonal de California) se ha seleccionado un material con características genéticas aprovechables en un futuro, con independencia de que se confirmen o no, expectativas sobre incrementos directos en la producción, y tamaño del fruto.

## REFERENCIAS

- BEN-YA'ACOV, A. 1987. Avocado rootstock-scion relationships. South Afr. Avocado Growers' Assoc. Yearb. Vol 10: 30-32.
- FARRÉ, J.M. Y PLIEGO, F. 1987. Avocados in Spain. South Afr. Avocado Growers' Assoc. Yearb. Vol 10: 27-28
- FROLICH, E.F. Y PLATT, R.G. 1972. Use of etiolation technique in rooting avocado cuttings. Cal. Avoc. Yearbook 55:97-109.
- LÓPEZ-ENCINA, C. Y PLIEGO-ALFARO, F. 1987. Selección de patrones de aguacate. Uso de la técnica de doble fase para multiplicación in vitro de material seleccionado. Actas II Congreso S.E.C.H., Vol II:905-909.
- OLALLA-MERCADÉ, L. Y RODRÍGUEZ-RUIZ, A.I. 1991. Some environmental factors and yield variabilities of avocado trees in a spanish commercial orchard. Cal. Avoc. Soc. Yearb. Vol 75: 93-100.
- PLIEGO-ALFARO, F., Y BERGH, B.O. 1992. Avocado. En :Biotechnology of Perennial Fruit Crops. F.A. Hammerschlag and R.E.Litz, (eds.), pp.323-333. C.A.B. International, Wallingford.

## Resumen de datos (Plantación en 1993)

	<b>Patrón</b>		<b>No árboles</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>Topa</b>	<b>Media</b>		<b>8</b>	<b>210</b>	<b>373</b>	<b>23,6</b>	<b>98</b>	<b>1,04</b>	<b>204</b>
		e.e.m.		22	42	2,9	9	0,08	7
<b>Bacon</b>	<b>Media</b>		<b>14</b>	<b>207</b>	<b>304</b>	<b>26,8</b>	<b>112</b>	<b>0,91</b>	<b>189</b>
		e.e.m.		19	29	2	5	0,09	6
<b>IV-8</b>	<b>Media</b>		<b>12</b>	<b>282</b>	<b>434</b>	<b>33,8</b>	<b>107</b>	<b>0,96</b>	<b>208</b>
		e.e.m.		23	19	2,2	5	0,05	10
<b>XV-1</b>	<b>Media</b>		<b>12</b>	<b>207</b>	<b>483</b>	<b>29,3</b>	<b>72</b>	<b>0,84</b>	<b>191</b>
		e.e.m.		20	26	1,2	6	0,1	9
<b>XV-2</b>	<b>Media</b>		<b>10</b>	<b>268</b>	<b>384</b>	<b>33</b>	<b>119</b>	<b>0,95</b>	<b>215</b>
		e.e.m.		27	17	1,5	14	0,1	8
<b>Total</b>	<b>Media</b>		<b>Total</b>	<b>235</b>	<b>396</b>	<b>29,5</b>	<b>101</b>	<b>0,93</b>	<b>200</b>
		e.e.m.	56	11	15	1	13	0,12	4

**Tabla 1.** Comportamiento en campo de 3 patrones clonales de aguacate seleccionados por su alta producción y productividad.

A: Producción total de 1998 a 2003, ambos inclusive, en kg/árbol.

B: Área de sección transversal de tronco, en cm<sup>2</sup> (Nov- 2002)

C: Superficie de la proyección vertical del árbol sobre el suelo, en m<sup>2</sup> (Nov-2002)

D: A/B, en gramos/cm<sup>2</sup>/año

E: A/C, en Kg/m<sup>2</sup>/año

F: Peso medio de un fruto, en gramos, como suma de las producciones totales de 6 años, dividida por el número de frutos.

## HORTICULTURAL CHARACTERISTICS OF HASS AVOCADO ON COMMERCIAL CLONAL AND SEEDLING ROOTSTOCKS IN CALIFORNIA

Larry S. Rose

**Brokaw Nursery, Inc. 1419 Lirio Avenue, Saticoy, California 93007, USA**

**E-mail: [larry@brokawnursery.com](mailto:larry@brokawnursery.com)**

### SUMMARY

Long-term commercial use of clonal rootstocks has confirmed many benefits but also exposed shortcomings of various cultivars. Clonal rootstock selection has expanded to include analysis of multiple traits of soil stress factors and productivity. The quality of new introductions is potentially greatly improved. Acceptance of new commercial clonal rootstocks now requires higher production and well rounded adaptability.

### INTRODUCTION

Clonal avocado rootstocks have been commercially planted in California since 1977. By 1981 clonal rootstocks predominated commercial plantings. Through the 1990s, 95% of trees sold by Brokaw Nursery were on clonal rootstocks. In spite of a 50% price premium of clonal trees versus trees on Mexican seedling rootstocks, avocado growers recognized the potential of various clonal rootstocks for greater productivity, uniformity and benefits of adaptability to soil stress factors. During this current boom of avocado planting in California, nurseries are supplying trees for at least 3,500 new acres per year, with clonal trees representing approximately 75% of that market.

Growing avocados in arid Southern California is never as simple as dealing with a single stress factor. Typically *Phytophthora cinnamomi* infested soils can lack important aeration due to finely textured soils, poor soil structure or impervious layers in the soil profile. Heavy winter rains on cold soils can compound the problems of soil saturation and root asphyxiation. Faced with these factors rootstock selection has generally been limited to Mexican race cultivars due to their adaptability to poor aeration and cold winter temperatures. However, Mexican rootstocks are generally highly sensitive to chloride and sodium toxicity thereby complicating planting choices where poor drainage precludes leaching of salts. Although initial clonal rootstocks were selected for tolerance

to *Phytophthora cinnamomi*, they also demonstrated consistent growth and canopy uniformity. In addition to tolerance of *P. cinnamomi*, some cultivars also possess resistance to other fungal diseases, reduced absorption of salts and resistance to lime-induced chlorosis. Most importantly, select clonal rootstocks have greater fruit productivity when grafted to the Hass fruiting cultivar.

Over the years, the formal research and screening of potential commercial rootstocks in California has been broadened from its focus on *P. cinnamomi* to include tolerance to other diseases, salinity, tree size, productivity and a tendency to begin bearing early in the life of the tree. However, field experience with trees on clonal rootstocks ultimately defines the range of tolerance to soil stress factors inherent in various cultivars, their benefits and limitations. No commercial clonal rootstock today is perfect for all situations but since clonal rootstocks have come to dominate orchard plantings in California, growers and nurseries alike have come to a better understanding of custom-selection of the best rootstock cultivar for each situation.

## UNDERSTANDING CLONAL ROOTSTOCK WEAKNESSES

Duke 7, the first commercially available clonal rootstock in California is a Mexican selection made by Zentmyer over 50 years ago. The Duke 7 has had a checkered history. Assumptions made about the performance of clonal rootstocks in general were inaccurately attributed to this premier cultivar when planted in severe locations and given normal care. Many failures of Hass on Duke 7 were attributed to the rootstock cultivar itself while specific sensitivities of all clonal rootstocks were generally unknown (Coffey 1987).

Clonally rooted cuttings have no central tap root and grow from a crown of roots originating from a relatively short stem close to the surface of the soil. Trees grown by this method are very sensitive to abusive irrigation and are quick to dry out especially during the establishment phase of the tree often leading to the loss of the tree. Stressed plants have less resilience and disease resistance. Once clonal plants are weakened and are unable to re-leaf, roots die quickly and tree death is predictable. A poorly established clonal rootstock of any cultivar has great difficulty wintering over the first year. When stressed by cold winds and exposed to heavy rains, loss of roots causes a rapid defoliation when mature leaves are shed in the early spring. One-year-old defoliated clonally rooted trees rarely recover, however, once past the establishment phase, clonal trees are more resilient to environmental stress. Seedling rooted trees, though variable by nature, are not as prone to death following defoliation, but seedling trees do not possess consistent, positive traits replicated by clonal rooting.

Early commercial use of clonal root rot resistant trees were often planted in low, wet swales or in spots of poor soil quality where original trees had failed. When normal irrigations were applied to these areas along with existing, older trees, the less resilient clones often died. Other factors such as constant influx of *P. cinnamomi* contributed to poor performance, but even without *Phytophthora* pressure clonal trees needed meticulous care to become established in compromised conditions. As years passed and new cultivars were tried, growers were further along the learning curve and applied new techniques with better success. Their success was often attributed to the newer cultivar and less so to better farming practices. It is now the norm to utilize integrated management practices (Coffey 1988) of remedial site preparation, cultivar selection, generous mulching, gypsum topdressing, fungicides and irrigation monitoring to assure replant success (Menge, 1991). Success rate of clones planted in non-infested soils exceed that of trees on seedling rootstocks.

## Duke 7

Duke 7 has a tendency to remain greener in cool winter soils when chlorosis is at its worst and begins to grow early in the spring before trees on other rootstocks. Hass on Duke 7 bears early in its life, bears large fruit and lots of it (Arpaia et al 1993). Duke 7 has only moderate root rot tolerance but its horticultural adaptation is broad and its salt tolerance is strong for a Mexican rootstock (Oster et al 1992). It still remains a preferred variety where *P. cinnamomi* is not an imminent threat.

## Toro Canyon

Although Toro Canyon is a comparable producer to Topa Topa in soils not infested with *P. cinnamomi*, its moderate size provides for very efficient production for its canopy volume. Because it is significantly more resistant to root rot than Duke 7 and more tolerant to salts than Mexican seedlings, it has become the major commercial clonal selection. It demonstrates very good sodium exclusion and chloride tolerance for a Mexican rootstock (Mickelbart et al 2002). Toro Canyon's timing on the scene coincided with the introduction of integrated control of *P. cinnamomi* and overall better understanding of how to grow clonal rootstocks in difficult situations. Toro Canyon has significant resistance to *P. citricola* infection and canker.

## Borchard

Borchard rootstock, a Mexican selection from southern California, is resistant to lime-induced iron chlorosis, a tendency in calcareous soils prevalent in coastal groves. Were it not for the lack of root rot resistance Borchard would be a major commercial variety having production 25% higher than Topa Topa (Arpaia et al 1993). As it is, it remains a significant problem-solving rootstock in moderate to highly calcareous soils. Borchard is resistant to *P. citricola* canker (El-Hamalawai et al 1991).

## Thomas

Thomas was initially very impressive, being one of the best rootstocks for root rot tolerance. Its popularity and use has waned as its shortcomings became more apparent. Thomas is very susceptible to both *P. citricola* and *Dothiorella gregaria* canker, a problem with cultivars of Guatemalan race. This vigorous rootstock is highly sensitive to salinity and is a poor producer in many locations. It remains useful in severe root rot areas where salinity is not an issue.

## G755

Three selections of the G755 debuted in the 1980's as the ultimate rootstocks and nearly swept aside predecessor rootstocks. These *Persea schideiana* x *P. americana* hybrids passed preliminary root rot screening in the field but later showed poor adaptability especially in calcareous soils. Fruit production trials ultimately ended their use when they showed poorly (Arpaia et al 1993). Some later limited reports of adequate production were too late to revive interest. The G755's best contribution to the California avocado industry was a stark reminder that root rot resistance is only part of the path to greater productivity.

## **WHAT LIES AHEAD**

The bar has been raised and the standard for commercial release is higher than in the past. Duke 6, G6, Barr Duke, D9 and others are worthwhile root rot tolerant rootstocks but do not possess the collection of positive traits that can attract interest to become commercially important. Grower's general satisfaction with current rootstocks preclude introduction of mediocre candidates. Rootstocks now in trial from promising outcrosses and isolated survivor trees must have superior production and traits of tolerance to many soil stress factors to be contenders for commercial use.

### **West Indian Race**

West Indian rootstocks have, in the past, not performed satisfactorily due to poor root growth, late leaf development in the spring, generally pale color and lower production than trees on Mexican race rootstocks. Seedlings of Lula, a West Indian hybrid, have been used by nurserymen for their vigor and ease of production but have no other outstanding characteristics. Significant decline occurred from trees planted on West Indian seedling rootstocks in the 1970s (Ellstrand 1992). Now, a resurgence of research is currently being done with this salt tolerant group. Selections from Ben-Ya'acov's rootstock work are being screened for root rot resistance, salt tolerance and productivity in California. Hopes are that some clonals may adapt to California's worsening water quality, but at this point West Indian clonal rootstocks are not utilized in California.

### **Merensky 2 (Dusa)**

With only 4 years of trials in California the Merensky 2, or Dusa rootstock as it was called, has drawn a lot of attention. Not only has it fared well in widespread replant field trials throughout California, preliminary results with salinity screening show it may be a well rounded rootstock. What is driving anticipation are reports from South Africa that Hass is up to 30% more productive on Merensky 2 than on Duke 7 (Roe et al 1999). This year more than 7,000 trees were planted in California and demand is strong even in the face of limited experience under California conditions. Time will tell.

## **REFERENCES**

- ARPAIA ML, BENDER, GS, WITNEY GW 1993 Avocado clonal rootstock production trial. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 77: 89-93 Ben\_Ya'acov A, Michelson E. 1995. Avocado rootstocks. Horticultural Reviews 17: 381\_429
- BENDER GS, ARPAIA ML, WITNEY GW 1991. Increasing production of avocados... the potential is there. California Grower, December: 28-29
- BERGH BO 1967 Reasons for low yields of avocado. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 51:161-172.
- BROKAW WH 1982 Clonal rootstocks: personal observations and a peek into the future. California Avocado Society Yearbook 66: 81-92
- BROKAW WH 1982 Field experiences with clonal rootstocks. S. A. Avocado Growers' Assoc. Yrb. 10: 34-36.

- COFFEY MD 1987 A look at current avocado rootstocks. California grower 11(4):15-17
- ELLSTRAND NC, CLEGG JA, ARPAIA ML, WITNEY GW 1992, A Genetic Basis for Avocado Decline in The Rancho California Area of California. Proc. of. Second World. Avocado Congress 1992 p. 575
- EL-HAMALAWI ZA, MENGE JA, GUILLEMET FB, 1991 Comparison of Resistance to Phytophthora citricola in Nineteen Avocado Rootstocks under Greenhouse Conditions. California Avocado Society 1991 Yearbook 78:121-12
- MENGE JA, GUILLEMET FB, CAMPBELL S, JOHNSON E, & POND E 1991 The performance of rootstocks tolerant to root rot caused by Phytophthora cinnamomi under field conditions in southern California. Proceedings of the Second World Avocado Congress, Vol. I.
- MENGE JA 1998 Screening and evaluation of new rootstocks with resistance to Phytophthora cinnamomi. Proceedings: California Avocado Symposium, Spring 1998: 41-43.
- MICKELBART MV, ARPAIA ML, 2002. Effects of salinity on growth, ion concentrations and water relations of 'Hass' avocado (*Persea americana* L.) trees propagated on three rootstocks. J. Am. Soc. Hort. Sci.
- OSTER JD, ARPAIA ML 1992 'Hass' Avocado Response to Salinity as Influenced by Clonal Rootstocks. Proc. of Second World Avocado Congress 1992 pp. 209-214.
- ROE DJ, MORUDU TM, KÖHNE JS 1999 Performance Of Commercially Grown 'Hass' Avocado On Clonal Rootstocks At Westfalia Estate, South Africa. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 35-38
- ZENTMYER GA 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the disease it causes. Phytopathol. Monogr. 10. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, MN, USA.





## COMPARACIÓN DE AGUACATES CV. HASS CULTIVADOS EN DISTINTAS ÁREAS AGROCLIMÁTICAS

J.M. Hermoso<sup>1</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental La Mayora. C.S.I.C. 29750 Algarrobo-Costa. Málaga. España.

Correo electrónico: [jmhermoso@eelm.csic.es](mailto:jmhermoso@eelm.csic.es)

<sup>2</sup> C.I.F.A. de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140 Churriana. Málaga. España

### RESUMEN

En la zona costera de Málaga y Granada (España) se estudiaron mensualmente de enero a junio frutos provenientes de cinco áreas de producción y dos situaciones, temprana y tardía, dentro de cada una de ellas. Los parámetros de calidad de fruto, porcentaje de pulpa, materia seca en pulpa y sabor ascendieron progresivamente de enero a mayo sin un aumento claro del podrido. Entre mayo y junio la calidad interna no mejoró, subiendo sin embargo marcadamente el porcentaje de frutos podridos. El sabor estaba generalmente bien correlacionado con el contenido de materia seca pero no con el porcentaje de semilla germinada. No se observaron diferencias marcadas entre áreas en precocidad de maduración exceptuando Coin como área ligeramente tardía. Dentro de cada área las situaciones tempranas eran generalmente más precoces.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo era conocer el índice de madurez y la calidad de los frutos de aguacate Hass, a lo largo del periodo de recogida, producidos en diferentes áreas y situaciones microclimáticas dentro de la zona costera de Málaga y Granada (España).

### MATERIAL Y MÉTODOS

En el año 2000 se analizaron mensualmente, de enero a junio, frutos de cinco áreas climáticas: Motril, Algarrobo y Fuengirola, situados en la costa de este a oeste, así como Vélez-Málaga y Coin,

situados 8-10 Km. al interior. Dentro de cada área se escogieron dos fincas, una más cálida, por cota y orientación, y otra más fresca. En el área de Coín se estudiaron dos fincas cálidas y dos frescas. La cálida de Fuengirola estaba afectada por salinidad en el agua.

Se recolectaron mensualmente, siempre de varios árboles de la misma parcela, 10 frutos para determinar la materia seca de la pulpa, (Agustín y otros, 1988) y otros 10 para estudiar las restantes características del fruto, en estado blando (Hermoso y Farré, este congreso).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros más relevantes se incluyen en la Tabla 1. El porcentaje de pulpa subió progresivamente de enero a junio. Las situaciones cálidas tenían un porcentaje superior a las frescas, asociado probablemente con su mayor precocidad.

Similar comportamiento tenía el contenido de materia seca. Las situaciones cálidas tenían significativamente mayores valores que las frescas. El área de montaña de Coín tenía los menores valores, en paralelo con sus también más bajas notas en sabor. Ello parece indicar que es algo más tardía que las restantes. Fuengirola tenía un comportamiento atípico. Su muestra en área cálida provenía de una ladera con claros síntomas de salinidad en hoja. Ello pudo provocar una más rápida acumulación de materia seca sin mejorar en igual medida al sabor.

El sabor era generalmente inferior en situaciones frescas, asociado probablemente a una menor materia seca en pulpa. En general, el sabor mejoraba de enero a mayo, estabilizándose hasta junio. Las diferencias entre áreas eran pequeñas. Coín, área de montaña más fresca, tenía notas algo menores.

La fibra en pulpa era independiente de áreas, situaciones y fechas de recogida.

El porcentaje de semilla germinada creció espectacularmente a partir de abril, sin observarse diferencias entre áreas o situaciones.

El porcentaje de piel entera tras el pelado disminuyó progresiva y significativamente a lo largo del periodo de recogida. No se observaron diferencias significativas entre áreas o situaciones.

El porcentaje de frutos totalmente podridos fue elevado en Fuengirola y bajo en Algarrobo. Como era de esperar, lo contrario ocurría con los frutos totalmente sanos. La alta salinidad en la situación cálida de Fuengirola, aumentaba claramente el podrido en piel, reduciendo el porcentaje de frutos sanos.

El podrido de pedúnculo era similar en todas las áreas y situaciones. La incidencia de todos los tipos de podrido aumentaba ligeramente de enero a mayo, subiendo espectacularmente en junio.

## CONCLUSIONES

No se observaron diferencias marcadas entre áreas en precocidad de maduración, exceptuando quizás Coín como área ligeramente tardía. Dentro de cada área las situaciones cálidas, por cota u orientación, eran generalmente más precoces.

El sabor estaba generalmente correlacionado positivamente con el contenido de materia seca pero no con el porcentaje de semilla germinada.

Los parámetros de calidad del fruto ascendieron progresivamente de enero a mayo, sin un aumento claro del podrido. De mayo a junio, la calidad interna no mejoró, subiendo marcadamente el porcentaje de frutos podridos.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍN A, FARRÉ JM, GRANA E, VILCHEZ M 1989. Medición de la madurez en aguacate. Evolución del contenido en materia seca de la pulpa. I Jornadas Andaluzas de Frutos Subtropicales. Junta de Andalucía. Congresos y Jornadas 9:27-52.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible por la colaboración de las Cajas Rurales de Granada y Málaga (hoy Cajamar).

## TABLAS

Tabla 1. Parámetros de calidad del fruto

1a. Área	Porcentaje							Valoración	
	Pulpa	Materia seca	Semilla germinada	Piel entera	Frutos totalmente podridos	Frutos sanos	Podrido pedúnculo	Sabor (1)	Fibra (2)
Algarrobo	70.1	30.4 b	7.1 a	76.8 c	1.7 a	80.2 b	7.3	7.9 bc	7.3
Coín	70.3	29.2 a	17.3 b	68.7 ab	10.3 b	65.5 b	5.1	7.7 a	7.4
Fuengirola	69.6	31.4 c	10.0 ab	64.8 a	14.3 b	56.0 a	5.2	7.6 ab	7.3
Motril	69.6	30.0 ab	8.4 ab	79.7 ab	3.5 ab	66.5 ab	5.3	7.9 abc	7.3
Vélez-Málaga	71.6	29.6 b	10.4 ab	81.3 c	10.3 ab	62.4 ab	8.9	8.0 c	7.5
<b>N.S. (%)</b>	<b>N.S.</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>93</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>N.S.</b>	<b>95</b>	<b>N.S.</b>
<b>1b. Situación</b>									
Cálida	70.6	30.6 b	11.4	73.7	8.5	64.6	5.2	7.9 b	7.4
Fresca	70.0	29.3 a	12.7	72.8	8.3	68.3	7.1	7.7 a	7.4
<b>N.S. (%)</b>	<b>N.S.</b>	<b>95</b>	<b>N.S.</b>	<b>N.S.</b>	<b>N.S.</b>	<b>N.S.</b>	<b>N.S.</b>	<b>95</b>	<b>N.S.</b>
<b>1c. Fecha de recogida</b>									
05-01-2000	70.1	24.2 a	0.0 a	81.6 c	2.4 a	85.7 c	0.0 a	7.0 a	7.5
08-02-2000	69.4	26.3 b	0.0 a	81.8 c	4.2 a	73.6 c	1.5 a	7.5 b	7.3
08-03-2000	70.3	29.1 c	0.8 a	88.2 c	5.0 a	64.1 b	4.4 ab	7.7 c	7.3
04-04-2000	70.4	31.6 d	11.6 b	74.3 b	7.3 a	66.5 bc	1.8 ab	7.8 d	7.3
02-05-2000	70.9	34.0 e	23.9 c	58.4 a	5.2 a	66.0 b	6.6 b	8.4 e	7.4
01-06-2000	70.9	36.3 f	44.1 d	47.5 a	30.0 b	39.6 a	26.7 c	8.4 e	7.4
<b>N.S. (%)</b>	<b>N.S.</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>N.S.</b>



## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL CAMBIO DE VARIEDAD EN VERGELES ADULTOS DE AGUACATERO (*PERSEA AMERICANA* MILL)

R.Martínez<sup>1</sup>, J.Romero<sup>2</sup>, R.Martínez-Valero<sup>1</sup> y H.Gimeno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Producción Vegetal y Microbiología. Universidad Miguel Hernández de Elche. 03300 Orihuela. Alicante. España. Correo electrónico: [rafa.font@umh.es](mailto:rafa.font@umh.es)

<sup>2</sup> Explotaciones Agrarias Tropicales S.A., Cortijo de las Angustias.18600. Motril. Granada. España.

### RESUMEN

El cambio de variedad en el aguacatero (*Persea americana* MILL) es una necesidad en aquellos huertos implantados que por preferencias del mercado se requiere otro cultivar económicamente más rentable. Así pues en California, Whitsell et al., (1989) estudiando esta circunstancia se dieron cuenta de que se requería un sistema sencillo, pues en el campo en general y en el aguacatero en particular no se adaptaban fácilmente técnicas más sofisticadas. Con el fin de contribuir al estudio de esta problemática, se iniciaron hace cuatro años unos ensayos con púas de costado en brotes surgidos del acote de ramas. Y vistos los buenos resultados, hace dos años se sobreinjertaron 1230 árboles de CVR Bacon a los que se le aplicó esta técnica sobreinjertándose del CVR Hass. Habiéndose realizado un estudio estadístico tanto de árboles como de injertos prendidos, siendo el resultado de esta operación plenamente satisfactorio.

**Palabras Clave:** Aguacate, sobreinjerto, Hass, Bacon, púa de costado.

### INTRODUCCIÓN

En el aguacatero (*Persea americana* Mill) se requiere el cambio de variedad cuando en los huertos implantados por preferencias de mercado dejan de ser económicamente rentables o se requiere sobreinjertar variedades polinizadoras. Dada la complejidad del sobreinjerto de árboles adultos en el aguacatero, y teniendo en cuenta los estudios realizados por varios autores entre ellos: Chaupin (1984) en el que indica que la defoliación del patrón en el momento del injerto parece acelerar el prendimiento y el crecimiento del injerto. Maganjo (1975) de sus experiencias manifiesta que las partes en contacto del injerto deben cortarse en bisel simple en la cual la longitud del mismo debe

ser dos veces igual al diámetro de la estaquilla. Hallatou, Malo et Fisher (1977) dicen que las células del cambium no son solas las que participan en la soldadura, sino también que las células del cortex reaccionan primero a los cortes mecánicos. Larue (1977) que expone que es recomendable situar los injertos al lado del sol y opuestos a los vientos dominantes, y Crafton Clift (1980) que señala que las estaquillas deben ser agostadas, de unos 10-13 cm de longitud, de 0,3-0,5 cm de diámetro, que los peciolas de las hojas deben ser seccionados en la base del limbo y extraerse durante el periodo más seco del día. Y por último Whitsell *et al.*, (1989) que indica que de sus experiencias se desprende que se requiere destreza para que haya éxito en el sobreinjerto, y que éste debe hacerse de la manera más sencilla posible. Por todo lo anterior es por lo que con el fin de poner en práctica la técnica del sobreinjerto de la manera más sencilla posible, se ha realizado el estudio siguiente:

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante cuatro años se han realizado varias pruebas de tipos de injertos: unos desmochando el árbol a una altura de 40 cm del suelo, al objeto de tener un buen prendimiento buscando los caracteres juveniles. Otro desmochando las ramas madres por encima de la cruz en Febrero e injertándolas a continuación. Y por último se hizo otro desmochando las ramas madres en Enero, dejando que salieran los brotes fuertes e injertándolas ese mismo año en Julio. En el primer caso se hicieron las estaquillas normales injertándolas en corona, aplicándosele mastic para evitar la transpiración y desecación de los cortes. En el segundo caso se hizo lo mismo en las ramas madres desmochadas y en el tercer caso se aplicó las púas de costado atadas con cintas de plástico.

Vistos los mejores resultados de la tercera metodología para el desarrollo del árbol, en 1999 se desmocharon 1230 árboles del CVR Bacon, los brazos por encima de la cruz a 1,50 m. del suelo, cuyos brotes se sobreinjertaron en Julio de ese año, con estaquillas de costado del CVR Hass, brotadas en primavera.

La experiencia tuvo lugar en la finca Cortijo de las Angustias, del término municipal de Motril, propiedad de Explotaciones Agrarias Tropicales S.A., teniendo los árboles desmochados 14 años. Siendo regados por goteo desde su plantación con agua del río Guadalfeo. Estando cultivados en terrazas de suelos francos, con un contenido del 17,1% de arcilla, 35,4% de limo y 47,5% de arena.

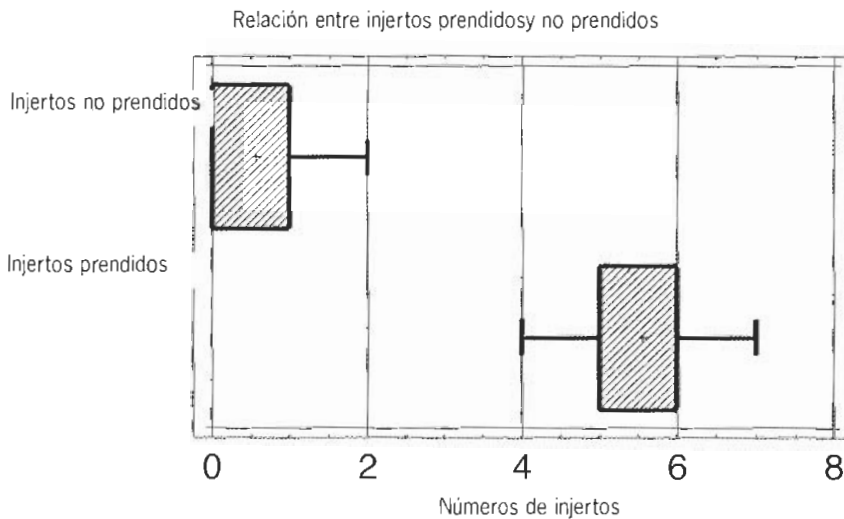
A cada árbol se le injertaron un promedio de 6 injertos, totalizando aproximadamente 7380 injertos realizados, de los cuales se reinjertaron a los 45 días 879 fallos, es decir, el 11,91%. Finalmente al objeto de realizar el análisis de la varianza de esta experiencia, se tomaron al azar 50 árboles, a los que se contaron los injertos realizados y las estaquillas falladas. Siendo los resultados obtenidos los siguientes:

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del análisis de la varianza ha sido:

Test de Rango Múltiple		
Método al 98,0 % Duncan		
	Media	Grupos Homogéneos
Injertos no prendidos/árbol	0,56	X
Injertos prendidos/árbol	5,56	X
Contraste		Diferencia
Injertos no prendidos-Injertos prendidos		* -5,0
* Diferencia estadística significativa		

Cuya expresión gráfica es la siguiente:



Por tanto de estos resultados, fácilmente se puede observar que todos los árboles han sido sobreinjertados con éxito, ya que ninguno de ellos se quedó sin el cambio de la variedad, exceptuándose 32 brotes entre 7380, que han seguido siendo Bacon, y que vienen a ser el 0,4% de brotes no sobreinjertados. A los que se ha renunciado a reinjertar, ya que se considera más fácil eliminarlos con la poda, con lo que en la arboleda a quedado plenamente satisfactorio el cambio de variedad.

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados anteriores el desmoche a 1,5 metros de las ramas madres, por encima de la cruz, e injertándose los brotes surgidos en primavera en julio de ese año, con púas de costado, es una técnica que fácilmente puede aplicarse para el cambio de variedad en el aguacatero.



### **Agradecimientos:**

Los autores de este trabajo y la colaboración tenida por la sociedad propietaria de la plantación, quieren expresar su agradecimiento a Explotaciones Agrarias Tropicales, S.A., propietaria de la finca Cortijo de las Angustias de Motril (Granada), en dónde se ha realizado la mencionada experiencia.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- CHAUPIN P, 1984 Compte rendu d'essai AV.MR.LEZ.35.83. Document Interne. IRFA. France.
- CLIFT, C 1980 Affect of time day scions are cut on longevity of scions in polyethylene bags. Proc. Fla. State Hort. Soc. v 93, p.161
- HALLATOU, M., MALO, S.E., AND FISHER, J.B. 1977 Cleft grafting of young avocado and the nature of the union. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Trop. Reg. 21: 9-10.
- LARUE A, 1977 Test comparatif de quatre méthodes de greffage de l'avocatier. Réunion annuelle IRFA, Document Interne nº 6. IRFA. France.
- MAGANJO M, 1975 Observations on vegetative propagation of avocados at Thika. Acta Horticulturae (ISHS) 49: 91-94
- WHITSELL, R.H., MARTIN, G.E., BERGH, B.O., LYPPS, A.V. AND BROKAW, W.H. 1989 Propagating Avocados: Principles and Techniques of Nursery and Field Grafting. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 21461, 30 pp.

## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA FECHA DEL ANILLADO CON RELACIÓN AL PORCENTAJE DE INFLORESCENCIAS DETERMINADAS E INDETERMINADAS EN EL AGUACATERO (*PERSEA AMERICANA* MILL)

R.Martinez<sup>1</sup>, R.Pellegrini<sup>2</sup>, R.Martínez-Valero<sup>1</sup> y H.Gimeno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Producción Vegetal y Microbiología. Universidad Miguel Hernández de Elche. 03300 Orihuela. Alicante. España. Correo electrónico: [rafa.font@umh.es](mailto:rafa.font@umh.es)

<sup>2</sup> Explotaciones Agrarias Montosa S.L., Cortijo de Cabrillas, Velez-Málaga, Málaga. España.

### RESUMEN

De los estudios de Lahav *et al*; (1971) en Israel en el que indica que no hay información respecto del efecto del "girling" sobre el tamaño del CVR Hass (*Persea americana* MILL), y asimismo del estudio en California de Francis (1996) en el que indica que el "girling" en distintas épocas mejora las cosechas, pero en el que no se dice nada sobre la incidencia que éste tiene sobre el calibre del fruto. Es por lo que quizás debería haber una relación entre el número de inflorescencias determinadas e indeterminadas, puesto que si en una rama anillada, las inflorescencias son determinadas, y éstas no producen brotes y hojas suficientes. Aunque el aumento de cosecha sea significativo, no lo es suficiente para que dichos frutos alcancen el calibre comercial requerido. Por tanto con este criterio se ensayaron dos fechas de anillado: una al final de octubre y otra al final de febrero, tanto en ramas de árboles adultos como en chupones de segundo año surgidos del acote de los troncos de árboles adultos, a los que se les hizo el estudio estadístico correspondiente. Siendo mejores los resultados obtenidos con el anillado en febrero y sobre árboles adultos.

**Palabras Clave:** Aguacate, anillado, Hass, inflorescencias, cuajado.

### INTRODUCCIÓN

El efecto fisiológico del anillado, consiste en la interrupción en el transporte de fotoasimilados y fitohormonas por el floema, a las partes más bajas de las ramas (parte proximal). Siendo los efec-

tos visuales que presenta el árbol, según Davie *et al.* (1995) y Hackney *et al.* (1995): el amarilleamiento de las hojas, el adelanto de la floración y la prematura abscisión de las hojas. Por otro lado el anillamiento de los árboles consiste en que no se interrumpe el transporte de savia por la vía xilemática, por lo que la acumulación de fotoasimilados y la acumulación de auxinas es mayor temporalmente en las ramas anilladas (Davie *et al.*, 1995). Respecto al aumento de la producción Davie *et al.* (1995) indica que hay un aumento en la media del 35% del tamaño del fruto del Hass cuando el fruto acaba de cuajar. Mientras que por otro lado Francis (1996) indica que el *girling* en distintas fechas mejora las cosechas, pero no indica el efecto sobre el tamaño del fruto, que puede ser particularmente perjudicial para el CVR Hass (Lahav *et al.* 1971).

Debido a estas circunstancias el aumento de frutos en las panículas debe estar en relación con el número de inflorescencias determinadas e indeterminadas. Puesto que si en una rama anillada las inflorescencias son determinadas, éstas no producen brotes y hojas suficientes. Por lo que aunque el aumento de cosecha sea significativo, no lo es suficientemente para que dichos frutos alcancen un calibre comercial a veces requerido. En consecuencia ante estas circunstancias es por lo que se hizo el estudio que se indica a continuación:

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material sobre el que se ha realizado el estudio son árboles CVR Hass, sobre patrón Topa-topa de 18 años de edad, regados por goteo en suelos francos, situados en la finca denominada Calero, del Cortijo Cabrillas, de Velez-Málaga (Málaga) propiedad de Explotaciones Agrícolas Montosa, S.L.

El estudio del anillado se realizó en dos fechas diferentes, una al final de octubre y otra al final de febrero, tanto en ramas de árboles adultos como en chupones surgidos de árboles acotados. Teniendo la particularidad que sobre el mismo árbol se hicieron la mitad de ramas de un lado anilladas con serrucho, sellándose la herida tanto para evitar infecciones como para disminuir la salida de savia elaborada, y la otra mitad de testigo. Realizándose el conteo de las panículas determinadas e indeterminadas en plena floración, tanto en la parte anillada como en la no anillada del mismo árbol. Con el fin de ver la cantidad de inflorescencia determinada e indeterminadas en cada parte, repitiéndose 10 veces la parcela experimental, a las que se les aplicó el análisis estadístico de la varianza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en árboles adultos han sido:

Árboles adultos: a). Anillado a finales de Octubre

	RAMA ANILLADA		RAMA NORMAL	
	nº panículas	% determinadas	nº panículas	% determinadas
TOTAL	1361	751,53	1387	576,15
MEDIA POR ÁRBOL	136,1	<b>75,15</b>	138,7	<b>57,61</b>
SD	10,45	5,05	6,31	4,79

El análisis de la varianza al 98% entre las paniculas anilladas y no anilladas, así como el gráfico de los datos obtenidos es el siguiente:

<b>Test de Rango Múltiple</b>			
Método al 98,0 % Duncan			
	Tamaño muestra	Media	Grupos Homogéneos
Rama no anilladas	10	57,616	X
Rama anillada	10	75,153	X
Contraste		Diferencia	
Rama anillada-Rama no anillada		* 17,537	
* Diferencia estadística significativa			

Siendo este resultado estadísticamente significativo al 98%, mucho más lo es el análisis de los árboles adultos anillados en febrero, como se indica en el resultado siguiente:

Árboles adultos: b). Anillado a finales de Febrero:

	<b>RAMA ANILLADA</b>		<b>RAMA NORMAL</b>	
	<b>nº paniculas</b>	<b>% determinadas</b>	<b>nº paniculas</b>	<b>% determinadas</b>
TOTAL	1064	825,05	910	293,28
MEDIA POR ÁRBOL	106,4	<b>82,51</b>	91	<b>29,33</b>
SD	11,30	4,24	9,09	4,76

Árboles desmochados: c). Anillado a finales de Octubre:

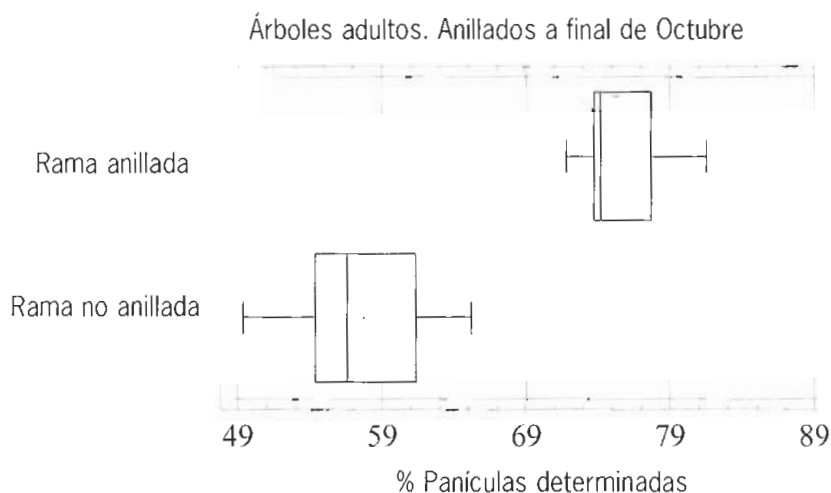
	<b>RAMA ANILLADA</b>		<b>RAMA NORMAL</b>	
	<b>nº paniculas</b>	<b>% determinadas</b>	<b>nº paniculas</b>	<b>% determinadas</b>
TOTAL	754	281,39	984	246,80
MEDIA POR ÁRBOL	75,4	<b>28,14</b>	98,4	<b>24,68</b>
SD	12,16	3,73	9,78	3,07

Árboles desmochados: c). Anillado a finales de Febrero:

	<b>RAMA ANILLADA</b>		<b>RAMA NORMAL</b>	
	<b>nº paniculas</b>	<b>% determinadas</b>	<b>nº paniculas</b>	<b>% determinadas</b>
TOTAL	971	437,03	945	396,73
MEDIA POR ÁRBOL	97,1	<b>43,70</b>	94,5	<b>39,67</b>
SD	9,72	4,79	11,62	3,69

De los resultados anteriores se puede apreciar que las diferencias entre las panículas anilladas y no anilladas de los árboles desmochados, tanto a finales de octubre como a finales de febrero no se aprecian diferencias notables, y sí en cambio en los árboles normales en especial en el mes de febrero

Respecto a la heridas, éstas cicatrizan en menos de un mes, formándose un callo cicatrizal homogéneo y restableciéndose posteriormente la circulación de savia. Por lo que se puede deducir, que las ramas anilladas tanto en Octubre como en Febrero en árboles normales son significativas



## CONCLUSIÓN

A la vista de los datos obtenidos fácilmente se puede deducir que el anillado de los árboles adultos es más efectivo cuando se realiza en el mes de febrero que en octubre.

## Agradecimientos

Los autores del trabajo agradecen a Explotaciones Agrícolas Montosa S.L. la disposición y medios puestos por la empresa para la realización de la experiencia.

## BIBLIOGRAFÍA

DAVIE, S.J, STASSEN, P.J, VAN DER WALT, M. AND SNIJDER, G. 1995 Girdling avocado trees for improved production. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 18: 51-13

FRANCIS, H.L. 1996 Girdling trial yield data. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 19: 80

HACKNEY, C.R., BOSHOFF, M. AND SLABBERT, M.J. 1995 Increasing yield of young Hass avocado trees using the cincturing technique. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 18: 54-55

LAHAV, E., GEFEN, B. AND ZMET, D. 1971 The effect of girdling on productivity of the avocado. Journal of the American Society for Horticultural Science. 96: 396-398.

Anillada Octubre árbol normal				
ÁRBOL	RAMA ANILLADA		RAMA NORMAL	
	nº panículas	% determinadas	nº panículas	% determinadas
1	149	74,50	141	56,74
2	146	71,92	145	61,38
3	126	73,81	127	61,42
4	146	83,56	138	54,35
5	130	77,69	131	54,96
6	134	73,88	137	62,04
7	119	73,95	140	49,29
8	127	65,35	141	65,25
9	146	81,51	138	54,35
10	138	75,36	149	56,38
<b>TOTAL</b>	1361	751,53	1387	576,15
<b>MEDIA</b>	136,1	<b>75,15</b>	138,7	<b>57,61</b>
<b>SD</b>	10,45	5,05	6,31	4,79

Anillada Febrero árbol normal				
ÁRBOL	RAMA ANILLADA		RAMA NORMAL	
	nº panículas	% determinadas	nº panículas	% determinadas
1	103	82,52	102	30,39
2	128	82,03	91	26,37
3	86	83,72	77	24,68
4	107	73,83	103	33,98
5	103	88,35	81	28,40
6	119	85,71	94	30,85
7	104	77,88	91	20,88
8	107	85,98	84	27,38
9	98	80,61	86	33,72
10	109	84,40	101	36,63
<b>TOTAL</b>	1064	825,05	910	293,28
<b>MEDIA</b>	106,4	<b>82,51</b>	91	<b>29,33</b>
<b>SD</b>	11,30	4,24	9,09	4,76

Anillada Octubre árbol desmochado				
ÁRBOL	RAMA ANILLADA		RAMA NORMAL	
	n° paniculas	% determinadas	n° paniculas	% determinadas
1	75	28,00	99	26,26
2	66	28,79	90	23,33
3	75	21,33	84	21,43
4	81	29,63	108	27,78
5	55	25,45	104	26,92
6	83	30,12	82	20,73
7	62	25,81	100	20,00
8	77	27,27	110	28,18
9	98	35,71	104	26,92
10	82	29,27	103	25,24
TOTAL	754	281,39	984	246,80
MEDIA	75,4	<b>28,14</b>	98,4	<b>24,68</b>
SD	12,16	3,73	9,78	3,07

Anillada Febrero árbol desmochado				
ÁRBOL	RAMA ANILLADA		RAMA NORMAL	
	n° paniculas	% determinadas	n° paniculas	% determinadas
1	101	43,56	98	39,80
2	110	44,55	86	38,37
3	96	48,96	84	38,10
4	102	44,12	95	37,89
5	104	34,62	110	40,91
6	91	38,46	106	46,23
7	108	44,44	104	40,38
8	94	43,62	72	43,06
9	84	42,86	100	32,00
10	81	51,85	90	40,00
TOTAL	971	437,03	945	396,73
MEDIA	97,1	<b>43,70</b>	94,5	<b>39,67</b>
SD	9,72	4,79	11,62	3,69

# INFLUENCIA DEL RAYADO DE TRONCO EN LA ENTRADA EN PRODUCCIÓN DE ÁRBOLES DE HASS FUERTEMENTE PODADOS

E. Guirado<sup>1</sup> y J.M. Farré

<sup>1</sup>CIFA de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140. Churriana (Málaga). España

E-mail: [tropicalesfasip@terra.es](mailto:tropicalesfasip@terra.es)

## RESUMEN

Se utilizaron árboles de Hass de 15 años de edad, cortados dos años antes en las ramas principales a aproximadamente un metro de altura sobre el suelo, eliminando la casi totalidad del área foliar. El primer año se utilizaron navaja y cuchillo de sierra en una ó dos rayas por rama. Se rayaron aproximadamente la mitad de las ramas del árbol (2-3 ramas por árbol). En el segundo año se aplicó doble rayado de sierra a todos los árboles incluidos los testigo del año anterior. En el primer año, cosecha y productividad por unidad de área de tronco fueron casi el doble en los árboles rayados que en los testigo. Debido a la alta variabilidad de cosecha entre árboles estas diferencias no eran sin embargo estadísticamente significativas. No se observaron diferencias entre las técnicas de rayado ni entre el número de rayas ejecutadas. En el segundo año, cosecha y productividad fueron ligeramente superiores en los testigos no rayados el primer año. En el conjunto de los dos años la cosecha media era aproximadamente un 9 % superior en los árboles rayados dos veces pero la diferencia no era estadísticamente significativa. El rayado aumentó fuertemente el porcentaje de yemas terminales determinadas reduciendo el de yemas vegetativas.

## INTRODUCCIÓN

Para renovar plantaciones de aguacate Hass excesivamente densas se ha utilizado a veces el destocoado total del árbol, eliminando casi totalmente el área foliar. En los años inmediatamente posteriores se produce generalmente un crecimiento muy vigoroso sin producción de flores ni frutos. Por ello la plantación puede cerrarse nuevamente en pocos años habiendo producido cosechas escasas. Se pretendía en este trabajo comparar varias técnicas de rayado con el fin de adelantar la entrada en producción tras el destocoado



## MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron durante 2 años árboles de Hass de 15 años de edad, cortados dos años antes aproximadamente a un metro de altura sobre el suelo, eliminando la casi totalidad del área foliar. El primer año se utilizó navaja ó cuchillo dentado practicándose una o dos rayas por rama. La profundidad y anchura del corte fue de 2 mm., hasta el xilema. El primer año se rayaron aproximadamente la mitad de las ramas del árbol (2-3 ramas por árbol). En el segundo año se practicó doble rayado a todos los árboles (a 2/3 de las ramas del árbol), incluyendo los testigos no rayados el otoño anterior. La operación se realizó a primeros de noviembre sobre 27 árboles por tratamiento distribuidos al azar en bancales de una sola fila. El porcentaje de yemas florales, vegetativas o mixtas (florales y vegetativas) se estudió en 8 yemas terminales elegidas al azar por orientación y árbol a 1.5-2 m sobre el suelo en el primer año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer año, el rayado de ramas principales permitió multiplicar aproximadamente por tres el número de yemas terminales florales, dividiendo por cinco el de terminales vegetativas (Tabla 1). El efecto estaba en gran medida limitado a las ramas rayadas. Cosecha y productividad por unidad de área de tronco fueron casi el doble en los árboles rayados que en los testigo (tabla 2). Debido a la alta variabilidad de cosecha entre árboles las diferencias no eran sin embargo estadísticamente significativas. No se observaron diferencias entre las técnicas de rayado ni entre el número de rayas ejecutadas. En el segundo año, cosecha y productividad fueron algo mayores en los testigo no rayados el año anterior (tabla 3). En el conjunto de los dos años la cosecha media era aproximadamente un 9% superior en los árboles rayados los dos años, pero la diferencia no era estadísticamente significativa.

## CONCLUSIONES

En árboles destocoñados muy vigorosos el rayado adelanta la entrada en producción sin los problemas de pelado y exceso de cuajado que se presentan a veces en árboles poco vigorosos. El método ha funcionado satisfactoriamente en dos años sucesivos. La técnica debería compararse con la aplicación de sustancias reductoras de crecimiento (pacobutrazol, prohexadione Ca u otras) dado su costo razonable y ausencia de residuos

## TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de yemas terminales florales. Año 1

Tipo de yema terminal	SN		DN		SS		DS		Testigo
	Rama rayada	Rama sin rayar	Rama rayada	Rama sin rayar	Rama rayada	Rama sin rayar	Rama rayada	Rama sin rayar	
Floral	42.85	15.50	47.40	18.85	51.40	21.40	41.20	12.60	17.75
Vegetativa	2.87	21.20	5.00	22.00	2.40	21.15	4.23	30.15	19.20
Mixta	54.30	63.30	47.60	54.80	46.20	62.50	54.55	57.20	63.00

SN: Simple con Navaja DN: Doble con Navaja SS: Simple con Sierra DS: Doble con Sierra

Tabla 2. Cosecha año 1

Tratamientos	Productividad media (g.cm <sup>-2</sup> )	Cosecha media (kg.árbol <sup>-1</sup> )	Tamaño medio del fruto (g)
Simple Navaja (SN)	38.2	24.3	239.2
Doble Sierra (DS)	32.0	19.6	244.4
Doble Navaja (DN)	31.0	24.4	245.4
Simple Sierra (SS)	32.6	25.6	241.8
Testigo	18.9	12.2	253.4

Tabla 3. Cosecha año 2

Tratamientos	Productividad media (g.cm <sup>-2</sup> )	Cosecha media (kg.árbol <sup>-1</sup> )	Tamaño medio del fruto (g)
SN (1998) - DS (1999)	62.1	50.9	200.6
DS (1998) - DS (1999)	58.9	43.9	197.6
DN (1998) - DS (1999)	56.2	49.4	198.0
SS (1998) - DS (1999)	62.5	51.8	204.1
Testigo (1998) - DS (1999)	74.6	53.9	194.0



## EFFECTOS DE SEIS TIPOS DE MATERIA ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCTIVIDAD DE AGUACATES JOVENES CON BAJA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

J.M. Hermoso<sup>1</sup>, M.D. Torres<sup>2</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental La Mayora (CSIC). 29750 Algarrobo Costa. Málaga. España  
Correo electrónico: [jmhermoso@eelm.csic.es](mailto:jmhermoso@eelm.csic.es)

<sup>2</sup> C.I.F.A. de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140 Churriana. Málaga. España

### RESUMEN

Se compararon azúcar, vinaza concentrada de caña de azúcar, pellet deshidratado de estiércol animal, compostados sólido y líquido con residuos de aceituna así como minerales ricos en ácidos húmicos-fúlvicos (leonardita) y sus extractos líquidos.

El estudio se realizó entre 1993 y 2002 en suelo pizarroso, bien drenado, pobre en nutrientes y prácticamente exento de carbonatos. El diseño era en bloques al azar con 20 repeticiones de un árbol. En la mitad de ellos la plantación se realizó sobre el subsuelo pizarroso muy roturado. En la otra mitad, se aportó antes de la plantación una capa de 50 cm de suelo superficial. En cada tipo de suelo la mitad de las repeticiones estaban injertadas sobre Topa-Topa y las restantes sobre Zutano. Cosecha potencial, productividad, peso medio del fruto y áreas de la sección de tronco fueron superiores en las parcelas con suelo superficial aportado. Los tamaños del árbol y del fruto eran mayores sobre Topa-Topa mientras que la productividad lo era sobre Zutano. Las diferencias en cosecha entre portainjertos no eran significativas. Sólo el azúcar y el compostado con residuos de aceituna redujeron significativamente el tamaño del árbol. Sólo el pellet de excrementos animales deshidratados aumentó significativamente la cosecha potencial. Fue también el único producto que aumentó la productividad sobre el testigo aunque no significativamente. Todos los productos, incluido el testigo, tuvieron similares tamaños de fruto.

### INTRODUCCIÓN

En los bosques de altura de Mesoamérica, su probable ecocentro, el aguacate crece en suelos con elevado contenido de materia orgánica. En este ensayo preliminar se comparaba la aplicación de varios tipos de materia orgánica, a las dosis comercialmente recomendadas, a lo largo de nueve años de una plantación joven.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La plantación, con filas alternas de Hass sobre Topa-Topa y Zutano, se realizó en 1992. El suelo era pizarroso y abancalado en amplias terrazas de 30 a 80 m. de anchura, de 2 diferentes tipos:

- Suelo Pobre. Constituido por pizarra bien molida. (34 mg.100 g<sup>-1</sup> de N y 26% de Arcilla + Limo).
- Suelo Rico. Como el anterior pero con aportación de 50 cm de suelo superficial. (60 mg.100 g<sup>-1</sup> de N y 36% de Arcilla + Limo).

En ambos casos el drenaje superficial y profundo era excelente.

Los árboles se plantaron a 4 x 4 m regándose con 3 goteros por árbol hasta el año 2000, con 1 microaspersor cada 2 árboles en el 2001 y con 1 microaspersor por árbol en el 2002. El área mojada por el microaspersor era de 12 m<sup>2</sup> aproximadamente. El riego se controló con tensiómetros mantenidos en el rango -5 -30 kPa en verano y -5 -40 kPa en invierno. El suelo se mantuvo libre de hierbas mediante la aplicación de una banda de polietileno negro de 1.6 m de anchura a lo largo de las filas (figura 1). Desde el año 2000, al regar por microaspersión se aplicó Oxifluorfen y Simazina a través del agua de riego una vez al mes. Las hierbas escape se controlaron aplicando localmente Glifosato.

La tabla 1 muestra las aplicaciones realizadas, iniciadas en 1993 cuando los árboles tenían un año de edad. Se incluye el contenido de N del producto. La Vinaza era de caña, Fertiormont era el mantillo y el extracto líquido del compostaje de residuos de aceituna, uva, maíz y habas enteras, con compuestos minerales. El Pellet Profert provenía de estiércoles animales esterilizados. Naturcomplet y Naturvital eran compuestos de leonadita sólida y líquida, respectivamente.

Se aplicaron cantidades moderadas de fertilizantes N-P-K para mantener los niveles foliares en un rango medio-bajo. Desde 1994 se aplicó B al agua de riego, manteniéndose los niveles en hoja por encima de 30 ppm en todos los tratamientos. Zn se aplicó por vía foliar y riego con contenidos en hoja erráticos en todos los tratamientos.

Cada invierno se registró el área de la sección del tronco a 25 cm del suelo. La cosecha se realizó en primavera registrando peso y número de frutos por árbol. Cada 2 años se analizaron hojas de primavera recogidas en otoño.

El diseño era en bloques al azar con un árbol por parcela elemental y tratamiento. El número de repeticiones era de diez por cada tipo de suelo, cinco de ellos en cada portainjerto (Topa-Topa y Zutano).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los niveles de N en hoja se mantuvieron en 1.4-1.6% y 1.6-2.0% en suelo pobre y rico respectivamente. P y K permanecieron generalmente por encima de 0.10% y 0.50% respectivamente.

Sólo el Pellet animal mantuvo niveles de N en hoja entre 0.15 y 0.60% por encima del testigo en el periodo 1993-1996. En 1998 y 2000 no se observó diferencia alguna con los restantes tratamientos incluido el Testigo.

Sólo los árboles que recibieron Leonardita sólida, eran significativamente mayores que el Testigo (tabla 2a). Los que recibieron Pellet animal registraron significativamente mayor cosecha por árbol, aunque la diferencia en productividad por unidad de tamaño de árbol no era significativa.

Los árboles injertados sobre Zutano tenían significativamente menor tamaño, mayor productividad y menor tamaño de fruto que sobre Topa-Topa (tabla 2b).

Observaciones en 2000, tras siete años de aplicaciones diferenciales no indicaban diferencias significativas en resistencia de la piel al penetrómetro ni podrido de frutos, entre tratamientos.

## CONCLUSIONES

Sólo la materia orgánica de origen animal aplicada a dosis elevada aumentó significativamente la cosecha.

## TABLAS

Tabla 1. Aplicaciones totales por árbol. 1993-2002

Producto	Contenido N (%)	Total
Azúcar	0.0	4.90 kg
Vinaza	2.6	6.80 l
Fertiormont mantillo	1.0	48.00 kg
Fertiormont líquido	3.0	0.49 l
Pellet Profert	4.2	38.40 kg
Naturcomplet sólido	1.0	6.10 kg
Naturvital Plus líquido	1.0	0.49 l

Tabla 2. Crecimiento y cosecha. Media periodo 1997-2002

### 2a. Materia orgánica

Producto	Superficie de tronco (cm <sup>2</sup> )	Cosecha potencial (kg.árbol <sup>-1</sup> )	Productividad (g.cm <sup>-2</sup> )	Peso medio (g)
Azúcar	106.7 a	10.4 a	108.7	213.8
Fertiormont líquido	116.5 abc	10.2 a	96.1	225.2
Naturvital Plus líquido	111.4 ab	10.5 a	107.1	222.1
Vinaza	107.2 ab	10.2 a	98.4	220.9
Naturcomplet sólido	130.0 c	12.5 ab	108.2	228.4
Fertiormont mantillo	104.3 a	11.5 ab	126.9	214.1
Pellet Profert	112.2 ab	14.2 b	147.2	228.8
Testigo	121.4 bc	10.8 a	132.4	223.0
<b>N.S.* (%)</b>	<b>99.6</b>	<b>95.0</b>	<b>N.S.</b>	<b>N.S.</b>
2b. Portainjerto				
Topa-Topa	120.1 b	10.7	100.6 a	225.8 b
Zutano	107.4 a	11.9	130.7 b	218.2 a
<b>N.S.* (%)</b>	<b>99.3</b>	<b>N.S.</b>	<b>93.9</b>	<b>92.5</b>

\* Nivel de significación



## COMPARISON OF FREEZING PROTECTANT SPRAYS APPLIED TO AVOCADO TREES

R. McNeil<sup>1</sup>, D. Medders<sup>1</sup>, and R. Guzman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Cal Poly State University. Horticulture and Crop Science Department.**  
**San Luis Obispo, CA, USA 93407. E-mail: [rmcneil@calpoly.edu](mailto:rmcneil@calpoly.edu)**

### ABSTRACT

Six freezing protectant products were sprayed at maximum label rates on one year old Hass avocado trees. Control trees were sprayed with water. Treatments were applied three times at monthly intervals, December 20, January 20, and February 20. Products tested were Copper Count-N®, Champ®, Frost Guard®, Frost Shield®, Anti Stress 550®, and Insulate®. Trees experienced one night of damaging temperatures with a duration of five and one-half hours at or below 1.1°C (30°F) and a minimum temperature of 2.3°C (27.9°F) on January 4. All of the products tested provided some level of freezing protection to mature leaves as compared to water-treated control trees, however there was no statistical difference between products.

### INTRODUCTION

A number of chemical freezing protectant products have been advertised in recent years. Some are claiming to work as bactericide ice-nucleation inhibitors, some as anti-transpirants. This study tested the effectiveness of six products sold for freezing protection.

### MATERIALS AND METHODS

Six freezing protectant products were sprayed at maximum label rates on one year old Hass avocado trees in order to test and compare their effectiveness. Control trees were sprayed with deionized water. Treatments were applied three times at monthly intervals, December 20, January 20, and February 20. The products tested were Copper Count-N®, Champ®, Frostguard®, Frost Shield®, Anti Stress 550®, and Insulate®. Rates were 3.43 qt, 8 qt, 18 qt, 8 qt, 8 qt, and 4 qt, respectively, diluted in 300 gal of water which was the equivalent rate per acre for mature trees. Copper Count-N and Champ are bactericide anti-ice nucleators containing copper compounds. Frost Shield, Anti Stress 550, and Insulate are anti-transpirants. Frost Guard has secret ingredients.



Two separate orchard areas were treated, one with additional freezing protection by a wind machine and the other with no wind machine. The experimental design for each orchard area was a randomized complete block with seven replications.

Mature Hass avocado leaves freeze at 1.1°C (30°F) (McNeil, 2001). Freezing temperatures and subsequent leaf damage occurred on January 4, which was two weeks after the first treatment. The wind machine protected area experienced two hours at or below 1.1°C (30 °F) with a minimum temperature of 1.2°C (29 °F), while the area without a wind machine experienced five and one-half hours at or below 1.1°C (30 °F) with a minimum temperature of 2.3°C (27.9 °F).

One hundred mature leaves per tree were rated as to any freezing damage, slight damage (1-33%), moderate damage (33-66%), or severe damage (66-100%).

## RESULTS AND DISCUSSION

All six freezing protectant products consistently reduced freezing damage of mature leaves below that of the water treated control trees except in one instance for all four categories of leaf freezing damage evaluated in both orchard areas, that with and that without a wind machine (Tables 1 through 4). Damage was reduced by approximately half for some of the treatments as compared to control trees. Data for four products (Anti Stress, Copper Count-N, Insulate, Champ) was statistically lower than the control slightly damaged leaves (Table 2) and for all six products (including Frost Guard and Frost Shield) for moderately damaged leaves (Table 3). Data was not statistically different between products.

## CONCLUSION

All of the freezing protectant products tested appeared to be able to provide some level of freezing protection to mature leaves of Hass avocado trees as compared to water treated control trees. Further tests are recommended to compare these products with each other before any one might be recommended over any other since statistical differences between products were not observed in this study.

## REFERENCES

- ANONYMOUS. 1993. California Avocado Society. Handbook for California Avocado Growers. Pp. 2-4.
- GERBER, J.F. 1970. Crop Protection by Heating, Wind Machines, and Overhead Irrigation. HortScience 5: 430-431.
- WEISER, C.J. 1970. Cold Resistance and Acclimation in Woody Plants. HortScience 5:403-410.
- MCNEIL, ROBERT J. 2001. California Avocado Production. Horticulture and Crop Science Dept., Cal Poly State University, San Luis Obispo, CA 93407

**Table 1**

Comparison of chemical freeze protectants as to any damage to avocado leaves

<b>Mean % of Leaves with Damage*</b>			
<b>Avocado Block #1 (with wind machines)</b>		<b>Avocado Block #2 (without wind machines)</b>	
Treatment	Percent	Treatment	Percent
Water	18.7	Water	40.8
Anti-Stress	15.9	Frost-Guard	30.5
Insulate	13.7	Frost-Shield	29.4
Frost-Guard	11.9	Anti-Stress	29.3
Copper Count-N	11.8	Insulate	28.5
Frost-Shield	11.2	Copper Count-N	24.4
Champ	8.3	Champ	21.3

\*no significant differences by analysis of variance

**Table 2**

Comparison of chemical freeze protectants as to slight (1-33%) damage to avocado leaves

<b>Means % of Leaves with Damage*</b>			
<b>Avocado Block #1 (with wind machines)</b>		<b>Avocado Block #2 (without wind machines)</b>	
Treatment	Percent	Treatment	Percent
Water	4.1 a	Water	14.4 a
Insulate	3.7 a	Frost-Guard	11.3 ab
Frost-Guard	3.7 a	Frost-Shield	10.8 ab
Copper Count-N	3.1 a	Anti-Stress	10.0 b
Anti-Stress	3.0 a	Insulate	9.9 b
Champ	2.9 a	Copper Count-N	9.6 b
Frost Shield	2.7 a	Champ	7.5 b

\* means not followed by the same letter are significantly different at the 5% level, Duncan's Multiple Range test



## AVOCADO PLANTING SYSTEMS

B. Faber<sup>1</sup>, G. Thorp<sup>2</sup> and A. Barnett<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of California Cooperative Extension, Ventura Co, 669 County Square Dr., Ventura, CA, USA. E-mail: [bafaber@ucdavis.edu](mailto:bafaber@ucdavis.edu)

<sup>2</sup>HortResearch, Mt. Albert Research Centre, 120 Mt. Albert Rd., Private Bag 92 169, Auckland, NZ. E-mail: [gthorp@hort.cri.nz](mailto:gthorp@hort.cri.nz)

### ABSTRACT

In many countries around the world recommendations are made for planting large, one meter by one meter by one meter holes that are backfilled with a mixture of native soil and 25% by volume of organic planting material. Aside from being expensive, this is very labor intensive. Trials were established in New Zealand on a well drained sandy loam, *Phytophthora*-free soil with seedling rootstocks and in California on a clay loam, infested with root rot using clonal rootstocks. 'Hass' scions were used. Trees were planted into large holes (1.5 X 0.8 X 0.6 m) with or without 25% well rotted compost planting mix or small holes (0.3 m wide and 0.45 m deep) with or without the organic planting mix. Trees were measured for stem girth, tree height and canopy dimension. After 20 months of growth in New Zealand and after 18 months growth in California there were no differences in tree dimensions with any of the combinations of hole size or backfill composition.

**Key Words:** *Phytophthora*, planting hole, soil amendment

### INTRODUCTION

In numerous publications world-wide, planting hole recommendations for avocado and other subtropical crops are made for large holes from 0.6 by 0.6 by 0.6 meters to 1 cubic meter. These recommendations also include incorporation of manures or composts comprising 25% by volume with the native soil (Donadio, 1987; Teixeira *et al.*, 1992; Anon, 2003; Solares, 1981; Anon, 1982; Choo, 2002; Galan Suco, 1987). The authors have noted the use of large holes and amendments in several countries, including New Zealand, Guatemala, Brazil, Costa Rica, Mexico and the United States.

The various reasons given for making these large holes are to disrupt any compaction or limiting soil layers and to create a more conducive environment for root growth. In the case of replanting deciduous orchards, it has been found to be beneficial in actually replacing the native soil in the hole with pathogen free soil (McKenry, 1996). In many cases, research has shown that holes much larger than the planting ball and using organic amendments can cause problems for many tree species (Whitcomb, 1979; Harris *et al*, 2004). Improper mixing of the organic amendment can cause anaerobic conditions and settling due to amendment decomposition. Soil that has not been properly firmed in the hole can also lead to plant settling and stems can drop below grade leading to crown rot (Harris *et al*, 2004).

Nonetheless, on the basis of recommendations made in many countries there could be some value in these planting practices, especially in the light of the effect organic matter has on avocado root rot. Numerous studies have shown organic matter suppresses the causal agent of root rot (Downer, 2001). This study evaluates the effect of hole size and amendments on avocado growth in an ideal environment with excellent soil conditions and in a more harsh one with heavy soil texture and the presence of the root rot pathogen.

## MATERIALS AND METHODS

On the north island of New Zealand at two sites in the Bay of Plenty, 20 trees each were planted to one of four treatments: a) small holes (30 x 45 cm) without amendment; b) small holes with 25% by volume compost; c) big holes (150 x 80 x 60 cm) without amendment and d) big holes with 25% by volume compost. Big holes were dug with a backhoe, while small holes were dug by shovel. Trees were approximately 0,65 m tall at planting. Soil was a deep sandy loam at both sites. Trees were irrigated by drip irrigation. Trees were 'Hass' on 'Zutano' seedling rootstock. Trees were planted the second week of spring 2000. Tree height, trunk caliper and canopy volume were measured on a monthly basis for eight months and then twice a year for the next year. In Carpinteria, California a similar trial was established using 'Hass' on 'Toro Canyon' rootstock. Trees were approximately 0.75 m tall at planting. The grove has a heavy clay loam soil and a history of root rot. The trees are on drip irrigation. The trees were planted summer 2001 and monitored for 18 months after planting.

## RESULTS AND DISCUSSION

Figures 1-3 show the results of the different planting treatments at three sites, two in New Zealand on ideal soils and one on the heavy soil infected with root rot in California. Only tree height is shown; trunk girth and canopy volume followed similar patterns. From planting onwards, there were no differences in tree growth in any of the treatments at any of the sites. This would lead one to the conclusion that there is no value in and great expense in making big holes and incorporating amendment. This is especially so in hillside situations where moving equipment and amendments on steep slopes would be very difficult.

The trees at the Carpinteria site, although infested with root rot, all looked good. The addition of organic matter in conjunction with the clonal rootstocks did not apparently provide any greater disease resistance. This is in accordance with work done by John Menge (1997) which shows that the greatest benefit derived from mulching are seedling rootstocks. The effect of mulch on disease suppression diminishes with the rootstocks resistance to root rot.

## REFERENCES

- ANONYMOUS. 1982. El cultivo del aguacate. 2<sup>nd</sup> ed. Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia, Programa de Desarrollo y Diversificacion de Zonas Cafeteras. p.23.
- ANONYMOUS. 2003. National Dept of Ag in South Africa <http://www.nda.agric.za>
- CHOO, W.K. 2000. Longan production in Asia. FAO RAP Pub: 2000/20. Rome, Italy. p.126
- DONADIO, L.C. 1987. Present status of Brazilian avocado industry. Proceed. First World Avocado Cong. S. African Avocado Growers' Association Yearbook 1987. 10:82-85.
- DOWNER, A.J., J. A. MENGE, AND E. POND. 2001. Effects of cellulytic enzymes on *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology 91:839-846.
- HARRIS, R.W., J.R. CLARK AND N.P. MATHENY. 2004. Arboriculture. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. p.578.
- GALAN SAUCO, V. AND U.G. MENINI. 1987. Litchi cultivation. FAO PPP Paper: 83. Rome, Italy. p.94.
- GONCALVES TEIXEIRA, C., E. W. BLEINROTH, J. VIDIGAL DE CASTRO, Z.J. DE MARTIN, J.S. TANGÓ, J. MENEGALDO TURATTI, R.S.S. FERNANDES LEITE, AND A.E. BRITO GARCIA. 1992. Abacate: cultura, material-prima, processamento e aspectos economicos. 2<sup>nd</sup> Ed. ITAL-Campinas. p. 250.
- MCKENRY, M.V. AND T. BUZO. GROWTH BENEFIT OF ADDING "VIRGIN SOIL" WHEN REPLANTING AN ORCHARD. PROCEEDINGS, AG FRESNO, NOVEMBER 1996. Proceedings, Ag Fresno, November 1996.
- MENGE, J.A. 1997. Biocontrol of Phytophthora root rot of avocado with mulch and biocontrol agents. Proceed. Calif Avo Research Symposium. Riverside, CA.
- RODRIGUEZ SUPPO, F. 1992. El Aguacate.. Edf. AGT, Mexico. p.167
- SOLARES, M. 1981. Tecnicas y practicas en el cultivo del aguacate.. 3rd ed. Mexico: Editores Mexicanos Unidos. p. 226.
- WHITCOMB, C.E. 1979. Amendments and tree establishment. J. Arboriculture. 5(10): 217-19.

Figure 1. Tree height at site 1 in New Zealand 20 months after planting. No differences were found at the 5% level of significance.

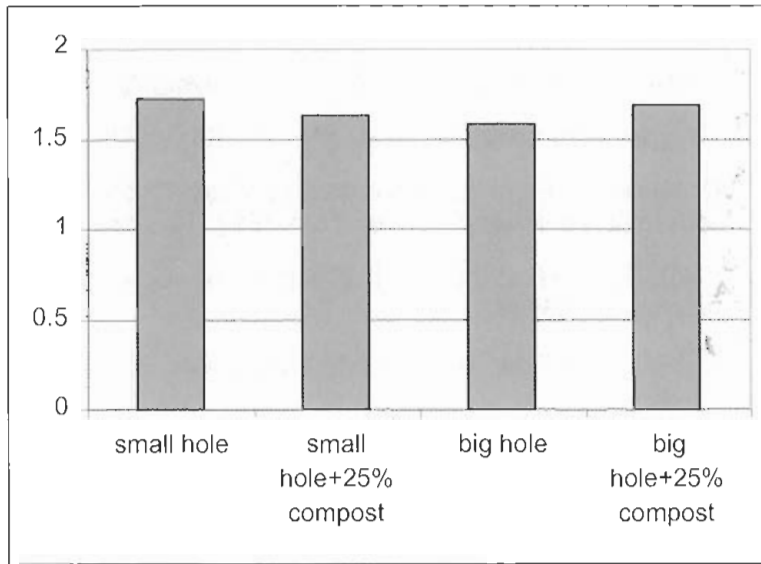


Figure 2. Tree height at site 2 in New Zealand 20 months after planting. No differences were found at the 5% level of significance.

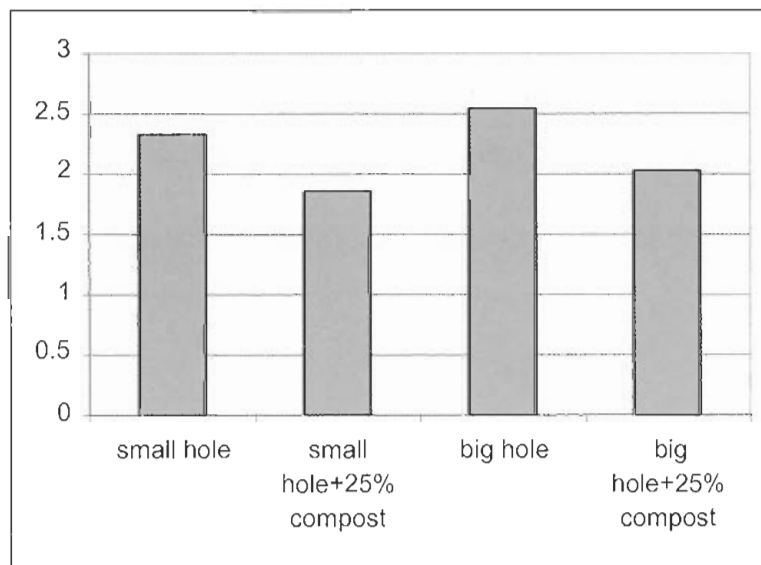
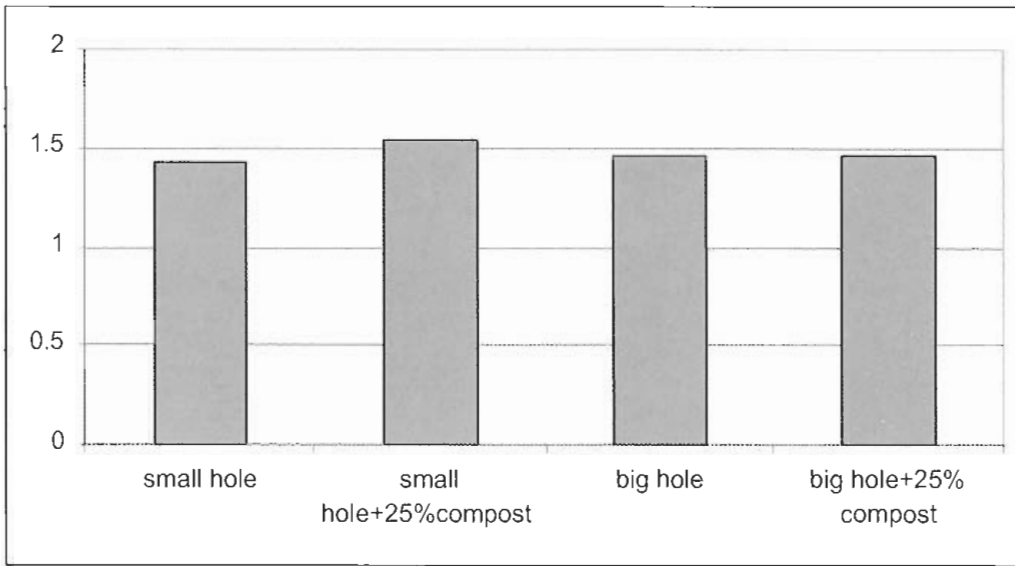


Figure 3. Tree height in California 18 months after planting. No differences were found at the 5% level of significance.







# ANÁLISIS DE FACTORES DE ADOPCIÓN DE INNOVACIONES QUE FAVORECEN LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL EN EXPLOTACIONES DE AGUACATE DEL LITORAL MEDITERRANEO ESPAÑOL

S. Sayadi<sup>1</sup>, J. Calatrava Requena<sup>1</sup> y E. Guirado Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Depto. Economía Agraria. CIFA. Apdo. 2027. 18080 Granada.  
Correo electrónico: [ssayadi@arrakis.es](mailto:ssayadi@arrakis.es)

<sup>2</sup> Estación Experimental "La Mayora". 29750 Algarrobo Costa. Málaga. España.

## RESUMEN

El aguacate comienza a extenderse en el área meridional del litoral mediterráneo español a partir de los años setenta, siendo actualmente el cultivo tropical territorialmente más importante, ocupando una superficie de 7.358 Has (Junta de Andalucía, 2000), con una producción media anual próxima a 50.000 Tm.

En los últimos años, se han adoptado diversas innovaciones tecnológicas en el cultivo del aguacate, algunas de las cuales favorecen la sustentabilidad ambiental del cultivo. Entre las prácticas adoptadas con impacto positivo sobre el medioambiente se han identificado las siguientes: varias técnicas de no laboreo o laboreo de conservación sin uso o con uso reducido de pesticidas, poda de floración, uso de desbrozadora, la práctica del mulching y los sistemas de producción ecológica y integral.

El Proyecto INIA SC99-061 trata entre sus objetivos de analizar los factores que determinan la adopción de prácticas que favorecen la sustentabilidad ambiental de diversos sistemas agrarios, entre ellos la fruticultura tropical.

En este trabajo, que se enmarca dentro del contexto del mencionado Proyecto, se describen los resultados de un sondeo a explotaciones de aguacate localizadas en la costa sur-oriental de la península ibérica, concretamente en las provincias de Granada y Málaga, para analizar su situación respecto a la adopción de innovaciones tecnológicas que favorecen el medioambiente. Se intentan identificar los factores que inducen a la adopción de dichas innovaciones en aguacate, tanto por lo que se refiere a características y actitudes del fruticultor como de su explotación. Para ello se ha optado por la utilización de un índice agregado de innovación, y, dada su naturaleza de vari-

able discreta, se ha utilizado un modelo Probit multinomial ordenado para identificar los factores y analizar la significación de su influencia sobre la adopción. Finalmente, se ofrecen algunas conclusiones que permiten diseñar estrategias futuras para fomentar la adopción de innovaciones positivas para el medioambiente en el cultivo de aguacate en la costa tropical española.

**Palabras Clave:** Aguacate, sustentabilidad ambiental, adopción de innovaciones tecnológicas.

## INTRODUCCION

Las plantaciones de frutales tropicales ocupan en Andalucía unas 12.500 Has, gran parte de ellas en formación, siendo actualmente el aguacate el primer frutal tropical seguido por el chirimoyo y, a distancia, el mango. El aguacate genera una producción final comprendida entre 60 y 65 millones de a precios percibidos por los agricultores, lo que supone prácticamente el 25% de la Producción Final Frutícola no cítrica de la región.

El aguacate en la costa sur-oriental de la península ibérica comienza a desarrollarse en los años setenta, pasando de 10 Has en 1970 a más de 2.000 Has en 1981 (Calatrava y López Nieto, 1981), ocupando en la actualidad 7.358 Has, con una producción media anual próxima a 50.000 Tm (Junta de Andalucía, 2000).

Las variedades actualmente plantadas (básicamente Hass, y en menor medida Fuerte, Bacon, etc.) así como las técnicas y prácticas culturales del cultivo, son fruto de adaptaciones tecnológicas del sector, desde el inicio de las plantaciones hasta la actualidad, intentando responder a cuestiones de rentabilidad, por una parte, y por otra a un mercado cada vez más exigente en cuanto a la calidad y el menor daño medioambiental.

A pesar que existen estudios que abordan, entre otros, la estructura y problemática de las empresas de aguacate en los litorales de Málaga y Granada (Calatrava y González, 1993), así como aspectos técnico-económicos de dichas empresas, son muy escasos los que abordan el tema de los factores de adopción de innovaciones tecnológicas en aguacate en general, y en particular aquellas que favorecen el medioambiente y la sustentabilidad del cultivo. En este sentido, Calatrava y Sayadi (2002), en el contexto del proyecto INIA SC-99-061, analizan a partir de entrevistas a 100 cultivadores de mango una serie de tecnologías relacionadas con la sustentabilidad ambiental, así como los factores que determinan o no su adopción. En el presente trabajo se lleva a cabo, en el contexto del mismo proyecto, un análisis similar, utilizando 246 entrevistas a explotaciones de aguacate. En esta comunicación se pretende, en primer lugar, identificar las innovaciones tecnológicas en aguacate, que pueden tener algún impacto positivo sobre el medio ambiente. Posteriormente, determinar y analizar los factores relacionados con las características de los fruticultores y de sus explotaciones, que favorecen la adopción de estas prácticas de efectos positivos para el medioambiente. El análisis de adopción que aquí se presenta es global, en el sentido de que se trabajará con un índice de adopción de las tecnologías consideradas en su conjunto. El análisis de la adopción de las tecnologías consideradas individualmente se realizará posteriormente en el contexto de los trabajos del mencionado proyecto. Finalmente, se ofrecen una serie de conclusiones al respecto que permiten diseñar estrategias para generalizar la adopción de las prácticas de cultivo consideradas y favorecer la sustentabilidad ambiental del cultivo en el litoral mediterráneo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de una encuesta a 246 cultivadores de aguacate realizada entre enero y abril de 2002, en la costa subtropical del sudeste español, se ha obtenido información sobre una serie de tecnologías relacionadas con la sustentabilidad ambiental y sobre diversas características de la explotación y del empresario. El cuestionario se ha estructurado en tres grandes bloques: en el primero se solicita información general sobre las características de la explotación (superficie, número de árboles de tropicales, especies existentes, etc.); en el segundo bloque se intenta evaluar el grado de adopción de algunas innovaciones tecnológicas que afectan positivamente al medioambiente, previamente identificadas y en el último bloque, se pretende conocer las características socio-demográficas de cada entrevistado (edad, nivel de instrucción, formación agraria, dedicación a la agricultura, etc.).

Tras un análisis de las distintas prácticas tecnológicas existentes en el cultivo, se ha identificado un cierto impacto sobre el medio ambiente en las siguientes:

- Técnicas de no laboreo o laboreo de conservación sin uso (o con uso reducido) de herbicidas
- Poda de floración: con añadido al suelo de los restos de poda
- Trituración de restos de la poda convencional, mezclándola con la tierra
- Desbrozadora, como alternativa total o parcial al uso de herbicidas
- Práctica del mulching, tanto en base a materiales plásticos, como, más recientemente, bagazo de caña de azúcar o cáscara de almendra.
- Sistema de producción no convencional (ecológica o integrada).

Los sistemas de riego por goteo, microaspersores, etc., a pesar de suponer un importante ahorro de agua respecto al sistema tradicional de riego a manta, no se han considerado como innovación en fase de adopción, por estar ya prácticamente generalizados como tecnología en las explotaciones de aguacate. Un análisis más detallado sobre innovación en el uso del agua, en las explotaciones de la zona puede verse en Calatrava y Sayadi, (2001).

Se ha considerado la adopción de cada una de las tecnologías anteriores en forma de variable binómica (adopción o no):  $\varepsilon_t$  para la tecnología  $t$ , y se ha definido un índice de innovación  $I_i$  de la siguiente forma:

$$I_i = \sum_{t=1}^6 \varepsilon_t$$

$i$  : 1, ..., 246 : Número de explotaciones

$t$  : 0, ..., 6: Número de tecnologías

$I_i$  : Índice de innovación tecnológica de la explotación  $i$

" $I_i$ " varía, por tanto, entre 0 y 6. Para identificar la estructura de relación de " $I_i$ " con variables ligadas a características del empresario y de la explotación, y como " $I_i$ " es una variable que no sigue una distribución normal, se ha ajustado un modelo Probit multinomial ordenado.

Para ello, " $I_i$ " se ha considerado como variable dependiente cualitativa tomando cuatro niveles codificándose de la siguiente manera:

- " $I_i \leq 2$ ": agricultor "Poco Innovador"
- " $I_i = 3$ ": agricultor "Algo Innovador"
- " $I_i = 4$ ": agricultor "Bastante Innovador"
- " $I_i \geq 5$ ": agricultor "Muy Innovador"

Las variables explicativas que se han considerado en la especificación del modelo han sido superficie de tropicales (SUP\_TROP); tipo de explotación distinguiendo entre las que poseen solamente aguacate o además otros tropicales (EXPL); rendimiento del aguacate (RTO\_AGUA); número de árboles de aguacate (NUM\_AGUA); pertenencia a alguna cooperativa u otra forma de agrupación (COOP); satisfacción por el sistema de comercialización (SATISFAC); tipo de dedicación a la actividad agraria (DEDICACI); auto-evaluación en una escala de 0 – 9 de nivel de riesgo que se está dispuesto a asumir al adoptar innovaciones tecnológicas (RIESGO); años de dedicación a la actividad (DED); realización de viajes agrarios con visitas a otras zonas españolas o a otros países (VIAJES); asistencia a cursos de naturaleza agraria (CURSO); tenencia de libros sobre cultivos tropicales (LIBROS); edad (EDAD); nivel de formación agraria (FORMAGR); tipo de mano de obra utilizada en el proceso productivo (MOBR) y nivel de estudios (ESTUDIOS). Para evitar posibles efectos de multicolinealidad las variables SUP\_TROP y NUM\_AGUA, se considerarán alternativamente en el modelo.

En la tabla 1 se pueden ver dichas variables, así como los distintos niveles que toman aquellas que tienen forma multinomial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 pueden verse las frecuencias muestrales de adopción para las innovaciones con efecto medioambiental positivo consideradas. Vemos que, en general existe un nivel elevado de conocimiento de dichas innovaciones, salvo para el "mulching" y para las formas de producción ecológicas e integrada, particularmente para esta última, donde el desconocimiento es muy elevado. Dicha constatación coincide con los resultados obtenidos a partir del análisis de innovaciones tecnológicas en explotaciones de mango (Calatrava y Sayadi, 2002). Podría afirmarse pues el desconocimiento generalizado de estas innovaciones en fruticultura tropical en la costa sur-oriental de la península ibérica.

En la figura 1 se incluye la distribución de frecuencias muestrales del índice de innovación  $I_i$  que se ha convertido mediante estratificación, en una variable multinomial, como se indicaba en la metodología.

En la tabla 3 se incluyen los resultados de la estimación final del modelo Probit cuya especificación se detalla en la metodología, tras eliminar las siguientes variables que han resultado no ser significativas ( $P \leq 0.95$ ):

- Superficie de tropicales
- Número de árboles de aguacate
- Rendimiento del aguacate (Kg./árbol)
- Satisfacción por el sistema de comercialización
- Dedicación total o parcial a la agricultura

- Realización de viajes agrarios con visitas a otras zonas españolas o a otros países
- Lectura habitual de libros técnicos sobre frutos tropicales
- Nivel de formación agraria
- Nivel de estudios

Sorprende la no significación de la relación con  $I_i$  en el caso de algunas de estas variables que habitualmente suelen ser explicativas en los estudios de adopción de innovaciones agrarias, pero ello se explica por determinadas peculiaridades del sector frutícola tropical español, así por ejemplo, por lo que se refiere a la dedicación a la agricultura, hay que aclarar que la dedicación parcial incluye a muchos empresarios de sectores no agrarios que invierten beneficios excedentes de sus actividades (construcción, determinadas profesiones liberales de alto nivel de ingresos, etc.) en fruticultura creando explotaciones agrarias modernas con cierta frecuencia gestionadas o asesoradas por un técnico, que suelen presentar alto nivel de adopción tecnológica en contraposición a la pequeña empresa familiar (Calatrava y González, 1995).

Por lo que se refiere a las variables cuya relación con  $I_i$  es significativa, el tipo de explotación presenta una relación directa ( $P = 0,0215$ ) con  $I_i$  en el sentido de que las explotaciones que tienen solamente plantaciones de aguacate presentan mayor índice de innovación que las que tienen, además del aguacate, otras especies de tropicales. Asimismo, los empresarios miembros de alguna agrupación agraria (cooperativa, SAT, etc.) innovan más en las tecnologías consideradas ( $P = 0,0142$ ) sin duda por el asesoramiento que reciben de técnicos de la asociación. Existe también una relación directa, y en cierta forma lógica, entre la autovaloración del nivel de asunción de riesgo por parte del agricultor y la adopción de innovaciones en su explotación ( $P = 0,0196$ ).

La asistencia a cursos agrarios está directamente relacionada con la innovación, siendo dicha relación muy significativa ( $P = 0,0031$ ), en el sentido de que los participantes en cursos de formación agraria son más innovadores que los que habitualmente no asisten a dichos cursos. La asistencia a cursos está, lógicamente, relacionada con el nivel de conocimiento de la tecnología. Paradójicamente el nivel general de estudios no influye sobre el grado de innovación del agricultor, como se ha comentado anteriormente. Probablemente los agricultores que asisten con cierta frecuencia a cursos de formación agraria en temas relacionados con la fruticultura tropical están más concienciados con el tema ambiental y con las innovaciones en el sector. Por otra parte, también es posible que, en algunos casos, asistan a cursos para poder conseguir las ayudas y subvenciones que lleva implícita dicha asistencia y, estas ayudas impliquen modernización de sus explotaciones, por lo que suelen adoptar nuevas prácticas para conseguir este fin.

Respecto a las variables multinomiales incluidas como independientes en el modelo (tipo de explotación según mano de obra, edad del empresario y años de dedicación a la actividad agraria) que han resultado significativas para explicar  $I_i$ , se han realizado los ajustes correspondientes cambiando el nivel de referencia y los resultados en cuanto a nivel de significación pueden verse en la tabla 4 (a, b y c). Por lo que se refiere al tipo de mano de obra utilizada en el proceso productivo, se deduce de dicha tabla que los titulares de explotaciones de carácter más empresarial (nivel 4: empleo de mano de obra asalariada fija) son significativamente más innovadores ( $\alpha \geq 0,001$ ), en cuanto a las tecnologías consideradas que los de las explotaciones que usan mano de obra solamente familiar o familiar y/o asalariada eventual (niveles 1 y 2). No se ha detectado sin embargo diferencia significativa ( $\alpha \leq 0,05$ ) entre las explotaciones que utilizan solamente mano de obra eventual y el resto de las explotaciones de tipo familiar. En cuanto a la edad, podemos afirmar que los empresarios con edades menores de 35 años introducen más en su explotación las innovaciones consideradas que los que tienen edades mayores. Asimismo, los empresarios incorpora-

dos a la agricultura en los últimos diez años introducen más en su explotación las innovaciones consideradas que los que ya eran agricultores entonces. Esta variable pudiera, en principio, explicar gran parte de la varianza de  $I_i$  explicada también por la edad, sin embargo no es así en un sector como el subtropical en el que es frecuente la incorporación de personas de fuera del sector agrario que invierten en innovaciones con capital extra-agrario.

En la tabla 5 puede verse esquemáticamente la significación de las distintas variables consideradas.

Con el modelo Probit estimado, además de identificar los factores que influyen en la adopción, se puede calcular la probabilidad de un determinado individuo y explotación, de tener un cierto nivel de adopción.

Así, por ejemplo, un fruticultor de 35 años de edad, dedicado a la agricultura desde hace 5 años, socio de alguna agrupación agraria, que suele asistir a cursos de formación, que se autoevalúa como una persona arriesgada en cuanto a adoptar innovaciones y que tiene una explotación de tipo empresarial plantada solamente de aguacate, tendría, como se puede ver a continuación, una probabilidad de 0,97991 de ser muy innovador ( $I_i \geq 5$ ):

**Fruticultor muy innovador:**

P (poco innovador) =	0,00001
P (algo innovador) =	0,00098
P (bastante innovador)=	0,01913
P (muy innovador)=	0,97991

Mientras que un fruticultor de 65 años de edad, que siempre ha sido agricultor, no socio de alguna agrupación agraria, que no suele asistir a cursos de formación agraria, que tiene un nivel bajo de asunción de riesgo y cuya explotación es de tipo familiar plantada de algunos árboles de aguacate y otros tropicales, tendría las siguientes probabilidades en cuanto a adopción de nuevas tecnologías:

**Fruticultor poco innovador:**

P (poco innovador) =	0,92624
P (algo innovador) =	0,06847
P (bastante innovador)=	0,00512
P (muy innovador)=	0,00015

## CONCLUSIONES

- La adopción de tecnologías con efectos medioambientales positivos, presenta, en el cultivo del aguacate en España, relación con determinadas características de la explotación y del empresario.
- El asociacionismo influye favorablemente en el carácter innovador del agricultor.

- Cuanto mayor es el nivel de asunción de riesgo por parte del fruticultor, mayor es su grado de adopción de innovaciones.
- El carácter empresarial de la explotación determina asimismo mayores índices de adopción de tecnologías medioambientalmente favorables que en el caso de explotaciones de carácter familiar.
- La asistencia a cursos sobre técnicas agrarias aumenta el índice de adopción
- Los jóvenes empresarios menores de 35 años y los recién incorporados a la actividad agraria son los que mayor índice de adopción presentan para las tecnologías estudiadas.
- Ni el nivel de estudios, ni las visitas de carácter técnico, ni la dedicación parcial o total a la agricultura, influyen en la adopción de las prácticas agrarias.
- No se ha detectado efecto de escala en la adopción de las prácticas de cultivo consideradas en explotaciones de aguacate.

Para favorecer la adopción, entre los cultivadores de aguacate, de prácticas favorables al medioambiente, la estrategia habría de pasar por fomentar el cooperativismo dentro del sector y el rejuvenecimiento de los fruticultores, mediante programas de jubilación anticipada e incorporación de jóvenes a la actividad, que se incorporen a explotaciones con carácter empresarial. Además, la ejecución de programas de formación para dar a conocer las técnicas estudiadas y su uso, tendría un claro impacto en su adopción.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA:

CALATRAVA R. J Y GONZÁLEZ R. M. C. 1993. Las empresas productoras de frutas tropicales en el litoral mediterráneo: algunos aspectos de su estructura y problemática. DESA. Documento de trabajo nº 40. P. 45.

CALATRAVA REQUENA, J. Y LÓPEZ NIETO, J. 1981. Estructura de la oferta de aguacate en la Costa Mediterránea de Andalucía: Situación actual y previsiones futuras. Ponencia presentada a la VIII Semana Verde de la Costa del Sol. INIA. DESA. Documento de trabajo nº8.

CALATRAVA, L. J. Y SAYADI, S. 2001. Actitudes en el uso del agua en la fruticultura Tropical del sudeste español. IV Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria (A.E.E.A) 'Economía Agraria y Recursos Naturales: Nuevos Enfoques y Perspectivas'. Pamplona. Septiembre. (España)

CALATRAVA, R. J. Y SAYADI, S. 2002. Increasing environmental sustainability in spanish mango orchards: an analysis of technical innovations adoption. 7th International Mango Symposium. Septiembre. Recife, Pernambuco State, octubre. (Brazil).

JUNTA DE ANDALUCÍA (2000). Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía de 1998. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.



## TABLAS

Tabla 1: Definición de las variables independientes del modelo Probit ordenado

Variables	Descripción
Constante	Término constante
SUP_TROP	Superficie total de tropicales en la explotación (Has)
EXPL	"1" si es explotación plantada solamente de aguacate, "0" si no
RTO_AGUA	Rendimiento de aguacate (Kg.)
NUM_AGUA	Número de árboles de aguacate dentro de la explotación
COOP	"1" es miembro de una cooperativa, "0" si no
SATISFAC	Satisfacción por el sistema de comercialización
DEDICACI	"1" si dedicación a la agricultura es total y exclusiva, "0" si no
RIESGO	Valoración escalar del nivel de riesgo de los agricultores entre 0 y 9
DED1	"1" si dedicación a la actividad agraria es menos de 5 años, "0" si no
DED2	"1" si es entre 5 y 10 años, "0" si no
DED3	"1" si es hace más de 10 años, "0" si no
DED4	"1" si ha sido siempre agricultor, "0" si no
VIAJES	"1" si ha realizado algún viaje con visitas agrarias a otras zonas españolas o a otros países, "0" si no
CURSO	"1" si el agricultor ha asistido a algún curso de formación agraria, "0" si no
LIBROS	"1" si dispone de libros sobre tropicales en su casa, "0" si no
EDADO	"1" si edad $\leq$ 35 años, "0" si no
EDAD1	"1" si edad es entre 35 y 45 años, "0" si no
EDAD2	"1" si edad es entre 45 y 55 años, "0" si no
EDAD3	"1" si edad es entre $\geq$ 55 años, "0" si no
FORMAGR	"1" si tiene algún tipo de formación agraria reglada, "0" si no
MOBR1	"1" si sólo mano de obra familiar, "0" si no
MOBR 2	"1" si mano de obra familiar y asalariada eventual, "0" si no
MOBR 3	"1" si sólo mano de obra asalariada eventual, "0" si no
MOBR 4	"1" si mano de obra asalariada fija y eventual, "0" si no
ESTUDIOS1	"1" si sin estudios, "0" si no
ESTUDIOS2	"1" si estudios primarios, "0" si no
ESTUDIOS3	"1" si estudios secundarios (bachillerato, FP, etc.) "0" si no
ESTUDIOS4	"1" si estudios superiores (universidad), "0" si no

Tabla 2: Frecuencias muestrales de las tecnologías consideradas (Nº explotaciones; %)

	Innovaciones tecnológicas que favorecen el medioambiente					
	I	II	III	IV	V	VI
Adoptan	8,94	65,86	21,14	36,59	14,63	3,25
No adoptan y conocen	61,99	19,51	69,11	58,13	23,99	47,36
No adoptan y desconocen	29,07	14,63	9,75	5,28	61,38	49,39
100%	100	100	100	100	100	100

I. No uso de herbicidas en no laboreo o laboreo de conservación II. Poda de floración. III. Trituración de restos de la poda; IV. Uso de Desbrozadora; V. Mulching; VI. Formas de agricultura ecológica o integrada.

Tabla 3: Resultados del modelo Probit multinomial

Variable	Coficiente	T	P
Constante	0,138633	0,301	0,7638
EXPL	0,481100	2,298	0,0215
COOP	0,438723	2,451	0,0142
RIESGO	0,107887	2,334	0,0196
CURSO	0,826135	2,959	0,0031
EDAD2 <sup>(1)</sup>	-0,684758	-2,752	0,0059
EDAD3	-0,617698	-2,630	0,0085
EDAD4	-0,673885	-2,938	0,0033
MOBRA1 <sup>(2)</sup>	-0,717252	-3,085	0,0020
MOBRA2	-0,712391	-3,214	0,0013
MOBRA3	-0,614719	-1,682	0,0926
DED2 <sup>(3)</sup>	-0,531973	-1,732	0,0833
DED3	-0,556998	-2,696	0,0070
DED4	-0,941760	-3,076	0,0021

<sup>(1)</sup> Variable de referencia EDAD0 (fruticultor  $\leq$  35 años)

<sup>(2)</sup> Variable de referencia MOBRA4 (explotación con mano de obra asalariada fija)

<sup>(3)</sup> Variable de referencia DED1 (Dedicación a la actividad  $\leq$  5 años)

Logaritmo de verosimilitud sin restricciones: -219,0090

Logaritmo de verosimilitud restringido: -256,4933

Chi – cuadrado: 74,96863

Grados de libertad: 13

Nivel de significación del ajuste  $\alpha = 0.00000$

Porcentaje de clasificación correcta (PCC)= 60,16%

Tabla 4: Resultados de contrastes de significación entre niveles de las variables EDAD (a), MOBRA (b) y DED (c)

(a)

	EDAD4	EDAD3	EDAD2	EDAD1
EDAD1	** (+EDAD1)	** (+EDAD1)	** (+EDAD1)	-
EDAD2	N.S.	N.S.	-	
EDAD3	N.S.	-		
EDAD4	-			

(b)

	MOBR4	MOBR3	MOBR2	MOBR1
MOBR1	** (+MOBR4)	N.S.	N.S.	-
MOBR2	** (+MOBR4)	N.S.	-	
MOBR3	N.S.	-		
MOBR4	-			

(c)

	DED4	DED3	DED2	DED1
DED1	** (+EDAD1)	** (+EDAD1)	* (+EDAD1)	-
DED2	NS	N.S.	-	
DED3	N.S.	-		
DED4	-			

\* Diferencia significativa para  $\alpha \geq 0.05$ \*\* Diferencia significativa para  $\alpha \geq 0.001$ \*\*\* Diferencia significativa para  $\alpha \geq 0.0001$ N.S.: Diferencia no significativa  $\alpha \leq 0.05$

Tabla 5: Esquema de relación entre  $I_i$  y las variables inicialmente especificadas en el modelo

<u>Variable</u>	<u>Relación con <math>I_i</math></u>
- Edad del empresario	S ↓
- Años de dedicación a la agricultura	S ↓
- Nivel de asunción de riesgo	S ↑
- Carácter empresarial de la explotación	S ↑
- Asistencia a cursos sobre los temas relacionados con las tecnologías	S ↑
- Pertenencia a una cooperativa	S ↑
- Explotación con plantación de aguacate solamente	S ↑
- Superficie de tropicales en la explotación	N.S.
- N° de árboles de aguacate en la explotación	N.S.
- Nivel de estudios del empresario	N.S.
- Realización de viajes y visitas técnicas	N.S.
- Posesión de libros técnicos	N.S.
- Dedicación total o parcial a la agricultura	N.S.
- Satisfacción con el sistema de comercialización	N.S.

N.S.: No significativo

S. ↑ : Relación directa

S. ↓ : Relación indirecta

### Figuras

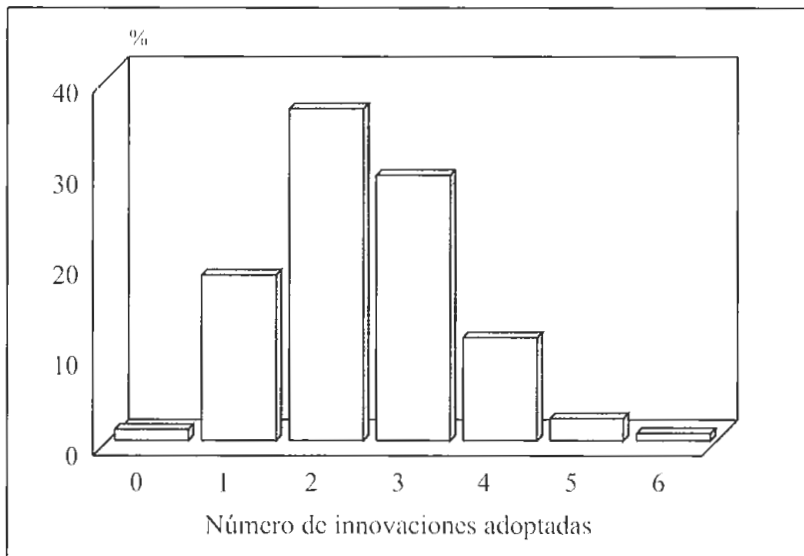


Figura 1: Distribución muestral del índice de innovación  $I_i$



## EVIDENCE FOR WIND-MEDIATED, SELF AND CROSS POLLINATION OF 'HASS' AVOCADO TREES GROWING IN MEDITERRANEAN ENVIRONMENTS

T.L. Davenport

University of Florida, IFAS, Tropical Research and Education Center, 18905 SW 280 St., Homestead, FL 33030, [tlav@mail.ifas.ufl.edu](mailto:tlav@mail.ifas.ufl.edu)

### SUMMARY

Pollination experiments were conducted during the 2001 flowering season on the Mexican-Guatemalan hybrid, 'Hass', avocado growing at two locations in southern California. Pollen deposition was observed on stigmas during floral stages 1 and 2 in flowers borne on trees that were either enclosed in net cages or were open pollinated in order to determine if self pollination occurs in this cultivar in a comparatively humid coastal area and in a dry, inland area. The orchards were provided with beehives to facilitate pollination by bees. Several complimentary, pollinizing cultivars were planted in the orchards but 'Zutano' trees were located closest to the 'Hass' rows. The seran netting used to make the cages was constructed with an open mesh to facilitate maximum airflow through the cages while preventing bee access to the flowers. The proportion of pollinated stage 1 and 2 flowers were determined and averaged over 8 and 10 days at the two locations. On average, the proportion of flowers being self pollinated within flowers in stage 2 at both the humid and dry locations was 18% regardless of whether the flowers were inside or outside cages. The mean proportion of flowers pollinated in stage 1 in trees at the humid location was about 3.5% both inside and outside the cages. The mean proportion of stage 1 flowers pollinated in trees at the dry location was about 4.5% inside cages and 7.4% outside the cages. The results of this single year of observation demonstrate that self pollination within flowers is a significant event in 'Hass' trees growing in a Mediterranean environment and that wind-borne pollen plays a dominant role in cross pollination of stage 1 flowers despite the large numbers of bees working in the bloom.

**Key Words:** self pollination, cross pollination, wind, bees

## INTRODUCTION

Avocados grown in south Florida are primarily self pollinated by pollen transfer within flowers during the stage 2 floral opening (Davenport, 1989; Davenport et al., 1994). There has also been reason to consider that wind may be an important vector for transfer of dispersed pollen to nearby flowers of complimentary cultivars during stage 1 floral openings (Davenport, 1998). Moreover, deposition of pollen from either the same or a different cultivar during stage 2 has been demonstrated to reach the egg apparatus by 48 hrs after pollination (Davenport, 1999).

In contrast, research results in Israel has led to the conclusion that cultivars grown in Mediterranean climates are not self pollinated due in large extent to the fact that stigmas are dry and no longer receptive to pollen during stage 2 floral openings or that conditions in pollinated styles do not facilitate pollen tube growth (Gazit and Degani, 2002). Bees or some other pollinator are, thus, required for pollen transfer to stage 1 flowers between complimentary cultivars. Gazit and Degani (2002) recently reviewed the subject of avocado pollination and concluded that the reported success of self pollination in Florida was due to the use of "tropical" cultivars in warm, humid climates whereas the floral behavior of cultivars containing Mexican race genes are better adapted to cool, dry Mediterranean conditions with little opportunity for self pollination and should be classified as "subtropical" cultivars. The objectives of this study during the 2001 avocado flowering season were to estimate the proportion of cross- vs. self-pollination of 'Hass' flowers in orchards located in either humid or dry Mediterranean climates of southern California through examination of pollen deposition times and to examine possible mobility of pollen in air as related to wind-mediated, cross- & self-pollination vs. bee pollination of flowers.

## MATERIALS AND METHODS

Two commercial orchards were chosen in Ventura County, California to represent humid and dry conditions respectively. Site 1 was located on the coastal plain near Oxnard, and Site 2 was located inland in the dry hills near Fillmore. Sixty beehives, half housing Italian and half housing New World Carniolan bees, were provided in the Site 1 orchard about 100 meters from the experimental trees. An unknown number of beehives were placed in the Site 2 orchard by the grower.

Four caged 'Hass' trees standing 6 to 8 ft high and their in-row partners were tagged for this experiment at each location. All trees were in a row located adjacent to the complimentary cultivar, 'Zutano', a "B" type cultivar. Cages (10 ft<sup>3</sup>) were constructed of 40 % LENO/LOCK shade cloth (Style #10419, TC Baycor) supported by 3/4 inch PVC pipe frames in order to completely cover the caged trees without touching the inflorescences. The size of the openings in the cloth matrix was 2x4 mm, which was sufficient to prevent honeybee penetration but large enough to allow unrestricted passage of wind and pollen, if present. Open seams in the corners of the cages were tightly sealed with duct tape and closely monitored for any possible entry of bees. None were ever found inside any cage at any time during the course of observations.

One to two hundred flowers were collected from 'Hass' trees at the end of stage 1 (female phase) and stage 2 (male phase) floral openings on the days of observation at each site to determine the amount of pollen deposition in each stage. Flowers were stored in a solution composed of 75% ethanol, 25% glacial acetic acid until they could be dissected. Styles were excised from the individual flowers and mounted in groups of 25 each on slides layered with a staining gel described by Davenport (1989). Stigmas were then observed directly under transmission light microscope for the presence or absence of germinated pollen. The results were averaged by floral stage, treatment tree, date, and location and subjected to ANOVA and Student's T test where appropriate.

The times of stages 1 and 2 floral openings and closings of 'Hass' flowers as well as dehiscence times and pollen release times of stage 2 flowers in 'Zutano' were also recorded to determine the incidence of overlap of floral openings that could result in close pollination and the possible availability of windborne pollen during 'Hass' stage 1. Self-pollination takes place only in stage 2 flowers that still have white stigmas at the time of pollen dispersal. The proportion of white stigmas were, thus, monitored each day by counting the number of white stigmas in each of three replicate counts of 100 flowers at the close of stages 1 and 2.

## RESULTS AND DISCUSSION

More than 20,000 flowers were collected at the ends of stages 1 and 2 inside and outside the cages at the two sites during the 2001 flowering season. Each flower was observed for the presence or absence of pollen, and the number of pollen grains on each stigma was tallied. The data collected across the span of the flowering season was averaged daily and reported as the percent of observed flowers that bore at least one pollen grain in each floral stage of inflorescences inside and outside of the cages at the humid Site 1 (Table 1) and the dry Site 2 (Table 2).

There appeared to be about the same amount of pollen deposition occurring in stage 2 (self pollination) both inside and outside the cages at both sites as what we have observed in cultivars growing in south Florida (Davenport et al., 1994). The range of stage 2 flowers being self-pollinated, thus, appeared to be about 10 to 35 %, averaging nearly 19% for the season in the two orchard sites (Tables 1 and 2). The proportion of white stigmas present for self-pollination in stage 2 (Table 3) was far greater than the proportion of self-pollination occurring in stage 2 (Tables 1 and 2).

The proportion of flower stigmas receiving pollen in stage 1 (cross pollination) averaged about 4 to 8 % depending on location. There was no consistent or significant difference in the amount of pollination in stage 1 inside vs. outside the bee-proof cages at the Site 1 orchard fortified with 60 hives of honeybees (Table 1). This result suggests that, although the bees were observed to be aggressively working the flowers, little pollen transfer was taking place. There was a significant difference in cross-pollination rates among trees inside vs. outside the cages at the Site 2 orchard, suggesting that bees may have been more affective at that location (Table 2). Seventy to 90 percent of the pollinated stigmas showed only one pollen grain when observed in either stage at either location (Figs 1 and 2). The remaining proportion was distributed among stigmas receiving 2 or more pollen grains. There were no meaningful differences in numbers of pollen grains per stigma between flowers inside or outside cages.

Clearly, bees did not contribute to stage 1 pollination inside the cages. The possibility that pollen was transported in the wind from complimentary stage 2 'Zutano' flowers to the stage 1 'Hass' best fits the observed pollination patterns. The amount of stage 1 pollination outside the cages was generally higher at Site 2 but not always. Thus, it is unclear from these few days of observation what the contribution of bees was to pollination in the open. Other sources of stage 1 pollination could come from overlap of floral openings within inflorescences allowing abiotic pollen transfer from stage 2 to stage 1 flowers. We observed few days of floral overlap during the study. Cool temperatures most often delayed both floral openings with no overlap. No overlap occurred on the observation days reported in Tables 1 and 2.

The range of apparent self-pollination rate observed inside and outside cages at the two locations was about 80 to 85% of the pollinated flowers for the season. These proportions are consistent with the findings of 60 to 80% self pollinated mature fruit observed by Kobayashi et al. (2000) and clearly demonstrate that successful self pollination by pollen transfer within flowers occurs in California 'Hass' avocados, hence the source of good production in large, solid block plantings.



## CONCLUSION

Results from the 2001 flowering season indicate the strong probability that self-pollination is a major component of fruit set in both humid and dry Mediterranean environments and that pollen can be transferred to Stage 1 flowers without honeybees. The only logical explanation for all of the observed results is that wind was the primary pollination vector for avocados at both locations. Wind currents could, thus, carry the pollen from complimentary, stage-2 'Zutano' flowers through the mesh of the cages to stage 1 'Hass' flowers inside as well as outside the cages. This is not to discount the importance of honeybees in pollination of avocado flowers; however, other factors clearly impact yield in California.

Observation of the caged trees in the 2001 California experiments revealed little fruit set in them compared to adjacent non-caged test trees, which set a good crop. Clearly the type and timing of pollen deposition was not the cause of lack of fruit set inside cages since all aspects of pollination were identical in both sets of trees. Other factors present during and after pollination was the apparent cause of lack of fruit set. The most logical explanation is temperature differences inside and outside the cages.

## Acknowledgements

The author wishes to thank Brad Meiners for technical assistance in the field, Juanita Sanchez for technical support analyzing flower samples, A. Elizabeth Fetscher for providing and maintaining beehives and recording temperature data, and Mary Lu Arpeia for her assistance in selecting avocado orchards best suited for conducting the experiments, and the owners of those orchards for their support of the research activities. This research was supported by the California Avocado Commission. Florida Agricultural Experiment Station Journal Series No. \_\_\_\_\_.

## REFERENCES

- DAVENPORT T L 1989 Pollen deposition on avocado stigmas in Southern Florida. *HortScience* 24:844-845.
- DAVENPORT TL 1998 What if there is no pollinator? *Subtropical Fruit News* 6:15-17.
- DAVENPORT TL 1999 A view from Florida on avocado pollination. In: ML Arpaia and R Hofshi (eds) *Proceedings of Avocado Brainstorming '99*. California Avocado Commission and College of Natural and Agricultural Sciences, University of California, Riverside, pp 101-104.
- DAVENPORT TL, PARNITZKI P, FRICKE S, HUGHES MS 1994 Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119:1200-1207.
- GAZIT S, DEGANI C. 2002 Reproductive Biology. In: Wiley T, Schafer B, Wolstenholme BN (eds) *The Avocado: Botany, Production, and Uses*. CABI Publishing, Wallingford Oxen, UK pp 101-133.
- KOBAYASHI M, LIN J-Z, DAVIS J, FRANCIS L, CLEGG MT 2000 Quantitative analysis of avocado out-crossing and yield in California using RAPD markers. *Scientia Horticulturae* 86:135-149.

**Table 1.** Pollination summary at Site 1 orchard.

Date	Daily Average % Pollination			
	Inside		Outside	
	Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2
4/18	4.98		3.41	
4/26	2.10	30.28	3.91	33.61
4/27		21.40		18.36
4/30	3.00	37.01	2.92	36.28
5/1	2.14		3.95	
5/2		13.77	1.85	15.18
5/3		17.68		14.76
5/4	4.79	11.77	6.30	17.00
Ave.	3.40	21.98	3.72	22.53
Corrected**		18.58		18.81

\* significantly different ( $P=.0506$ )

\*\* Pollen deposited in stage 1 are those derived from complimentary cultivars (cross pollination) or from within the same 'Hass' trees (close pollination), the latter of which was rare and did not occur on observation days. Stage 2 observations are the culmination of both stage 1 and 2 pollen depositions; therefore the stage 1 average was subtracted from the stage 2 average (Corrected stage 2 value) to estimate the proportion of stigmas pollinated in stage 2 (self pollination).

Table 3. Pollination summary at Site 2 orchard.

Date	Daily Average % Pollination			
	Inside		Outside	
	Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2
5/7	1.00		6.01	20.00
5/8	8.42	25.61	12.48	29.28
5/9	10.07	28.79	9.38	26.73
5/10	4.59	20.90	5.21	26.80
5/11	3.56	24.54	10.69	43.64
5/14	3.16	20.58	5.53	29.53
5/22	4.35	23.58	5.73	18.79
5/24	1.24	29.49	7.29	21.33
5/25		16.11		15.10
6/1	3.92	19.61	4.17	18.61
Ave.	4.48*	23.24	7.39*	24.98
Corrected**		18.76		17.59

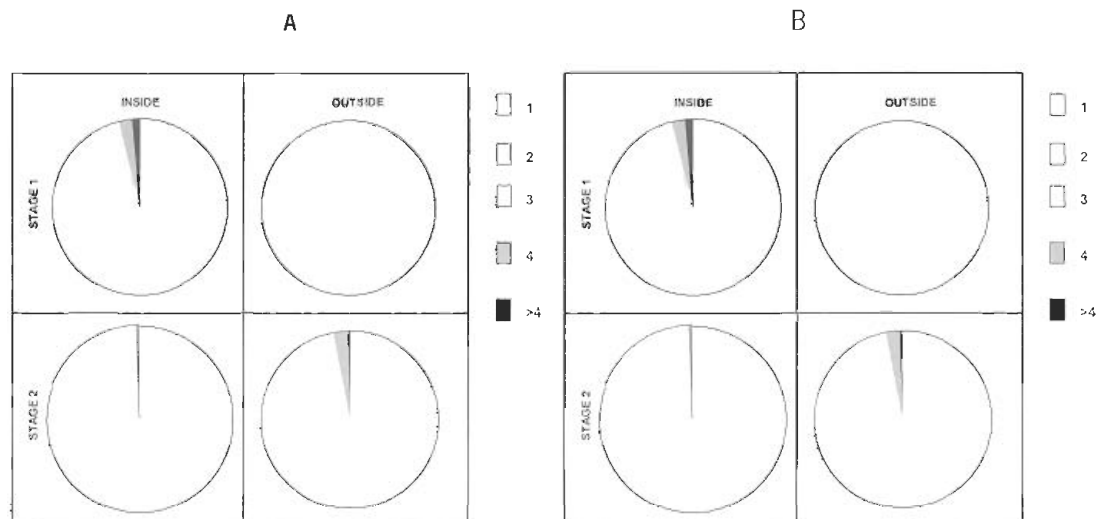
\* significantly different (P=.0506)

\*\* Pollen deposited in stage 1 are those derived from complimentary cultivars (cross pollination) or from within the same 'Hass' trees (close pollination), the latter of which was rare and did not occur on observation days. Stage 2 observations are the culmination of both stage 1 and 2 pollen depositions; therefore the stage 1 average was subtracted from the stage 2 average (Corrected stage 2 value) to estimate the proportion of stigmas pollinated in stage 2 (self pollination).

Table 3. Proportions of white stigmas at the close of stages 1 and 2.

Orchard	Stage 1 %	Stage 2 %
Humid Site 1	99	96
Dry Site 2	97	53

Figure 1. Proportion of number of pollen grains observed per pollinated stigma at Site 1 (A) and Site 2 (B).



## FLOWERING OF AVOCADO (*PERSEA AMERICANA* MILL.) AS INFLUENCED BY GIBBERELIC ACID TREATMENTS

A T Bruwer<sup>1</sup> and PJ Robbertse<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Merensky Technological Services. PO Box 14. Duivelskloof 0835. South Africa.  
E:mail: [thereseb@hansmerensky.co.za](mailto:thereseb@hansmerensky.co.za)*

<sup>2</sup>*Department of Plant Production and Soil Science. University of Pretoria. Pretoria 0002. South Africa.*

### SUMMARY

The effect of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) treatments on the reproductive development of 'Hass' avocado trees was investigated at macroscopic and microscopic level. GA<sub>3</sub> (50 or 250 mg/L) was applied to three-year-old trees as single or multiple foliar sprays. On untreated trees, bud swelling was observed in early autumn (April) and flowering occurred four to five months later in late winter/spring (August/September). However, at microscopic level, secondary inflorescence axis meristems were already present in buds of untreated trees in late summer (early March). Single GA<sub>3</sub> treatments applied in late summer (March) had no significant effect on flower development, but multiple GA<sub>3</sub> treatments applied from late summer through early winter (March-May) inhibited flower development for one season.

**Key Words:** Avocado, gibberellic acid, reproductive development.

### INTRODUCTION

Avocado trees are prone to heavy flowering and fruit set in some years, followed by a very small crop the following year. By reducing flowering during the 'on' year, the alternate bearing pattern may be alleviated. Gibberellins, a group of natural plant growth regulators, are involved in reproductive development which includes flower initiation, differentiation and all stages of the growth and

development of the embryo, seed and fruit (Pharis & King, 1985). Gibberellin application to satsuma mandarins (Iwahori & Oohata, 1981) and *Citrus sinensis* (Lord & Eckard, 1987) decreased flowering in the 'on' year following the application. According to Salazar-Garcia and Lovatt (2000), GA<sub>3</sub> sprays applied to avocado trees at early stages of inflorescence bud development, stimulated the production of vegetative shoots at the expense of inflorescences. Rossouw *et al.* (2000), observed varying reactions in potted avocado trees following GA<sub>3</sub> applications at different dates during the period of reproductive development. This study was undertaken to determine the stage of flower development at the time of GA<sub>3</sub> application and its effect on flowering.

## MATERIAL AND METHODS

The trial was conducted at Westfalia Estates (24°S latitude) in the Limpopo Province of South Africa.

**Gibberellic acid treatments.** Twenty three-year-old Hass trees on Duke 7 rootstock were treated with GA<sub>3</sub> (ProGibb® 4%, Abbott Laboratories). Treatments were applied as single (9/3) or multiple (9/3 + 7/4 + 13/5) foliar sprays at two concentrations (50 or 250 mg/L). Control trees were left untreated. Trees were evaluated from late summer (March) to early summer (October/November) for vegetative development on a scale of 1 - 5 (1 = unswollen vegetative bud, 5 = expanded flush) and for floral development on a scale of 6 - 10 (6 = swollen floral bud, 10 = expanded inflorescence). Buds at a developmental stage of 1-2 are referred to as swelling buds while a developmental stage of 6-7 is referred to as bud burst. Yield data were collected at harvest.

**Anatomical study.** Five terminal buds from each tree were collected every third week from March to May and every second week from June to August. Buds were fixed in FAA (5 formalin: 5 acetic acid: 90 ethanol solution, by volume) and dehydrated via sequential transfer through a series of aqueous ethanol solutions (70%, 96%, 100% ethanol), followed by a series of ethanol / xylene solutions (25%, 50%, 75%, 100% xylene) (Johansen, 1940). Paraffin wax was used for infiltration and embedding. Buds were sectioned with a rotary microtome at 12µm and stained with a safranin - fastgreen series. Sections were studied using a light microscope, and micrographs were taken with a Nikon DXM 1200 digital camera on a Nikon Optiphot microscope.

## RESULTS AND DISCUSSION

**Flower development on the tree.** Early in autumn (April), bud swelling was observed in the untreated control trees (Figure 1). By early July, bud burst had taken place and subsequent flowering was observed in late winter/early spring (August/September). Bud swelling on trees treated with a single GA<sub>3</sub> application (250 mg/L) in early March, was delayed by one month when compared to the untreated control trees. Although bud burst was also delayed by one month until late July/early August, the trees flowered at the same time as the control trees. Bud swelling on trees subjected to a multiple GA<sub>3</sub> treatment at the low concentration of 50 mg/L, was delayed until June. However from then on, bud development increased and by the end of July bud burst occurred, and anthesis (opening of flowers) started in August. GA<sub>3</sub> applied three times at the high concentration, almost completely inhibited flower development. Buds remained unswollen for the whole period (March - August) and then developed vegetative flushes in late September / October. However, the few flowers that did develop are reflected in figure 1.

Although time of flowering was not greatly affected by the GA<sub>3</sub> treatments, the intensity of flowering was reduced on the treated trees and this was reflected at harvest (data not shown). A 28% reduction in yield was obtained with a single treatment (50 mg/L), whereas a multiple GA<sub>3</sub> treatment (250 mg/L) showed an 87% reduction in yield compared to untreated control trees. The reduction in yield for the other two treatments (single treatment at 250 mg/L; multiple treatment at 50 mg/L) was 58% when compared to the untreated control trees. Similar results were obtained by Salazar-García and Lovatt (1998). They reported that GA<sub>3</sub> applied at an early stage of inflorescence development resulted in a reduced flower intensity due to the production of partially formed inflorescences, bearing fewer flowers.

**Anatomical study.** The avocado has a compound inflorescence system, consisting of alternately borne secondary axes on a primary axis, with tertiary flower-bearing axes borne on the secondary axes. In most cases the primary axis does not end in a flower and retains its terminal bud, producing a vegetative flush. Already in early March, secondary inflorescence axis meristems (the first signs of flower development) were observed as small axillary buds in the axils of the inner terminal bud bracts of bud sections studied under the microscope. These meristems developed during March - June forming the secondary axes of the inflorescence. By mid May the developing tertiary axes were visible under the microscope. The first developing flowers were observed by mid June and a month later the complete secondary axis with its flower buds could clearly be distinguished under the microscope. From then on, the individual flower parts developed and anthesis was in August / September.

When GA<sub>3</sub> (50 mg/L) was applied as a single treatment in March, the development of the secondary inflorescence axis meristems present in the buds, was slowed down for one month until May / June. With GA<sub>3</sub> applied once at the high concentration (250 mg/L) this development was slowed down until early July. However from then on, flower development was quite rapid, and flowering coincided with that of control trees. Similar results were obtained in a trial on small trees (Rossouw *et al.*, 2000) where single applications of GA<sub>3</sub> (50 and 250 mg/L) delayed bud swelling when applied in mid March and early April, compared to the untreated control trees. Flower development was almost completely inhibited on trees treated with a multiple GA<sub>3</sub> treatment at the high concentration as only a few flowers formed while the rest of the buds remained unchanged.

## CONCLUSIONS

It is evident from this study that flower development was delayed or reduced by GA<sub>3</sub> application depending on its timing. Due to the variation regarding the stage of flower development within an avocado tree's canopy, shoots differ in their response to GA<sub>3</sub> treatment. Multiple GA<sub>3</sub> applications to trees over a period of time thus affected a greater proportion of flower buds. As GA<sub>3</sub> sprays reduce flower intensity, they may be used to reduce flowering during the 'on' year, thereby alleviating the alternate bearing pattern of avocado trees.

## Acknowledgements

The South African Avocado Growers' Association and the Hans Merensky Foundation are thanked for their financial support.

## REFERENCES

IWAHORI S, OOHATA JT 1981. Control of flowering of Satsuma Mandarins (*Citrus unshiu* Marc.) with gibberellin. Proc. Int. Soc. Citriculture 1: 247-249

JOHANSEN DA 1940. Plant Microtechnique. McGraw – Hill, New York

LORD EM, ECKARD KJ 1987. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington navel orange). Alteration of developmental fate of flowering shoots after GA<sub>3</sub> treatment. Bot. Gaz. 148 (1): 17-22

PHARIS RD, KING RW 1985. Gibberellins and reproductive development in seed plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 36:517-568

ROSSOUW T, ROBBERTSE PJ, KREMER-KÖHNE S, KÖHNE JS 2000. Effect of gibberellic acid treatments on flowering of avocado. South African Avocado Growers' Association Yearbook 23: 43-45

SALAZAR-GARCÍA S, LOVATT C 1998. GA<sub>3</sub> application alters flower phenology of 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (5): 791-797

SALAZAR-GARCÍA S, LOVATT C 2000. Use of GA<sub>3</sub> to manipulate flowering and yield of 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125 (1): 25-30

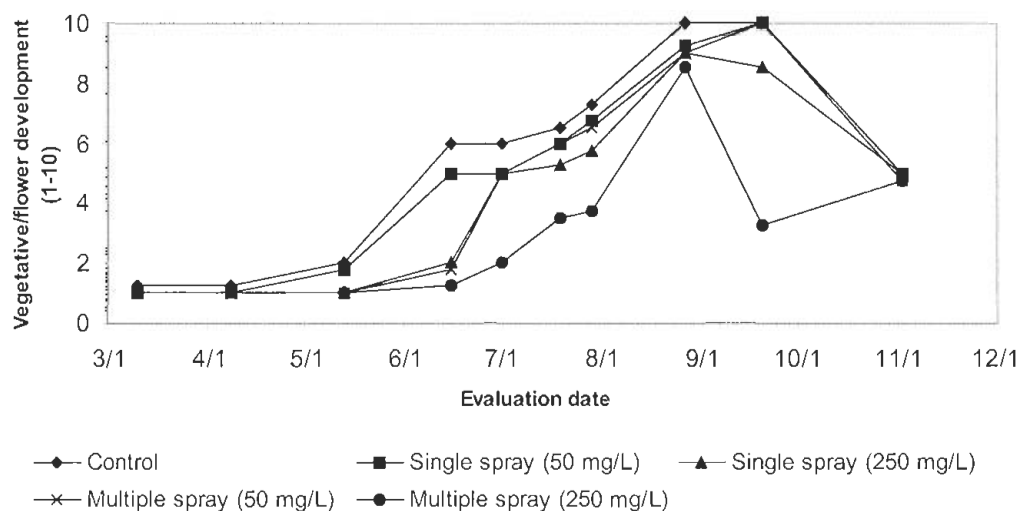


Figure 1. Vegetative and flower development of 'Hass' trees as affected by GA<sub>3</sub> treatments (1 = unswollen vegetative bud, 5 = expanded flush, 6 = swollen floral bud, 10 = expanded inflorescence).

## ANOMALÍAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DEL CICLO FLORAL DEL AGUACATE EN LA COSTA DE ALMERÍA.

C. Cabezas<sup>1</sup>, J.J Hueso<sup>2</sup> y J. Cuevas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Producción Vegetal. Universidad de Almería. 04120. Almería. España.  
Correo electrónico: [jcuevas@ual.es](mailto:jcuevas@ual.es)

<sup>2</sup> Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas'. Autovía del Mediterráneo, Km 419. El Ejido. 04710 Almería. España. Correo electrónico: [jhueso@cajamar.es](mailto:jhueso@cajamar.es)

### RESUMEN

El aguacate presenta un sofisticado mecanismo de polinización caracterizado por un ciclo floral en el que sus flores realizan dos aperturas, una primera en estado femenino y tras un cierre, otra en estado masculino. Durante observaciones en la Costa de Almería, hemos detectado notables anomalías en el ciclo floral de 'Hass' (tipo A) y sus potenciales polinizadores: 'Fuerte', 'Bacon' y 'Zutano' (tipo B). En los cultivares tipo B, especialmente en 'Zutano', numerosas flores cambiaron de fase sexual sin cierre intermedio. En 'Hass', la fase femenina se desarrolló ocasionalmente con una apertura incompleta de los tépalos. Más frecuentemente, 'Hass' mostró durante la fase masculina una desincronización entre la apertura de los tépalos y la dehiscencia de anteras. El segundo día de ciclo sólo se desplegaban varios tépalos y sus estambres correspondientes sufrían la dehiscencia. El resto permanecían inmaduros protegidos por sus tépalos. Esto provocaba una segunda apertura en estado masculino, en la que los restantes tépalos se desplegaban y los estambres completaban la dehiscencia de anteras. Por otra parte, numerosas flores no plegaban sus tépalos durante la noche y permanecían abiertas. La anomalía más frecuente fue la persistencia de un estigma aparentemente receptivo durante las primeras etapas de la fase masculina. Puntualmente se observaron nectarios que segregaban néctar en la fase femenina y estaminodios que alargaron la producción de néctar hasta la fase masculina. Por último, se han documentado anomalías morfológicas como conversión de tépalos en estambres, de estambres en nectarios y aparición de doble pistilo. Estas desviaciones del patrón habitual fueron observadas coincidiendo con las condiciones ambientales más frías.

**Palabras Clave:** ciclo floral, fases sexuales, tépalos, estigma, estambres, estaminodios, nectarios, aguacate.



## INTRODUCCIÓN

La superficie española de aguacate se ha incrementado en más de 1.000 hectáreas en la última década, alcanzándose actualmente 8.700 hectáreas (FAOstat, 2002). Este crecimiento demuestra el interés que el cultivo ha generado en España. Varios factores son los precursores de este crecimiento: las bajas necesidades de mano de obra, la escasa incidencia de plagas y enfermedades, el incremento paulatino en el consumo y los buenos precios obtenidos en las últimas campañas. En cuanto a producción, España genera 60.000 toneladas, siendo el sexto país productor de aguacates del mundo (FAOstat, 2002). Sin embargo, el aumento en los costes de producción junto con la presión comercial de países terceros, hace necesario mejorar la rentabilidad de las plantaciones mediante un incremento de los rendimientos, generalmente bajos en España (6,8 t/ha.) (FAOstat, 2002).

La flor del aguacate es bisexual pero sus órganos sexuales maduran en distinto momento. Durante la primera apertura de los tépalos la flor actúa como femenina con el estigma fresco, mientras que los estambres permanecen inmaduros y se muestran flexionados sobre los tépalos. Tras un cierre completo de la flor, sucede una segunda apertura en estado masculino en la que el estigma se oscurece y marchita, los estambres se levantan y liberan el polen. Con posterioridad la flor cierra definitivamente. La adopción de la dicogamia como estrategia reproductiva implica que, para una eficaz transferencia de polen, los insectos han de visitar las flores en ambas fases. Esto se consigue mediante la producción secuencial de atractivos florales. En la fase femenina los estaminodios segregan néctar. En la fase masculina los órganos secretores de néctar son los nectarios, siendo el polen un recurso adicional. El ciclo floral del aguacate se sigue simultáneamente en todas las flores que alcanzan la antesis, lo que se conoce como dicogamia sincronizada. La polinización en el aguacate es posible porque sus cultivares se clasifican en dos grupos florales, A y B, que complementan sus ciclos flores entre sí. En los cultivares tipo A, sus flores abren por primera vez como femeninas por la mañana y desarrollan la fase masculina durante la tarde del día siguiente. Por el contrario, en los cultivares tipo B, las flores manifiestan el estado femenino por la tarde y la segunda apertura como masculinas en la mañana del día siguiente. Este complicado mecanismo de polinización se realiza de forma inalterada en determinadas zonas tropicales y subtropicales (Avilán et al., 1995). Sin embargo, en otras zonas productoras, la sincronización y secuencialidad del proceso dicógamo se ve modificada. Hasta ahora en España, no existían referencias sobre el comportamiento floral del aguacate y éste ha sido un objetivo prioritario nuestro. En este trabajo se describen desviaciones observadas en el patrón del ciclo floral de diferentes cultivares, se indican las circunstancias en las que estas anomalías aparecen y se discuten sus posibles repercusiones.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una plantación de aguacates de la Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas' de El Ejido (Almería, España), Longitud 2º 43'W y Latitud 36º48'N, a 10 Km del litoral mediterráneo y 155 msm. Las observaciones se realizaron sobre árboles de 'Hass' (tipo A) y 'Bacon', 'Fuerte' y 'Zutano' (tipo B), de 16 años injertados sobre patrón Duke-7. El marco predominante es de 5 x 4,5 m y la orientación de las filas norte-sur. Entre febrero y mayo del año 2001 y coincidiendo con la floración de los cultivares estudiados, se eligieron al azar dos árboles de cada cultivar. En cada árbol se señalaron 4 inflorescencias, una por cada uno de los puntos cardinales. Posteriormente, se marcaron al azar 6 flores por inflorescencia. Las flores fueron marcadas muy cercana a su primera antesis, cuando los tépalos comienzan a separarse, viran levemente del color verde al amarillo y no muestran síntomas de plegamiento tras alguna apertura. Sobre estas flores se han realizado observaciones macroscópicas y bajo binocular, a intervalos de dos horas desde las 9:00 hasta las 21:00. El desarrollo anómalo del proceso dicógamo ha sido

analizado respecto a un discurrir normal documentado en la literatura y corroborado en la mayoría de las flores. Las observaciones se realizaron durante todo el periodo de floración del cultivar 'Hass' y en momentos puntuales de inicio, plena y final de floración en los cultivares tipo B.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de numerosas observaciones y coincidiendo con las condiciones ambientales más frías, se han detectado notables y variadas anomalías en el ciclo floral de todos los cultivares estudiados. En general, las flores se ajustaron al patrón teórico abriendo primeramente como femeninas y, tras un cierre intermedio, como masculinas el segundo día. En esta segunda apertura el polen se desprendía. No obstante, algunas flores de los cultivares tipo B experimentaron la anulación del cierre intermedio entre las fases femenina y masculina. La única apertura de estas flores ocurrió por la mañana. Durante los primeros momentos estas flores presentaron el estado femenino. El pistilo se mostraba erecto con el estigma blanco y fresco. Los nueve estambres quedaban flexionados sobre los tépalos. Entre 2-3 horas después manifestaron el estado masculino. Los estambres del verticilo interior se levantaron y rodearon al pistilo; los más externos lo hicieron hasta un ángulo de 45°. Horas más tarde ocurrió, primero la dehiscencia de anteras y un único cierre, definitivo, después. Un fenómeno similar fue observado por Papademetriou (1976) en Trinidad. Nosotros creemos que las bajas temperaturas durante la tarde retrasaron la primera apertura de la flor hasta la mañana siguiente, concurriendo la fase femenina con el momento fisiológicamente masculino y las condiciones generalmente inductoras a ello. En otras ocasiones, las flores realizaron una apertura incompleta durante la fase femenina. En 'Hass', los tépalos sólo se desplegaban hasta quedar a un ángulo aproximado de 45°. Con respecto al eje perpendicular de la flor (Fig. 1A). A pesar de esta semiapertura, el pistilo y los órganos secretores de néctar eran visibles y quedaron expuestos a la actividad polinizadora. En cambio, la apertura de tépalos en 'Bacon' fue muy leve y la flor solamente dejaba entrever el estigma y un tercio del estilo. Todas las flores que mostraron esta anomalía, cerraron y posteriormente desarrollaron la fase masculina. De nuevo, las condiciones ambientales más frescas favorecieron el despliegue incompleto de tépalos, tal y como también detectaron Ish-Am y Eisikowitch (1991).

El estado masculino ha sido más sensible a las alteraciones. Con frecuencia en los cultivares estudiados, especialmente en 'Hass', la fase masculina transcurrió con una desincronización en la apertura de tépalos y en la dehiscencia de anteras. Estos cambios provocaban que muchas flores anómalas no plegaran sus tépalos durante la noche y el cierre no se produjera hasta las primeras horas del día siguiente. En otras flores, el cierre ocurrió a lo largo de la noche de forma desincronizada. Muy frecuentemente se observó la extensión de la fase masculina a varios días. En este caso, varios tépalos (1-4), normalmente contiguos, se desplegaron durante el segundo día de ciclo. Paralelamente, los estambres del verticilo exterior antepuestos a estos tépalos se levantaron y sufrieron la dehiscencia de anteras. El resto de tépalos permanecieron plegados protegiendo a los demás estambres que aparentaban muestras claras de inmadurez (filamento corto y valvas no muy marcadas) (Fig. 1B). En ocasiones, los estambres del verticilo interior, visibles en la parte abierta de la flor, sufrían la dehiscencia de anteras ese mismo día. Estas flores cerraron y el tercer día de ciclo manifestaron nuevamente el estado masculino, desplegando aquellos tépalos que no lo hicieron el día anterior. En esta fecha, los estambres adyacentes liberaron el polen. Más tarde, las flores cerraron definitivamente. No se ha podido verificar que mejores condiciones de insolación de cierta parte de la flor propiciara la apertura de los tépalos y la maduración de los estambres más expuestos.

Hemos observado también otra forma de expresión del estado masculino con dobles aperturas en el cultivar 'Hass'. Las flores desplegaban sus tépalos por completo y cada estambre conseguía posicionarse correctamente. Sin embargo, durante ese día no sucedía la dehiscencia de anteras

en ninguno de los estambres de la flor. Tras un cierre, las flores volvieron a abrir el tercer día de ciclo y aconteció la apertura de valvas y la liberación del polen. Como observaron Robbertse et al. (1998), el retraso en la liberación de polen se manifestaba bajo climatología desfavorable (frío, niebla y/o viento). Aunque la dehiscencia de anteras ocurre generalmente entre 1-2 horas después de la segunda apertura (Davenport, 1986; Sedgley, 1977), hemos observado que a veces puede adelantarse a los primeros momentos del estado masculino, ocurriendo con anterioridad a la primera hora cuando las flores aún no han completado su apertura (Fig. 2A). Al parecer, la insolación y la higrometría favorecen una rápida dehiscencia de las valvas (Lichou y Vogel cit. por Avilán et al., 1995).

Quizás la anomalía más substancial ha sido la permanencia de un estigma aparentemente receptivo durante las primeras horas de apertura en estado masculino. Tras el segundo despliegue de tépalos y el posicionamiento de los estambres, el estigma mostraba aún un aspecto blanco y fresco (Fig. 2B). Esta continuidad de la receptividad estigmática destacaba en un momento en el que las anteras aún no estaban dehiscidas. Menos habitual fue observar una coincidencia de la receptividad del estigma con la liberación de polen. Según Davenport et al. (1994), la desecación del estigma está influenciada por varios factores entre los que encuentran la humedad, el viento y la radiación que impactan sobre las flores. En cambio, Sedgley (1980) vincula la extensión de la receptividad estigmática a una falta de adhesión de polen en el estigma durante las primeras 42 horas tras de la primera apertura causando una prolongación de la fase femenina en flores vírgenes. Ambas circunstancias junto con unas adecuadas condiciones de cultivo parecen extender la receptividad estigmática.

Los órganos secretores de néctar también han mostrado con frecuencia un comportamiento anormal. Normalmente, el néctar es segregado por los estaminodios durante el estado femenino y por los verdaderos nectarios durante el estado masculino (Ish-Am y Eisikowitch, 1991). Sin embargo, nosotros hemos observado que algunos nectarios comenzaban la secreción de néctar en la fase femenina y los estaminodios alargaron su producción de néctar hasta alcanzar la fase masculina, coincidiendo con la secreción de los verdaderos nectarios. Esto supone una mayor cantidad de néctar presente en ambas fases sexuales y por tanto, un mayor atractivo para la abeja (*Apis mellifera* L.) principal insecto polinizador en la zona. Por último, se han detectado distintas anomalías en las estructuras morfológicas de la flor, principalmente la transformación de tépalos (1-2) en estambres (Fig. 3A). Este fenómeno denominado estaminodia fue descrito por Schroeder cit. por Davenport (1986) y resultó poco usual en los cultivares estudiados. Puntualmente, se hallaron flores con estambres modificados a nectarios y dobles pistilos (Fig. 3B), que aunque derivaron inicialmente en frutos dobles, sufrieron casi siempre la abscisión y tuvieron escasa incidencia en la polinización.

## CONCLUSIONES

Las diversas anomalías encontradas resaltan la estrecha relación existente entre la morfología y fisiología del ciclo floral del aguacate y las condiciones ambientales. Sin duda, toman mayor importancia los procesos de dobles aperturas en estado masculino, de permanencia de la receptividad estigmática durante la segunda apertura y de alteraciones en la producción de néctar. Estas desviaciones en general, suponen mayores atractivos para los insectos y nuevas oportunidades para la polinización. Esperamos que un estudio más profundo del ciclo floral y sus alteraciones puedan arrojar luz sobre los parámetros ambientales y endógenos que rigen la peculiar floración del aguacate.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- AVILÁN L, RODRÍGUEZ M, RUIZ J 1995. Comportamiento floral de variedades de aguacate en Venezuela. *Agronomía Tropical* 46(3): 275-287.
- DAVENPORT TL 1986. Avocado flowering. *Hort. Rev.* 8: 257-289.
- DAVENPORT TL, PARNITZKI P, FRICKE S, HUGHES MS 1994. Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(6): 1200-1207.
- FAOSTAT 2002. FAO Statistical Databases. <http://apps.fao.org>.
- ISHAM G, EISIKOWITCH D 1991. New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 75: 125-137.
- PAPADEMETRIOU MK 1976. Some aspects of the flowers behavior pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. *Califor. Avocado Soc. Yrbk.* 59: 106-152.
- ROBBERTSE H, KÖHNE S, MORUDU M, JOHANNSMEIERS M 1998. Pollination of avocado in South Africa. *Subtropical Fruit News*. Vol. 6. nº1. [www.west.net/~lsrose/sub198/](http://www.west.net/~lsrose/sub198/)
- SEDGLEY M 1977. The effect of temperature on floral behavior, pollen tube growth and fruit set in the avocado. *J. Hortic. Sci.* 52: 135-141.
- SEDGLEY M 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. *Ann. Bot.* 46: 771-777.

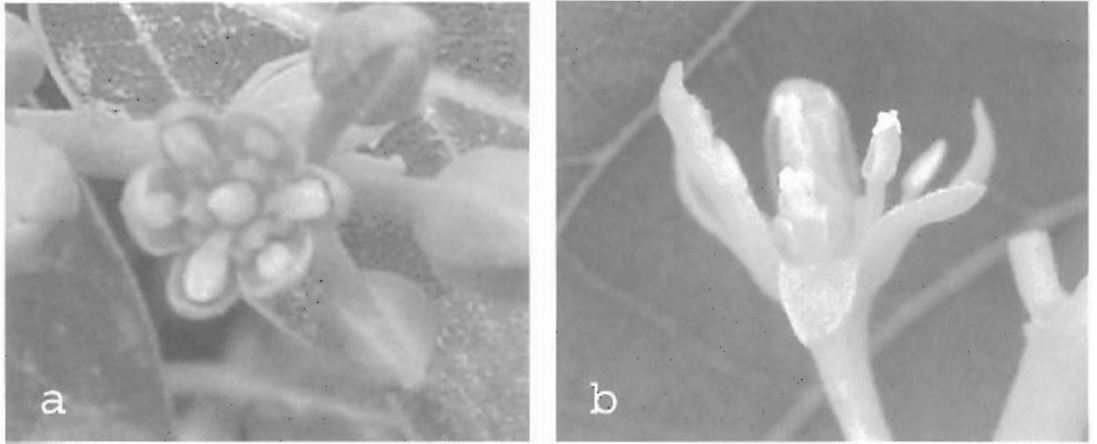


Figura 1. Aperturas anómalas. (a): Apertura incompleta en el estado femenino. (b): Apertura irregular en estado masculino.

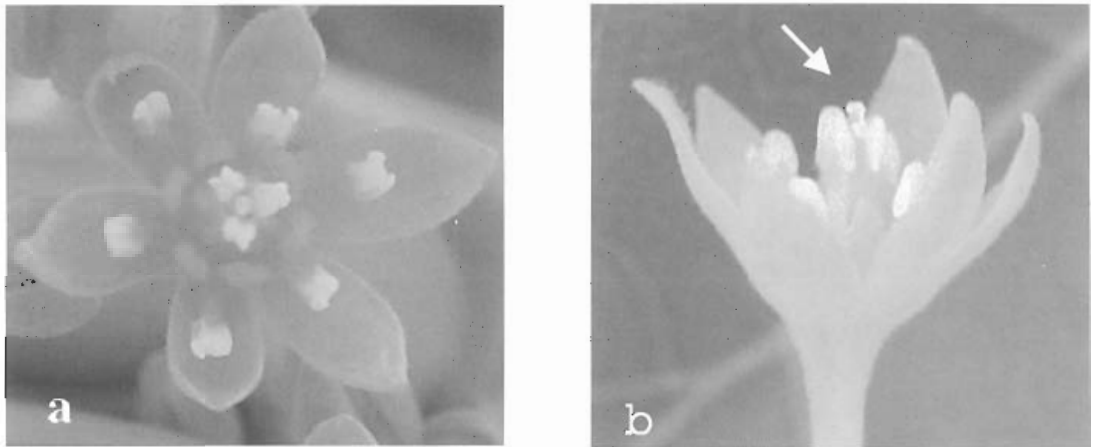


Figura 2. Anomalías fisiológicas al inicio de la fase masculina. (a) Adelanto de la dehiscencia de anteras. (b): Persistencia de un estigma aparentemente receptivo. Apréciase el estigma de color blanco y con aspecto fresco.

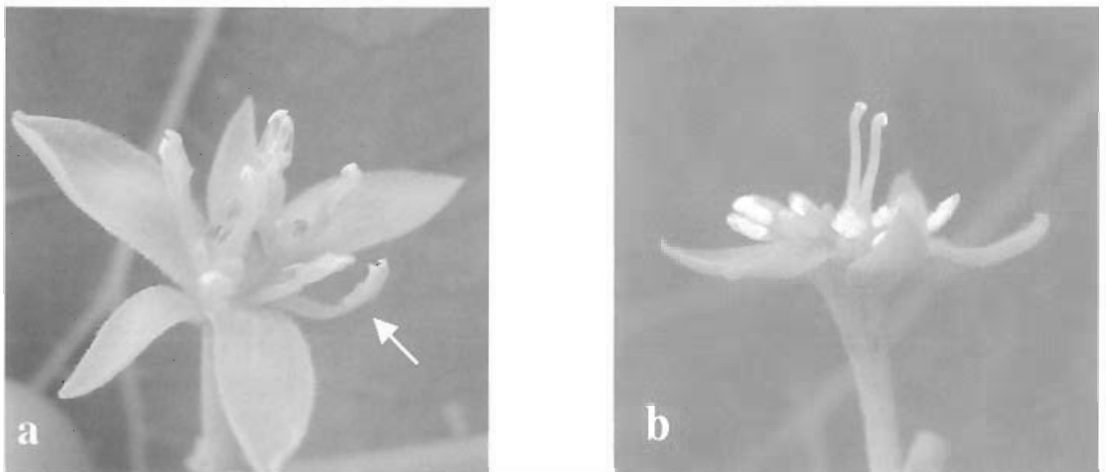


Figura 3. Anomalías morfológicas de la flor (a): Conversión de tépalos a estambres. (b): Doble pistilo.

# IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS-TIPO DEL AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL.).

C. Cabezas<sup>1</sup>, J.J. Hueso<sup>2</sup> y J. Cuevas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Producción Vegetal. Universidad de Almería. 04120 Almería. España.  
Correo electrónico: [jcuevas@ual.es](mailto:jcuevas@ual.es)

<sup>2</sup> Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas', Autovía del Mediterráneo, Km 419. El Ejido. 04710 Almería. España. Correo electrónico: [jhueso@cajamar.es](mailto:jhueso@cajamar.es)

## RESUMEN

El aguacate es una especie preferentemente alógama que presenta un complejo mecanismo de polinización conocido como dicogamia sincronizada. Para facilitar el estudio de la floración y fructificación y el discurrir del ciclo floral del aguacate hemos descrito sus estados-tipo hasta ahora conocidos de un modo incompleto. El modelo fenológico propuesto presenta 10 estados desde la yema en latencia hasta el fruto tierno. El primer estado caracteriza a la yema en reposo, mientras que el segundo ilustra los cambios morfológicos asociados al abandono de este reposo. Cuatro estados describen a continuación el desarrollo de la inflorescencia. El estado de floración F resume la manifestación del proceso dicógamo, y contempla a su vez, 3 subestados femeninos y el primer cierre de la flor y 5 subestados masculinos y el cierre definitivo de la flor. La marchitez de tépalos marca la transición al estado de fruto. Los dos últimos estados fenológicos describen el fruto recién cuajado y el fruto tierno. La identificación y descripción de los estados-tipo ha resultado una herramienta útil para caracterizar la floración y detectar alteraciones y anomalías en 'Hass' y sus potenciales polinizadores.

**Palabras Clave:** estados-tipo, fenología reproductiva, ciclo floral, floración, polinizadores, 'Hass'

## INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un frutal subtropical en proceso de creciente expansión en España. A pesar de que la mejora en las técnicas de cultivo ha favorecido un aumento de la producción, los rendimientos medios en España continúan siendo bajos (6,8 t/ha) (FAOstat, 2002). La peculiar floración del aguacate ha sido señalada en otros países como un factor importante en la consecución de un bajo nivel de cosecha. En este sentido, conocer el comportamiento floral del aguacate es esencial a fin de determinar sus requerimientos de polinización, potenciar un incremento de los rendimientos y asegurar el futuro del cultivo en España.

El aguacate presenta una floración muy peculiar. Esta especie es autocompatible pero manifiesta una dicogamia sincronizada, es decir, la maduración de los órganos sexuales femenino y masculino de la flor hermafrodita ocurre en distinto momento, haciéndolo en primer lugar los órganos femeninos. Basándose en su comportamiento floral los cultivares se clasifican en dos grupos, A y B, que complementan sus ciclos florales. Los cultivares del grupo A se comportan como femeninos por la mañana y como masculinos durante la tarde del día siguiente. Los cultivares tipo B presentan un ciclo floral complementario. En determinados ambientes, la interplantación de cultivares A y B maximiza la polinización y contribuye a un aumento de los rendimientos (Begh, 1969; Degani et al., 1989). Sin embargo, en otras latitudes se han detectado alteraciones en el desarrollo del ciclo floral que suponen solapes entre las fases femenina y masculina (Ish-Am y Eisikowitch, 1991; Davenport et al., 1994; Robbertse et al., 1998). En estas condiciones, el papel de los polinizadores se cuestiona haciendo necesario el estudio de la fenología y el desarrollo del ciclo floral de los principales cultivares. Hasta ahora, las descripciones de los estados-tipo del aguacate adolecían de notables carencias. El objetivo de este trabajo ha sido la identificación, selección y descripción completa de los estados-tipo del aguacate.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el año 2001 en una plantación de la Estación Experimental 'Las Palmerillas' de El Ejido (Almería), ubicada a 2°43'W y latitud 36°48'N a una altitud de 155 msm. Las observaciones se realizaron sobre árboles del cultivar 'Hass' injertados sobre patrón Duke-7 y plantados en el año 1985. Las observaciones fueron semanales, excepto durante la floración cuando se realizaron durante tres días consecutivos desde las 9:00 hasta las 21:00. Las yemas, inflorescencias, flores y frutos fueron observados macroscópicamente y bajo binocular y los cambios más notables fueron analizados y descritos para seleccionar los estados más distintivos y significativos. Las observaciones obtenidas se ordenaron de acuerdo a su sucesión temporal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La secuencia progresiva desde la yema latente hasta la definición del fruto tierno se resume en 10 estados-tipo, e incluye además diez subestados morfológicos de la floración que resumen el proceso dicógamo de la flor. El modelo propuesto se describe a continuación:

*Estado A – Yema en latencia:* Las yemas se muestran cerradas, son de forma aguda, de color amarillo-grisáceo y están cubiertas por escamas pubescentes visibles y no lignificadas. Estas yemas aparecen en los brotes del ciclo vegetativo anterior y pueden ser terminales o axilares en la parte superior del brote, siempre cercanas a la yema apical. (Fig 1A)

*Estado B – Yema hinchada:* Las escamas oscurecidas de las yemas se separan y extienden hacia el exterior. La yema se hincha y redondea como consecuencia de la morfogénesis de la inflorescencia. Las brácteas anaranjadas que protegen la inflorescencia se hacen visibles (Fig. 1B).

*Estado C – Aparece la inflorescencia:* Las brácteas de la inflorescencia se han abierto. Los botones florales de color verde pálido se aprecian entre las bracteolas amarillo-verdosas, que protegen los primordios de los racimos de la panícula y los botones florales (Fig. 1C).

*Estado D<sub>1</sub> – Botones florales. Eje secundario visible:* El eje primario y los ejes secundarios de la inflorescencia sufren su elongación y se hacen visibles. Los botones florales se diferencian individualmente pero se muestran agrupados en la panícula. Las bracteolas aún protegen los botones florales en los racimos de la panícula. En la base de la inflorescencia, permanecen las brácteas y escamas iniciales, algo más oscurecidas (Fig. 1D<sub>1</sub>)

*Estado D<sub>2</sub> – Botones florales. Eje terciario visible:* Se produce la elongación de los ejes terciarios de la inflorescencia. El eje primario y los ejes secundarios continúan su alargamiento. Los botones florales se separan y se reconocen los racimos en la panícula. Las bracteolas, presentes aún en la base de los ejes terciarios, se muestran extendidas hacia el exterior y desecadas (Fig. 1D<sub>2</sub>)

*Estado E – Botón amarillo:* Los ejes de la inflorescencia están completamente elongados y las flores diferenciadas en los racimos de la panícula. La mayoría de las bracteolas se han desprendido y, si las hay, se encuentran marchitas. Los tépalos de los botones florales son evidentes y presentan sólo en su extremo distal un leve viraje de verde a amarillo; dejan de estar fuertemente unidos (Fig. 1E).

*Estado F – Floración:* La antesis de las flores de la panícula se produce de forma escalonada y sincronizada. El estado F se divide a su vez en 10 subestados fenológicos donde cada flor realiza dos aperturas, una como estado femenino, expresado con el subíndice f, y desarrollado en 3 subestados, y otra en estado masculino, expresado con el subíndice m, y representado por 5 subestados diferentes. Entre ambas fases, se produce un cierre intermedio y por último, el cierre definitivo de la flor (subíndice c). A continuación se describen:

*Subestado F<sub>1f</sub> - Flor abriendo en fase femenina:* La antesis de la flor ha comenzado. Los tépalos se abren hasta un ángulo aproximado de 45°. El pistilo, de color blanco-verdoso, se muestra erecto y con el estigma fresco. Los estambres presentan un filamento corto y verde y se encuentran apoyados y protegidos sobre los tépalos. En las anteras blanquecinas se distinguen las valvas cerradas. Los estaminodios, de color amarillo, comienzan a segregar néctar (Fig. 1F<sub>1f</sub>).

*Subestado F<sub>2f</sub> - Flor abierta en fase femenina:* La flor está completamente abierta. Los tépalos se disponen en un plano perpendicular al eje de la flor. El pistilo continúa erecto con el estigma fresco. Los estambres, más cortos que los tépalos, se muestran flexionados sobre éstos y con las anteras no dehiscentes. Los estaminodios se encuentran erectos y segregan gran cantidad de néctar (Fig. 1F<sub>2f</sub>).

*Subestado F<sub>3f</sub> - Flor cerrando en fase femenina:* Los estambres con anteras no dehiscentes se levantan e inclinan hacia el centro de la flor hasta tocar el pistilo aproximadamente a un tercio de su longitud. A la par que los estambres, se levantan los estaminodios (que segregan poco néctar) y los nectarios. Un poco más retrasados, los tépalos empiezan a cerrar. El pistilo continúa erecto y el estigma fresco (Fig. 1F<sub>3f</sub>).

*Subestado F<sub>1c</sub> - Flor cerrada:* Los tépalos están completamente plegados protegiendo en su interior las estructuras reproductivas; En este subestado presentan mayor longitud que antes de su antesis y un leve viraje a amarillo. En la mitad de cada tépalo se observa un pequeño surco resultado de su plegamiento en la primera apertura (Fig. 1F<sub>1c</sub>).

*Subestado F<sub>1m</sub> - Flor abriendo en fase masculina:* La segunda apertura de la flor ha comenzado. Los tépalos más alargados que en la fase anterior abren hasta un ángulo de 45°. El estigma



comienza a oscurecerse. Los estambres del verticilo interior se encuentran erectos y alcanzan la altura del pistilo. Los estambres del verticilo exterior acompañan a cada tépalo en la apertura, curvados y distanciados del pistilo. Las anteras aún no están dehiscidas pero se distinguen las valvas de apertura. Los estaminodios y los nectarios se observan frescos aunque segregan poco néctar (Fig. 1F<sub>1m</sub>).

*Subestado F<sub>2m</sub> - Flor abierta en fase masculina. Anteras no dehiscidas:* La flor está abierta. Los tépalos amarillean y alcanzan la perpendicular al eje de la flor. Los estambres del verticilo exterior quedan a un ángulo de 45°. Las anteras continúan cerradas. Los estambres del verticilo interior permanecen unidos al pistilo. El pistilo permanece erecto pero el estigma se ha oscurecido (Fig. 1F<sub>2m</sub>).

*Subestado F<sub>3m</sub> - Flor abierta en fase masculina. Primera dehiscencia:* Las anteras de los primeros estambres abren sus valvas. Los tépalos continúan su despliegue más allá de la perpendicular al eje de la flor. Los nectarios se muestran levantados y segregan gran cantidad de néctar. Los estaminodios comienzan a marchitarse (Fig. 1F<sub>3m</sub>).

*Subestado F<sub>4m</sub> - Flor abierta en fase masculina. Dehiscencia completa:* La flor alcanza la apertura máxima. El verticilo exterior de tépalos se dobla hacia abajo, el verticilo interior permanece perpendicular al eje de la flor. Todos los estambres muestran sus anteras abiertas. El estigma aparece marchito. Los nectarios continúan frescos y segregando néctar. Los estaminodios se desecan (Fig. 1F<sub>4m</sub>).

*Subestado F<sub>5m</sub> - Flor cerrando en fase masculina:* La flor está cerrando. Primero se levantan los estambres del verticilo exterior hacia el pistilo y seguidamente los tépalos, ahora amarillos, se pliegan hacia el centro de la flor. El pistilo aparece sinuoso y con el estigma oscuro. Los nectarios han dejado de segregar néctar (Fig. 1F<sub>5m</sub>).

*Subestado F<sub>2c</sub> - Flor cerrada de forma definitiva:* La flor ha cerrado definitivamente. Los tépalos son largos y muestran en la mitad de su longitud las marcas de las dos aperturas anteriores. En el interior, los estambres han rodeado al pistilo y el ovario queda protegido (Fig. 1F<sub>2c</sub>).

*Estado G - Marchitez de tépalos:* Los tépalos se marchitan desde el ápice hacia la base. Las flores toman forma cónica. Las piezas verticiladas del interior permanecen agrupadas (Fig. 1G).

*Estado H - Cuajado.* El ovario de color verde engrosa en el centro de las flores que han sido polinizadas y fecundadas. El estigma y el estilo desecados aparecen unidos al extremo superior del ovario. Las restantes piezas florales, también marchitas, se abren forzadas por el crecimiento del ovario. Los restos del androceo aún persisten (Fig. 1H).

*Estado I. -Fruto tierno.* Los restos de tépalos y androceo se han desprendido y el pedúnculo del fruto ha engrosado. La expansión de la pequeña baya da lugar a un fruto de forma piriforme, globosa u ovalada con un número variable de lenticelas en su epidermis según cultivar (Fig. 1I).

El modelo anteriormente descrito integra las carencias existentes en las propuestas conocidas hasta ahora. A su vez, adquiere sencillez y resulta práctico desde el punto de vista técnico para el agricultor. Para la anterior descripción y selección de estados-tipo nos hemos servido de los antecedentes previos. En este sentido ha sido de utilidad la propuesta de Aubert y Lossois (1972) quienes describieron 13 estados fenológicos repartidos en tres periodos: 5 estados para la fase vegetativa, 5 estados para la floración y 3 estados de fructificación. Sin embargo, la escala gráfica de este modelo no clarifica la evolución de dichos estados y excluye el proceso dicógamo. Por su parte, Salazar-García et al. (1998) plantean una escala macroscópica y microscópica de 11 estados desde la yema cerrada hasta la antesis. Esta escala relaciona el aspecto externo de las

yemas con el grado de desarrollo del meristemo floral, pero no refleja la evolución de los estados femenino y masculino de la flor, ni los estados de fruto cuajado. El detalle de esta propuesta es de utilidad para estudios de morfogénesis floral pero dificulta la diferenciación de estados y por tanto su aplicación en campo. Por su parte, Ish-Am y Eisikowitch (1991) se limitan a los subestados morfológicos del ciclo floral, coincidiendo su propuesta con nuestras observaciones. No obstante, nuestro modelo introduce un subestado para la fase masculina ( $F_{1m}$ ) que diferencia dos flores abriendo en distinto estado sexual.

## CONCLUSIONES

La evolución de la yema en latencia hasta el fruto tierno en el aguacate se describe en 10 estados-tipo. El estado de floración resume el proceso dicógamo en 3 subestados y el primer cierre en la etapa femenina, y 5 subestados y el cierre definitivo en la etapa masculina. La elaboración de los estados-tipo del aguacate estimamos servirá de ayuda en futuros trabajos para la determinación de alteraciones en el ciclo floral y solapes entre los estados sexuales, su duración y efectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AUBERT B, LOSSOIS S 1972. Considérations sur la phénologie des espèces arbustives. *Fruits* 27 (4): 269-286.
- BEGH BO 1967. Reasons for low yields of avocado. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 51:161-172.
- DAVENPORT TL, PARNITZKI P, FRICKE S, HUGHES MS 1994. Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(6): 1200-1207.
- DEGANI C, GOLDRING A, GAZIT S 1989. Pollen parent effect on outcrossing rate in 'Hass' y 'Fuerte' avocado plots during fruit development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 106-111.
- FAOSTAT 2002. FAO Statistical Databases. [http:// apps.fao.org](http://apps.fao.org)
- ISH-AM G, EISIKOWITCH D 1991. New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 75: 125-137.
- ROBBERTSE H, KÖHNE S, MORUDU M, JOHANNSMEIERS M 1998. Pollination of avocado in South Africa. *Subtropical Fruit News*. Vol. 6. nº1. [www.west.net/~lsrose/sub198/](http://www.west.net/~lsrose/sub198/)
- SALAZAR-GARCÍA S, LORD EM, LOVATT CJ 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during 'on' and 'off' crop years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 537-544.

## ESTADOS FENOMENOLÓGICOS-TIPO DEL AGUACATE



A Yema en latencia



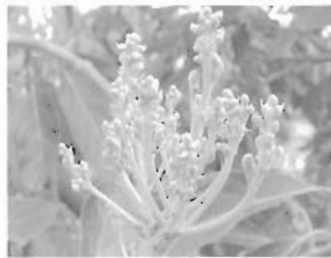
B Yema hinchada



C Aparece la inflorescencia



D1 Botones florales  
Visible eje secundario



D2 Botones florales  
Visible eje terciario



E Botón amarillo

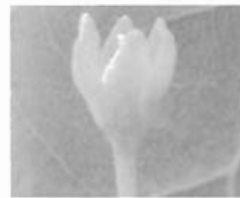
### Fase femenina



F<sub>1f</sub>



F<sub>2f</sub>



F<sub>3f</sub>



F<sub>1c</sub>

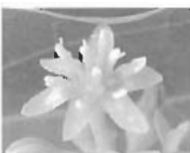
### Fase masculina



F<sub>1m</sub>



F<sub>2m</sub>



F<sub>3m</sub>



F<sub>4m</sub>



F<sub>5m</sub>

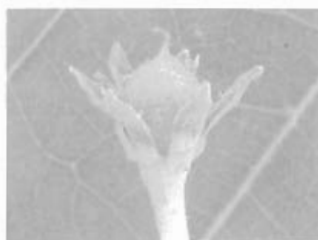


F<sub>2c</sub>

### Floración



G Marchitez de tépalos



H Cuajado



I Fruto tierno

Figura 1. Resumen de los estados fenológicos-tipo del aguacate.

## FLOWERING BEHAVIORS OF TAIWAN AVOCADO CULTIVARS

*Iou-Zen Chen<sup>1</sup>, Ming-Te Lu<sup>1</sup>, Tru-Ming Jong<sup>2</sup> and Tsu-Liang Chang<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>**Dept. Horticulture. National Taiwan University. 106 Taipei. Taiwan. Republic of China.  
E-mail: [chenyo@ccms.ntu.edu.tw](mailto:chenyo@ccms.ntu.edu.tw)**

<sup>2</sup>**Dept. Horticulture. Chia-Yi Agricultural Experiment Station. TARI. Chia-Yi. Taiwan.  
Republic of China.**

### SUMMARY

The flowering behaviors of 9 main avocado cultivars in Taiwan were observed for three years. Our observation included 6 Taiwan local cultivars- 'CAES 1', 'CAES 2', 'CAES 3', 'CAES 4', 'Hung-Shin-Shi-Yeh', '79-6-5-3', and three foreign cultivars- 'Halemana', 'Hall', 'Choquette'. Only 'CAES 1', 'CAES2' and 'Hall' belong to B type, and the others belong to A type. All of the cultivars flowering from December to April were divided into early, middle, and late flowering groups. The flowering period of 'CAES 4', which is the earliest flowering cultivar, begins at early December and ends at late March. 'CAES 3' is later than 'CAES 4', which blooms from mid-December to early April. '79-6-5-3', 'Halemana' and 'CAES 1', which belong to the middle flowering group, bloom from late January to mid-March, late January to early April, and early February to late March respectively. The flowering periods of the late flowering cultivars, which include 'Hall', 'CAES 2', 'Hung Shin Shi Yeh' and 'Choquette', are from late February to mid-April, early March to early April, early March to early April, and early March to mid-April respectively. The full bloom period of 9 cultivars lasts about 1 to 2 month. The effect of low night temperature (which means the minimum night temperature is below 18<sup>o</sup>, especially lower than 15<sup>o</sup>) on the flowering cycles of 'CAES 3', 'CAES 4', 'Hall' and 'Choquette' was also observed. The flowering of both female and male flower stages was delayed, so was the anther dehiscent time. Meanwhile, 10% to 60% stigma of these four cultivars remained in white color during male flower stage. It seems reasonable to conclude that Taiwan's avocado might have high selfing rate (close pollination and self pollination) and it is possible to plant only one type of cultivars in the same area.

**Key Words:** flowering type, temperature, pollinated combination, Taiwan

## INTRODUCTION

Flowering type and pollinate combination of avocado are not so concerned by avocado grower in Taiwan for at least three reasons that are small orchard, too many cultivars were planted in one orchard and the climate. Almost all of Taiwan avocado farmer are small holder, mean area of the orchard is about one hectare. The farmer didn't care about pollination trees; even they always plant the cultivars with different flower date and same flowering type, because the pollen could provide from their neighbours. Meanwhile, most of Taiwan farmers like planted a lot of cultivars in their orchard, although their orchard is quite small. So they didn't worry about flower type and pollination tree. Moreover, high relative humidity and frequently low night temperature during Taiwan avocado flowering season, which following by Davenport (1989), Davenport et al. (1994), Loupassaki, et al. (1994), Papademetriou (1976), Sedgley (1977), Sedgley and Annells (1981) and Sedgley and Grant (1983) will cause high possibility of cross pollination, cause people neglected this important characteristics.

Taiwan avocado was introduced in Japanese occupied period, but was destroyed in the end of World War II without well prepare extension to the farmer. Fortunately, there still released a lot of seedling, some of them were selected as the local varieties, and were the main avocado cultivars in Taiwan now. This research was investigated flowering type and flowering season of main avocado cultivars in Taiwan, and the influences of temperature on flowering behaviours.

## MATERIAL AND METHODS

### 1. Flowering behaviours of 9 Taiwan avocado main cultivars

Nine cultivars, which were 'CAES 1', 'CAES 2', 'CAES 3', 'CAES 4', 'Halemana', 'Hall', 'Choquette', 'Hung Shin Shi Yeh', '79-6-5-3', were used to observed flowering behaviours from 2000 to 2002. All of the tree were planted in the avocado variety garden of Taiwan Agriculture Research Institute, Chiayi Substation (NL. 23°29'10", EL. 120°27'15"). Inflorescence and flower development were observed once for two weeks. Inflorescences development stage was decided following by Salazar-Garcia et al.(1998). The flowering condition of a single tree was decided by the average of most of the bud.

### 2. Effect of temperature on flowering cycle of avocado

'CASE 3', 'CASE 4', 'Choquette' and 'Hall', which were planted in the avocado variety garden of Taiwan Agriculture Research Institute, Chiayi Substation (NL. 23°29'10", EL. 120°27'15"), were used to observed the changes of flowering cycle under low temperature during 2000 to 2002. At least 40 flowers were tagged in each cultivars in the morning during the cold current arrived Taiwan. The tagged flowers were observed once an hour from 8 a.m. to 6 p.m. Female and male flowering stage and the dehiscent time of anther was recorded, especially the overlape of female and male flower opening. Small flower flowering was divided into 5 stage, according to the angle of petal and pistil, which were 15, 25, 45 and 90 degrees for 1 to 4 stage and petal downward for stage 5. Temperature and related humidity was recorded by HOBOTM H8 Pro Series logger for every half hour.

## RESULTS AND DISCUSSION

### 1. Flowering behaviours

According to three years investigation (Table 1), all of the cultivars flowering from December to April were divided into early, middle, and late flowering groups. The flowering period of 'CAES 4', which is the earliest flowering cultivar, begins at early December and ends at late March. 'CAES 3' is later than 'CAES 4', which blooms from mid-December to early April. '79-6-5-3', 'Halemana' and 'CAES 1', which belong to the middle flowering group, bloom from late January to mid-March, late

Table 1. Flowering period and full-bloomed period of 9 avocado cultivars for three years

Cultivar (Flowering type)	Years	Flowering period		Full bloom		% of vegetative bud
		Date (month/date)	Weeks for flowering	Date <sup>z</sup> (month/date)	Weeks for full bloom	
'CASE 1' (B)	Fiest year	2/16°-4/11	10	2/29°-4/11	8	0
	Second year	1/31°-3/23	10	2/09°-3/23	8	0
	Third year	1/14°-3/11	10	3/11°-3/25	2	14.3
'CASE 2' (B)	Fiest year	3/14°-4/11	6	3/14°-4/11	6	0
	Second year	2/09°-4/20	12	3/23°-4/06	4	20
	Third year	2/25°-4/8	8	3/11°-3/25	4	60
'CASE 3' (A)	Fiest year	2/16°-4/11	10	2/16°-3/28	8	0
	Second year	12/29°-3/23	14	1/31°-3/09	8	0
	Third year	12/05°-3/25	18	1/29°-3/11	8	25
'CASE 4' (A)	Fiest year	2/16°-3/28	8	2/16°-3/14	6	0
	Second year	12/29°-3/09	12	1/31°-3/09	8	0
	Third year	12/05°-3/11	16	1/14°-3/11	10	0
'Halemana' (A)	Fiest year	3/14°-3/28	4	3/14°-3/28	4	0
	Second year	1/31°-3/23	10	2/23°-3/23	6	0
	Third year	2/15°-3/25	8	3/11°-3/25	2	20
'Hall' (B)	Fiest year	2/29°-4/11	8	3/14°-4/11	6	0
	Second year	Without reproductive growth				100
	Third year	2/25°-5/07	12	3/11°-3/25	4	0
'Choquette' (A)	Fiest year	3/14°-4/11	6	3/14°-4/11	6	0
	Second year	3/09°-4/20	8	3/23°-4/6	4	0
	Third year	2/25°-5/07	12		0	57.1
'Hung-Shin -Shi-Yeh' (A)	Fiest year	3/14°-4/11	6	3/28°-4/11	4	0
	Second year	2/23°-4/20	10	3/9-3/23, 4/20	6	0
	Third year	Without reproductive growth				100
'79-6-5-3' (A)	Fiest year	2/16°-3/28	8	2/29°-3/28	6	0
	Second year	1/31°-3/09	8	2/09°-3/09	6	0
	Third year	1/29°-3/11	8	1/29°-3/11	8	0

<sup>z</sup> 'Full blossom' defined as more than 30% flower bud were flowering.

Table 2. Pollination combination of Taiwan main avocado cultivar.

Flowering season	A type		B type	
	Cultivar	Flowering period	Cultivar	Flowering period
Early	'CSAE 3'	Early Dec. to late March	'CSAE 1'	Mid. Jan. to early April
	'CSAE 4'	Early Dec. to mid. March		
Middle	'79-6-5-3'	Late Jan. to late March	'CSAE 1'	Mid. Jan. to early April
	'Halemana'	Late Jan. to late March		
Late	'Hung-Shin-Shi-Yeh'	Late Feb. to mid. April	'CSAE 2'	Early Feb. to mid. April
	'Choquette'	Late Feb. to early May		

January to early April, and early February to late March respectively. The flowering periods of the late flowering cultivars, which include 'Hall', 'CAES 2', 'Hung-Shin-Shi-Yeh' and 'Choquette', are from late February to mid-April, early March to early April, early March to early April, and early March to mid-April respectively. The full bloom period of nine cultivars lasts about 1 to 2 month. 'Hall' and 'Hung-Shin-Shi-Yeh' were the scious biennial bearing cultivars, due to their biennial flowering character. 'CASE 2' and 'Choquette' had slightly biennial bearing character, about 60% bud would be vegetative bud in off year. Following to the flowering date and flowering type, nine Taiwan avocado cultivars could divide into three pollination combination (Table 2). Groupe one, the early flowering groupe, were 'CASE 4' (A type), 'CASE 3' (A type) and 'CASE 1' (B type). Groupe two, the middle flowering groupe, were '79-6-5-3' (A type), 'Halemana' (A type) and 'CASE 1' (B type). Groupe three, the late flowering groupe, were 'Hung-Shin-Shi-Yeh' (A type), 'Choquette' (A type), 'Hall' (B type) and 'CAES 2' (B type).

## 2. Effect of the low temperature on flowering cycle

Taiwan didn't have good early flowering B type avocado cultivar, but most of the early flowering A type cultivars set well and no biennial bearing.

**Table 3.** Relationships between flowering cycle and temperature for 'CAES 3' avocado (A type).

Date	Marked Number <sup>z</sup>	Flower State <sup>y</sup>	Temp( ) <sup>x</sup>		O'clock												
			Max.	Min.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
2/1/01	20a	Female	28.3	12.9							20	20	20	20			
2/2/01	20a		14.7	13.1													
2/3/01	20a	Male	25.2	13.6	16	20	20	20*	06	01	01						
2/2/01	21b	Female	14.7	13.1												21	21
2/3/01	21b	Female	25.2	13.6	21	21	21	21	19	15	13	09					
2/4/01	21b	Male	27.4	15.8					12	21*	21	21	21	21	21	21	18
2/5/01	25c	Female	28.8	15.2				25	25	25	14						
2/6/01	25c	Male	29.8	17.3						25*	25	25	25	25	25	25	12
2/6/01	39d	Female	29.8	17.3				39	39	39	29						
2/7/01	39d	Male	26.2	15.7						39	39*	39	39	39	39	39	39
2/7/01	50e	Female	26.2	15.7				50	50	50	50	26	02				
2/8/01	50e	Male	24.3	14.0								49	50*	50	50	50	
2/9/01	50e	Male	25.2	14.4	50	44	03										
2/8/01	50f	Female	24.3	14.0					50	50	50	50	50	50	36	22	
2/9/01	50f	Male	25.2	14.4							50	50	50*	50	50	50	
2/23/01	36g	Female	33.0	17.7				36	36	36	36	03					
2/24/01	36g	Male	30.3	16.2					36	36*	36	36	36	36	36	36	36
2/24/01	40h	Female	30.3	16.2			40	40	40	40							
2/25/01	40h	Male	23.7	12.0							13	40	40	40*	40	40	
2/25/01	40i	Female	23.7	12.0							40	40	40	40	40	40	40
4/6/01	36j	Female	25.3	18.1		36	36	36	36	36	18						
4/7/01	36j	Male	29.2	20.2					36	36	36*	36	36	28	15		
4/7/01	26k	Female	29.2	20.2		26	26	26	26	25							
4/8/01	26k	Male	28.5	19.3				05	26	26	26*	26	26	08	06		
4/8/01	40l	Female	28.5	19.3		40	40	40	40	35	06						

<sup>z</sup> Arabic numerals showed the number of flower marked, and letter beside was used to distinguish different flowering cycle.

<sup>y</sup> 'Female' means female stage, 'Male' means male stage, asterisk means anther adhesive.

<sup>x</sup> 'Max' indicates the maximum temperature of that day, and 'Min' indicates the minimum temperature of last night.

In southern Taiwan, frequency of low temperature cause by winter monsoon (cold current) are very high, most of the time there will lower than 15°C sometimes the temperature will lower than 5°C. Although we investigate the flowering cycle of 4 main avocado cultivars, but the responses of two early flowering cultivar were almost the same, so we showed the result of 'CASE 3' (Table 3) only. Flowering cycle will changes slightly when night temperature lower than 18°C, and significantly changes when temperature lower than 15°C, especially after low day temperature in 'CASE 3'. In some cases not only male stage but also female stage were prolong over night. Low temperature also delay cause the dehiscent of the anther. This resulted in one to three hours overlape of male and female stage of early flowering A type avocado cultivars in Taiwan. According, Lu's (2002) observation, 'CASE 1', the middle flowering B type avocado, would lost it female stage during long cold weather. The flowering cycle of late lowering B type cultivars, such as 'Hall' (Table 4), would changes too, although the climate will getting constant.



Table 4. Relationships between flowering cycle and temperature for 'Hall' avocado (B type).

Date	Marked Number <sup>z</sup>	Flower State <sup>y</sup>	Temp( ) <sup>x</sup>		O'clock												
			Max.	Min.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
3/11/02	39a	Female	28.0	13.9										39	39	39	39
3/12/02	39a	Male	30.2	13.6	37	39	39	39*	39	39	39			38	37	31	25
3/12/02	40b	Female	30.2	13.6										40	40	40	40
3/13/02	40b	Male	30.6	14.8	40	40	40	40*	40	40	40			38	24	12	8
3/13/02	40c	Female	30.6	14.8								30		40	40	40	38
3/25/02	25d	Female	27.6	19.0										25	25	25	24
3/26/02	25d	Male	30.0	18.8	25	25	25*	25	25	13	1						
3/26/02	34e	Female	30.0	18.8								34		34	34	23	8
3/27/02	34e	Male	32.1	20.2	33	33*	33	33	14	2	1	1	1	1	1	1	1
3/27/02	24f	Female	32.1	20.2								24	24	21	12	3	

<sup>z</sup>, <sup>y</sup>, <sup>x</sup>: the same as Table 3.

Table 5. Relationships between flowering cycle and temperature for 'Choquette' avocado.

Date	Marked Number <sup>z</sup>	Flower State <sup>y</sup>	Temp( ) <sup>x</sup>		O'clock												
			Max.	Min.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
3/11/02	40a	Female	28.0	13.9			40	40	40	40	20	17	8				
3/12/02	40a	Male	30.2	13.6						19	40	40*	40	40	40	40	
3/12/02	39b	Female	30.2	13.6			39	39	39	37	20	8	2				
3/13/02	39b	Male	30.6	14.8						29	39*	39	39	39	39	39	33
3/13/02	40c	Female	30.6	14.8	40	40	40	40	16								
3/25/02	40d	Female	27.6	19.0	40	40	40	40	40	40	32	2					
3/26/02	40d	Male	30.0	18.8						39	40	40*	40	40	40	40	
3/26/02	38e	Female	30.0	18.8	40	40	40	40	32	10	2						
3/27/02	38e	Male	32.1	20.2					25	40	40*	40	40	40	40	40	40
3/27/02	40f	Female	32.1	20.2	40	40	40	40	38	12	11	9	2	2	2	2	

<sup>z</sup>, <sup>y</sup>, <sup>x</sup>: the same as Table 3.

The conspicuously responses of 'Hall' were very long male flower stage and overlape of wale and female stage. But, in A type cultivars, such as 'Choquette', the male stage seems was not influence by low temperature, and almost no overlapping of male and female flower (Table 5). While the related humidity in Taiwan during flowering was always high, so there had a part of stigma still under acceptable condition (Table 6), even in male close stage. So, Taiwan avocado sould had very high colse or self pollination ability.

Table 6. White stigma percentage of 'CAES 3' and 'CAES 4' avocado at male flower stage(%)

Date	CAES 3		CAES 4	
	Male opening	Male closing	Male opening	Male closing
2/4/01	61.9	42.9	57.1	42.9
2/6/01	44.0	20.0	06.5	0.0
2/7/01	15.4	10.3	0.0	0.0
2/8/01	64.0	–	52.0	–
2/9/01	56.0	48.0	54.0	–
2/24/01	0.0	0.0	0.0	–
2/25/01	42.5	–	10.3	–
4/7/01	48.6	47.1		
4/8/01	46.2	42.3		

## CONCLUSIONS

Taiwan avocado cultivars can be divided into three groups, according to flowering date. Although the early flowering group didn't have good B type cultivar, but still set well. High frequency of low temperature during avocado flowering season, especially for early flowering cultivars, might be the most important reason for high setting of early flowering A type cultivars.

## REFERENCES

- DAVENPORT, T. L. 1989. Pollen deposition on avocado stigmas in southern Florida. *HortScience* 24:844-845.
- DAVENPORT, T. L., P. PARNITZKI, S. FRICKE, AND M. S. HUGHES. 1994. Evidence and significance of self-pollination of avocado in Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119:1200-1207.
- LOUPASSAKI, M. H., I. I. ANDROULAKIS AND M. VASILAKAKIS. 1994. Flowering behaviour of 19 avocado cultivars in Crete. *Acta Horticulturae* 365:89-103.
- LU, MING-TE. 2002. Observations on flowering phenology of main avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars in Taiwan. Master thesis of National Taiwan University, Taiwan, ROC.
- PAPADEMETRIOU, M. K. 1976. Some aspects of the flower behaviour, pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. *California Avocado Society Yearbook* 59:106-152.
- SALAZAR-GARCIA, S., E. M. LORD, AND C. J. LOVATT. 1998. Inflorescence of flower development of 'Hass' avocado (*Persea Americana* Mill.) during 'on' and 'off' crop years. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123:537-544.
- SEDGLEY, M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth, and fruit set in the avocado. *Journal of Horticultural Science* 52:135-141.
- SEDGLEY, M. AND C. M. ANNELLS. 1981. Flowering and fruit-set response to temperature in the avocado cultivar 'Hass'. *Scientia Horticulturae* 14:27-33.
- SEDGLEY, M. AND W. J. R. GRANT. 1983. Effect of low temperatures during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Scientia Horticulturae* 18:207-213.



## THE EFFECT OF CROSS-POLLINATION BY NURSE LIMBS ON HASS AVOCADO PRODUCTION AFTER TOPWORKING

R. McNeil<sup>1</sup> and M. Beard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cal Poly State University. Horticulture and Crop Science Department. San Luis Obispo, CA, USA 93407. E-mail: [rmcneil@calpoly.edu](mailto:rmcneil@calpoly.edu)

### ABSTRACT

Thirty 20 year old Bacon avocado trees were topworked by bark-grafting to the more profitable Hass avocado cultivar in May of 1994. Nurse limbs of the Bacon cultivar were left on all of the trees to induce more scion growth. Nurse limbs were removed from half of the trees at random but left on the other half of the trees to observe any benefit by cross-pollination. The first Hass crop (1997) after topworking had significantly more fruit on the trees with Bacon nurse limbs. The sum of the three crop years had slightly greater fruit numbers for nurse limb-treated trees, however this was not significant. The study demonstrated that cross-pollination of Hass avocado trees with nurse limbs of the Bacon avocado can significantly increase fruit numbers in some seasons. Climatic and alternate bearing effects may need to be studied, as well as increased tree size compared to nurse limb size as trees grow.

### INTRODUCTION

Avocado trees may sometimes be topworked (grafted) over to a more profitable cultivar. A nurse limb of the previous cultivar may sometimes be left on the topworked tree to provide nutrients for faster scion growth. This study tested the possible cross-pollination benefits of the nurse limb to the new scion cultivar.

### MATERIALS AND METHODS

Thirty 20-year old Bacon avocado trees were topworked by bark-grafting to the more profitable Hass avocado cultivar in May of 1994. Nurse limbs of the Bacon avocado cultivar were left on all of the trees to induce more scion growth. Nurse limbs were removed from 15 of the trees at ran-

dom but left on the other 15 of the trees to observe any benefit by cross-pollination. Fruit counts were made for all trees for the next three crop years (1997, 1998, 1999) to measure the potential cross-pollination effects of the nurse limb trees compared to control trees.

## RESULTS AND DISCUSSION

The first Hass avocado crop (1997) after topworking had significantly more fruit on the trees with nurse limbs (Table 1), however, the 1998 and 1999 crops had lower fruit numbers on trees with nurse limbs. The sum of the three crop years had slightly greater fruit numbers for nurse limb treated trees, however, this was not statistically significant.

## CONCLUSION

The study demonstrated that cross-pollination of Hass avocado trees with nurse limbs of the Bacon avocado can significantly increase fruit numbers in some seasons. Climatic and alternate bearing effects, as well as increased tree size compared to the nurse limb size, may have affected the 1998 and 1999 crops.

## REFERENCES

- BRINGHURST, R.S. 1952. "Sexual Reproduction In The Avocado." California Avocado Society Yearbook. 210-215.
- GUSTAFSON, C.C., AND B.O. BERGH. 1966. "History and Review of Studies on Cross-Pollination of Avocados." California Avocado Society Yearbook. 39-49.
- KOCH, F.D. 1973. Avocado Growers Handbook. Bonsall Publications. 44.

Table 1

\* Significantly different on the 5% level, paired t-test.

Treatment	1997	1998	1999	Total
Control Trees	169.8*	582.3	190.1	942.2
Nurse Limb Trees	227.5*	566.0	146.9	959.4

Mean Avocado Fruit Counts Per Tree

# THE EFFECTIVENESS OF THE WESTERN BUMBLEBEE IN POLLINATING HASS AVOCADO TREES

R. McNeil<sup>1</sup> and W. Pidduck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cal Poly State University. Horticulture and Crop Science Department.  
San Luis Obispo, CA, USA 93407. E-mail: [rmcneil@calpoly.edu](mailto:rmcneil@calpoly.edu)

## ABSTRACT

There has been recent interest in the use of alternative pollinators for the Hass avocado in California. Eight bumblebee hives were placed in the middle of a .86 hectare (2.125 acres) block of 2-year old Hass avocado trees during bloom in May. Numbers of three types of pollinating insects (bumblebees, honeybees, and syrphid flies) visiting blossoms were surveyed for three weeks. The number of fruit set on each tree was counted in the next winter. Percentages of insect pollinators visiting blossoms were 9.8% for bumblebees, 10.1% for honeybees, and 80.1% for syrphid flies. Fruit numbers per tree were greater in four out of six rows within 16.46 meters (54 feet) of the bumblebee hives than they were for trees in rows further from the hives. This was statistically significant for three of these rows. This study demonstrated that the western bumblebee (*Bombus occidentalis*) will pollinate Hass avocado flowers and thereby increase fruit numbers per tree. A hive spacing of 32.92 meters (108 feet) is recommended for young trees.

## INTRODUCTION

The Hass avocado is one of California's most important and economically profitable agricultural commodities. In order for the grower to provide the high quality and quantities of fruit that the consumer demands many necessary steps must be taken. One of these steps is to provide adequate pollination of the avocado flower. In the past this pollination has been achieved by the use of honeybees from hives placed in avocado blocks and also with the help of other natural pollinators. However over the years honeybee populations have declined leaving Hass avocado growers concerned about fruit production in the future. This decline of honeybee populations is partly due to the invasion of two mites, the Varroa mite and the Tracheal mite. Another reason for possible further decline is the invasion of Africanized honeybees in the Southwest and their imminent arrival to the agricultural regions of California. Because of declining numbers of honeybees and the arrival of the Africanized honeybee, it may be necessary to look elsewhere for insect pollinators for the Hass avocado tree. One possibility is the bumblebee.

## MATERIALS AND METHODS

This project began in early April. At this time 21 rows of the Hass avocado grove were mapped and the row in which the hives were to be placed was determined. It was decided that the hives were to be placed in row number 7. This row was chosen due to its location in the middle of the longest rows in the grove. Eight bumblebee hives were placed in the center of row 7 on May 5.

For the next three weeks starting on May 7, ten minute visual sweeps and counts were made of three different pollinating agents. The three agents which were reported were honeybees, syrphid flies, and the bumblebee. The sweeps were done five times within the three weeks ending on May 27. Afterwards the numbers of each pollinating agent were tabulated and charted with respect to their share of the total.

During the winter the number of fruit on each tree in the 21 rows was counted. Next the average number of fruit per tree per row was calculated by dividing the row total by the number of trees per row. This made it possible to determine if there was any difference in fruit load as the rows got further away from hive row number 7. The results of the fruit counts were then put in a bar graph form so the differences between rows could be easily distinguished.

## RESULTS AND DISCUSSION

Overall percentages of each pollinating agent observed are presented in Figure 1. Although these results seemingly do not favor the bumblebee it is important to understand that research suggests that the bumblebee is a more efficient pollinating agent even in small numbers than honeybees and especially syrphid flies. It is also important to understand that the bumblebee hives only involve about 100 bees, compared to honeybee hives, which normally house up to 50,000 bees.

The results of the fruit count section of this project did seem to favor the bumblebee as a pollinating agent. Four out of six rows, which were within three rows on either side of the hive row 7, contained noticeably more fruit per tree than those rows further away from the hives (Figure 2).

These defining results suggest that the bumblebee had positive effects on pollination of the Hass avocado trees in this grove. Fruit numbers per tree were greater in rows within 16.46 meters (54 feet) of the bumblebee hives than they were for trees in rows further from the hives. This was statistically significant for three out of six rows adjacent to bumblebee hives.

## CONCLUSION

Based on the results of this project, bumblebees seem to have provided some of the Hass avocado's pollination agent requirements. Fruit numbers per tree appear to be increased a distance of 16.46 meters (54 feet) on each side north and south of the bumblebee hive row. This would suggest a spacing of 32.92 meters (108 feet) between bumblebee hive locations for the purposes of young Hass avocado tree pollination. Although eight hives were used in this study, more hive density studies are recommended as well as studies in mature avocado orchards. In a time when honeybee numbers are on the decline, the bumblebee could be a viable replacement pollinator for Hass avocado trees.

## REFERENCES

ANONYMOUS.1993. In search of a management plan for Varroa, Tracheal mites and Africanized Bees. Apis: Agricultural Information and Issues from IFAS/ University of Florida. Pp.1 -5.

ANONYMOUS. 1993. The flight of the bumblebee. Almond Facts. Pp. 32-33.

BEKEY, D. R. 1986. Pollination of avocado: some new insights with special reference to the Hass variety. Pp.1-10.

KUENEMAN, T. 1995. The pollinator. Greenhouse Product News. Pp. 9-10.

ROZELLE, L. AND MARSHALL, D. 1995. Bumblebees demonstrate their pollination prowess. Greenhouse Product News. Pp. 16-18.

SMAUS, R. 1997. What's the buzz? Honeybees, vital pollinators of gardens and crops, are disappearing. Los Angeles Times. Nov. 23. Sec. K1-K2.

Figure 1

## Percentages of Pollinators Viewed

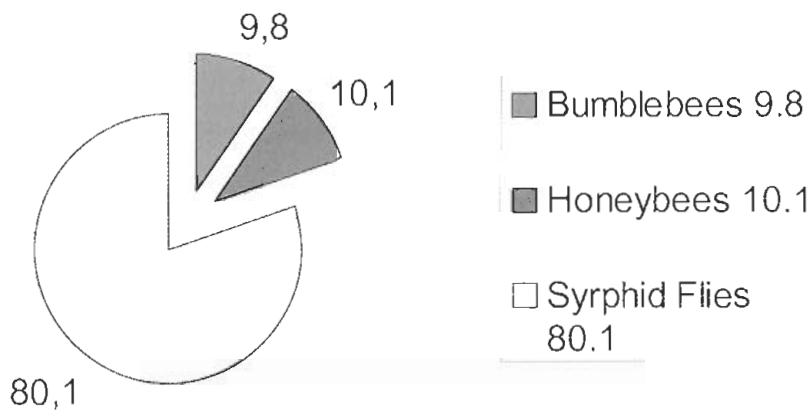
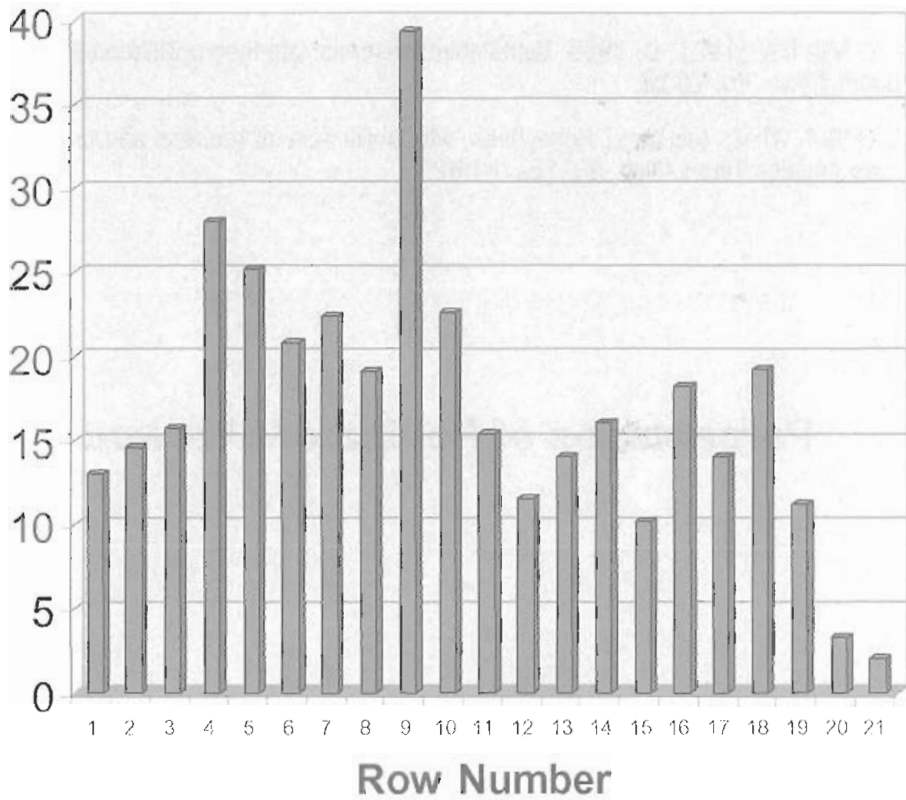




Figure 2

## Average Number of Fruit Per Tree Per Row



Row 7 = hive row; bumblebee hives in middle of row

Row 4,5, and 9 = rows with significantly higher fruit numbers per tree than the average per tree for the block

## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO DEL CVR HASS (*PERSEA AMERICANA* MILL) CON RESPECTO AL TIEMPO EN LAS CONDICIONES ECOLÓGICAS DEL ÁREA DE MOTRIL (GRANADA, ESPAÑA)

R. Martínez<sup>1</sup>, J. J. Martínez<sup>1</sup>, R. Martínez-Valero<sup>1</sup> y J. Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Producción Vegetal y Microbiología. Universidad Miguel Hernández de Elche. 03312 Orihuela. Alicante. España. Correo electrónico: [rafa.font@umh.es](mailto:rafa.font@umh.es)

### RESUMEN

El crecimiento del fruto del aguacatero (*Persea americana* MILL) según Salisbury and Ross (1992) es sigmoidal, más el objetivo de este estudio es contribuir a conocer la evolución de la curva del crecimiento del CVR del aguacatero Hass con relación al tiempo en el área de Motril (Granada, España). Con miras a poder lograr por la nutrición y el riego, las mayores tasas de crecimiento con respecto al tiempo. Obteniéndose para ello la ecuación del crecimiento durante los dos años consecutivos de estudio del crecimiento del fruto de esta variedad.

**Palabras Clave:** Aguacate, Hass, curva de crecimiento, recolección.

### INTRODUCCIÓN

Si el conocimiento de la evolución del crecimiento las diferentes partes del fruto, es fundamental para poder profundizar en el estudio de las diferentes fisiopatías, lo es también para soslayar la tendencia a la alternancia si la recolección es precoz. Por ello teniendo en cuenta el desarrollo integral del fruto, Coombe (1976) afirma que el crecimiento del fruto depende del número de células obtenidas en la méresis del mismo, siendo el potencial de su evolución relacionado con la acumulación de asimilados. Por tanto el volumen final del fruto vendrá dado en primer lugar por el tamaño y número de células que lo integren y en segundo lugar por la acumulación de agua y solutos en las vacuolas en la auxéresis (Ho, 1988).

Por otro lado el tamaño del fruto, vendrá también influido por el número de células conseguidas por los esbozos florales antes de la antesis, por lo que las diferenciaciones florales serán favorables al mismo (Martínez-Valero, 1982). Por tanto el aumento proporcional de la biomasa final del fruto se deberá no sólo al incremento del número de células en el ovario en respuesta al aclareo de flores, sino al aumento del citoplasma de las células, como también del llenado de las vacuolas de las mismas. Sin embargo hay que tener en cuenta que las altas temperaturas o las condiciones de estrés hídrico, pueden reducir el número de células, tanto de los esbozos florales como del fruto (Bohner and Bangerth, 1988).

En consecuencia cuando la división celular ha finalizado la distensión celular está probablemente determinada por el mecanismo que controla la extensión de la pared celular y la acumulación de agua y solutos. Pero el aguacate es un fruto atípico en el que la división celular continua, a pesar de que sea en una moderada tasa de crecimiento, mientras el fruto está en el árbol. Por tanto división celular y distensión celular continúan en el fruto del aguacate secuencialmente, por lo que el tamaño final del fruto principalmente es el resultado más por el número de células que por el tamaño de ellas (Schroeder, 1953).

Más el crecimiento del fruto del aguacatero es sigmoidal cuando se mide en volumen (Salisbury and Ross, 1992), y por eso Bain (1958) divide el crecimiento del fruto en tres etapas, en la primera indica que es de tipo logarítmico propia de la méresis, en la segunda dice que es de tipo lineal típica de la auxéresis y en la tercera específica que es de tipo hiperbólico, típica de la madurez. Así pues el crecimiento celular en el fruto del aguacate varía principalmente en los tejidos del mesocarpo, no sólo debido a la extensión celular, sino además por el crecimiento celular secuencial de la méresis y la auxéresis, que continua mientras el fruto está en el árbol.

Finalmente debido a la alternancia del aguacate, será muy interesante conocer la mayor tasa de crecimiento, con el fin de recolectarlo lo más pronto posible y de ese modo poder soslayar en parte la mayor alternancia productiva de la variedad Hass.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material sobre el que se ha trabajado durante dos años es el aguacate cvr. Hass sobre patrón Lula de semilla, de 14 años de edad, regado por goteo, a los que se aplicó unos 6500 m<sup>3</sup> por hectárea al año en una finca del área de Motril (Granada), de suelos francos cultivados en terrazas. La metodología aplicada ha sido:

1. Elegir 48 árboles tomados al azar.
2. Marcar con una cinta negra de 1,5 m, la rama y el fruto a medir, cuando éste tenía entre 12 y 14 mm de diámetro. Circunstancias que ocurrieron en los dos años de estudio, el primero el 24 de mayo y segundo el 28 de mayo.
3. Se eligió un fruto por árbol de la parte media del árbol de la manera siguiente: Los doce primeros frutos se eligieron mirando al Norte, los doce siguientes al Sur, los doce siguientes al Este y los doce siguientes al Oeste.
4. La evolución del fruto se midió midiendo el diámetro mayor en el tercio inferior del fruto, tal como Chalmers *et al*, (1982) lo hicieron para la pera.
5. Las mediciones se hicieron semanalmente los lunes a partir de las 10 de la mañana, con un calibrador digital 'Digimatic' de Mitutoyo automático, y siempre realizadas por la misma persona, con el fin de evitar variabilidad en los errores de medición.

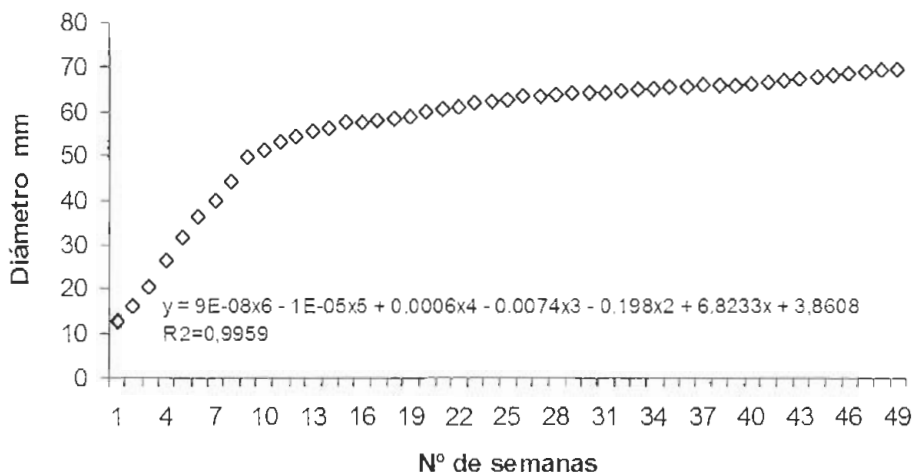
6. Con las mediciones semanales de cada año se hicieron a su vez la suma, la media y la desviación típica. De modo que con estas medias, se dedujo la ecuación del diámetro con respecto al tiempo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suma, la media y la desviación típica de las mediciones de los frutos durante las 49 semanas han sido:

Nº de semana	suma	media	SD
1	607,76	12,66	0,89
2	776,15	16,17	0,9
3	988,6	20,6	0,94
4	1272,17	26,5	0,99
5	1515,67	31,58	1,09
6	1738,17	36,21	1,13
7	1901,67	39,62	1,22
8	2273,38	44,2	1,31
9	2382,55	49,64	1,39
10	2463,46	51,32	1,52
11	2551,15	53,15	1,62
12	2614,99	54,48	1,73
13	2659,99	55,42	1,72
14	2712,48	56,51	1,71
15	2754,08	57,38	1,77
16	2764,58	57,6	1,8
17	2774,13	57,79	1,91
18	2802,3	58,38	1,93
19	2827,86	58,91	1,99
20	2869,86	59,79	2,01
21	2913,51	60,7	2,04
22	2937,11	61,19	2,05
23	2960,53	61,68	2,02
24	2986,61	62,22	2,1
25	3014,11	62,79	2,17
26	3041,11	63,36	2,18
27	3045,11	63,44	2,29
28	3065,83	63,87	2,27
29	3077,52	64,11	2,25
30	3082,81	64,23	2,19
31	3092,57	64,43	2,18
32	3111,29	64,82	2,17
33	3117,63	64,95	2,18
34	3126,48	65,13	2,16
35	3139,43	65,4	2,11
36	3146,55	65,55	2,1
37	3156,45	65,76	2,12
38	3161,37	65,86	2,11
39	3168,32	66,01	2,04
40	3180,66	66,26	2,02
41	3201,11	66,69	1,93
42	3213,84	66,95	1,94
43	3229,49	67,28	1,96
44	3249,38	67,7	1,95
45	3266,4	68,05	1,94
46	3291,44	68,57	1,93
47	3314,19	69,05	1,94
48	3320,79	69,18	1,95
49	3331,83	69,41	1,97

### Curva de crecimiento del aguacate cv. Hass



Estos datos nos vienen a indicar de una manera clara que la evolución del 91,35% del crecimiento total del fruto durante un año (de cuajado a cuajado) se consigue en la semana número 26 del crecimiento, es decir entre el 19-25 de noviembre según años estudiados, por lo que viene a ser la mitad del tiempo de las 52 semanas de crecimiento del año. Por lo tanto si el porcentaje de materia seca está estrechamente relacionada con el contenido de aceite y el tanto por ciento de la materia seca es junto al calibre uno de los factores determinantes en la calidad del aguacate. Es por tanto fundamental conocer a partir de la fecha anteriormente indicada, la mínima cantidad de materia seca que requiere el mercado, con el fin de avanzar la recolección en la medida de lo posible.

## CONCLUSIÓN

De todo lo anterior se deduce que prácticamente más del 90% del calibre del fruto se obtiene a las 26 semanas en el estudio realizado, con lo cual el conocer la ecuación del fruto es fundamental para el productor, con miras a establecer su calendario de recolección.

## Agradecimientos

Los autores de este estudio quieren agradecer a Explotaciones Agrarias Tropicales, S.A. propietaria de la finca Cortijo de las Angustias, de Motril (Granada), la disposición y medios puestos por la empresa para la realización de este trabajo experimental.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- BAIN, J.M., 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of Valencia orange, (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Aust. J. Bot.* 6: 1-24
- BOHNER, J. AND BANGERTH, F., 1988. Cell number, cell size and hormone level in semi-isogenic mutants of *Lycopersicon pimpinellifolium* differing in fruit size. *Physiologia Plantarum* 72: 316-320
- CHALMERS, D.J., MITCHELL, P.D. AND JERIE, P.H., 1982. The physiology of growth control of peach in pear trees visiting recorded irrigation. *Acta Horticultura* 78: 75-90.
- COOMBE, B.G., 1976. Development of fleshy fruit. *Annual Review of Plant Physiology* 27:207-228.
- HO, L.C., 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugar in sink organs in relation to sink strength. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 39: 355-378
- MARTÍNEZ-VALERO, R., 1982. Contribution à l'étude de la période de l'initiation florale et de l'entrée en dormance chez l'abricotier. Mémoire D.A.A. École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier (France). 105 pp
- SALISBURY, F.B. AND ROS, C.W., 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California. 682 pp



## GIRDLING OF HASS AVOCADO TREES TO INCREASE FRUIT YIELD AND INCOME IN “OFF” YEARS IN A CALIFORNIA COASTAL VALLEY

R. McNeil<sup>1</sup> and G. Parsons<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Cal Poly State University. Horticulture and Crop Science Department. San Luis Obispo, CA, USA 93407. E-mail: [rmcneil@calpoly.edu](mailto:rmcneil@calpoly.edu)*

### ABSTRACT

Sixteen trees each of mature Hass avocado trees were treated with three 2 cm (.5 in) girdling treatments prior to two light bloom springs resulting in “off” year crops: 1. A December girdle, 2. A February girdle, 3. An ungirdled control. One-third of the limbs were girdled on each tree, changing limbs each treatment year. December girdles were performed in 1995 and 1997. February girdles were performed in 1996 and 1998. Fruit number data was taken for three seasons, two “off” years (1997 and 1999) after girdling and one “on” year (1998) without girdling.

The December girdling time averaged 111 more fruit per tree than the control trees for the three years of the study. The February girdling time averaged 80 more fruit per tree than the control trees for the three years. Fruit size was slightly smaller for both December and February girdled trees for the 1999 crop.

### INTRODUCTION

The avocado industry is a large economic factor for many nations. Unsatisfactory bearing habits of the avocado tree have always been a major problem for the avocado grower. Avocado trees are alternate bearers, so 1-3 poor crops (lag crops) may follow a heavy crop. As production costs increase (especially water) there is a growing need to maximize production in these lag crops.

Girdling has been practiced to increase productivity in many fruit trees, including the avocado. It is a simple process of cutting through and removing the bark in a two cm diameter circular pattern around one third of the limbs per year. This is usually recommended in November or December in California (McNeil, 2001). The removal of the bark prevents carbohydrates from going down the tree to the roots. These carbohydrates are then used by the upper portion of the tree to increase fruit set.



The main objective of this research was to determine if girdling could reduce alternate bearing of Hass avocado trees, by increasing the crop in the lag ("off") crop year.

## MATERIAL AND METHODS

Forty-eight Hass avocado trees were randomly chosen. Three treatments were given to the trees. One third of the trees were girdled in December 1995 and 1997, one third were girdled in February 1996 and 1998, and the other third were left alone (control).

The girdling process started by choosing one limb from each tree that appeared to support approximately one third of the tree's vegetation. On some trees with larger numbers of branches, two limbs were chosen. A double bladed girdle knife was used to cut through the bark, down to the wood, in a strip about two cm (one half inch) wide. The cut was made completely around the limb.

The trees were then placed into groups of three, forming a randomized block with sixteen replications. The objective was to put trees with similar amounts of vegetative growth and numbers of current fruit in the same group. There is believed to be a direct correlation between the amount of vegetative growth and the crop size, so by grouping the trees like this we could eliminate a possible bias.

The total number of fruit per tree and per limb were counted for three seasons, two "off" years (1997 and 1999) after girdling and one "on" year (1998) without girdling.

Five templates were made of approximate size to weight ratios to measure the fruit size of the 1999 crop. This was done by weighing a 4 ounce, 6 ounce, 8 ounce, 10 ounce, and 12 ounce avocado. These six avocados were then traced onto cardboard. These templates were then used to determine the approximate weight of randomly chosen avocados. Thirty fruit from each tree were randomly selected to be used as a sample population. On the girdled trees 10 fruit were randomly selected from the girdled portion of the tree and remaining 20 fruit were chosen from the rest of ungirdled portion of the tree. On the ungirdled control trees 10 fruit were randomly chosen from the one third portion of the tree that was predetermined to have similar position, size, and fruit numbers as the corresponding girdled limb on the girdled tree. The remaining 20 fruit were chosen randomly from the remaining two thirds of the tree.

## RESULTS AND DISCUSSION

The 1997 crop, as a result of girdling, showed that the trees girdled on December 15, 1995 and February 17, 1996 averaged more fruit per tree than the ungirdled trees (Table 1). The 1998 crop, not girdled, was a high yield crop as predicted. The trees that had been girdled in previous years again had higher numbers of fruit per tree. The previously ungirdled trees averaged less fruit per tree than both the December and February girdle. The 1999 crop, as a result of girdling, showed that the trees girdled on December 6, 1997 averaged more fruit per tree than the ungirdled but the trees girdled on February 13, 1998 averaged less than the ungirdled.

The December girdle averaged 111 more fruit per tree than the ungirdled trees for the three years of the study (Table 1). The February girdle averaged about 80 more fruit per tree than the ungirdled trees for the three years of the study. The size/weight results for the 1999 crop are as follows (Table 1). Girdled trees had slightly smaller fruit than control trees for the 1999 crop. Size wasn't measured for the 1997 and 1998 crops.

## CONCLUSION

The main purpose of this study was to determine if the practice of girdling would have a positive effect on the production of the Hass avocados in their lag ("off") years. Girdling in both December and February did induce larger overall (total) crops for the three years of the study. The December girdle was the most effective treatment for the three years of the study followed by the February girdle, and lastly the ungirdled trees. The December girdle time increased the crop in both "off" crop years (1997 and 1999) and even in the "on" crop year (1998). The February girdle time increased the crop one "off" year (1997) and the "on" year (1998).

## REFERENCES

- COIT, ELIOT J 1995. "The Effect of Girdling the Avocado." *California Avocado Society Yearbook*. Pp. 73-76.
- LAHAV, E., D. ZEMET, S. GAZIT, AND U. LAVI. "Girdling as a Means of Shortening and Juvenile Period of the Avocado Seedlings." *Horticulture Science*. 1986. 21 Pp. 1038-1039.
- LAHAV, E., B. GEFEN AND D. ZEMET. "The Effects of Girdling on Fruit Quality, Phenology and Mineral Analysis of the Avocado Tree." *California Avocado Society Yearbook*. 1972. 55 Pp.162-168.
- MCNEIL, ROBERT J. 2001. *California Avocado Production*. Horticulture and Crop Science Dept. Cal Poly State University, San Luis Obispo, CA 93407.

Table 1

Total fruit counts per tree for the three seasons of the girdling study

Seasons Ungirdled		December 1995 & 1997 Girdle	February 1996 & 1998 Girdle
1997	7.5	33.7	39.0
1998	335.6	398.8	435.3
1999	178.0	199.6	126.6
Total	521.1	632.1	600.9
Average Fruit Size (1999)	218.8 gm (7.72 oz)	203.5 gm (7.18 oz)	196.7 gm (6.94 oz)



## EFFECTO DEL UNICONAZOL-P (SUNNY®) SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE PALTOS CV. HASS EN CHILE.

F. Mena, F. Gardiazabal, C. Magdahl, A.W. Whiley, T. Cantuarias, C. Wilhelmy, F. González.

**Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda., Casilla 476, Quillota, Chile.**  
**Correo electrónico: [gama@entelchile.net](mailto:gama@entelchile.net).**

### RESUMEN

La aplicación del regulador de crecimiento Uniconazol-p (Sunny®) en huertos comerciales de paltos (*Persea americana* Mill.) se ha convertido en una práctica común en otros países como Australia, donde es utilizado en aplicaciones primaverales destinadas a aumentar el tamaño y la producción de fruta, y en aplicaciones sobre rebrotes de poda de verano, destinadas a controlar el vigor y tamaño del árbol e incrementar la floración de la siguiente temporada.

En ensayos realizados en 3 localidades de la zona central se evaluó por primera vez en Chile el efecto de Uniconazol-p sobre producción y control del crecimiento vegetativo en huertos comerciales de paltos cv. Hass, comparando aplicaciones otoñales y primaverales en dos dosis (0.5% y 1%) en 1 y 2 parcialidades, y aplicaciones sobre rebrotes de poda de verano en tres dosis (0.25%, 0.5% y 0.5%+0.25%). Los ensayos fueron conducidos durante dos temporadas para contrarrestar el efecto de la alternancia de producción característica de los huertos de palto. Los resultados de la primera temporada indican que las aplicaciones otoñales de Sunny® al 0.5 y al 1% aumentaron el número de frutos y los kilos cosechados por árbol, pero redujeron el tamaño del fruto en comparación a la aplicación primaveral y a la aplicación combinada en otoño y primavera en ambas dosis.

El efecto de la aplicación primaveral de Sunny® sobre la forma de la fruta varía según la localidad es especialmente importante en localidades con influencia costera más marcada. En dos huertos la aplicación primaveral de Sunny® al 0.5 y al 1% hizo variar la relación diámetro polar/ecuatorial de la fruta, mientras que en el tercer huerto no se observó efecto sobre la forma de la fruta. Las aplicaciones primaverales también tuvieron efecto diferente sobre el número de frutos y kilos de

fruta por árbol según la localidad. En una de las localidades no hubo efecto de las dosis aplicadas sobre ambos parámetros. En otro huerto, las dosis de 0.5% y 1% de Sunny® produjeron menos frutos por árbol que el testigo, pero de mayor calibre y no afectaron los kilos de fruta por árbol. En ambos huertos la aplicación primaveral al 1% aumentó el tamaño de la fruta, lo que se reflejó en la obtención de un mayor porcentaje de calibres comerciales grandes, hasta 12-47% más que el testigo.

En los ensayos sobre rebrotes de poda, la aplicación de Sunny® en todas las dosis probadas redujo significativamente el largo de brotes y el volumen del dosel.

**Palabras Clave:** Regulador de crecimiento, Uniconazol-p, Sunny® .

## INTRODUCCIÓN

La producción de paltas en Chile ha mostrado un fuerte desarrollo en los últimos años, debido al auge de la exportación hacia los Estados Unidos. Actualmente existen casi 21.000 hectáreas plantadas, ocupando el tercer lugar a nivel mundial en superficie plantada con paltos. Más del 33% de esta superficie está ocupada por plantaciones jóvenes que no han alcanzado aún su máximo potencial de producción (Magdahl, 1998).

Al analizar la productividad del palto, se identifican dos puntos principales: la baja productividad y la dificultad en controlar el añerismo. Además en los últimos años se ha intensificado la utilización de poda en plantaciones comerciales, con el objetivo de aumentar la productividad. Sin embargo, el éxito de la poda depende de la intensidad con la cual controla el vigor de los árboles. Un exceso de vigor está asociado a una baja floración y producción.

La aplicación de reguladores de crecimiento en palto es un manejo muy difundido en otros países, donde son aplicados principalmente para dos propósitos: en floración, para aumentar el tamaño y el número de frutos, y en post poda, aplicados sobre los rebrotes de la poda para regular el vigor de éstos, manteniendo el tamaño y la forma del árbol y aumentando la floración en la temporada siguiente (Leonardi et al., 2001; Whiley, 2001; Penter et al., 2000; Adato, 1990; Wolstenholme et al., 1990; Köhne and Kremer-Köhne, 1987). Entre los reguladores de crecimiento usados en paltos se encuentra el Uniconazol-p (Sunny®), del grupo de los triazoles, que aún no es utilizado a escala comercial en Chile y que en Australia ya ha sido registrado para su uso comercial en paltos.

Este estudio ha sido diseñado a 2 años y se realiza en huertos comerciales de paltos cv. Hass, ubicados en 3 localidades de la zona central de Chile, con el objetivo de evaluar el efecto del Uniconazol-p, aplicado en distintas dosis y momentos, sobre la productividad y control del crecimiento de los rebrotes de poda. Se presentan los resultados obtenidos en la primera temporada.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluó el efecto del Uniconazol-p (Sunny®) en tres ensayos independientes: (i) un ensayo de aplicación de Sunny® en dos épocas (primavera y otoño) y dos dosis, en el que se evaluó su efecto sobre la producción y tamaño de fruta; (ii) un segundo ensayo de aplicación en primavera, en el que se evaluó el efecto del Sunny® en dos dosis sobre producción y tamaño de fruta, y (iii) un tercer ensayo en el que se evaluaron tres dosis de Sunny® aplicado a fines de verano sobre el crecimiento de rebrotes de poda. Todos los ensayos se establecieron en zonas productoras de la

V región, en huertos jóvenes de cv. Hass sobre portainjerto Mexicola, de 3 a 7 años de edad. En los ensayos las densidades de plantación varían entre 6x3m (555 árboles/ha), 6x4m (416 árboles/ha) y 6x6m (277 árboles/ha).

(i) El ensayo de aplicación de Sunny® en otoño y primavera se lleva a cabo en una sola localidad (Quillota) y en el se evalúan las siguientes dosis y combinaciones de épocas: T0= testigo, T1= 0.5% en otoño; T2= 1% en otoño; T3= 0.5% en primavera; T4= 1% en primavera; T5= 0.5% en otoño + 0.5% en primavera; T6= 0.5% en otoño + 1% en primavera; T7= 1% en otoño + 0.5% en primavera, y T7= 1% en otoño + 1% en primavera.

(ii) En el ensayo de aplicación primaveral de Sunny® se evaluaron los siguientes tratamientos, en dos localidades (Cabildo y Llay-Llay): T0= testigo, T1= 0.5% Sunny®; T2= 0.5% Sunny® + 0.8% urea fosfato; T3= 0.5% + urea aplicada al suelo; T4= 0.5% Sunny® + 0.8% urea fosfato, repetido a los 14 días; T5= 1% Sunny®; T6= 1% Sunny® + 0.8% urea fosfato; T7= 1% Sunny®+ urea aplicada al suelo; T8= 0.8% urea fosfato y T9= urea aplicada al suelo. Todos los tratamientos fueron aplicados durante la floración y con un porcentaje de panículas con brote de 5 cm no superior al 10%. En los tratamientos con aplicación de urea fosfato al follaje se estabilizó el pH de la solución a 6,5 y los tratamientos con urea al suelo consideraban que esa aplicación suplementaba un 20% extra de la dosis anual.

(iii) En el ensayo de aplicación sobre rebrotes de poda de verano, conducido en la zona de Quillota, se probaron dosis de 0.25%, 0.5% y una dosis doble de 0.5% + 0.25% aplicada a los 14 días después.

En todos los huertos los ensayos fueron conducidos como diseños completamente al azar, con 12-15 árboles por tratamiento, los que fueron elegidos entre aquellos de tamaño, vigor y aspecto similar. Las comparaciones entre los promedios de tratamientos fueron hechas utilizando el test de intervalos múltiples de Duncan, con un nivel de significación del 5%. Se evaluaron las siguientes variables: número de frutos y kilos de fruta por árbol; peso promedio del fruto por árbol; volumen de copa, forma de los frutos y longitud de los rebrotes. El volumen de copa se determinó en base a mediciones de diámetro de árbol tomadas en dos direcciones (N-S y E-O) y altura del árbol. La forma de la fruta fue determinada en base a la relación entre diámetro polar y ecuatorial. En los ensayos de aplicación primaveral la fruta cosechada de cada árbol en medición fue pesada, contada y clasificada en una línea de calibración comercial, para determinar la distribución de calibres en cada tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados del ensayo de aplicación en otoño y primavera, obtenidos en base a la cosecha del año siguiente a la aplicación de los tratamientos. En comparación al testigo, a las aplicaciones primaverales y a las combinadas de otoño y primavera, la aplicación otoñal sola de Sunny® al 0.5 y al 1% aumenta el número de frutos y los kilos de fruta por árbol, pero reduce el peso promedio del fruto. Es decir, la aplicación otoñal de Sunny® en las dosis probadas produce más fruta, pero de menor tamaño. Las aplicaciones primaverales al 0.5% y 1%, así como las aplicaciones combinadas en otoño y primavera, aumentan el tamaño del fruto en relación al testigo.

En la Tabla 2 se presentan los valores de relación entre diámetro polar y ecuatorial de la fruta (DP/DE) y volumen de copa del árbol (VC), obtenidos en la temporada siguiente a la aplicación primaveral de Sunny®, en 3 localidades. No hubo efecto de la aplicación primaveral sobre el volumen de copa en ninguno de los huertos evaluados, sin embargo en dos de ellos (Llay-Llay y Quillota) todos los tratamientos con Sunny® redujeron la relación DP/DE respecto al testigo, lo que

significa que modificaron la forma de los frutos, aumentando el diámetro polar y haciéndolos más redondeados.

La Tabla 3 presenta los resultados de número promedio de frutos por árbol, producción de fruta por árbol, porcentaje de fruta con calibre superior a 40 (>252 g por fruto) e ingreso bruto por hectárea (IB), obtenidos en los ensayos de aplicación primaveral de Sunny® al 0.5% y 1%, en dos localidades. En Llay-Llay, el número de frutos por árbol fue menor en los tratamientos de Sunny® al 1% respecto al testigo, mientras que en Cabildo no hubo diferencias entre los tratamientos. En ambos huertos no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el promedio de kilos de fruta cosechada por árbol, indicando una diferencia el peso promedio de la fruta. En ambas localidades el porcentaje de fruta con calibre igual o mayor a 40 fue mayor en los tratamientos que recibieron Sunny® al 1%, resultando en un incremento de 12-47% en relación al testigo.

Los resultados del ensayo de rebrotes se muestran en la Tabla 4. En todos los tratamientos con Sunny® la longitud de los rebrotes fue menor que la de los árboles testigo. Como consecuencia del acortamiento de rebrotes, la variación del volumen de copa en el periodo de medición (marzo-junio 2002) fue menor en los árboles tratados con Sunny®.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la primera temporada indican que las aplicaciones otoñales de Sunny® al 0.5 y al 1% aumentaron el número de frutos y los kilos cosechados por árbol, pero redujeron el tamaño del fruto en comparación a la aplicación primaveral y a la aplicación combinada en otoño y primavera en ambas dosis.

El efecto de la aplicación primaveral de Sunny® sobre la forma de la fruta varía según la localidad. En dos huertos la aplicación primaveral de Sunny® al 0.5 y al 1% redondeó la fruta, mientras que en el tercer huerto no se observó efecto sobre la forma de la fruta. Las aplicaciones primaverales también tuvieron efecto diferente sobre el número de frutos y kilos de fruta por árbol según la localidad. En una de las localidades no hubo efecto de las dosis aplicadas sobre ambos parámetros. En otro huerto, las dosis de 0.5% y 1% de Sunny® produjeron menos frutos por árbol que el testigo, pero de mayor calibre y no afectaron los kilos de fruta por árbol. En ambos huertos la aplicación primaveral de Sunny® en ambas dosis aumentó el porcentaje de fruta de calibres comerciales grandes en relación al testigo, en especial la aplicación al 1%, que produjo entre 12-47% más de calibres grandes comparada con el testigo.

La aplicación de Sunny® sobre rebrotes de poda resultó muy efectiva para el control del vigor de los mismos, en todas las dosis probadas (0.25%, 0.5% y 0.5%+0.25%). Esto permite mantener un tamaño de árbol más compacto, al reducir el volumen de la copa. El efecto del control del vigor de los rebrotes sobre la producción del año siguiente será evaluado en la cosecha del 2003.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a los productores Sra. Iris Baeza, Sr. Pablo Rozes, Sr. Jorge Schmidt y Sr. Walter Riegel por permitirnos trabajar en sus huertos y facilitar recursos humanos y materiales para la realización de los ensayos. Nuestra gratitud al personal de la Exportadora Safex S.A. por permitir la calibración comercial de la fruta cosechada en los ensayos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADATO A 1990. Effects of paclobutrazol on avocado (*Persea americana*, Mill.) cv. Fuerte. *Scientia Horticulturae* 45: 105-115.
- KÖHNE JS, KREMER-KÖHNE S 1987. Vegetative growth and fruit retention in avocado as affected by a new plant growth regulator (paclobutrazol). *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10: 64-66.
- LEONARDI J, WHILEY AW, HOFMAN PJ, STUBBINGS B, ATKINS M, SARANAH JB 2001. Management strategies for Sunny to increase fruit size and yield of Avocados. *Quensland Horticultural Institute*.
- MAGDAHL C 1998. La industria de la palta en Chile. *Seminario Internacional de Paltos*. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Viña del Mar, 4-6 Noviembre 1998, pp 1-9.
- PENTER MG, SNIJDER B, STASSEN PJC, SCHÄFFER E 2000. The effect of growth inhibitors on fruit production in Hass avocado trees. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 23: 46-51.
- WOLSTENHOLME BN, WHILEY AW, SARANAH JB 1990. Manipulating vegetative:reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. *Scientia Horticulturae* 41: 315-327.
- WHILEY AW 2001. Adoption of field practices to assist in expanding avocado markets. *Proc. Australasian Avocado Conference*, June 2001. Australia.

Tratamiento	Nº frutos por árbol	DS	Kilos de fruta por árbol	DS	Peso del fruto (g)	DS
T0: Testigo	137 cd	35	32.5 c	8.4	237.5 d	8.8
T1: 0.5% OT	260 a	78	55.9 a	15.5	216.4 e	7.2
T2: 1% OT	231 ab	44	50.6 ab	8.5	220.6 e	8.1
T3: 0.5% PR	111 d	48	29.7 c	12.2	277.3 ab	21.6
T4: 1% PR	117 d	47	34.0 bc	13.3	289.4 a	8.5
T5:0.5% OT+ 0.5% PR	171 bcd	20	44.3 abc	4.8	260.4 bc	16.8
T6:0.5% OT+ 1% PR	177 bcd	33	46.5 abc	8.9	262.5 bc	9.3
T7:1% OT+ 0.5% PR	200 abc	54	50.8 ab	13.2	254.8 c	14.0
T8:1% OT+ 1% PR	133 cd	37	37.2 bc	10.1	281.3 a	8.4

Tabla 1. Resultados del ensayo de aplicación de Sunny® en otoño (OT) y primavera (PR).

Duncan al 0.5%. DS= desviación estándar.



**Tabla 2.** Relación diámetro polar/ecuatorial de frutos (DE/DP) y volumen de copa (VC), ensayo de aplicación de Sunny® en primavera.

Tratamiento	Localidad					
	Cabildo		Llay-Llay		Quillota	
	DE/DP	VC (m <sup>3</sup> )	DE/DP	VC (m <sup>3</sup> )	DE/DP	VC (m <sup>3</sup> )
T0: Testigo	1.53 a	18.7 a	1.62 a	7.8 a	1.43 a	12.7 a
T1: 0.5% Sunny®	1.45 a	18.1 a	1.48 b	7.6 a	1.37 b	11.8 a
T2: 0.5% Sunny® + 0.8%UF	1.46 a	18.7 a	1.49 b	8.5 a	–	–
T3: 0.5% Sunny® + urea al suelo	1.42 a	17.4 a	1.45 b	7.9 a	–	–
T4: T2 repetido a los 14 días	1.44 a	18.4 a	1.44 b	7.8 a	–	–
T5: 1% Sunny®	1.44 a	20.2 a	1.45 b	8.5 a	1.36 b	10.7 a
T6: 1% Sunny® + 0.8%UF	1.44 a	22.7 a	1.47 b	7.9 a	–	–
T7: 1% Sunny® + urea al suelo	1.45 a	16.7 a	1.50 b	8.3 a	–	–
T8: 0.8%UF	1.54 a	20.0 a	1.60 a	7.1 a	–	–
T9: urea al suelo	1.52 a	23.0 a	1.62 a	7.9 a	–	–

Duncan al 0.5%.

**Tabla 3.** Número promedio de frutos por árbol, kilos de fruta por árbol, porcentaje de fruta con calibres sobre 40 (%cal >40) e ingreso bruto promedio por tratamiento (IB) obtenidos con aplicación primaveral de Sunny® en dos huertos.

Tratamiento	Cabildo				Llay-Llay			
	N° frutos	Kg. fruta	% cal >40	IB US\$/ha	N° frutos	Kg. fruta	% cal >40	IB US\$/ha
T0: Testigo	611 abc	121 a	4.0	29833	210 b	39 a	2.4	10878
T1: 0.5% Sunny®	610 abc	128 a	12.8	32409	173 ab	37 a	13.2	12599
T2: 0.5% Sunny® + 0.8%UF	623 abc	134 a	16.6	34293	149 a	34 a	35.1	9269
T3: 0.5% Sunny® + urea al suelo	578 ab	122 a	13.8	30969	172 ab	39 a	32.3	16595
T4: T2 repetido a los 14 días	544 ab	117 a	17.6	29362	161 a	36 a	34.9	19370
T5: 1% Sunny®	630 abc	132 a	16.5	35318	148 a	36 a	49.6	11933
T6: 1% Sunny® + 0.8%UF	586 ab	135 a	27.1	35484	151 a	34 a	41.4	14708
T7: 1% Sunny® + urea al suelo	515 a	113 a	16.2	30110	144 a	34 a	41.2	14208
T8: 0.8%UF	680 bc	136 a	5.6	33295	189 ab	37 a	14.0	12266
T9: urea al suelo	741 c	153 a	10.4	49832	182 ab	36 a	10.3	15429

Duncan al 0.5%.

**Tabla 4.** Resultados del ensayo de aplicación de Sunny® sobre rebrotes de poda.

Variable	Tratamientos			
	Control	Sunny® 0.25%	Sunny® 0.5%	Sunny® 0.5+0.25%
Largo de rebrotes (cm)	48.6 a	22.0 b	26.9 b	20.5 b
Variación volumen de copa (m3)	2.9 a	1.8 b	1.9 b	1.6 b

Duncan al 0.5%.

## MANEJO DEL RIEGO DEL AGUACATE MEDIANTE EL USO DE DENDROMETROS

D. Medina <sup>1</sup>, R. Gómez <sup>1</sup> y Jimmy Windler <sup>2</sup>

<sup>1</sup> **Departamento Técnico de Agro trapiche. Apdo. correos nº38 29.700 Vélez-Málaga. Málaga. España. Correo Electrónico: [agrotrapiche@yahoo.es](mailto:agrotrapiche@yahoo.es)**

<sup>2</sup> **Departamento Técnico de Phytech Ltd. Yad Mordechai, 79145 Israel. E-Mail: [windler@attglobal.net](mailto:windler@attglobal.net)**

### RESUMEN

Los dendrómetros son modernos sensores que miden las microvariaciones del diámetro del tronco y tallos de las plantas.

Puesto que el diámetro de estos órganos depende de dos componentes, el propio crecimiento de estos y de la pérdida de agua, existen unas variaciones continuas a lo largo del día, encontrándonos cada 24 horas con un máximo y un mínimo de grosor, a esta variación se le llama contracción, y las contracciones anormales nos indican un estrés del árbol.

La experiencia de varios años en plantaciones de aguacates en Israel, y las llevadas a cabo durante los últimos meses en varias plantaciones en la Axarquía, nos llevan a pensar que este es un excelente sistema para evitar que el árbol sufra estrés hídrico por falta de agua y al mismo tiempo no realizar aportes excesivos cuando estos no mejoren el estado hídrico de la planta. En definitiva a regar óptimamente.

Al mismo tiempo hemos llegado a la conclusión de que con este sistema no se pueden obtener parámetros concretos a mantener, sino que es la propia evolución de la planta la que nos indicará si las contracciones son normales o existen variaciones atípicas.

**Palabras Clave:** Dendrómetro, contracción diaria, concentrador, modem GSM

## INTRODUCCION

Las privilegiadas condiciones climáticas y edafológicas de la comarca de la axarquía permiten el desarrollo adecuado del cultivo del aguacate. Este se extiende en la franja costera de la zona oriental de la provincia de Málaga, desde el nivel del mar hasta los 140 de altitud.

Siendo este uno de los cultivos con mayores necesidades hídricas de los implantados en la comarca, y estando cada vez mas limitados los recursos hidricos, que de una parte proceden de acuíferos muy esquilados situados en los cauces fluviales y el resto, y en mayor importancia del embalse de la Viñuela, que provee a todo el Plan de Riegos del Río Guaro y parte de las necesidades de agua para consumo humano del litoral de la provincia de Málaga. Así, en competencia con el alto desarrollo demográfico que se da actualmente, hacen que el buen manejo del riego se convierta en unas de las prioridades técnicas para los próximos años, máxime, sabedores de que otro periodo de sequías como los acaecidos recientemente, pueden dar al traste con las inversiones realizadas en todas estas explotaciones tropicales.

El fitomonitor nos permite manejar simultáneamente sensores que recogen datos in situ del estado hídrico de la planta y sensores que registran las variaciones de los factores que lo afectan, como pueden ser los climáticos y de suelo, midiendo y registrando en tiempo real y en continuo todos estos parámetros para ayudarnos a manejar de forma óptima el riego.

La incorporación de la telemetría o captación de información a distancia (vía GSM o GPRS) a las técnicas del fitomonitorio, proporcionan al técnico un método en la gestión hídrica del cultivo totalmente diferente, adaptando las recomendaciones a las condiciones particulares de su parcela y variándolas de forma continua en función de los cambios del cultivo.

Esta información recibida y gestionada a través del moderno Software creado por Phytech, nos dan una visión real y con absoluta fiabilidad de las condiciones hídricas de la planta así como de las condiciones de clima y el suelo que la rodean. Todos estos datos almacenados y gestionados correctamente nos permite crear un historial de la finca, registrando todas aquellas incidencias que influyen en la productividad y en la medida de lo posible corregirlas de forma anticipada. A la vez que al realizar cualquier modificación de manejo, se puede comprobar los efectos de manera inmediata.

## MATERIALES Y METODOS

Este primer ensayo de fitomonitorio con la tecnología de Phytech y transmisión de datos vía modem GSM se realiza en la finca "La Isla" situada en el Término Municipal de Vélez-Málaga, en la comarca de la Axarquía, ubicada en las coordenadas 36º y 48' Lat. Norte y 4º y 8' Long. Oeste, a una altitud de 45 m. sobre el nivel del mar. Cuenta con una superficie de 30 Ha de aguacates en su mayoría de la variedad Hass. En las primeras semanas del trabajo se instalaron algunos sensores en una finca cercana "Rancho Antillano", para comprobar la fiabilidad de los datos contrastando los propios de la parcela con los de otra finca adyacente, en este caso y por la cercanía de ambas fincas (menos de 1km), se pudo aprovechar el equipo de recepción de datos por modem para las dos fincas.

La finca "La Isla" tiene un suelo de aluvión fluvial con un porcentaje de arena de alrededor del 75%, pero con capas a diferentes profundidades con un alto contenido de limo, esta estratificación del suelo hace que se produzcan movimientos horizontales del agua, creando problemas de drenaje que ocasionan asfixia radicular e inciden negativamente en la aparición y desarrollo de hongos fitoparásitos. El agua es de buena calidad, tanto la procedente del embalse de la Viñuela, con una CE de 0,4 mhos, como las captaciones subterráneas en la propia finca con una CE de 0,9 mhos, si bien con algo más de Ca y Mg.

**MATERIAL DE CAMPO:**

Para el control del estado hídrico de la planta se instalaron dendrómetros, que registran el crecimiento y contracción del diámetro del tronco. Por otro lado se han instalado sensores para fitomonitorar el crecimiento del fruto. De la comparación de datos se observó como muestra la figura 1, que las fluctuaciones en el fruto están estrechas y positivamente correlacionadas con las fluctuaciones del dendrómetro. (Fig. 1)

Con el objeto de monitorear y controlar la humedad en suelo y evitar así las pérdidas por lixiviación, con el consiguiente ahorro de agua y fertilizantes, se instalaron sensores de humedad de suelo a diferentes profundidades (foto 1). Y por último para el control de clima se instaló un sensor de temperatura y otro de humedad ambiente.

Todos estos sensores recogen y almacenan los datos cada treinta minutos (este tiempo es programable), y dos o tres veces al día (esta frecuencia también se puede programar) los envían vía radio a una consola central de recogida de datos (Foto 2). A esta consola nos podemos conectar directamente por cable a nuestro PC, o mediante una llamada por el modem descargando los datos a nuestro ordenador.



Foto 1 Sensores humedad suelo

Foto 2 Consola con MODEM

Foto 3 Radio transmisores.

**MATERIAL DE OFICINA:**

Estos datos recogidos y almacenados en el programa PhytoGraph de Phyttech, son manejados según nuestras necesidades para visualizarlos y graficarlos de forma rápida y eficaz, pudiendo hacerlo de modo individual o colectivo e interrelacionando los datos entre ellos. Pudiendo presentar informes que previamente hemos configurado con los parámetros y periodos que deseamos, obteniendo una visión panorámica de la situación real de la parcela y el cultivo.

**METODO:**

El primer ensayo que se realizó consistía en comprobar que los sensores recogen y envían los parámetros de forma correcta, con absoluta fiabilidad y precisión. Para ello instalamos los sensores de la siguiente forma.

Finca "La Isla" en la Parcela nº9, se escogen dos árboles situados a 20 m. de distancia, con condiciones de riego, suelo y estado de la planta muy similares, en cada uno de ellos se instalan sensores de crecimiento del fruto, uno por árbol, dos sensores de humedad de suelo a 25 y 50 cm.

de profundidad respectivamente, un dendrómetro por árbol muestreado, y por último un sensor de temperatura y humedad ambiente. En la finca "Rancho Antillano" no se elige un árbol al azar, sino que instalamos los sensores, en este caso un dendrómetro en un árbol privilegiado de la finca que se caracteriza por su alta productividad y la gran calidad de fruta que produce.

El segundo tratamiento consistió en demostrar que la medición de las micro variaciones diarias del tallo del aguacate puede ser un vehículo válido para dosificar la frecuencia y duración del riego. Para ello, y una vez comprobado la fiabilidad de los sensores y la eficacia de la transmisión de los datos, instalamos los mismos sensores de forma distinta:

Se eligen dos parcelas con regímenes de agua distintos y se instalan los sensores en árboles con un aspecto similar. Como hicimos anteriormente, en cada árbol un sensor de diámetro de fruto, un dendrómetro y sensores de humedad a 25 y 50 cm. de profundidad. El sensor de humedad y temperatura ambiente siguió instalado en el mismo árbol en el interior de la finca. Los regímenes hídricos aportados en los dos casos fueron de aproximadamente un 40% de la cantidad que se suministraba en años anteriores. En una de las parcelas contamos con riego por goteo con 6 microtubos de aproximadamente 12 l. /hora, y en la otra, riego con microaspersores con 2 aspersores de 45 l/hora por árbol. Se puede trabajar con parcelas tan dispares porque los resultados no son comparativos entre ambas, sino que estudiaremos las gráficas y los datos recogidos a lo largo del tiempo y sacaremos conclusiones de lo acaecido día a día.

## RESULTADOS

Con respecto al primer experimento, las gráficas de la figura nº 2 muestran como la contracción diaria es mucho menor, prácticamente no supera las 100 micras en el árbol excepcional de la finca "Rancho Antillano", así como el incremento del grosor del tronco también es mucho mayor. Por otro lado, las variaciones registradas en las gráficas de los dendrómetros de los árboles de la Parcela nº9 se manifiestan muy similares, tanto en el incremento total del tronco como en las contracciones diarias, que se sitúan alrededor de 200 micras, prácticamente el doble que en el árbol de la finca "Rancho Antillano". Los sensores de humedad y temperatura son comprobados con aparatos convencionales, que registran datos similares. Los sensores de humedad de suelo también registran perfectamente las variaciones del porcentaje de agua en el punto donde se encuentran situados, manifestándonos los incrementos de humedad, y con picos perfectamente marcados los excesos por superación de la capacidad de campo y las consiguientes pérdidas por drenaje (Fig. nº3).

Durante el tiempo que llevan instalados los sensores (más de un año), hemos recogido más de 24.000 mediciones por cada sensor. Utilizando el programa "Phytograph", todos estos datos se pueden visualizar en forma de gráficas de diferentes formatos y comparativas, las que nosotros mismos podemos definir y transformar ya sea interrelacionando los originales entre si o importando datos de otras fuentes.

Hemos obtenido en este tiempo todo tipo de ejemplos que demuestran que el manejo combinado de los sensores y la tecnología de análisis de Phytotech, permite dirigir la marcha de una explotación de aguacates en lo referente a un tema tan importante para este tipo de árbol como es el riego. Principalmente se han estudiado los momentos y periodos de estrés del árbol, muy relacionados con el DPV (Déficit de Presión de Vapor).

En la mayoría de los casos una subida brusca del DPV (valor que se puede asociar al concepto de evapotranspiración potencial) inducida por una bajada de la Humedad Ambiental y aumento de la Temperatura, provocan un incremento de la contracción en los troncos de los árboles. Si bien este parámetro (DPV), no siempre lo podemos controlar en una explotación al aire libre, hemos puesto

aprueba todos los medios para paliarlo, entre ellos el incrementar los aportes de agua, en este caso las respuestas han sido inmediatas cuando la demanda transpirativa está en unos niveles que podemos considerar normales para esta especie frutal. En caso de llegar a unos valores de DPV muy altos, las respuestas al aumento de riego no siempre han sido satisfactorias (figura nº4), ni aún llegando a aportes varias veces superiores a las necesidades teóricas del cultivo. En todos los casos y debido a los datos recogidos por los sensores de humedad, instalados en los horizontes de suelo profundo (prácticamente no existen raíces), los incrementos hídricos se han conseguido aumentando la frecuencia de riego, evitando así las pérdidas por drenaje. Se ha observado al mismo tiempo, que en la parcela con riego por microaspersión, durante el tiempo que dura el riego se notaba una mejoría en el estado de estrés de la planta, (resta aun valorar la importancia económica de estas leves mejoras).

En otras ocasiones y como es normal, el estrés hídrico se produce por una bajada de la humedad de suelo, que normalmente no ocurre de forma brusca sino que se manifiesta en un incremento progresivo de la contracción del árbol, en estos casos el aumento de las dotaciones de agua de forma escalonada provocan una mejoría de la planta (figura nº 5)

Otra serie de datos son ilustrativos de la importancia del conocimiento del estado de la planta a través de los dendrómetros, tal fue el caso que nos ocurrió al inicio del verano del 2002 cuando una importante subida de conductividad en el suelo de la finca, se manifestó como un estrés hídrico normal, es decir con un cierre estomático, el consecuente aumento de la contracción del tronco e incluso con la disminución del diámetro del mismo. Esta observación nos llevo a subir la dotación de agua, pero al cabo de varios días la mejoría fue nula, al comprobar que la demanda transpirativa era normal (similar a otras fechas que no se manifestó estrés) se procedió a un estudio pormenorizado de la situación, realizando entre otras pruebas, un análisis del extracto saturado del suelo, comprobando que la conductividad eléctrica del suelo había subido hasta 16 ms/cm. Resultando ser esta subida de salinidad la que provocaba el estrés hídrico.

Otro ejemplo significativo, fué la recogida de datos tras las primeras lluvias de otoño. De todos es sabido los efectos negativos de estas lluvias, sobre todo cuando se deja de regar y la concentración salina que se encuentra fuera del bulbo húmedo entra en este, provocando un aumento de la conductividad eléctrica a nivel radicular. La sintomatología que manifiestan las plantas con este hecho, son las típicas quemaduras de las puntas de las hojas por exceso de salinidad y aunque todos sabemos que este hecho perjudica al árbol y se suele recomendar que no se cambie el régimen de riegos después de estas lluvias, la verdad es que el agricultor tras un verano donde los gastos de agua se llevan la mayor parte del costo de producción, aprovecha cualquier lluvia como excusa para dejar de regar. En la figura 6 se pone de manifiesto lo perjudicial que puede llegar a ser una modificación del régimen de riego al producirse estas primeras lluvias, llegando a perderse hasta un 10% de peso de fruto en una semana (un 5% de pérdidas reales, más un 5% que podría haber ganado en circunstancias normales).

## CONCLUSIONES

La gráfica de la variación del diámetro del tronco a lo largo de un periodo de tiempo nos indica el crecimiento de este. Existen sin embargo variaciones diarias, con un máximo que se alcanza cuando la hidratación de los órganos es mayor y un mínimo a las horas de mayor deshidratación, la diferencia entre ambos valores se llama contracción, y representa la pérdida máxima de agua que experimenta la planta por la transpiración. Una contracción diurna anormal nos indica un estrés hídrico de la planta, y esto puede usarse para establecer los límites de riego. (Goldhamer et. Al.)

Durante la presente experiencia hemos comprobado que aunque se mantenga una buena dotación de agua existen factores que pueden hacer aumentar drásticamente la contracción diaria (por

ejemplo una alta concentración salina en el suelo o un elevado déficit de presión de vapor). Por esto recomendamos manejar conjuntamente los datos de humedad y temperatura ambientales, (DPV) y humedad de suelo, para sacar conclusiones rápidamente de la causa principal del déficit hídrico de la planta.

La gran heterogeneidad de las explotaciones tropicales de la Axarquía, tanto por los tipos de suelo, los sistemas de riego y el manejo de los mismos, así como del gran anarquismo y falta de criterio de la mayoría de los productores. Nos lleva a pensar que es difícil instaurar un modelo único de riego, donde unas mismas dotaciones pueden ser escasas para algunas explotaciones y excesivas para otras.

Por último, pensamos que este sistema que se adapta a cada explotación de forma individual. Es fiable, ya que proporciona datos contrastados. Es de manejo cómodo, al no obligarnos a tomar datos de forma manual, nos evita las pérdidas que ocurre con otros sistemas por falta de constancia. Es el más completo, porque reúne la información de una gran cantidad de factores, los medioambientales y los propios de la planta. Por todo ello es la herramienta más indicada para que la persona responsable tome las decisiones más apropiadas de riego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COHEN, M., GOLDHAMER, D., FERERES, E., GIRONA, J., MATA, M. 2001; Assessment of peach tree responses to irrigation water deficits by continuous monitoring of trunk diameter changes. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* **76** 55-60.

GOLDHAMER, D., FERERES, E., GIRONA, J., MATA, M., COHEN, M., 1999. Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124, 437-44.

SYVERTSEN, J., 1985. Integration of water stress in fruit trees. *HortScience*, **20** 1.039-43.

VALANCOGNE, C., NASR, Z. 1898. Measuring sap flow in the stem of small tree by a heat balance method. *HortScience* **24**, 383-5.

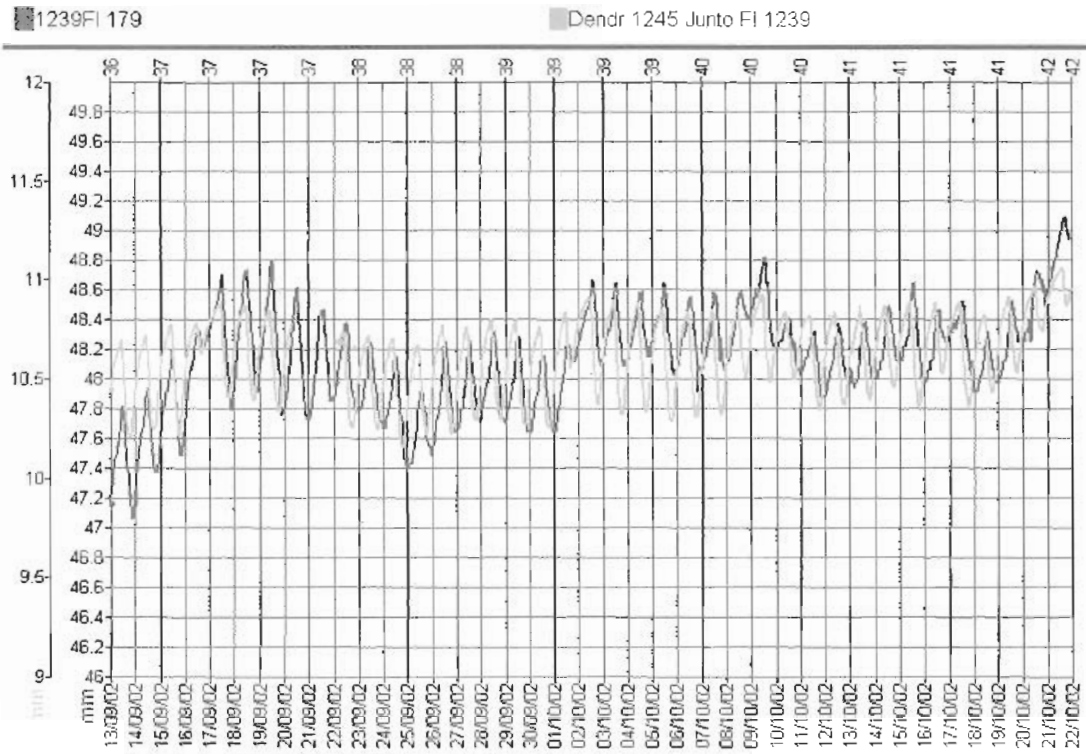


Figura 1: Fluctuaciones paralelas del dendrómetro y del diámetro del fruto.

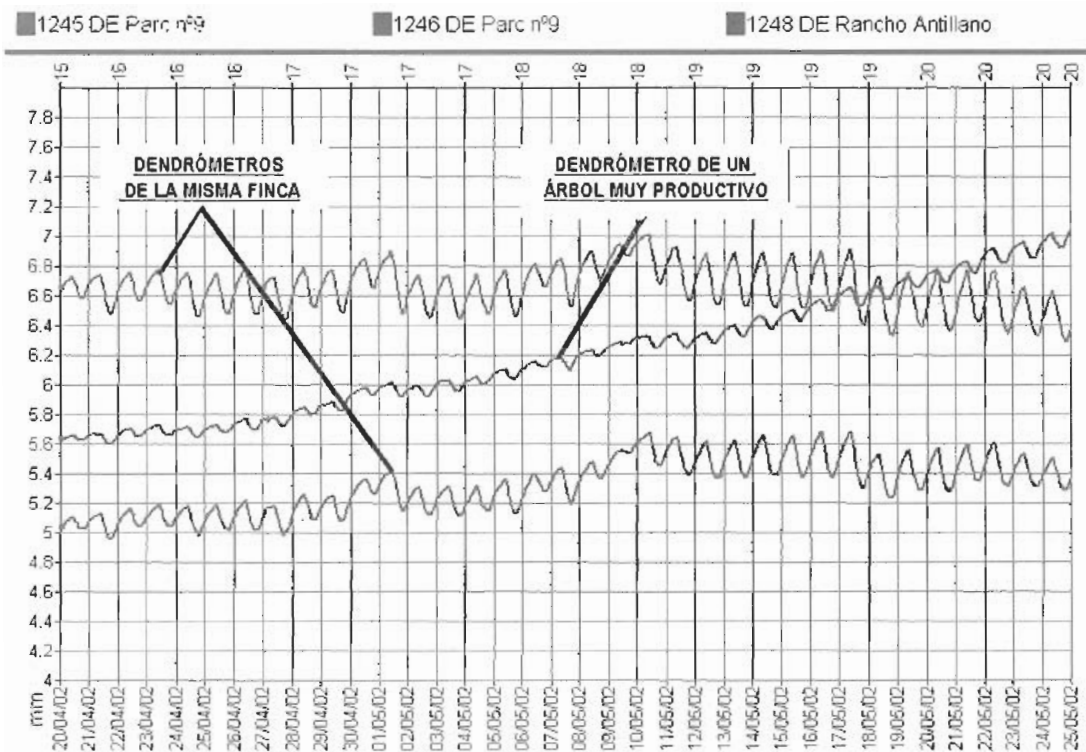


Figura 2. Gráficas de los diferentes dendrómetros



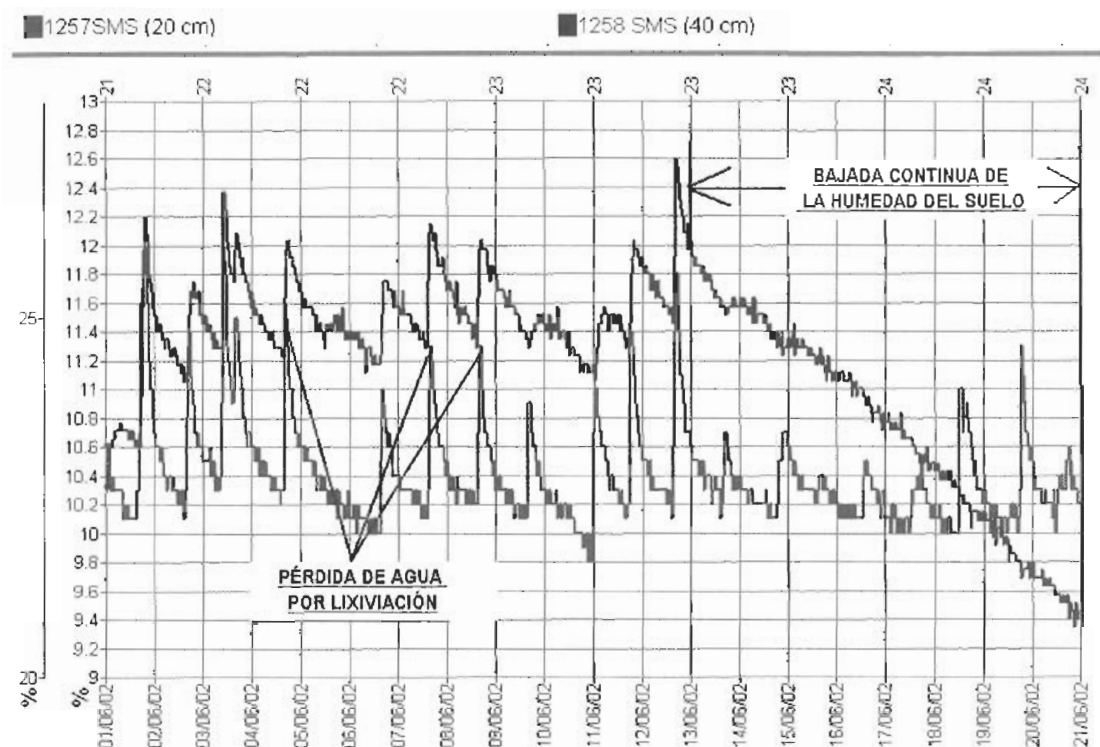


Figura nº3 Humedad de suelo a diferentes profundidades, con picos de drenaje.

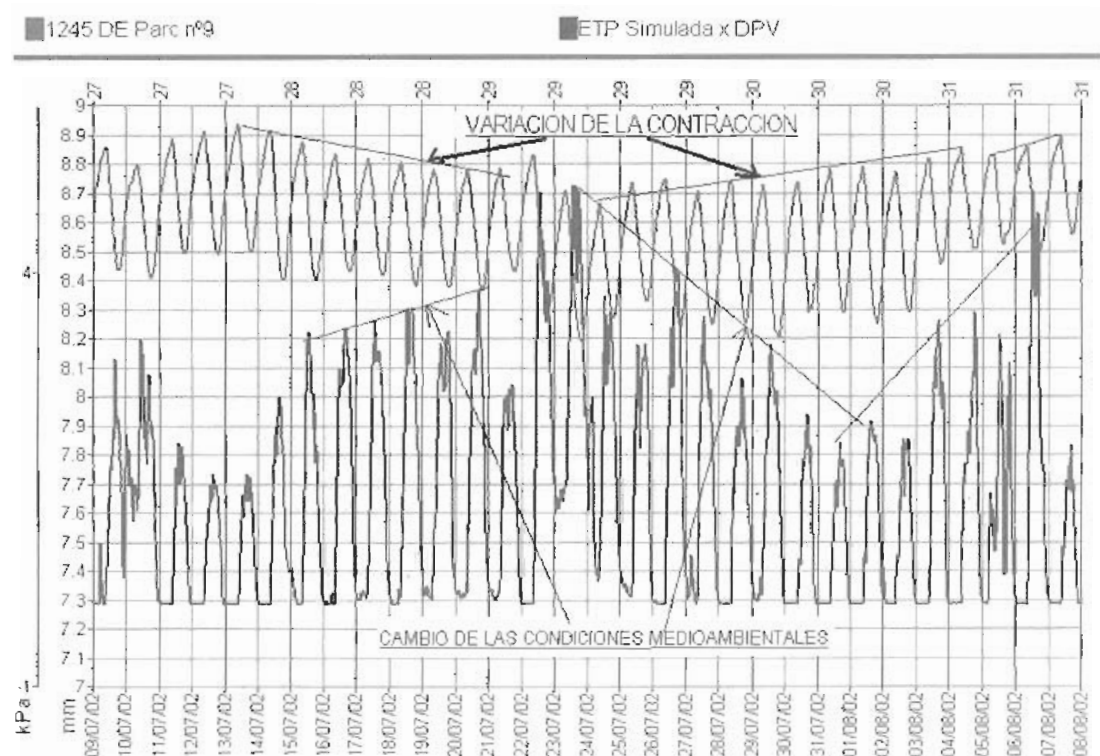


Figura nº4; en la primera parte de la gráfica no se ha podido controlar el estrés de la planta por la subida del DPV, pero a partir del 24 de julio la respuesta del árbol al régimen de riegos ha sido muy positiva.

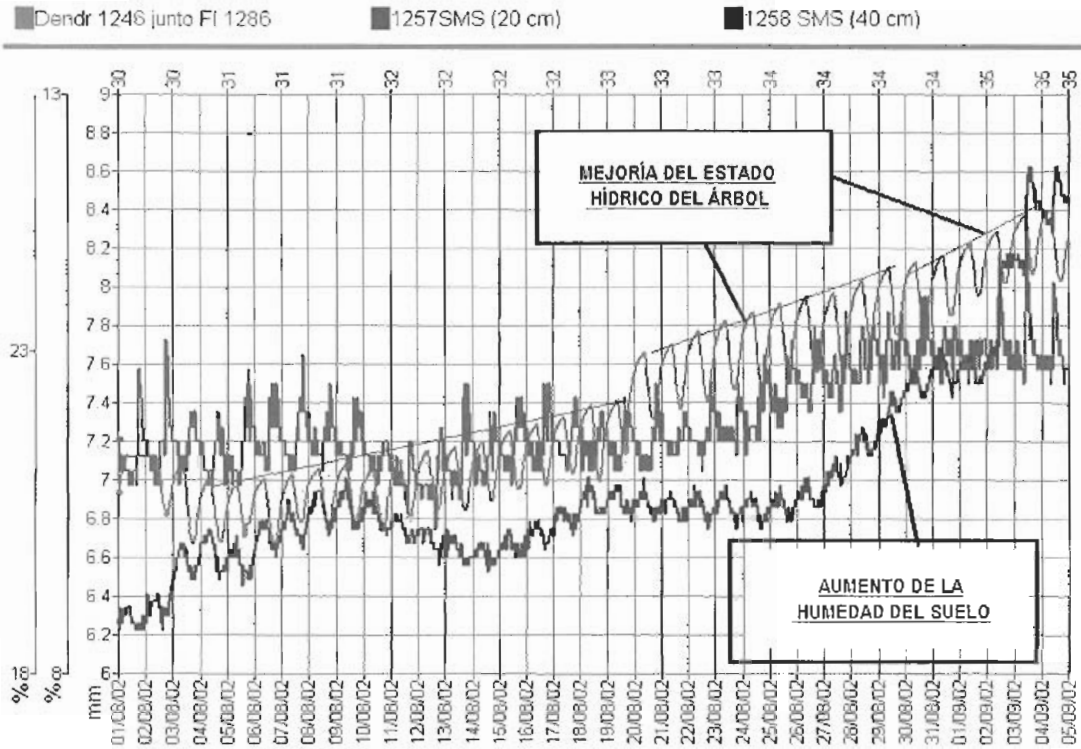


Figura nº5 Mejoría del estado hídrico de la planta, por un aumento de las dotaciones de agua.

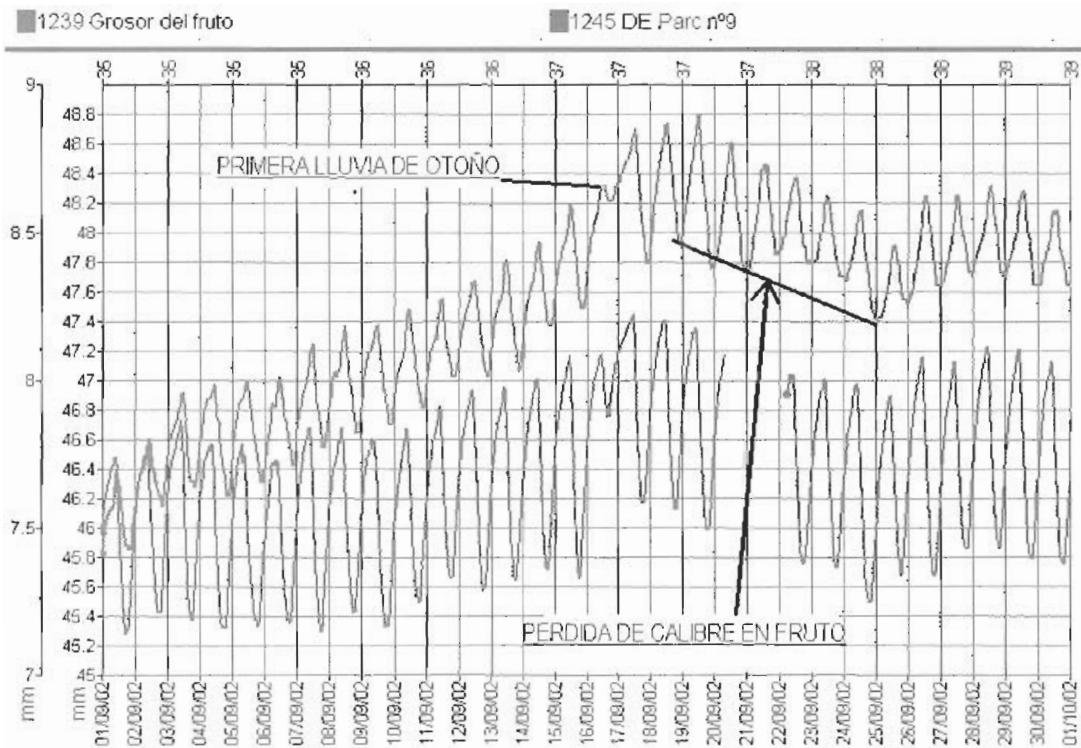


Fig. nº 6 Primer lluvia de otoño, DIA 16 de septiembre. Bajada en diámetro de tronco y grosor de fruto.



## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA EFICIENCIA DEL RIEGO POR GOTEO Y LA MICROASPERSIÓN EN EL AGUACATERO (*PERSEA AMERICANA* MILL) CON RELACIÓN AL ÁREA MOJADA EN SATURACIÓN DEL SUELO

R .Martínez<sup>1</sup>, P.Melgarejo<sup>1</sup>, D.Salazar<sup>2</sup> y R.Martínez-Valero<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dept. Producción Vegetal y Microbiología. Universidad Miguel Hernández de Elche. 03312 Orihuela. Alicante. España. Correo electrónico: [rafa.font@umh.es](mailto:rafa.font@umh.es)

<sup>2</sup> Dept. Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia. 46022. Valencia.

### RESUMEN

Hasta ahora en el cultivo del aguacatero (*Persea americana* MILL) se ha tomado para el riego coeficientes de cultivo basados en el tanque evaporímetro de Clase A, que van desde el 0,5 hasta el 0,55 en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre en California y desde el 0,5 hasta el 0,6 en los mismos meses en Israel, más no habiéndose realizado ningún estudio comparativo entre la eficiencia entre los riegos localizados de goteo y microaspersión. De modo que tomándose como base para ambos estudios el efecto más favorable para la expresión vegetativa de los árboles, que es la superficie mojada en saturación (como sucede en el cultivo hidropónico). Es por lo que durante doce años se ha desarrollado este estudio comparativo en el área de Motril (Granada, España). Dándose como resultado que el potencial teórico del riego por goteo es 2,09 veces mayor que la microaspersión, en el estudio efectuado con 100 árboles en riego por goteo y microaspersión en las mismas condiciones ambientales.

**Palabras Clave:** Aguacate, riego, eficiencia, gotero, microaspersor.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del aguacatero (*Persea americana* Mill) como se sabe, en climas mediterráneos, es el riego uno de los principales factores de producción. Puesto que no sólo es importante para la producción y calibre de frutos, sino que también lo es porque es entre otros factores el de termorregulador ante circunstancias de stress como el frío y el calor. Puesto que muy frecuentemente en

el cultivo del aguacate en época de floración y/o cuajado, se presentan o bajas temperaturas o altas temperaturas que hacen caer pequeños frutos. De modo que el riego en estas fases es muy crítico, por lo que un buen manejo del riego, como dice Whiley *et al.* (1988) es fundamental para evitar estas circunstancias de stress, ya que reduce la caída e incrementa el tamaño final del fruto (Wolstenholme *et al.*, 1990).

Por otra parte el riego influye no sólo en la distribución de las raíces, sino también en la sensibilidad a enfermedades como la *Phytophthora* spp. (Fernández *et al.*, 1984). Esta enfermedad como se sabe, se desarrolla rápidamente en suelos con alto contenido en humedad, por eso la aplicación de microaspersores y el riego por goteo, han dado mejor respuesta que el riego a manta tradicional y los aspersores sobre la copa (Ploetz and Schaffer, 1989).

Ante las dudas sobre la efectividad de los distintos sistemas de riego, que se desarrollaron en los cítricos españoles desde 1977 en especial en la región de Murcia, y que posteriormente se han suscitado la misma problemática en el aguacatero. Es por lo que, habiendo sido muy exitosa la experiencia del riego por goteo en cítricos. Se puso en 1988 en riego por goteo una gran finca de aguacateros en el término de Motril, Granada (España), junto a otra acabada de plantar con microaspersores. De modo que esta disposición fue la que ha servido de base para el estudio comparativo de ambos riegos localizados por goteo y microaspersión, así como la evolución entre estos riegos. Así pues para ello se tomó, el efecto más favorable para la expresión vegetativa de los árboles, que es la superficie mojada en saturación, como sucede en el cultivo hidropónico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Como se ha indicado, el estudio se ha realizado sobre la variedad de aguacatero Hass sobre patrón Topa-Topa de catorce años de edad, a los que se les viene controlando desde hace doce años la evolución del cultivo. Los suelos de las mencionadas fincas lindantes por goteo y microaspersión son francos con un 17% de arcilla, 35% de limo y 48% de arena, con un pH básico y una capacidad de cambio media, cultivado en laderas y distribuido en terrazas, teniendo el mismo marco de plantación los aguacates de 6 m x 6 m, presentando un buen aspecto fitosanitario y siendo las prácticas culturales las típicas de la zona, no presentando problemas visibles de enfermedades o nutricionales.

En la finca regada por goteo cada árbol tiene 6 goteros de cuatro litros/hora cada uno, distribuidos en dos líneas paralelas con tres goteros a cada costado del árbol, y separadas ambas líneas a 80 cm del tronco. Mientras que en la regada por microaspersor cada árbol tiene dos microaspersores de 30 litros/hora la unidad, uno a cada lado del árbol. Siendo las fórmulas nutritivas aplicadas las que se indican en la bibliografía.

Por lo que respecta a la metodología aplicada ha sido la siguiente: En septiembre de 2001, tomando como base del estudio como se ha indicado, la superficie mojada en saturación, tal como sucede en el cultivo hidropónico, al objeto de cuantificar el efecto más favorable a la expresión vegetativa de los árboles. Se aplicaron en paralelo durante dos años, en los meses de julio y agosto, la misma cantidad de agua por árbol en las dos parcelas controladas, teniendo el estudio las características siguientes:

- A) Árboles en riego por goteo, seis goteros de 4 litros/hora con siete riegos a la semana de cuatro horas por riego, con un total de 672 litros por semana.
- B) Árboles con microaspersión, dos microaspersores de 30 litros/hora cada uno, con tres riegos a la semana, de 3,75 horas cada uno, con un total de 675 litros por semana.

En ambas parcelas se tomaron 50 árboles al azar. Así pues en el riego por goteo, en cada árbol

se hizo la medición del diámetro de la superficie mojada a 10 cm de profundidad en cada gotero. Tomándose la media aritmética de los seis goteros, en cada uno de los 50 árboles elegidos. De modo que con dicha cifra de cada uno de los 50 árboles, se hizo finalmente la suma total, la media y la desviación típica del conjunto. Y finalmente esa cifra media fue la base de la superficie mojada del estudio, a realizar en el riego por goteo.

Por lo que respecta a la microaspersión, asimismo se tomaron en cada árbol la media aritmética del diámetro de los dos microaspersores, tomados a 10 cm de profundidad. De modo que una vez hallada esta cifra, en cada uno de los 50 árboles elegidos, se hizo también la suma, la media y la desviación típica del conjunto. Siendo la cifra media final tomada como base del estudio del riego por microaspersión.

Por tanto con las dichas cifras medias finales de la superficie mojada en cada uno de los riegos, como se ha indicado. Se tomaron como base para hallar la verdadera superficie mojada en saturación diaria, multiplicándose por la eficiencia de ambos riegos (Keller and Bliesner, 1990; Doorembos and Pruitt, 1990; Tarjuelo, 1993; Medina, 1997)\*. Puesto que en el estudio se obtiene la equivalencia en superficie de riego, del trabajo real fotosintético máximo de los estomas abiertos en la saturación, tal como sucede en la hidroponía, cuyos resultados son los siguientes:

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suma, la media y la desviación típica de los 50 árboles en riego por goteo y de los 50 árboles en la microaspersión ha sido:

Nº de árboles 50	Riego por goteo (m) (6 emisores)	Riego por microaspersión (m) (2 emisores)
Suma total en los 50 árboles de las medias de los diámetros de los emisores por árbol	37,555	122,440
Media del diámetro de la superficie mojada por emisor	0,752	2,451
Desviación Estandar	0,1117	0,0994

**Estando de los resultados del estudio comparativo, sintetizados en la tabla siguiente:**

<b>RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN EN EL AGUACATE (<i>Persea americana</i> Mill), CON RELACIÓN AL ÁREA MOJADA EN SATURACIÓN DEL SUELO</b>				
<b>CONCEPTOS</b>	<b>R. GOTEO</b>		<b>R. MICROASPERSIÓN</b>	
Unidades humectantes	6	goteros	2	microaspersores ( 1,5 Kg./cm <sup>2</sup> )
Caudal unidades humectantes	4	L/h	30	L/h
Caudal	24	L/h	60	L/h
Número de riegos	7	riegos semana	3	riegos semana
Horas por riego	4	horas	3,75	Horas
Frecuencia de riegos	1	día/riego	2,33	día/riego
Diámetro superficie mojada	0,75	m (0,75201 m)	2,45	m (2,45082 m)
Superficie mojada a 10-12 cm de profundidad	2,65	m <sup>2</sup>	9,43	m <sup>2</sup>
Superficie mojada equivalente diaria (A)	2,65	m <sup>2</sup> /día	4,04	m <sup>2</sup> /día
Eficiencia (varios autores) (B)*	0,9		0,7	
A x B	2,39	m <sup>2</sup>	2,83	m <sup>2</sup>
Dosis de riego semanal	672	L	675	L
Consumo agua/riego	96	L	225	L
Cantidad horas/riego	4	Horas	3,75	Horas
Consumo referido horas/riego por cada día de la semana	4	horas/día	1,61	horas/día
Equivalencia a horas riego en saturación referido a cada día de la semana	4	horas/día	1,61	horas/día
% trabajo en la curva de fotosíntesis máxima en 10 horas por día (C)	40	%	16,07	%
Equivalencia en superficie de riego del trabajo real fotosintético máximo en saturación. (AxBxC)	0,95	m <sup>2</sup>	0,45	m <sup>2</sup>

**Potencial teórico del riego por goteo es 2,09 veces mayor que la microaspersión.**

En el resultado anterior se han tenido en cuenta, entre otras circunstancias que en la microaspersión hay una mayor superficie de evaporación en el agua del suelo, como también una mayor concentración salina, a las que hay que añadir una mayor fracción de lavado, debido a una mayor evaporación al ser una gota de agua más pequeña, en el transcurso del recorrido de una mayor longitud de la trayectoria de la misma, hasta llegar al suelo. Así como una mayor incidencia del viento en la evaporación del agua y una mayor tensión mátrica media en el agua del suelo, al regarse con una menor frecuencia de riego.

Asimismo una característica diferencial ha sido que los árboles del riego por goteo, presentaban un mejor aspecto de color, una menor rapidez en la defoliación en primavera, y una mejor capacidad de recuperación, después de una gran cosecha. De manera que este mejor comportamiento a lo largo de estos 12 años, ha motivado que el propietario de la finca en microaspersión, haya tomado la decisión de transformar la microaspersión a riego por goteo. Pues la caída de frutos ante los vientos a los que están sometidas las terrazas, es menor y por tanto las producciones han sido mejores. Así como también se ha podido apreciar que la incidencia de la *Phytophthora* spp., ha sido menor en el riego por goteo que en la microaspersión.

## CONCLUSIÓN

A la vista de los resultados, se deduce que el riego por goteo presenta un potencial de 2,09 veces mayor expresado en área mojada, que se ha traducido a lo largo del tiempo en un mejor comportamiento del aguacatero a lo largo de los 14 años de cultivo.

## Agradecimientos

Los autores quieren expresar su máximo agradecimiento a la gerencia de Explotaciones Agrarias Tropicales, S.A. propietaria de la finca Cortijo de las Angustias, de Motril (Granada), su colaboración en el estudio anterior realizado en la mencionada finca.

## BIBLIOGRAFÍA

- DOORENBOS, J. AND PRUITT, W.O. 1990 Las necesidades de agua de los cultivos. F.A.O. Roma. 194 pp.
- FERNÁNDEZ, F.M., FOX, R.L. AND TRUJILLO, E.E. 1984 Interactions of soil pH nutrients and moisture on *Phytophthora* root rot of avocado. *Plant and Soil*. 81: 165-176.
- GAILLARD, J.P. 1987 L'Avocatier, sa culture, ses produits. *Techniques Agricoles et Productions Tropicales*. Maisonneuve et Larose. París. 419 pp.
- KELLER J., AND BLIESNER, R.O. 1990 *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Chapman & Hall (AVI Book). New York. 652 pp.
- KELLER, J. AND KARMELI, D. 1974 *Trickle Irrigation Design*. Rainbird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, California. 182 pp.
- MEDINA, J.A. 1997 *Riego por goteo. Teoría y práctica*. Mundi-Prensa. Madrid. 302 pp.
- PLOETZ, R. AND SCHAFFER, B. 1989 Effects of flooding and *Phytophthora* root rot on net gas exchange and growth of avocado. *Phytopathology*. 79:204-208.



TARJUELO, J.M. 1993 La aplicación del agua con el riego y su evaluación. En: Santa Olalla, F.M. (1993) Agronomía del riego. Mundi-Prensa. Madrid. 732 pp.

WHILEY, A.W., CHAPMAN, K.R. AND SARANAH, J.B. 1988 Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill) cv. Fuerte during flowering. Australian Journal of Agricultural Research. 39: 457-467.

WOLSTENHOLME, B.N. AND WHILEY, A.W. AND SARANAH, J.B. 1990 Manipulating vegetative: reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill) with paclobutrazol foliar sprays. Scientia Horticulturae. 41: 315-327

## COMPARACIÓN DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN EN ÁRBOLES ADULTOS DEL CV. REED

J.M. Hermoso<sup>1</sup>, M.D. Torres<sup>2</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estación Experimental La Mayora. (CSIC). 29750 Algarrobo-Costa. Málaga. España

<sup>2</sup> C.I.F.A. de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140 Churriana. Málaga. España.

Correo electrónico: [tropicalsfasip@terra.es](mailto:tropicalsfasip@terra.es)

### RESUMEN

Durante seis años se compararon árboles adultos regados por goteo y microaspersión. Se incluyó también un tratamiento regado por goteo, con poda en prefloración el primer año para regular la cosecha. La longitud de raíces por árbol y especialmente, la de raíces gruesas (>2 mm) era mayor en microaspersión, reflejando probablemente su mayor área mojada. En el primer bienio no se observaron diferencias significativas en cosecha ni productividad entre tratamientos. En los últimos cuatro años ambos fueron superiores bajo microaspersión.

**Palabras Clave:** Aguacate, área mojada, distribución de raíces, crecimiento vegetativo, cosecha.

### INTRODUCCIÓN

Microaspersión y goteo son los dos métodos más comunes de riego del aguacate en el mundo. Pocos ensayos han comparado sin embargo sus efectos a largo plazo. Se resumen aquí los resultados de seis años de observaciones en suelo pedregoso, de baja capacidad de retención de agua, en la Estación Experimental La Mayora, Málaga, España.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se inició en enero de 1985 con árboles de Reed sobre Topa-Topa de 7.5 años de edad plantados a 7 x 4 m. Antes del comienzo todos los árboles se regaban con 6 goteros de 3.3 l.h<sup>-1</sup>

a 0.1 mPa de presión, situados en dos filas paralelas a 0.8 m del tronco con 1.33 m de separación en la línea. Para el tratamiento de microaspersión se sustituyeron los 6 goteros por un microaspersor (DAN 8855) en la fila a 2 metros del tronco con 19.8 l.h<sup>-1</sup> de caudal funcionando simultáneamente con el goteo. En un tercer tratamiento (goteo + poda) los árboles se podaron en prefloración para regular la cosecha solo el primer año del ensayo. En invierno se regaba cuando la tensión matricial ( $\Psi_m$ ) en el bulbo mojado por el gotero bajaba a -35 kPa. En el periodo junio–septiembre los riegos eran diarios, de 8.30 h a 14 – 15.30 h según la demanda evaporativa, manteniéndose así la  $\Psi_m$  de la zona más húmeda por encima de -20 kPa. El diseño era en bloques al azar con 3 bloques y 6 árboles por tratamiento y bloque. El suelo se mantuvo limpio aplicando en otoño terbutometona + terbutilazina. Las yerbas no controladas se trataban con glifosato. Anualmente se aplicaban N, K y Fe con el agua de riego y Zn por vía foliar. Solo se aplicó P esporádicamente. El suelo superficial era pizarroso de 50 cm de profundidad sobre un subsuelo de pizarra rota. Su capacidad de retención de agua era baja por tener aproximadamente un 50 % de elementos gruesos ( $\emptyset > 2\text{mm}$ ). La pluviometría anual media en la zona es de 420 mm.año<sup>-1</sup> casi toda de noviembre a marzo. La evaporación media en tanque de clase A es de 6 mm.día<sup>-1</sup> en los dos meses más cálidos y 1.2 mm.día<sup>-1</sup> en los más fríos. Las necesidades de agua de riego son de aproximadamente 7000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. En los árboles goteo + poda ésta se efectuó en prefloración sólo el primer año del ensayo (Farré et al. 1987). Cada invierno se medía el perímetro del tronco a 30 cm sobre el suelo. La cosecha se efectuaba en julio habitualmente. Se incluían en la cosecha potencial los frutos caídos en los dos meses anteriores a la recogida.

Diecinueve meses tras el inicio del ensayo, cuando se consideró que se había completado el cambio en el sistema radicular bajo microaspersión, se estudió en pleno verano la distribución del agua y de las raíces en suelo. La tensión matricial se midió en días típicos de verano con tensiómetros rápidos de Soil Moisture Co. (Riverside, CA, USA) a 5 profundidades entre 5 y 50 cm. Se analizaron 12 árboles por tratamiento estudiándose el gotero situado a 1.33 m del tronco en dirección este. Para el estudio de distribución de raíces con goteo se muestrearon cubos de suelo a 0, 25 y 50 cm del gotero. Bajo microaspersión se analizó el microaspersor situado al este del árbol muestreándose a 0, 50, 100 y 200 cm de distancia del mismo en dirección a la calle. Cada cubo tenía un área de 25 x 25 cm y profundidad de 10 cm. En ambos casos se analizó el perfil de 0 a 70 cm de profundidad. Las raíces se separaron tras lavar el suelo sobre un tamiz de 2 mm de malla (Muñoz de Arcos, 1988). Se estudiaron separadamente las raíces gruesas (>2 mm) y delgadas cuantificando su longitud según Newman (1966).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta la distribución de la pluviometría con microaspersión y la densidad total de raíces hasta 70 cm de profundidad. La pluviometría era muy baja a partir de los 70 cm de distancia. En cambio la densidad de raíces era alta hasta los 100 cm reflejando probablemente un notable movimiento lateral del agua, al igual que ocurre con goteo. La zona mojada se ampliaba progresivamente a lo largo del riego con ambos sistemas (Figura 2). El área superficial de suelo con  $\Psi_m$  superior a -25 kPa era mucho mayor en microaspersión teniendo en cuenta que los árboles tenían 1 microaspersor ó 6 goteros.

La distribución de raíces bajo microaspersión estaba muy estrechamente correlacionada con el contenido de agua en suelo en verano (Figura 3). Con goteo la correlación era menos clara. La longitud total de raíces del árbol medio era similar en los dos sistemas de riego (Tabla 1) aunque casualmente los árboles estudiados con goteo tenían mayor área de tronco. Era clara en cambio la diferencia en las raíces presumiblemente activas en verano, situadas en zonas de suelo con  $\Psi_m > -50$  kPa. Especialmente alta era la diferencia en longitud de raíces gruesas ( $\emptyset$  superior a 2 mm) (Figura 4). Solo para este parámetro se registraban, en algunas profundidades, diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

La distribución en profundidad de las raíces (Figura 5) confirma que el aguacate tiene un enraizamiento muy superficial con ambos métodos de riego de alta frecuencia pero especialmente con microaspersión. En el primer año del ensayo se mantuvieron los niveles de K en hoja de los años anteriores en los tres tratamientos. Posteriormente la microaspersión tenía de promedio .1 % más de K en hojas de primavera. En varios años las diferencias fueron estadísticamente significativas (datos no presentados). Todos los tratamientos tuvieron niveles similares de N, P, Ca y Mg. Todos los macroelementos se mantuvieron dentro de los niveles recomendados (Lahav y Kadman, 1980).

Cosecha potencial, incluyendo los frutos caídos al suelo antes de la cosecha, y productividad por unidad de sección de tronco, se analizaron en bloques al azar utilizando como covariables los valores de los dos años previos a la aplicación de los tratamientos diferenciales de riego (1983–1984).

Los árboles con microaspersión crecieron algo menos que con goteo en el primer bienio (Tabla 2) reflejando quizás el establecimiento de un mayor, y esencialmente nuevo, sistema radicular. En el último cuatrienio crecieron algo más, aún teniendo mayores cosechas y productividades.

Cosecha potencial y productividad fueron casi idénticas para los tres tratamientos en el primer bienio. En el último cuatrienio ambas fueron significativamente mayores con microaspersión. Tamaño medio del fruto y porcentaje de frutos caídos antes de la cosecha fueron similares en los tres tratamientos (datos no presentados). En general, los árboles podados con goteo tuvieron resultados intermedios entre microaspersión y goteo.

En este estudio, realizado en un suelo bien drenado con baja capacidad de retención de agua, el aumento del área mojada permitió mejorar significativamente a largo plazo la cosecha y la productividad de árboles de Reed. Al pasar de goteo a microaspersión se estableció un nuevo y algo más amplio sistema radicular. Ello tuvo un coste energético notable que probablemente impidió mejorar el crecimiento vegetativo y la cosecha en el primer bienio del ensayo. Es probable que en este cambio las raíces más cercanas al tronco perdieran además parte de su funcionalidad por estar en el borde del área mojada por el microaspersor. Durante el último cuatrienio se registraron aumentos de cosecha y productividad con microaspersión aumentando, aunque no significativamente, el crecimiento vegetativo lo que refleja una mejora general del árbol. Esto se corroboraba por su mayor longitud total de raíces por unidad de área de tronco, especialmente las gruesas (Tabla 1). Dada las pequeñas diferencias en la alimentación mineral es probable que una mejora de las relaciones hídricas pudiera explicar los aumentos registrados en crecimiento y cosecha al aumentar el volumen de suelo mojado. El mayor desarrollo del sistema radicular pudo disminuir la resistencia hidráulica del sistema radicular, particularmente importante en periodos de alta demanda evaporativa. Cantuarias et al. (1988) mostraron en estas condiciones grandes diferencias en el estado hídrico del árbol, según el volumen de suelo mojado. Olalla et al. (1992) compararon, en un suelo similar pero con ligeramente mayor demanda evaporativa, diferentes porcentajes de área mojada con goteo y microjets. Con goteo la cosecha mostraba una correlación positiva con el porcentaje de área mojada. Con microjets, a pesar de tener un área mojada algo mayor, las cosechas eran menores reflejando su  $\Psi_m$  media en suelo más baja. Ello pudo ser debido a que la frecuencia de riego era menor (cada tres días) respecto al goteo (diario). Llama la atención que la eficiencia del riego por microaspersión durante el día no haya sido menor que la del goteo a pesar de las importantes pérdidas por evaporación superficial del primero. (Olalla et al., 1992). Parece que bajo las condiciones de este experimento las pérdidas por evaporación fueron moderadas, debido a la relativamente baja demanda evaporativa. Además, el riego por goteo pudo tener pérdidas considerables por drenaje profundo en este tipo de suelos, superficiales y de baja capacidad de retención hídrica, cuando la  $\Psi_m$  en suelo sobrepasa cada día durante unas horas los  $-5$  kPa (Farré, 1979).

## CONCLUSIONES

En un suelo con baja capacidad de retención de agua, tras un periodo de adaptación de dos años, la microaspersión mejoró el crecimiento vegetativo y la productividad de Reed. Ello fue probablemente debido al aumento del área mojada.

## BIBLIOGRAFÍA

CANTUARIAS T, COHEN Y, TOMER E 1988. Improving avocado tree water status under severe climatic conditions by increasing wetted soil volume. Proc. III World Avocado Congress. Tel-Aviv, Israel, pp 196-204

FARRÉ JM 1979. Water use and productivity of fruit trees: Effects of soil management and irrigation. PhD thesis. London University

FARRÉ JM, HERMOSO JM, PLIEGO-ALFARO F 1987. Effects of pre-bloom pruning on leaf nutrient status, growth and cropping of the avocado cv. Hass. South African Avocado Growers' Association. Yearbook 10: 71-72

LAHAV E, KADMAN A 1980. Avocado Fertilization. Bull. Intern. Potash Ins. Nº 6. Worblaufen-Bern, Switzerland

MUÑOZ DE ARCOS AJ 1988. Comparación del sistema radicular del aguacate bajo dos sistemas de riego: goteo y microaspersión. Trabajo Fin de Carrera. EUITA. Huelva

NEWMAN EJ 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. J. Appl. Ecol. 3:139-145

OLALLA L, SALAZAR A, MIRA A, MARTÍN M, JURADO F, LÓPEZ C 1992. The response of avocado trees in the South of Spain to different irrigation regimes and wetted areas. Proc. II World avocado Congress. Orange. California. U.S.A. Vol.I: 317-332

## TABLAS

Tabla 1: Parámetros de los árboles estudiados en profundidad (por árbol)

	Goteo		Microaspersión	
Área media del tronco (cm <sup>2</sup> )	433		351	
% Volumen de suelo mojado Profundidad 0 – 30 cm	8.1		34	
% Volumen de suelo mojado Profundidad 0 – 50 cm	10.2		23.5	
Longitud de raíces	Por árbol (m)	Por área de tronco (m.cm <sup>-2</sup> )	Por árbol (m)	Por área de tronco (m.cm <sup>-2</sup> )
Raíces totales	34314	79.2	35942	102.4
Raíces activas*	26711	61.6	30571	87.1
Raíces gruesas	295	0.68	691	1.96

\* Creciendo en zonas del suelo con  $\Psi_m > -50$  kPa

Tabla 2: Crecimiento y cosecha.

	Incremento área de tronco(%)		Cosecha potencial kg.árbol <sup>-1</sup>		Productividad kg.cm <sup>-2</sup>	
	1985-87	1987-91	1986-87	1988-91	1986-87	1988-91
Microaspersión	23.6	38.1	84.7	62.6 a	268	146.2 a
Goteo	27.2	35.8	80.7	51.9 b	263	123.4 b
Goteo + Poda	23.9	36.8	78.6	54.2 b	266	131.2 ab
Nivel de significación %	N.S.	N.S.	N.S.	98.6	N.S.	94

## FIGURAS

Figura 1. Pluviometría y distribución de raíces. Microaspersión.

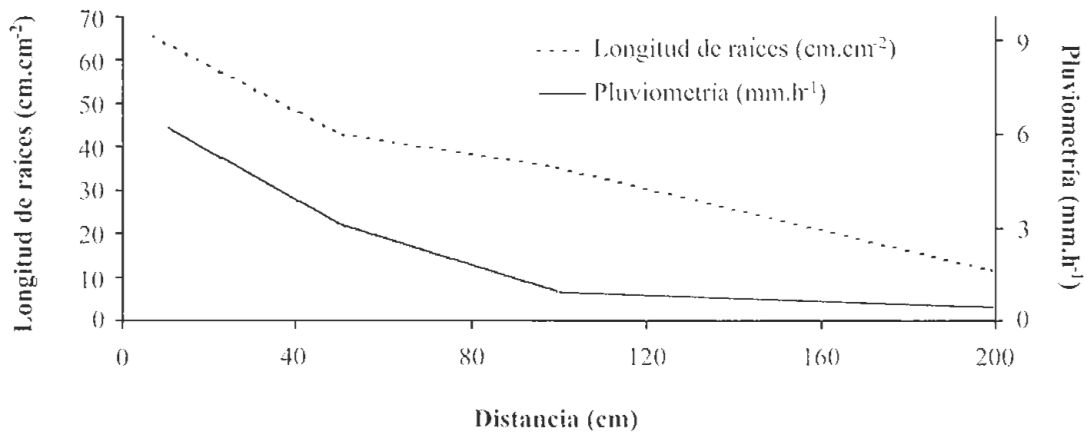


Figura 2. Evolución del bulbo húmedo a lo largo del riego.

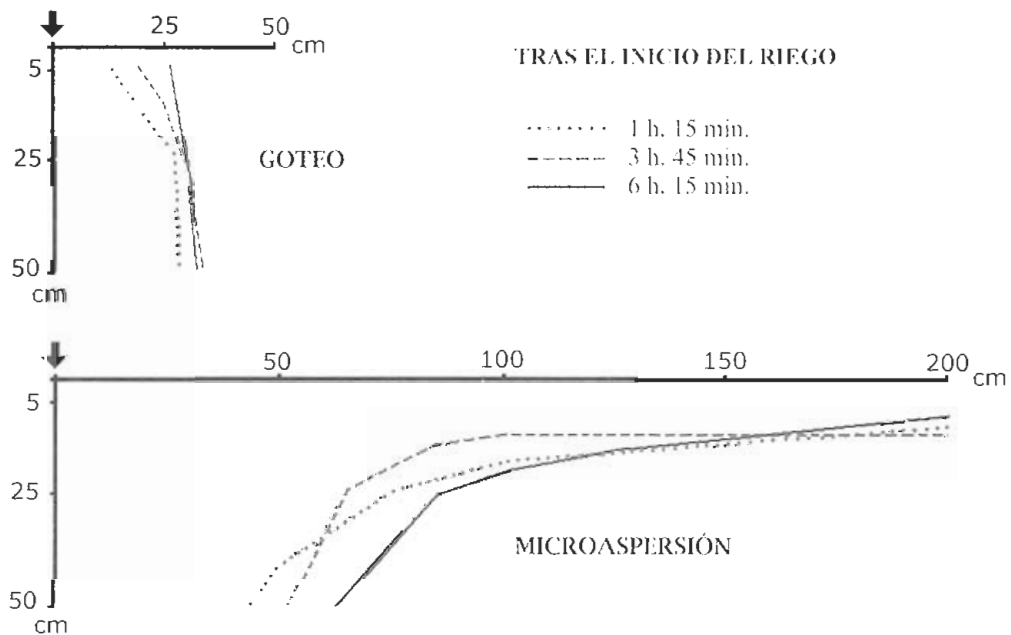


Figura 3. Distribución de agua en el centro del riego y raíces.

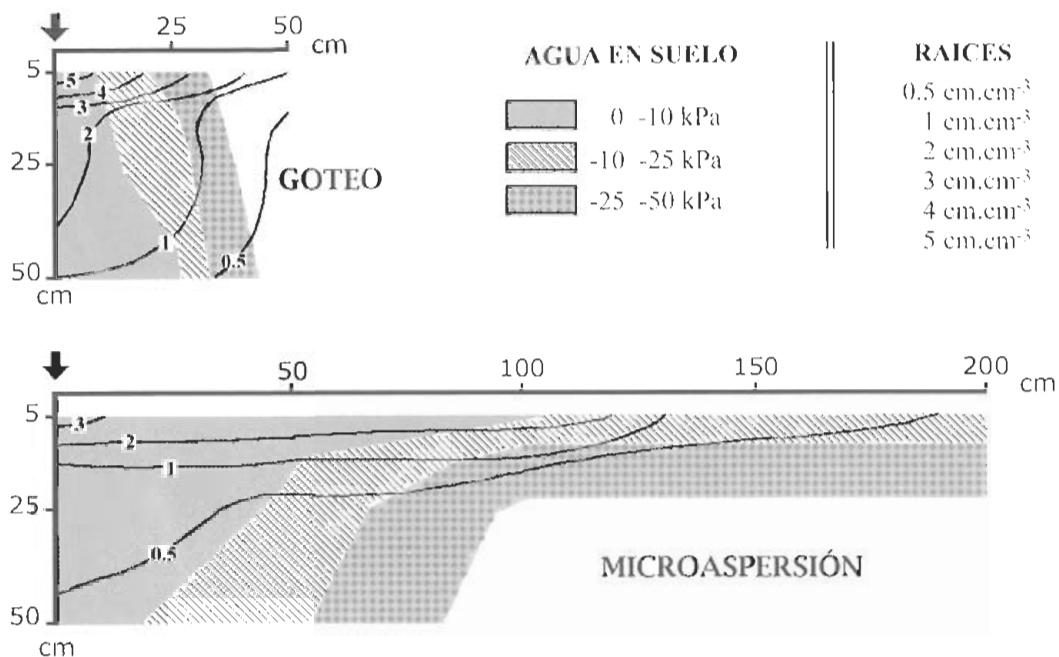


Figura 4. Distribución de raíces gruesas (diámetro >2 mm)

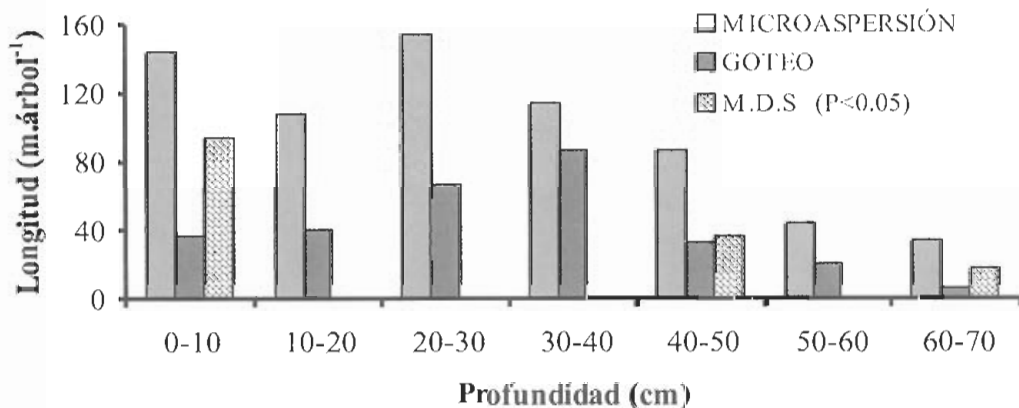
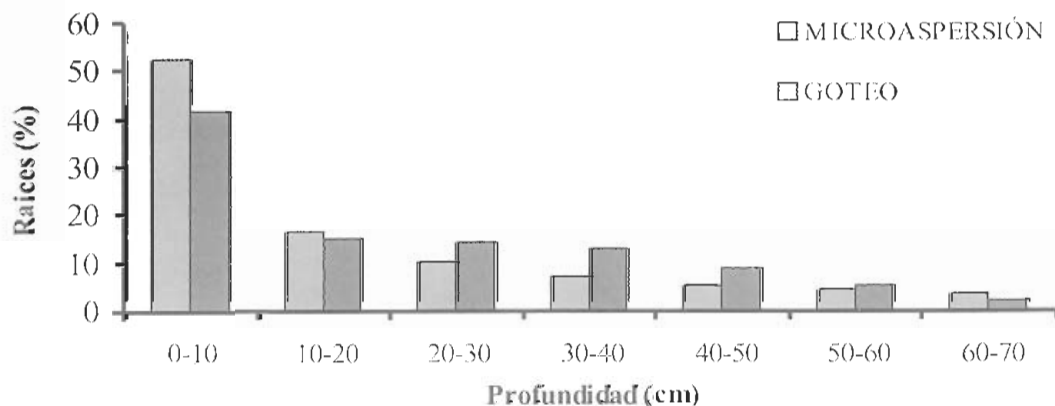


Figura 5. Distribución de raíces totales en profundidad (%)



## APLICACIÓN INTERMITENTE DE AGUA SOBRE EL FOLLAJE DEL AGUACATE HASS

J.M. Hermoso<sup>1</sup>, J.T. Soria<sup>1</sup>, S. Cortés<sup>1</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental La Mayora. Algarrobo-Costa. 29750 Málaga. España.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Formación Agraria. Cortijo de la Cruz s/n. Churriana. 29140 Málaga. España. Correo electrónico: [tropicalesfasip@terra.es](mailto:tropicalesfasip@terra.es)

### RESUMEN

En dos ensayos de campo de 3 y 4 años respectivamente se aplicó, en períodos de alta demanda evaporativa, agua sobre el follaje. Ello permitió disminuir la temperatura de la hoja. El consumo de agua aumentó exponencialmente al bajar la temperatura requerida en hojas. Las condiciones hídricas de la planta mejoraban, pero el efecto sobre crecimiento y cosecha era menos marcado. Quizás ello fuera debido al blanqueamiento de las hojas por precipitación de carbonatos.

**Palabras Clave:** Aspersión, crecimiento, cosecha, resistencia estomática.

### INTRODUCCIÓN

El aguacate tiene su ecocentro en las tierras altas de Mesoamérica (Popenoe, 1927). La demanda evaporativa es allí habitualmente moderada, pues el verano es la estación más lluviosa y la temperatura ambiente raramente rebasa los 28°C. Hoy se cultiva sin embargo en gran parte en regiones de clima mediterráneo: California, Chile, Israel y España, donde los veranos son secos y las temperaturas máximas pueden superar los 30°C.

El objetivo de estos trabajos era estudiar el efecto de la aplicación intermitente de agua sobre el follaje en las horas de máxima demanda evaporativa en las relaciones hídricas del árbol, el crecimiento vegetativo y la producción de frutos. Con métodos similares se ha conseguido mejorar el crecimiento y la calidad de otros frutales (Goode et al, 1979).



## MATERIAL Y MÉTODOS

Ambos ensayos se realizaron con el cv. Hass sobre portainjerto de semilla de raza mejicana.

### Ensayo A

El primer trabajo tuvo lugar entre 1977 y 1979 en una plantación de 11 años de edad. El marco de plantación era 8 x 8 metros. El riego por goteo, con 8 goteros.árbol<sup>-1</sup> y un caudal de 3.3 l.h<sup>-1</sup>, funcionaba en verano cada mañana de las 7 a las 14 ó 15 h. La tensión matricial del suelo se mantenía sobre -20 kPa. La temperatura media de las máximas en el mes más cálido (agosto) era de aproximadamente 31.5°C y la evaporación del tanque Clase A, superior a 7 mm.día<sup>-1</sup>. El suelo era pesado y calizo, pero con buen drenaje interno.

Para disminuir la demanda evaporativa sobre el árbol se instalaron dos sistemas para la aplicación intermitente de agua: un pulverizador bajo el follaje, a aproximadamente 1 metro sobre el suelo, con 100 l.h<sup>-1</sup> de caudal ó un aspersor sobre el follaje con 720 l.h<sup>-1</sup>. Ambos funcionaban 2 minutos cada 17 minutos el primer año y cada 15 minutos los restantes dos años. El sistema andaba desde fines de mayo a primeros de octubre. Se paraba sólo en periodos de tormentas, casi inexistentes entre el 15 de junio y el 15 de septiembre. El sistema funcionaba de 9 a 15 h solar (6 horas.día<sup>-1</sup>) durante los dos meses de máxima demanda evaporativa, reduciéndose a 5 ó 4 h.día<sup>-1</sup> cuando la demanda evaporativa era menor en junio o septiembre.

Durante los primeros dos meses del ensayo, en 1977, se utilizó un agua rica en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, con una conductividad de 1.5 dS.m<sup>-1</sup>. A partir de entonces se cambió a un agua menos caliza con una conductividad de 0.6 dS.m<sup>-1</sup>. Mas detalles de la instalación y el funcionamiento pueden consultarse en Farré (1979). Cada tratamiento tenía 10 árboles distribuidos al azar con distancias entre ellos superiores a 12 metros.

### Ensayo B

Entre 1981 y 1985 se realizó, en una plantación de diez años de edad, un segundo ensayo aplicando agua sobre el follaje cuando su temperatura, medida con termopares, alcanzaba los siguientes niveles:

P<sub>1</sub> =30.5°C, P<sub>2</sub> =34.5°C y P<sub>3</sub> =39.5°C. Cada sensor estaba compuesto por 5 termopares (Cu - Cs, diámetro 0.3 mm) en paralelo. Sus lecturas se comprobaban periódicamente con un termómetro de infrarrojo. Los árboles testigo no recibían agua por vía foliar. Todos los árboles se regaban cada mañana en verano por goteo, con 5 goteros.árbol<sup>-1</sup> el primer año y 6 en los restantes, para mantener la tensión matricial en suelo por encima de -30 kPa. El suelo era pizarroso, de textura media, sobre un subsuelo de pizarra rota. En el mes más cálido (agosto) la plantación tenía una temperatura media de las máximas de 29.5°C y una evaporación media en tanque Clase A de 6.2 mm.día<sup>-1</sup>.

El primer año el marco de plantación era de 4 x 4 m regándose con difusores de 8 l.h<sup>-1</sup> a 3 bar, que producían un aerosol. En el segundo año se arrancaron filas alternas quedando el marco en 8 x 4 m e instalaron dos aspersores por parcela elemental que aplicaban, cada uno, 630 l.h<sup>-1</sup> a 3.5 bar sobre un área de 350 m<sup>2</sup>. El agua era rica en HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>, con una conductividad eléctrica de 1.1 dS.m<sup>-1</sup>.

El primer año la parcela elemental tenía 16 árboles que descendieron a 8 a partir del segundo. El sistema funcionó en el periodo de altas temperaturas, habitualmente entre mediados de junio y mediados de septiembre. P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub> tenían cinco repeticiones y el goteo solo, seis, con diseño totalmente al azar. Las parcelas sólo con goteo se situaron juntas y separadas del resto para evi-

tar en lo posible el efecto de advección. Las parcelas se seleccionaron en función de las cosechas de los 4 años anteriores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayo A

En la figura 1 se muestra la resistencia estomática en un día medio de verano. Puede observarse que las diferencias en apertura estomática eran muy significativas entre goteo sólo y aspersión sobre follaje, con el pulverizador bajo follaje ocupando una posición intermedia. Estas diferencias eran mucho menores en días con baja demanda evaporativa (figura 2). Cuando la demanda evaporativa era muy alta (figura 3) los estomas cerraban, ya significativamente, a partir de las 9.30 h. En los árboles protegidos por la aspersión sobre follaje los estomas permanecían abiertos incluso bajo las condiciones más adversas. Las diferencias entre tratamientos en potencial de agua en hoja, medida con bomba de presión, no fueron nunca significativas. Las mayores diferencias se registraron por la tarde del día con mayor demanda evaporativa (figura 3) cuando las diferencias entre goteo sólo y aspersión sobre follaje alcanzaron los 0.27 mPa.. En la tabla 1 se muestran el crecimiento vegetativo y la cosecha en los tres años de ensayo. Sólo las diferencias en peso medio del fruto eran significativas debido quizás al pequeño número de árboles utilizados.

### Ensayo B

En la figura 4 se muestran las temperaturas de hoja y aire en un día con demanda evaporativa ligeramente superior a la media. Aún así  $P_3$  no recibió agua por no alcanzar sus hojas los 39°C y registró por tanto temperaturas similares a goteo sólo. La diferencia de temperatura con el aire a la sombra del árbol era de aproximadamente 6°C en las horas centrales del día. Por la noche, en cambio, las hojas estaban hasta 2°C más frías que el aire. La aspersión sobre el follaje mantuvo bien las temperaturas prefijadas (figura 5). Bajo el tratamiento  $P_1$  la temperatura del aire (25.5°C) se mantenía aproximadamente 5°C más baja que la de la hoja (30.5°C). En las figuras 4 y 5 puede comprobarse que el sistema rebajaba la temperatura del aire con sólo goteo, aproximadamente 5°C en las horas de máxima demanda evaporativa. Aunque dependiente de las condiciones meteorológicas del verano el agua aplicada diariamente en el período 15 de junio a 15 de septiembre era del orden de  $P_1$ :75-80 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>,  $P_2$ : 30-35 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>,  $P_3$ :0.3-0.4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Es probable que este consumo disminuyera si se regara una gran superficie, pues se minimizarían los problemas de advección de aire cálido.

Se midió esporádicamente la resistencia estomática y la fotosíntesis neta en hojas secas (período entre aplicaciones de agua). En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos en un día de demanda evaporativa media. Los estomas de los árboles no mojados en este día (goteo sólo y  $P_3$ ) tenían resistencias mayores alrededor del mediodía solar, abriendo de nuevo por la tarde. La fotosíntesis no se recuperaba por la tarde, quizás debido a la baja demanda de fotosintatos provocada por el déficit hídrico en brotes y frutos. Probablemente por haber utilizado sólo una hoja por parcela elemental las diferencias entre tratamientos no eran estadísticamente significativas. La fotosíntesis máxima aquí observada (17 mmol CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) era aproximadamente 10-20% más baja que la registrada para Hass en Australia (Schaffer y Whiley, 2002).

En la tabla 2 se muestran el crecimiento vegetativo y la cosecha en los cuatro años del ensayo. Sólo en el primer año la cosecha fue significativamente mayor en el tratamiento  $P_1$  (30.5 °C) que en el goteo sólo. La razón pudo ser el fuerte blanqueo de hojas que se producía en  $P_1$  a partir de la mitad del verano. La acumulación de carbonatos en hojas aumentaba con el volumen de agua aplicada. Dado que la fotosíntesis en otoño-invierno-primavera estaba probablemente limitada por

la luz y la temperatura foliar, cabría pensar en un posible efecto negativo del blanqueo que compensara el efecto positivo de la aspersión en verano. Las mayores diferencias obtenidas en el ensayo A pudieron ser debidas a la mayor demanda evaporativa en aquella zona y al menor blanqueo de las hojas debido al bajo contenido de su agua de riego en  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . El resultado especialmente pobre de  $\text{P}_3$  (39°C) pudo deberse a su casi nulo efecto sobre la demanda evaporativa y al ligero blanqueamiento que produjo.

## CONCLUSIONES

La aplicación de agua sobre el follaje permitió disminuir la temperatura de la hoja y la resistencia estomática en los períodos de alta demanda evaporativa, aumentando el peso medio del fruto.

### Agradecimientos

Se agradece a Emilio y Manuel García Quevedo su colaboración en el desarrollo del ensayo A.

## BIBLIOGRAFÍA

FARRÉ JM 1979. Water use and productivity of fruit trees: Effects of soil management and irrigation. Ph. D. Thesis. University of London.

GOODE JE, HIGGS KH Y HYRYCZ KJ 1979. Effects of water stress control in apple trees by misting. J. Hort. Sci. 54:1-11.

POPENOE W 1927. Manual of tropical and subtropical fruits. The McMillan Co. New York.

SCHAFFER B Y WHILEY A W 2002. Environmental physiology. In: A.W. Whiley, B. Schaffer and B.N. Wolstenholme (eds). The Avocado. CABI Publishing. N.Y. pp. 135-160.

## TABLAS

Tabla 1. Ensayo A. Crecimiento vegetativo y cosecha.

	Cosecha media (kg. árbol <sup>-1</sup> . año <sup>-1</sup> )	Peso medio del fruto (g)	Incremento del área de tronco (1977-1979) (%)
Aspersor sobre follaje	113.2	225b	87.9
Pulverizador bajo follaje	103.0	203a	72.3
Goteo solo	91.8	203a	66.3
N.S. %	N.S.	95	N.S.

Tabla 2. Ensayo B. Crecimiento vegetativo y cosecha.

	Cosecha media (kg. árbol <sup>-1</sup> . año <sup>-1</sup> )	Peso medio del fruto (g)	Incremento del área de tronco (1981-1985) (%)
$\text{P}_1$ (30.5°C)	40.1	234b	84.8b
$\text{P}_2$ (34.5°C)	40.3	229b	81.1b
$\text{P}_3$ (39°C)	36.2	217a	61.7a
Goteo solo	39.3	221ab	83.0b
N.S. %	N.S.	95	95

Figura 1. Ensayo A. Resistencia estomática.

23/08/1978. Evaporación Tanque Clase A: 6.6 mm.día<sup>-1</sup>

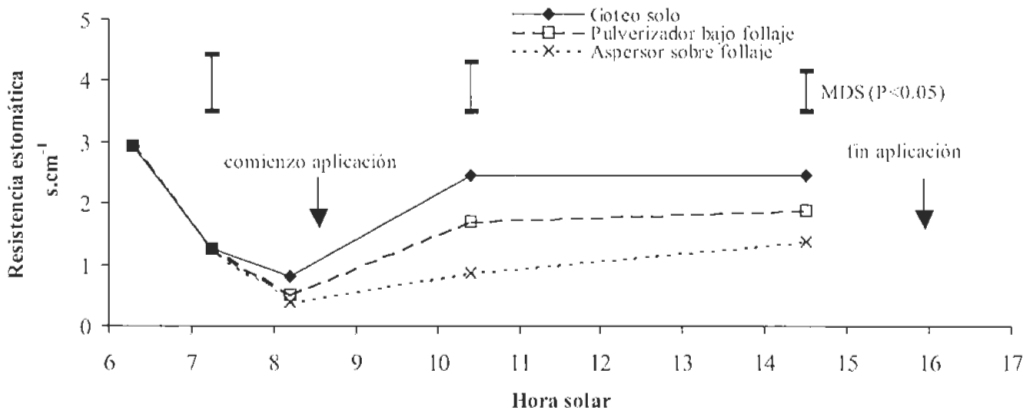


Figura 2. Ensayo A. Resistencia estomática.

14/09/1978. Evaporación Tanque Clase A: 4.1 mm.día<sup>-1</sup>

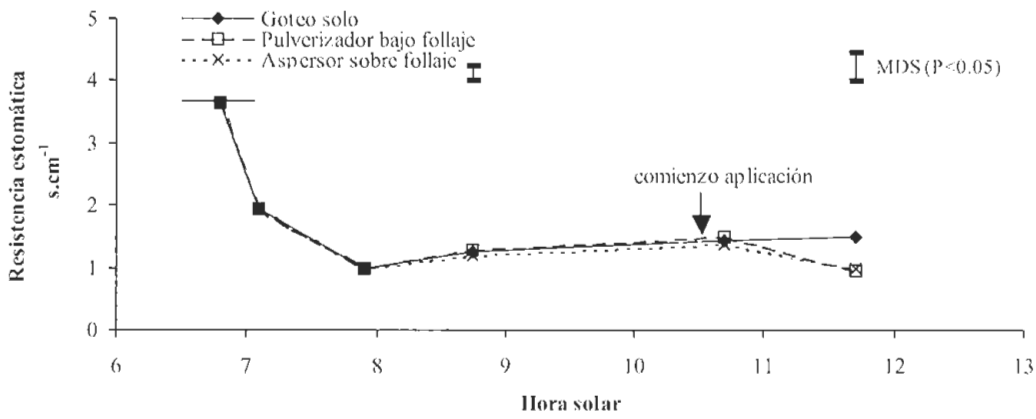


Figura 3. Ensayo A. Resistencia estomática.

07/08/1978. Evaporación Tanque Clase A: 7.5 mm.día<sup>-1</sup>

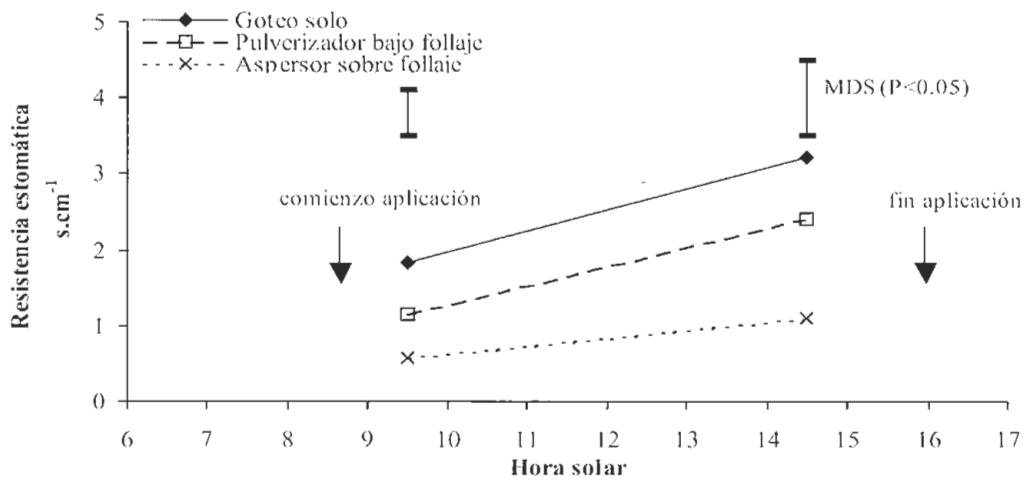


Figura 4. Ensayo B. Temperaturas en hoja (tratamiento P<sub>3</sub>) y aire

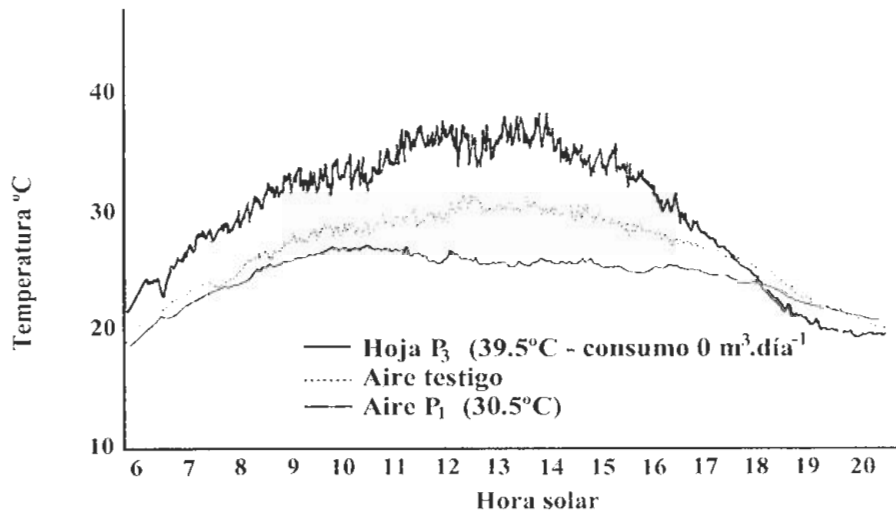


Figura 5. Ensayo B. Temperaturas en hoja (tratamientos P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>) y aire

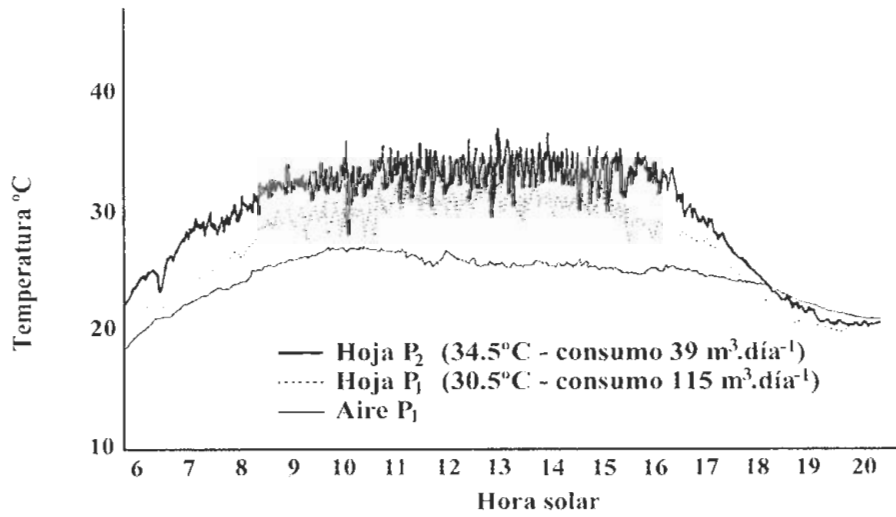
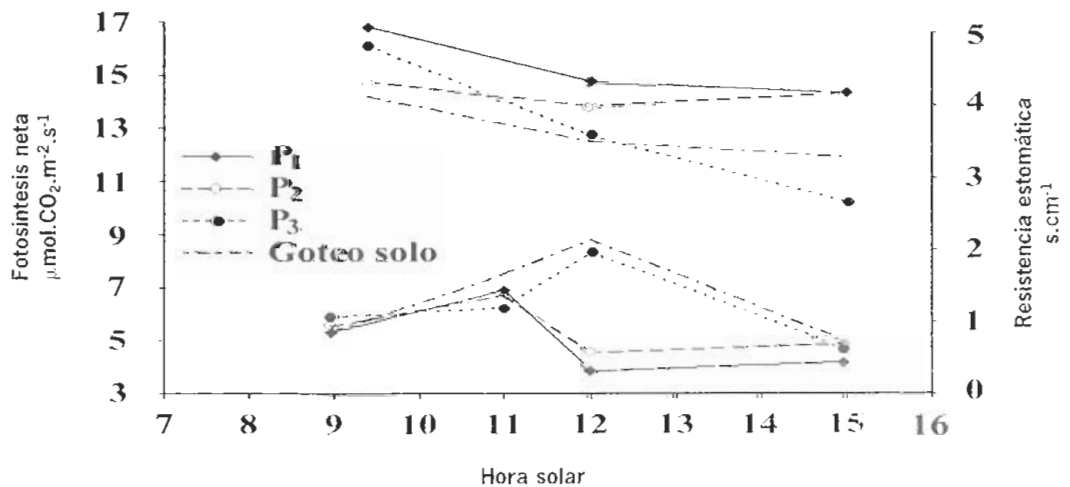


Figura 6. Ensayo A. Resistencia estomática y fotosíntesis.



## PLANTACIONES EN COLINAS DE FRUTOS SUBTROPICALES. INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN Y LA COTA EN LA DEMANDA EVAPORATIVA

E. Guirado<sup>1</sup> y J.M. Farré<sup>1</sup>

<sup>1</sup> C.I.F.A. de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140 Churriana. Málaga. España.  
Correo electrónico: [tropicalesfasip@terra.es](mailto:tropicalesfasip@terra.es)

### RESUMEN

La evaporación se registró en 27 minitanques de evaporación, similares a los de clase A, pero de menor tamaño, situados en la parte exterior de pequeñas terrazas. Se compararon diferentes orientaciones y cotas dentro de una finca plantada en colinas con aguacates, chirimoyos y mangos. La evaporación era siempre mayor en bancales al sur, plantados con chirimoyos y mangos, que al norte, plantados con aguacates. Las diferencias eran grandes en invierno y pequeñas en verano, probablemente correlacionadas con el número de horas de sol. La evaporación era independiente de la cota, dentro del rango estudiado de 41 metros.

En la estación meteorológica, sobre césped segado, los minitanques registraron siempre mayor evaporación que el tanque de clase A. Estas diferencias eran mayores en verano, cuando la demanda evaporativa era mayor. La evaporación era aún mayor en los minitanques situados alrededor de la estación meteorológica, sobre suelo desnudo.

### INTRODUCCIÓN

En numerosos países, incluida España, la mayoría de las plantaciones de aguacates se establecen en colinas. Se pretendía con este trabajo conocer la demanda evaporativa según orientación, cota y altitud solar en distintos puntos de una colina plantada con varias especies subtropicales.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudió con 27 minitanques metálicos (figura 1) la evaporación en distintos puntos de una plantación de frutos subtropicales en bancales de 3-4 m. de anchura.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaporación era siempre mayor en los bancales orientados al sur, con chirimoyos y mangos, que al norte, con aguacates. Las diferencias eran mucho mayores en invierno que en verano (figura 2).

Los tanques situados sobre suelo limpio fuera de la estación meteorológica, a mayor cota de elevación y sin árboles alrededor, registraron mayores evaporaciones que los situados en zonas bien iluminadas de los bancales plantados. No se observaron diferencias claras, dentro de una orientación, en la evaporación en función de la especie plantada, mango, litchi o chirimoyo.

En la estación meteorológica, sobre césped regado y segado, el tanque de clase A registraba menor evaporación que el minitanque (figura 3).

Los minitanques sobre suelo limpio alrededor de la estación meteorológica tenían evaporaciones superiores a los situados sobre yerba.

## CONCLUSIONES

En plantaciones sobre colinas la demanda evaporativa varía claramente con la orientación, especialmente en invierno, con baja altitud solar. Ello es un importante problema para el diseñador del sistema de riego. La evaporación en minitanque sobre suelo limpio está bien correlacionada con la del tanque de clase A sobre yerba, pero es mucho mayor. Sería por tanto necesario para su uso comercial establecer un coeficiente de corrección.

## Agradecimientos

El estudio se realizó en la Finca "El Zahorí", del Excmo. Ayuntamiento de Almuñécar, con el apoyo de la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía

## FIGURAS

Figura 1. Minitanque evaporimétrico  
Cotas en centímetros

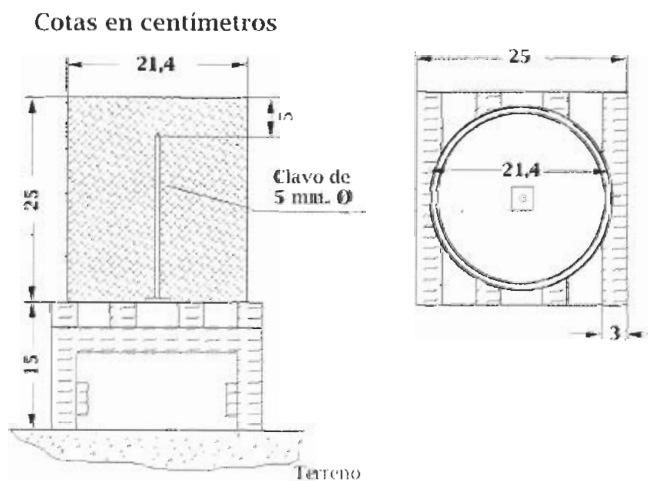


Figura 2. Evaporación según orientación y cota

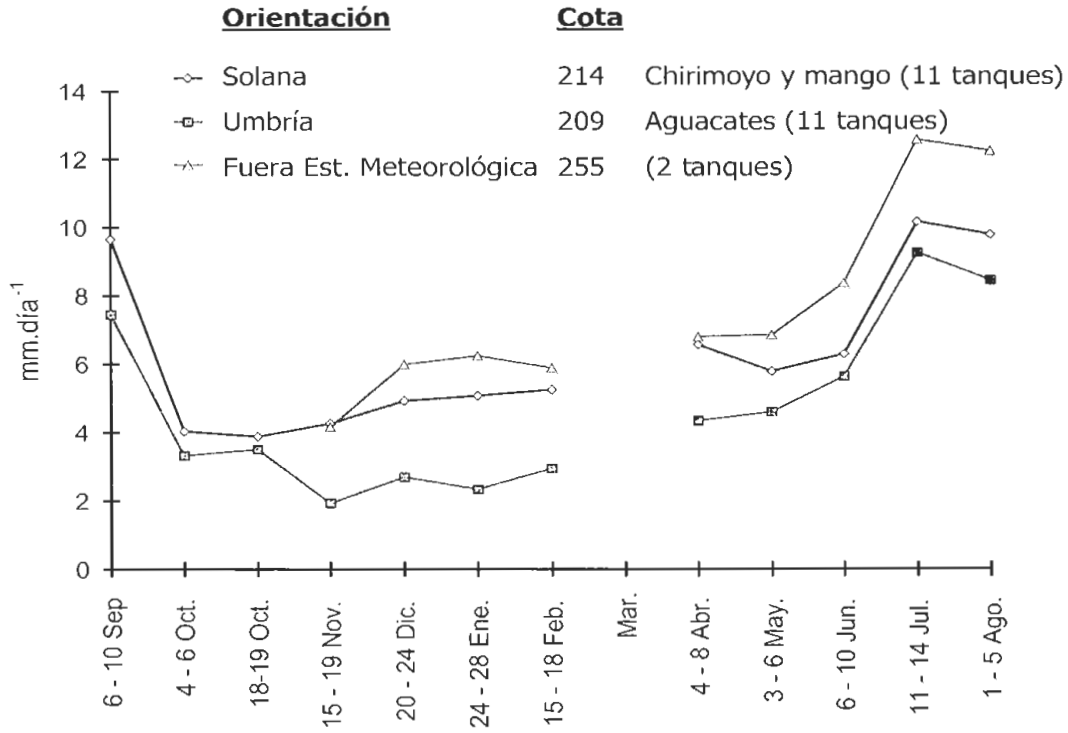
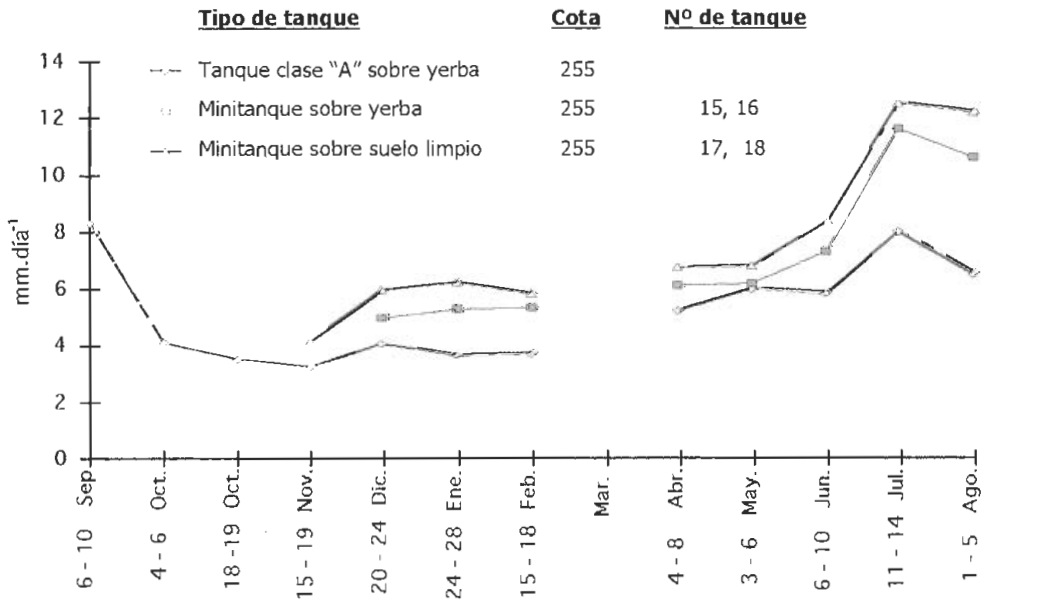


Figura 3. Evaporación según tipo de tanque y cobertura de suelo







## ASPECTOS ENERGÉTICOS DE LA FLORACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUACATE HASS.

M.A. Pérez de Oteyza <sup>1</sup>, J.M. Hermoso González <sup>1</sup>, J.M. Farré Massip <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación experimental "La Mayora". Algarrobo-Costa. 29750 Málaga. España. e-mail: [oteyza@eelm.csic.es](mailto:oteyza@eelm.csic.es)

<sup>2</sup> CIFA de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140 Málaga. España.

### RESUMEN

Se discuten varios trabajos realizados en España en los últimos 20 años con el aguacate Hass.

Farré y otros (1989), en un estudio de 4 años con árboles adultos, mostraron que la eliminación en la fase de yema hinchada de parte de los brotes terminales mas vigorosos, en el año de alta floración, reducía la alternancia y aumentaba la productividad sensiblemente.

Pérez de Oteyza y otros (1990) mostraron que, en árboles jóvenes, el peso de la yema subterminal y por tanto el número de flores, era aproximadamente 3.5 veces mayor en árboles de alta floración respecto a los de floración media. Sin embargo la cosecha final era similar.

En un tercer ensayo Camero (1990), y Pérez de Oteyza y otros (1995) se compararon 3 niveles de poda eliminando el 63, 94 y 99 por ciento de las flores. Ello se obtenía podando las 3 yemas terminales, la mitad del crecimiento del verano anterior o su totalidad. En ésta operación se eliminaba el 20, 50 y 86 % de las hojas respectivamente. En el primer año el cuajado fue pobre debido a la escasez de abejas. Aún así cuajado y productividad fueron significativamente mayores en el nivel bajo de poda que en el testigo no podado. En dos años el aumento de cosecha fue del 25 %. Los niveles más intensivos de poda produjeron menos cosecha que los testigos, aunque ello pudo ser debido en parte a la escasez de abejas. En el 2º año del ensayo el peso de las flores y la productividad fueron similares en testigo y poda suave. Las podas mas fuertes tuvieron alta floración pero baja productividad. En el 1º año la alta floración en los árboles testigo retrasó la producción de hojas respecto al nivel bajo de poda, lo que pudo reducir la fotosíntesis del árbol en la primera parte del verano.

Tras este ensayo de 2 años y durante 4 años se estudió semanalmente el proceso de caída de frutos desde el cuajado definitivo (diámetro de fruto > 1 cm) hasta la recogida. El número de frutos caídos tenía una relación cuadrática con el número de frutos cuajados. Por ello el número de

frutos cosechados se mantenía esencialmente constante por encima de un cierto número de frutos cuajados, ambos en relación al tamaño del árbol.

Parece pues que el exceso de cuajado puede retardar la expansión del área foliar, provocar una caída excesiva de frutos, drenar recursos energéticos, aumentar la alternancia y disminuir la cosecha media del aguacate Hass en condiciones mediterráneas.

**Palabras Clave:** Aguacate, alternancia, crecimiento vegetativo, cosecha, productividad, área foliar, densidad de flor

## INTRODUCCIÓN

La alternancia de cosechas es un serio problema en árboles de aguacate Hass en La Costa del Sol. En la primavera del año "con" se produce una abundante floración unida a una ausencia de brotes nuevos y caída precoz de hoja vieja, lo que provoca la defoliación del árbol que puede ocasionar quemaduras en tronco y ramas. En los años de cosecha abundante se llega incluso a detectar disminuciones del área de la sección del tronco. En el siguiente año "sin" la floración es escasa, la cosecha baja y el crecimiento vegetativo muy alto.

La poda de parte de las yemas terminales en la primavera del año "con" disminuyó la alternancia en el cv. Novels, (Miller, 1960). En el cultivar Hass (Farré, y otros 1989) aumentó además la producción acumulada mientras que el aclareo de frutos a final de junio no tuvo efecto.

En otras zonas de cultivo se ha descrito los años "con" y "sin" como años de baja o alta caída de los frutos cuajados inicialmente. Scholefield et al. (1985) observó en el cv. Fuerte una alta concentración de carbohidratos en hoja después de una cosecha baja. Diversas líneas de trabajo se han centrado en evitar la caída de frutos de Hass del año "sin", para aumentar la producción, frenando el crecimiento de los brotes con retardantes para evitar que compitan con los frutos en desarrollo (Kohne et al, 1987 y Whiley 1991). También se ha sugerido la posibilidad de mejorar la cosecha de Hass utilizando polinizadores adecuados. Existe sin embargo poca información sobre el efecto de éstas técnicas en la alternancia.

En España se han estudiado varios aspectos de la floración, cuajado, alternancia y productividad del cv. Hass que se discuten a continuación.

## MATERIAL Y MÉTODOS.

**Carga floral del árbol y distribución de materia seca.** Pérez de Oteyza y otros (1990) estudiaron árboles de 4 años de edad, clasificados en tres niveles de carga floral según la abundancia y tamaño de yemas de flor antes del desborre. Las determinaciones en yemas y hojas se realizaron en tres fases de la floración, desde desborre (yema hinchada) a cuajado, en brotes del año anterior. Como representativa del crecimiento de verano se estudió la yema y hoja subterminal. Como representativa del crecimiento de primavera, la yema y hoja últimas de primavera.

**Poda en prefloración o aclareo de frutos.** Farré et al. (1989), estudiaron en árboles de 9 años de edad dos intensidades de poda, fuerte ó suave, de los brotes vigorosos del año anterior, realizada de forma temprana ó tardía, antes de la floración del año "con". La poda suave eliminaba, en las ramas más vigorosas, la mayor parte del crecimiento de verano y la poda fuerte eliminaba también parte del crecimiento de primavera. La poda temprana se efectuó en la fase de yema hinchada y la tardía al comenzar la expansión de la inflorescencia. El aclareo de frutos se realizó a finales de junio dejando 1 fruto por cada 25 cm de brote aproximadamente. Durante 4 años se estudió la cosecha, volviendo a podar en caso necesario.

**Porcentaje de flor eliminada.** Camero (1990) y Pérez de Oteyza y otros (1995) estudiaron en árboles de 10 años de edad tres intensidades de poda, eliminando las tres yemas terminales del crecimiento de verano anterior, la mitad de este crecimiento o la totalidad, dos meses antes de plena floración (fase de yema hinchada) del año "con" en todos los brotes del árbol. Los árboles testigo no se podaron. En la tabla 4 se muestran los porcentajes de flores, hojas y longitud de brotes eliminados, así como la materia seca eliminada por unidad de área de sección transversal del tronco. El porcentaje de flor producida en cada parte del crecimiento del año anterior se analizó en árboles semejantes de la misma parcela. El diseño fue en bloques al azar con ocho repeticiones de un árbol. La poda se realizó en febrero y su efecto se estudió durante 2 años. En el segundo año se determinó el peso seco medio de la inflorescencia terminal en cada tratamiento (Tabla 5), que estaba bien correlacionado con su número de flores (Fig. 1a) y el número total de flores en el árbol (Fig. 1b). Esta regresión se obtuvo analizando 28 ramas de tamaño medio situadas en las 4 orientaciones de 7 árboles. La rama media tenía 16,7 brotes del año anterior con una longitud total de 257 cm.

**Caida de frutos tras el cuajado.** Tras el ensayo anterior, se contaron semanalmente durante 4 años, los frutos caídos desde cuajado definitivo (diámetro de fruto > 1 cm) hasta cosecha en 31 árboles. Se determinó así la evolución de la densidad de frutos en árbol expresada como número de frutos por unidad de sección de tronco.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Carga floral del árbol y distribución de materia seca.** En la fase de desborre, el peso seco de la yema subterminal, del crecimiento del verano anterior, era mucho mayor en los árboles con nivel de carga floral alto (Fig. 2). Esta situación se mantuvo durante la plena floración y el cuajado. El peso seco de la formación a que da lugar la yema (flores, frutos y brotes) se mantuvo siempre muy superior en los árboles con nivel de carga floral alto. El peso seco por unidad de área de la hoja subterminal en desborre era significativamente mayor en árboles con nivel de carga floral alto, lo que podría deberse en parte a su mayor contenido de carbohidratos como observó Scholefield (1985) en el cv. Fuerte. En plena floración y cuajado no había ya diferencias, reflejando probablemente la transferencia de azúcares y macroelementos a la yema cercana (datos no presentados).

Los árboles con alta floración (Tabla 1), cuajaban mas frutos pero tenían una cosecha similar a los de nivel medio. Mientras los primeros presentaban gran número de formaciones florales determinadas, en los segundos existía un equilibrio entre formaciones florales determinadas e indeterminadas, lo que permitía una buena expansión del área foliar. Con un nivel de floración alto (Tabla 2), la mayoría de los frutos se originaban a partir de la yema terminal del crecimiento del verano anterior. Con niveles de floración menores los frutos se distribuían preferentemente sobre las restantes yemas de verano.

**Poda en prefloración ó aclareo de frutos. (Tabla 3).** La eliminación de parte de los crecimientos del año anterior, en la primavera del año "con", disminuía la alternancia y aumentaba la producción acumulada de 4 años, mientras que el aclareo de frutos a fines de junio no tenía ningún efecto. Ello indicaba que antes de dos meses tras el cuajado, el mensaje que iniciaba la alternancia había ya sido enviado.

**Porcentaje de flor eliminada.** Para hacer internamente comparables los resultados de la Tabla nº 5, varios parámetros se expresan en función de la longitud del brote del año anterior a la poda.

Los árboles en que se eliminaron el 94% ó más de las flores tuvieron baja cosecha en los dos años del ensayo. La poda de las 3 yemas terminales del crecimiento del verano anterior, que eliminaba

el 63 por ciento de las flores, aumentaba el cuajado en junio y la productividad el primer año de forma significativa respecto a los árboles no podados. Ello indicaba un porcentaje de cuajado muy superior. Su número de hojas nuevas a fines de junio, cerca del final del crecimiento de primavera, era casi el doble que en el testigo, pero en octubre los testigos se habían recuperado, quizás debido a su menor cosecha. El segundo año, la poda larga mantuvo un buen nivel de floración y de productividad. Los árboles testigo, aún teniendo un área foliar ligeramente mayor en el octubre anterior y una floración ligeramente mayor, en el segundo año no superaron su productividad. Podría quizás plantearse aquí una integral área foliar x tiempo para explicar estos resultados. Las podas media y corta, con un elevado peso de flores no tuvieron mejor productividad que los tratamientos con niveles florales medios.

**Caída de frutos.** La densidad de frutos cosechados no variaba por encima de una cierta densidad de frutos cuajados (Fig. 4). En dos años, de alto y bajo cuajado, la máxima densidad de cosecha se alcanzó con densidades de cuajado de 2.6 y 1.6 frutos.cm<sup>2</sup> respectivamente. Ello se debía a la muy significativa regresión cuadrática que, en los cuatro años del ensayo, existía entre las densidades de frutos cuajados y caídos (Fig. 3)

## CONCLUSIONES

Parece pues que el exceso de cuajado en años de alta floración e incluso quizás el exceso de floración mismo, puede limitar la expansión temprana del área foliar, provocar una caída excesiva de frutos, drenar recursos energéticos, aumentar la alternancia y disminuir la cosecha media del aguacate Hass en condiciones mediterráneas.

## BIBLIOGRAFÍA

- CAMERO, R. 1990. Control de la alternancia en aguacate Hass, mediante poda en prefloración. Trabajo fin de Carrera. E.U.I.T.A. (Cortijo del Cuarto). Sevilla. 115 pp.
- FARRE MASSIP, J.M. Y HERMOSO, J.M. 1989. Efectos de la poda en prefloración sobre el crecimiento vegetativo, la cosecha y el contenido en nutrientes de la hoja del aguacate Hass. <sup>1ª</sup> Jornadas Andaluzas de Frutos Subtropicales. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Colección Congresos y Jornadas n.º 9-1989: 53-65.
- KÖHNE, J.S. AND S. KREMER-KÖHNE. 1987. Vegetative growth and fruit retention in avocado as affected by a new plant growth regulator (paclobutrazol). S.A. Avocado Growers's Assn. Yrbk. 10: 64-66
- MILLER, M. 1960. Avocado pruning to regulate crop production. California Avocado Society Yearbook 44:42-44
- PÉREZ DE OTEYZA, M.A. Y FARRÉ MASSIP, J.M. 1990. Distribución de materia seca en árboles de aguacate, cv. Hass, a lo largo del periodo de floración. Actas de Horticultura (1) 188-193
- PÉREZ DE OTEYZA M.A. ET AL. 1995. Relación entre la carga floral y parámetros de crecimiento y producción en aguacate "Hass". VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Programa y Resúmenes. 79-79
- WHILEY, A. W. ET AL. 1991. Use of paclobutrazol sprays at mid-anthesis for increasing fruit size and yield of avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass). J. Hort. Sci. 66: 593-600
- SCHOLEFIED, P.B. ET AL., 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. Scientia Hort. 25: 99-110

## TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Formaciones en yema subterminal y producción del árbol según de carga floral

Nivel de carga floral en árbol	Tipo de formación en la yema subterminal (%)				Producción	
	Floral Determinada	Floral Indeterminada	Vegetativa	No brota	Nº Frutos por brote Fin de Julio	Cosecha final kg. árbol <sup>-1</sup>
Alto	72,0 b	24,0	0,0	3 a	1,25 b	42,0
Medio	32,0 a	47,0	0,0	21 b	0,60 a	43,3
Bajo	12,5 a	34,0	3,5	50 b	0,30 a	28,5
N.S.	1%			1%	1%	

Tabla 2. Localización en el brote, de los frutos cuajados, según carga floral (%)

Partes del brote	Nivel de carga floral		
	Bajo	Medio	Alto
Yema Terminal	21,6 b	29,7 bc	58,7 c
Resto del Crecimiento de Verano	78,4 c	60,3 c	37,2 b
Crecimiento de Primavera	0,0 a	10,0 a	4,0 a
N.S.	1%	1%	1%

Tabla 3. Poda en prefloración o aclareo. Parámetros de cosecha.

Tratamientos	Cosecha kg. árbol <sup>-1</sup>				Producción media anual		
	1º Año	2º Año	3º Año	4º Año	kg. árbol <sup>-1</sup>	Nº frutos. árbol <sup>-1</sup>	Peso medio g. fruto <sup>-1</sup>
Poda Temprana Fuerte	173	127	146	58	126, b	566	215 a
Poda Temprana Suave	168	92	152	54	116, b	572	203 b
Poda Tardía Fuerte	185	106	155	39	125, b	569	212 a
Poda Tardía Suave	164	58	169	17	109, a	486	209 ab
Aclareo	154	61	158	6	94,7 a	468	202 b
Testigo	159	41	143	11	88,2 a	403	218 a
N.S.					5%		5%

Tabla 4. Materia seca y componentes eliminados con tres intensidades de poda.

Intensidad de poda	Material eliminado %			Total materia seca g. cm <sup>-2</sup> de tronco
	Flores	Hojas	Longitud de brote	
Testigo	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Poda Larga	63,0 b	19,8 b	1,0 a	11,6 b
Poda Media	94,0 c	50,2 c	28,6 b	28,2 c
Poda Corta	99,5 d	86,5 d	75,8 c	48,1 d
N.S.	5%	5%	5%	5%

Tabla nº 5. Parámetros de producción y desarrollo con tres intensidades de poda

Intensidad de poda % de flor eliminada	1º AÑO				2º AÑO	
	Nº frutos cuajados m <sup>-1</sup> de rama Junio	Productividad kg. dm <sup>-2</sup> de tronco	Nº hojas nuevas. m <sup>-1</sup> de rama		Inflor. terminal peso seco g.	Productividad kg. dm <sup>-2</sup>
			Junio	Octubre		
Testigo 0,0	3,1 b	14,4 b	13,5 a	98,3 ab	1,4 a	26,0 b
Poda larga 63,0	4,9 c	20,9 c	25,6 a	79,9 a	1,2 a	29,2 b
Poda media 94,0	1,0 a	6,3 a	65,9 b	110,7 b	1,9 b	14,8 a
Poda corta 99,5	0,0 a	4,4 a	65,7 b	112,7 b	2,3 c	22,1 a
N.S.	5%	5%	5%	5%	5%	5%

Figura 1. Relaciones de pesos secos entre órganos florales

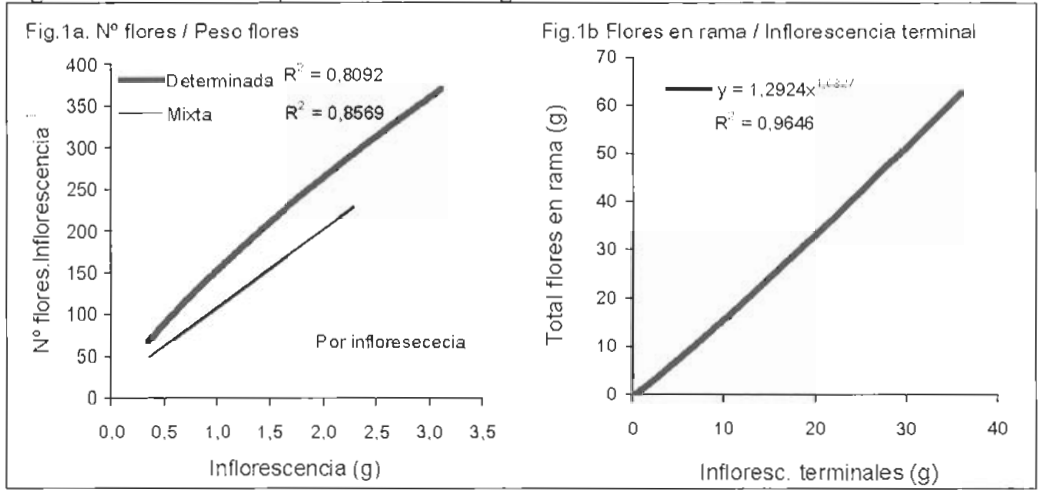


Figura 2. Materia seca en yema subterminal

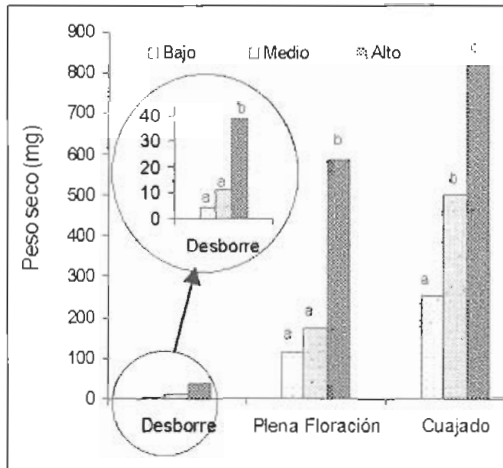


Figura 3. Relación frutos Cuajados / Caídos

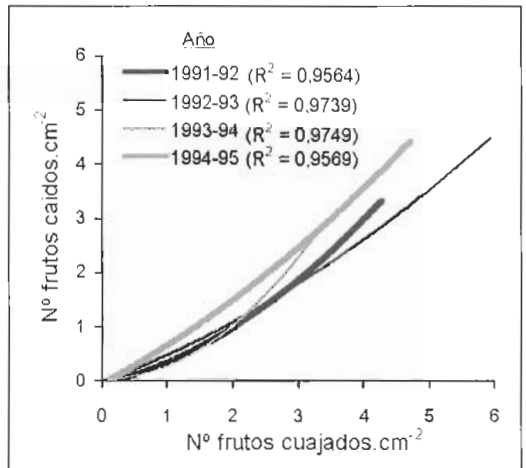
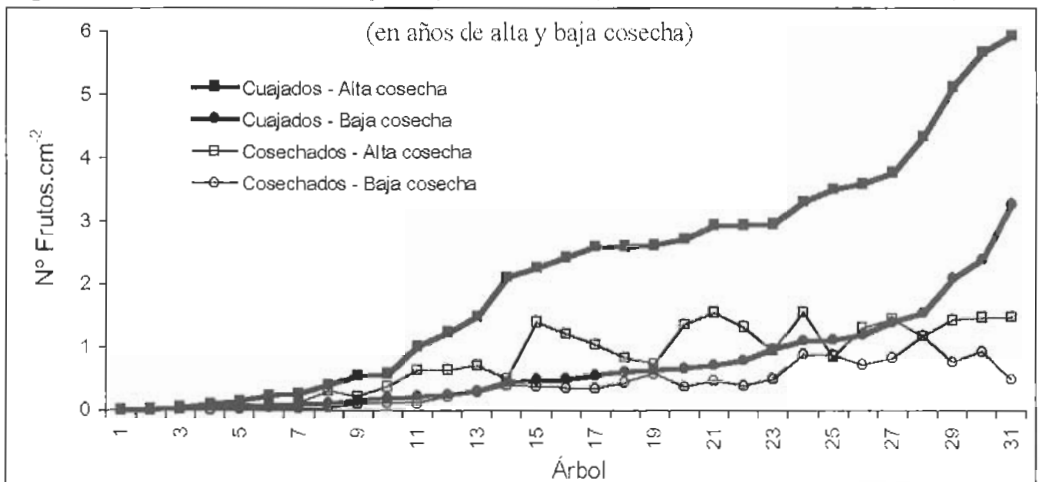


Figura 4. Densidad de frutos cuajados y cosechados (n° frutos. cm<sup>-2</sup> de área de tronco)



## EVALUACIÓN DEL CICLO FENOLÓGICO DEL PALTO (PERSEA AMERICANA MILL) CV. HASS PARA LA ZONA DE LA IRRIGACION SANTA ROSA, PERÚ

J.J Rosales<sup>1</sup>, G. Parodi<sup>2</sup> y B. Carlini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept. de Horticultura Universidad Nacional Agraria La Molina. Apdo. 456. Lima 100. Perú. Correo electrónico: [dhorticultura@lamolina.edu.pe](mailto:dhorticultura@lamolina.edu.pe)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA. Av. La Molina (ex-La Universidad) 1981. Lima-Perú.

Correo electrónico: [gparodi@lamolina.edu.pe](mailto:gparodi@lamolina.edu.pe) ó [gparodi@inia.gob.pe](mailto:gparodi@inia.gob.pe)  
[gparodi@fenix.inia.gob.pe](mailto:gparodi@fenix.inia.gob.pe)

<sup>3</sup> Dunacorp S.A. Girón Balta 115 Barranco. Lima-Perú.  
Correo electrónico: [prohass@terra.com.pe](mailto:prohass@terra.com.pe)

### RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento fenológico del palto cv. Hass en condiciones de la Irrigación Santa Rosa - Sayán. Para ello se seleccionaron 11 árboles de palto de 4.5 años de edad, ubicados en el predio Horno Alto. En estos árboles se marcaron 4 ramas de igual tamaño y vigor, una por cada lado del árbol a nivel de la porción media de la copa, en las que se realizaron las siguientes evaluaciones: **Desarrollo vegetativo**, se determinó tanto en la yema apical como en una yema lateral terminal; para ello se consideró solo el brote vegetativo que aparece sobre la inflorescencia desarrollada. **Desarrollo reproductivo**, se evaluó la panícula floral proveniente de la yema apical y la yema lateral terminal; en ellas se determinó: la duración de la floración, del cuajado y del desarrollo de fruto. El arreglo estadístico utilizado fue DBCA y para la comparación de medias de los tratamientos la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados muestran que el desarrollo vegetativo, proveniente de inflorescencias indeterminadas, presentó un solo ciclo el cual se dio entre los 7 y 144 días de iniciada la brotación (DIB). El crecimiento lateral también mostró un solo ciclo, entre los 29 y 122 DIB. En cuanto al desarrollo reproductivo, la floración tuvo una duración aproximada de un mes y ocurrió entre los 64 y 91 DIB presentándose al mismo tiempo que el crecimiento vegetativo. El cuajado de frutos ocurrió entre los 79 y 137 DIB. Respecto al crecimiento de los frutos este se dio en forma intensa entre los 122 a 184 DIB luego decreció notablemente pero no se detuvo hasta finalizar las evaluaciones.



**Palabras Clave:** Floración, desarrollo vegetativo, desarrollo reproductivo, aguacate.

## INTRODUCCIÓN

La expansión del cultivo del palto, hacia distintas zonas geográficas del mundo; ha generado varios estudios orientados a comprender y describir su comportamiento fenológico (Calvert, 1993; Davenport, 1982). Estos estudios muestran que los paltos inician su ciclo vegetativo en primavera posterior al periodo de floración (Davenport, 1982). Este ciclo vegetativo se da en flujos, determinando la formación de una copa con brotes de distintas edades y eficiencias presentándose comúnmente, dos momentos de crecimiento vegetativo uno en primavera y otro en otoño siendo el primero de mayor intensidad (Whiley et.al, 2002). Sin embargo Ploetz et. al., (1991) afirman que en condiciones cálidas el palto presenta flujos de crecimiento vegetativo menos uniformes y más frecuentes. Otro de los eventos fenológicos de notable importancia en palto es el de la floración, evento que puede variar entre uno a ocho meses dependiendo de la variedad (Papademetriou, 1976), estando también influenciado por la zona geográfica donde se cultiva, así por ejemplo en la Quillota (Chile) la floración del cv. Hass dura entre 3 a 4 meses (Gardizabal y Rosemberg, 1991) mientras que en Michoacán (México) este cultivar puede tener una floración de 5 a 6 meses (Ish-Am, et.al., 1999). El desarrollo reproductivo del palto pasa por eventos que son necesarios para lograr consolidar la producción, finalmente se da el crecimiento del fruto el cual puede durar por lo común, dependiendo del cultivar y a la zona, entre 8 y 12 meses antes de iniciarse la cosecha (Whiley et.al., 2002).

El objetivo del presente estudio fue evaluar y describir el comportamiento fenológico del palto cv. Hass en condiciones de la irrigación Santa Rosa-Sayán en Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el predio "Horno Alto" de propiedad de la empresa DUNA CORP S.A. ubicado en la irrigación Santa Rosa, distrito de Sayán, región Lima - Perú. (11°11' Lat.Sur y 77°19' Long.Oeste a 520 msnm). Se eligieron 11 árboles de palto cv. Hass de 4.5 años de edad, de similar vigor y tamaño vegetativo, ubicados en uno de los lotes comerciales del predio. Para la evaluación de los eventos fenológicos se marcaron 4 ramas de igual tamaño y vigor, una en cada lado de los árboles seleccionados y a la altura de la porción media de la copa. Aquí se evaluó **Desarrollo vegetativo**; el cual se realizó considerando solo la brotación vegetativa que aparece sobre la inflorescencia desarrollada procedente tanto de la yema apical como de una yema lateral terminal de la rama marcada. La evaluación fue semanal midiéndose el crecimiento del brote hasta su culminación. Así mismo se evaluó el **Desarrollo reproductivo**; el cual se realizó sobre la panícula floral proveniente tanto de la yema apical como de la yema terminal lateral de las ramas marcadas. En ellas se determinó; 1) la **duración de la floración**, la cual se realizó mediante un conteo diario, entre las 11.30 hrs y 12.30 hrs; del número de flores abiertas en cada panícula floral seleccionada, durante la época de floración; 2) la **intensidad del cuajado de frutos**, para ello se registró semanalmente el número de frutos que permanecían adheridos a la panícula floral, considerándose el inicio del cuajado desde el instante de la caída de los pétalos de la flor y 3) el **crecimiento del fruto**, el cual se empezó a evaluar un mes después de la fecha de máximo cuajado. Para ello se tomaron un registros del diámetro longitudinal (distancia entre el punto de inserción del pedicelo con el fruto hasta la porción distal del fruto) y el diámetro transversal (medido en sentido perpendicular al diámetro longitudinal, tomando la porción ubicada en el tercio inferior del fruto). Los datos se analizaron estadísticamente mediante un diseño de bloques completamente aleatorizado y mediante una prueba de comparación de medias de Duncan ( $p = 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Desarrollo vegetativo.

La tasa de crecimiento vegetativo de los brotes apicales y laterales (Figura 1), presentó diferencias estadísticas ( $p < 0.01$ ) entre las distintas fechas de evaluación. La mayor tasa de crecimiento se dio entre los 60 a 67 días de iniciada la brotación (DIB). El crecimiento vegetativo del palto cv. Hass, mostró un solo ciclo. Éste empezó a los 7 DIB incrementándose progresivamente a partir de los 29 DIB para presentar su máxima tasa de crecimiento a los 67 DIB y luego descender paulatinamente hasta los 144 DIB, momento a partir del cual, la tasa de crecimiento vegetativo prácticamente fue nula. En el caso de los brotes laterales el crecimiento se dio en un solo periodo, el cual abarcó desde los 29 DIB hasta los 122 DIB; siendo su intensidad menos notoria que el vegetativo apical. Es importante indicar que entre los 170 y 198 DIB se observó un leve repunte de la tasa de crecimiento, no significativa, manteniéndose sus valores dentro de los observados desde los 144 DIB. La brotación vegetativa presentada por los árboles del cv. Hass, bajo las condiciones del ensayo; no muestra coincidencia con los dos ciclos de brotación vegetativa reportados para este cultivar y esta especie en otras latitudes (Calvert, 1993; Whiley et. al., 2002). Es probable que el comportamiento observado este relacionado, como indican Whiley et. al., (2002), al hecho de que el ciclo de brotación vegetativa de primavera en palta se inicia con elevados niveles de carbohidratos de reserva, los cuales empiezan a declinar notoriamente desde la floración, llegando a su mínimo nivel en otoño, pudiendo incluso ser mucho mas bajos si se presenta una carga fructífera elevada, lo cual determinaría que las limitadas reservas en el cv. Hass en condiciones de la irrigación Santa Rosa, no originarían el segundo ciclo de brotación vegetativa propio de otras zonas.

### Desarrollo reproductivo.

La **duración de la floración**, presentó diferencias estadísticas para las distintas fechas evaluadas ( $p < 0.01$ ), transcurriendo en aproximadamente un mes bajo las condiciones de la irrigación Santa Rosa, encontrándose que el mayor ritmo de apertura floral promedio por panícula se dio a los 64 DIB (Figura 2). El tiempo de apertura floral mostrado por el cv. Hass bajo las condiciones del ensayo es coincidente con lo mencionado por Papademetriou (1976), pero es más rápida cuando en comparación con el periodo de apertura floral, observado en el cv. Hass para las condiciones de la Quillota -Chile; (Gardizabal y Rosemberg, 1991). Asimismo se observó que en la irrigación Santa Rosa, se dá plena coincidencia entre los máximos de desarrollo de la brotación vegetativa y floral, aspecto que no coincide con lo señalado por Whiley et. al., (2002), los cuales indican la presencia de una caída del crecimiento vegetativo durante la floración por efecto de la competencia por reservas. En el presente estudio no se observó una caída de la brotación y crecimiento vegetativo, a pesar de ser simultánea a la apertura floral. La **intensidad de cuajado**, presentó diferencias estadísticas para las distintas fechas evaluadas ( $p < 0.01$ ) pudiéndose apreciar frutos con diámetros de 0.2 cm aproximadamente, desde los 79 DIB (Figura 3), momento a partir del cual se presenta un mayor ritmo de cuajado, cuyo máximo se da a los 95 DIB, para luego empezar a descender desde los 98 DIB hasta los 137 DIB y de allí en adelante prácticamente ya no observarse esto. Es importante indicar que el periodo de cuajado, desde que se aprecia hasta su culminación fue de 58 días, observándose que el periodo de mayor intensidad se da en un lapso de 19 días, para luego presentarse un súbito descenso. El rápido descenso de cuajado observado, aparentemente estaría generado por la coincidencia de la brotación y crecimiento vegetativo y reproductivo e incluso probablemente del radicular y por lo tanto ello determinaría competencia entre estos eventos por una fuente de reservas nutricionales limitada, que de por si es baja en el palto hacia el período de verano alcanzando sus mínimos valores en el otoño (Scholefield et. al, 1985). Parte de ello explicaría también el notorio desprendimiento de frutos que se produce luego de la floración y del flujo de crecimiento vegetativo de primavera y que es común observar en las condiciones de la irrigación Santa Rosa. El **crecimiento de los frutos** presentó diferencias

estadísticas significativas para las distintas fechas de su evaluación ( $p < 0.01$ ). La curva de crecimiento transversal como longitudinal del fruto (Figura 4), mostró un incremento constante desde los 122 hasta los 184 DIB, para posteriormente disminuir sin detener su crecimiento, llegando a su máximo tamaño hacia el final de las evaluaciones esto es a los 366 DIB. La curva de crecimiento de tipo sigmoideal simple descrita por los frutos del cv. Hass en las condiciones de la irrigación Santa Rosa coincide con la reportada por otros autores (Gardizabal y Rosemberg, 1991; Whiley et. al, 2002) y muestra un comportamiento muy semejante al descrito por Hernández (1991) el cual observó un incremento en la tasa de crecimiento de los frutos de este cultivar hacia el final de su estudio; que en parte se compararía al ligero incremento observado en Santa Rosa a partir de los 336 DIB, aspecto que como menciona este autor, probablemente este relacionado al inicio del periodo de cosecha, etapa en la cual se tiende a acelerar la tasa de crecimiento de la fruta remanente. En el presente estudio el tiempo de desarrollo del fruto, un mes después de verificado su cuajado; fue de 244 días. Este tiempo se encuentra dentro de los rangos de F-M indicados por diferentes autores para palto cv. Hass (Whiley et. al., 2002).

## CONCLUSIONES

1. El crecimiento vegetativo, proveniente de inflorescencias indeterminadas, ocurrió en un solo periodo, observándose el máximo crecimiento a los 67 días de iniciada la brotación (DIB) y luego descender hasta los 144 DIB. El crecimiento lateral también mostró un solo periodo, el cual se presentó entre los 29 y los 122 DIB.

La duración de la apertura floral tuvo una duración aproximada de un mes y ocurrió entre los 64 y 91 DIB y se presentó al mismo tiempo que el crecimiento vegetativo. El cuajado de frutos ocurrió entre los 79 y 137 DIB.

El crecimiento de los frutos describió una curva de desarrollo típicamente sigmoideal presentándose de manera intensa, un mes después del máximo momento de cuajado esto es a partir de los 122 DIB y duró hasta los 366 DIB.

## BIBLIOGRAFÍA

- CALVERT E 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana*, Mill) cv. Fuerte. Tesis Ing. Agr. Quillota, UCV. Facultad de Agronomía. 89 pp.
- DAVENPORT TL 1982. Avocado growth and development. Proc. Fla. State Hort. Soc. 95: 92-96
- GARDIAZABAL F, ROSEMBERG G 1991. Cultivo del Palto. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Quillota. Chile. 201 pp.
- HERNÁNDEZ F 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana*, Mill) cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Quillota, UCV, Facultad de Agronomía. 99 pp.
- ISHAM G, BARRIENTOS-PRIEGO A, CASTAÑEDA VILDOZOLA A, AND GAZIT S 1999. Avocado (*Persea americana*, Mill) pollinators in its region of origin. Revista Chapingo. Serie Horticultura. Número Especial V: 137-143.
- PAPADEMETRIOU M 1976. Some aspects of the flower behaviour, pollination and some fruit set avocado (*Persea americana*, Mill) in Trinidad. California Avocado Grower's Association Yearbook. 106-152

PLOETZ, RC, RAMOS JL, PARRADO JL, SHEPARD E S. 1991. Shoot and root growth cycles of avocado in South Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 104: 21-24.

SCHOLEFIELD, PB; SEDGLEY M, AND ALEXANDER D. 1985. Carbohydrate cycling relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in avocado. *Scientia Horticulturae* 25: 99-110.

WHILEY AW, SCHAFFER B, WOLSTENHOLME BN. 2002. *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing, Oxon UK. 416 pp.

Figura 1. Comportamiento del crecimiento de brotes apicales y laterales en palto cv. Hass en condiciones de la irrigación Santa Rosa-Perú

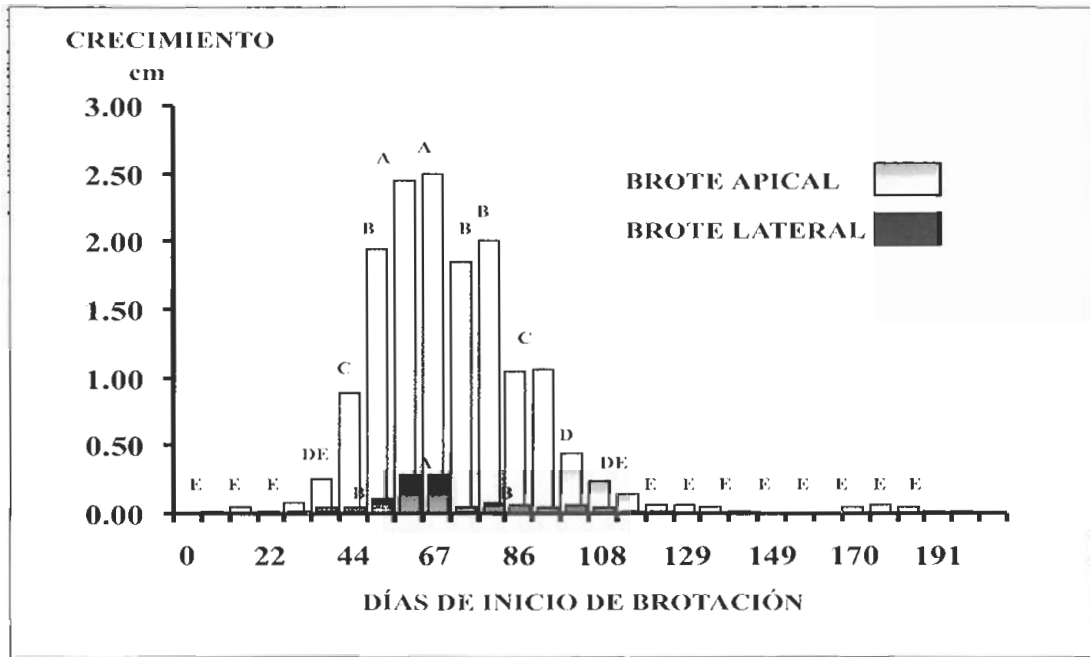
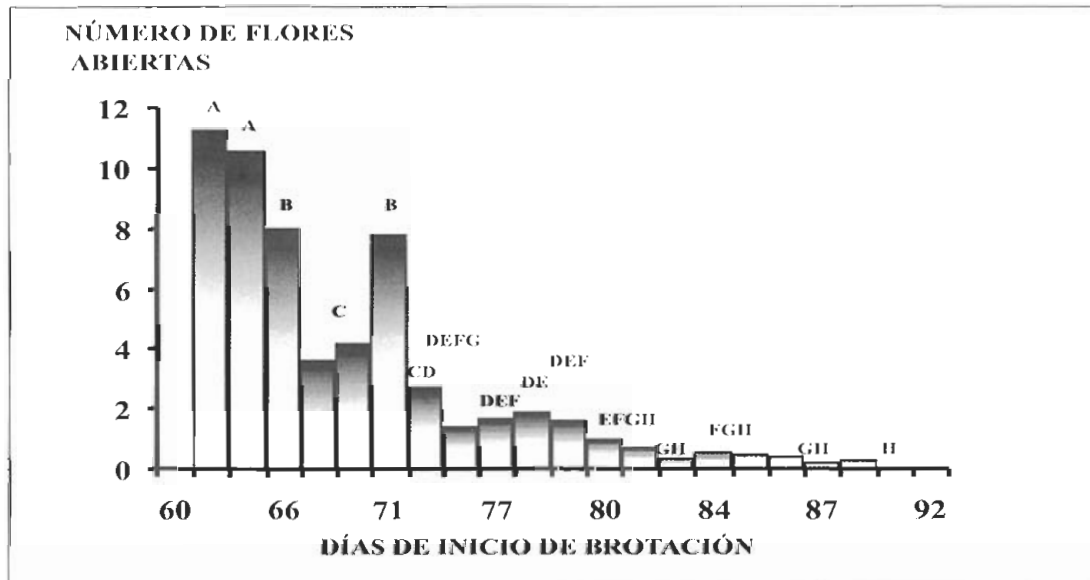


Figura 2 . Comportamiento de la apertura floral en palto cv. Hass en condiciones de la irrigación Santa Rosa-Perú.



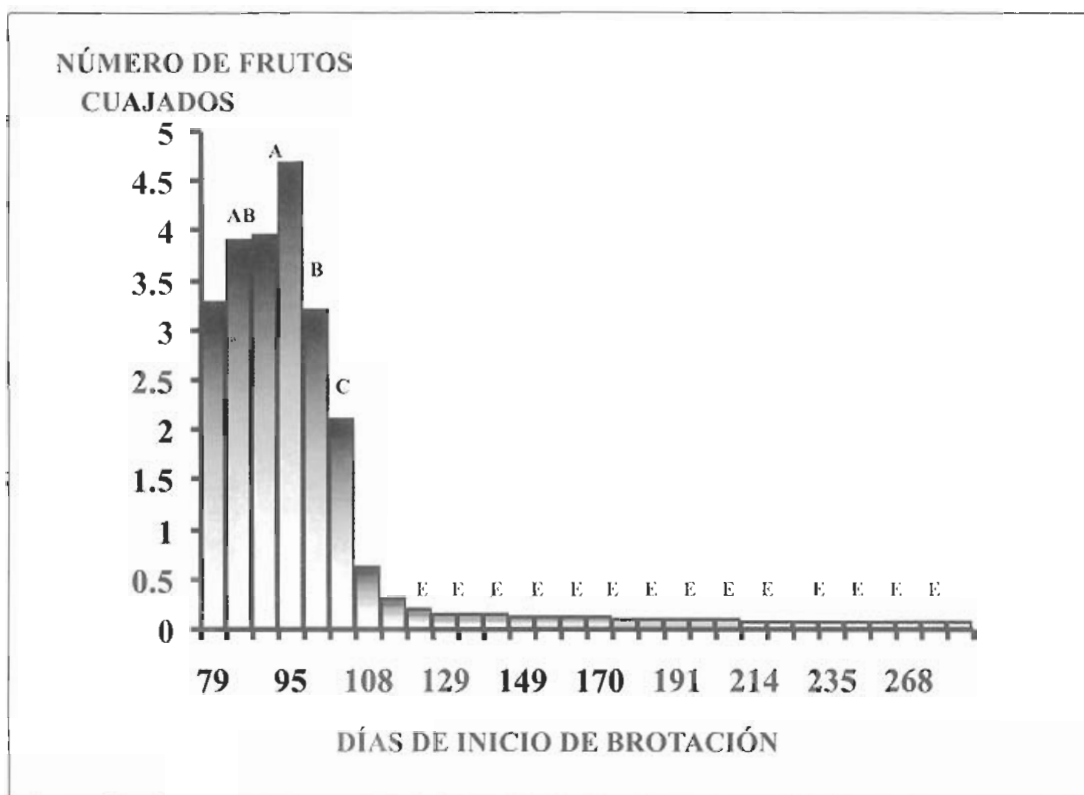


Figura 3. Comportamiento del cuajado de frutos en palto cv. Hass en condiciones de la irrigación Santa Rosa-Perú.

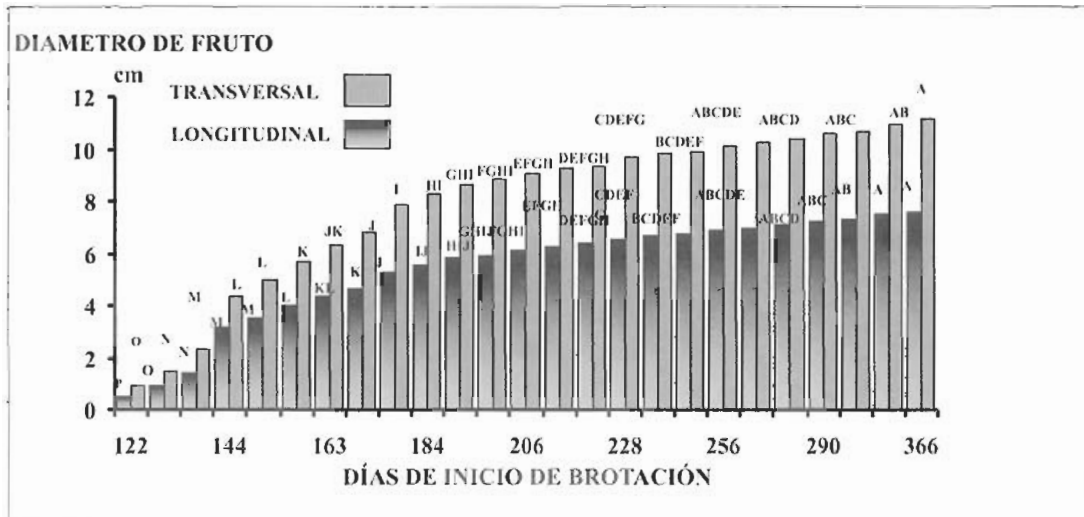


Figura 4. Comportamiento del crecimiento transversal y longitudinal de los frutos de palto cv. Hass en condiciones de la irrigación Santa Rosa-Perú.

## EFFECTO DEL FERTIRRIEGO EN LA INCIDENCIA DE SPHACELOMA PERSEAE J. EN EL CULTIVO DE PERSEA AMERICANA M. EN MICHOACÁN, MÉXICO

J. A. Vidales Fernández<sup>1</sup>, L.M. Tapia Vargas<sup>1</sup>, J.L. Aguilera Montañez<sup>1</sup> J.J. Alcantar Rocillo<sup>1</sup>, V.M. Coria Avalos<sup>1</sup>, , J. Anguiano Contreras<sup>1</sup>, B. N. Lara Chavez<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> **Campo Experimental Uruapan. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Avenida Latino Americana No 1101 C.P. 60150 Uruapan, Michoacán, México. e-mail: [doctorvidales@hotmail.com](mailto:doctorvidales@hotmail.com)**

<sup>2</sup> **Facultad de Agro biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas S/N Uruapan, Michoacán, México.**

### RESUMEN

El estado de Michoacán, México es la región productora de aguacate más grande del mundo con una superficie de 77,989 ha. La roña (*Sphaceloma perseae*) en algunas localidades afecta hasta el 60% de la fruta y disminuye el precio de venta hasta en un 50%. El objetivo del trabajo fue: determinar el efecto del fertirriego sobre la incidencia y severidad de la roña en el fruto del aguacate. El estudio se desarrollo en dos ambientes agroclimáticos diferentes del estado de Michoacán, México: Tancitaro (Semicálido subhúmedo, 2150 m.s.n.m. suelo andosol) y Ziracuaretiro (templado semicálido, 1350 m.s.n.m suelo luvisol). Se utilizo el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, se evaluaron 13 tratamientos de nitrógeno, fósforo, potasio y tres de láminas evaporadas de agua. La unidad experimental fue de un árbol por tratamiento por repetición, se evaluó la incidencia de la enfermedad al monitorear 20 frutos por árbol, y se determinó la severidad de la misma en 10 frutos por árbol. En Ziracuaretiro y Tancitaro se obtuvieron respuestas significativas a los tratamientos de fertirriego. Con el tratamiento 0- 2-1 kg/ árbol de N, P, K y 0.75 de lámina evaporada, se obtuvo la mayor (26%) eficacia en el control de la incidencia; de roña en comparación con la determinada en el testigo (0%). El patógeno se encuentra presente en las dos condiciones agroclimáticas mencionadas y necesita temperaturas de 10° C a 26° C , horas de humedad relativa superior al 80% y alta población de trips.

**Palabra Clave:** *Persea americana*,, *Sphaceloma perseae*, fertirriego.

## INTRODUCCIÓN

En 1998 en el Estado de Michoacán, México se cultivó una superficie de 77,989 ha, obteniéndose una producción de 871, 883 t, situándose como el principal productor a nivel mundial (Sánchez., et al 2000). Por las exportaciones de fruta fresca de aguacate hacia los Estados Unidos en la temporada 2001-2002 se generó una derrama económica para Michoacán de 27.4 millones de dólares,. El acceso a los mercados de exportación sólo es posible con fruta de calidad, por lo que es necesario incrementar en al menos 30% la producción de este tipo de fruta para permanecer en la preferencia de los mercados foráneos (Sánchez., et al 2000).

La roña es una de las enfermedades que limitan la exportación del aguacate, su daño reduce la calidad del fruto. Los efectos primarios de la roña son: afectación del pedúnculo del fruto, hojas, ramas jóvenes y frutos. Efectos secundarios: disminuye la capacidad fotosintética de la planta, es una enfermedad deformante del fruto. Los daños directos de la roña son a la producción y calidad de la fruta. La producción de fruta de calidad se puede ver afectada en hasta un 60% con lo cual se reduce el precio de venta entre el 27 y el 53 % (Vidales, Alcantar, Anguiano, 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrollo en dos ambientes agroclimáticos diferentes del estado de Michoacán, México: Tancitaro (Semicálido subhúmedo, 2150 m.s.n.m. suelo andosol) y Ziracuaretiro (templado semicálido, 1350 m.s.n.m suelo luvisol). Se utilizo el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Se evaluaron los siguientes tratamientos: riego en tres niveles (0.50, 0.75, 1.0) lámina evaporada. La nutrición con cuatro niveles de nitrógeno (0, 1, 2, 3 kg/ árbol); fósforo en tres niveles (0, 2, 4 kg/ árbol); potasio en tres niveles (0, 1, 2 kg/árbol) adicionados al sistema de riego por microaspersión., testigo (riego con manguera y nutrición 3-2-2-4 de N-P-K-Ca). La unidad experimental fue de un árbol/tratamiento/repeticón, se evaluó la incidencia de la enfermedad al monitorear 20 frutos por árbol, y se determinó la severidad de la misma en 10 frutos por árbol. Se evaluaron los macro y micro nutrimentos extraídos por la planta, los nutrimentos disponibles en la solución del suelo, el extracto celular de hojas con ionómetro, la nutrición foliar, la calidad del fruto (peso, tamaño, apariencia, firmeza, color). En medio de la huerta se colocó una trampa de esporas que contiene en su interior un mecanismo de relojería de tal manera que gira una vuelta completa en 7 días. Las esporas capturadas se cuantificaron bajo el microscopio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedio de eficacia en el control de la incidencia de la roña del aguacate obtenidos en diferentes tratamientos de fertirriego en Ziracuaretiro y Tancitaro, se encontró que el rango de la eficacia en el control de la roña fluctuó entre 26% y 0%; correspondiendo el valor más alto al tratamiento 0- 2-1 kg/ árbol de N, P, K y 0.75 de lámina evaporada con 26% de eficacia mientras que en el testigo se observa 0% de eficacia. En el tratamiento 3-2-1 de N,P,K y 0.75 de lamina evaporada se observa que a mayor aplicación de nitrógeno en la planta menor eficacia (19%) en el control de la enfermedad. Además se encontró una alta correlación ( $r^2 = 0.90$ ) en el contenido de  $N_2$  en la hoja con la incidencia de la roña en base al modelo:

$y = 39.93 + 0.000158(x) + 7.3856(x)^2$   $r = 0.95$ . En todos los tratamientos probados no se encontró diferencia significativa entre ellos pero sí con respecto al testigo. Lo anterior coincide con lo reportado en la literatura de dosis altas de nitrógeno presentan mayor incidencia de enfermedades. El nitrógeno es utilizado por los hongos con fines funcionales y estructurales. La pared celular de los hongos contiene quitina, que es un polímero lineal de la D-glucosamina. Las proteínas (base del

protoplasma), purinas, pirimidinas, enzimas y algunas vitaminas son también compuestos que contienen nitrógeno. No todas las fuentes de nitrógeno son igualmente adecuadas para todos los hongos; algunos de éstos son muy específicos respecto a las fuentes de nitrógeno que utilizan. La concentración de nitrógeno en la planta es sumamente importante: el crecimiento vegetativo y la esporulación son normales sólo cuando la cantidad de nitrógeno es apropiada. El exceso de nitrógeno en la planta da como resultado abundante micelio. (Romero, 1995).

En la Figura 1.- Se presenta el efecto del clima en la severidad de la roña del aguacate donde se observan la influencia directa de las hrs. de humedad relativa sup. Al 80% y de la cantidad de lluvia en la severidad de la roña del aguacate en los tratamientos 10 (2-2-1-1), 8 (2-2-2-0.75), 6(2-4-1-0.75), 2(1-2-1-0.75) con un número de lesiones de roña por fruto de 7.5, 8.9, 8.7 y 9.1 respectivamente, en comparación con el testigo tratamiento 12 (testigo productor) que presenta 16.1 lesiones de roña por fruto.

En la figura 2 se presenta el efecto del clima en la severidad de la roña y se observa claramente como influyen las horas de humedad relativa superior al 80% y la cantidad de lluvia en el incremento de la severidad de la roña del aguacate en el tratamiento 2(1-2-1-0.75), 6 (2-4-1-0.75) en comparación con el testigo (tratamiento 12) donde se presenta mayor severidad de la enfermedad.

Se encontró el modelo  $y = 0.668 + 0.987$  (frutos dañados con trips) + 0.00045 (unidades calor) + 13.307 (ninfas trips);  $r^2 = 0.99$  donde  $y =$  frutos con roña. El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) indica que las variables mencionadas determinan la incidencia de frutos con roña.

La presencia de inóculo del patógeno en el ambiente se expresa por el modelo  $y = - 7.8508 + 0.1096$  (humedad relativa) + 0.738 (horas de humedad relativa superior al 80%;  $r^2 = 0.90$  donde  $y =$  cantidad de esporas del hongo en el ambiente.

## CONCLUSIONES

- 1.- El nitrógeno favorece la incidencia de la roña del aguacate, ya que por cada unidad que se incremente el nitrógeno en la planta se incrementa la incidencia de la roña del aguacate en 7%.
- 2.- En Ziracuareti y Tancitaro todos los tratamientos de fertirriego tuvieron un grado de eficacia estadísticamente iguales en cuanto a la incidencia de la enfermedad pero diferentes con respecto al testigo.
- 3.- El patógeno se encuentra presente en las dos condiciones agroclimáticas mencionadas y necesita temperaturas de 10° C a 26° C , horas de humedad relativa superior al 80% y alta población de trips.

## BIBLIOGRAFÍA

- LAHAV, E., Y. BAR AND D. KALMAR. 1990. Effect of nitrogenous fertilization on the annual variations in nutrient in avocado leaves. *Soil Sci. Plant anal.* 21: 1353-1365.
- LAYNE, R.E.C., CH. S.TAN, D.M. HUNTER AND R.A. CLINE. 1996. Irrigation and fertilizer application methods affect performance of high density peach orchards. *Hort. Sci.* 31: 370-375.
- ROMERO, C.S. 1995. Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección de Patronato Universitario. México. 347 p.
- SALAZAR, G.S. Y I. LAZCANO F. 1999. Diagnostico nutrimental del aguacate Hass bajo condiciones de temporal. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* No 5 Especial. pp 173-184.



SÁNCHEZ, P.J.L., J.A. VIDALES – FERNÁNDEZ, R.J.J. ALCANTAR, F.I. VIDALES. 2000. Programa Nacional de Investigación en aguacate. INIFAP. México.

VIDALES – FERNÁNDEZ J.A., R.J.J. ALCANTAR, J.C. ANGUIANO. 1999. Modelos de predicción de roña *Sphaceloma perseae* Jenkins del aguacate *Persea americana* Mill cv Hass en Michoacán. Resúmenes IV Congreso Mundial del Aguacate. Uruapan, Michoacán. México.

**Cuadro 1.** Valores promedio de eficacia en el control de la incidencia de la roña del aguacate obtenidos en diferentes tratamientos de fertirriego, gallinaza (GA) y fertilizante sólido (FS) en Ziracuaretiro y Tancitaro, Michoacán, México.

Tratamiento	Descripción <sup>1</sup> DF/ <sup>2</sup> LE/GA/FS	Eficacia (%)	Agrupamientos ( $\alpha \geq 0.5$ )
1	021/0.75	26	A
10	221/1.0	24	A
2	121/0.75	24	A
6	241/0.75	23	A
11	221/0.75 (GA)	23	A
8	222/0.75	22	A
7	220/0.75	21	A
13	221/(FS)	20	A
3	221/0.75	20	A
5	201/0.75	20	A
4	321/0.75	19	A
9	221/0.50	19	A
12	Testigo	0	B

<sup>1</sup>DF= dosis de fertilización (N, F,K) en Kg

<sup>2</sup>LE= lámina (mm) evaporada

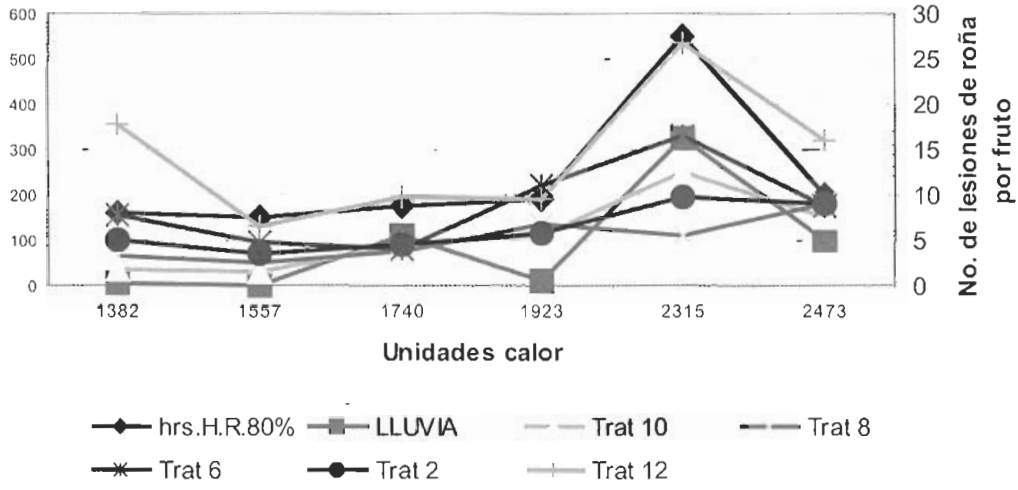


Figura 1.- Efecto del clima en la severidad de la roña del aguacate en Ziracuaretiro, Mich.

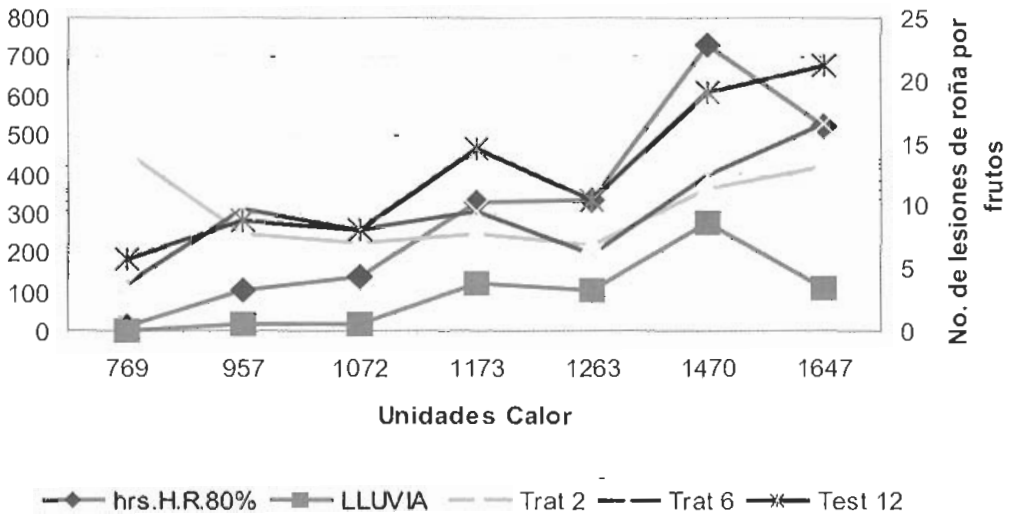


Figura 2 Efecto del clima en la severidad de la roña del aguacate en Tancitaro, michoacán.



## CARACTERIZACIÓN EDÁFICA Y CLIMÁTICA DEL ÁREA PRODUCTORA DE AGUACATE *PERSEA AMERICANA* CV. "HASS" EN MICHOACÁN, MÉXICO.

J. Anguiano-Contreras<sup>1</sup>, V.M. Coria-Avalos<sup>1</sup>, J.A. Ruíz-Corral<sup>1</sup>, G. Chávez-León<sup>1</sup>, J.J. Alcántar-Rocillo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana No. 1101. Col. Revolución. C.P. 60150. Uruapan, Michoacán, México. [cefapuru@prodigy.net.mx](mailto:cefapuru@prodigy.net.mx)

### RESUMEN

En la implementación de programas para manejo integrado del cultivo del aguacate, es indispensable conocer las características edafo-climáticas que prevalecen en las plantaciones. El presente estudio se hizo con el objetivo de caracterizar las condiciones de suelo y clima de las áreas cultivadas con aguacate en Michoacán, México. Primero se delimitaron y cuantificaron las plantaciones, para ello se utilizaron imágenes multispectrales del satélite LandSat 7 ETM+ captadas en enero del año 2001, las cuales fueron procesadas y clasificadas mediante interpretación visual con el programa ENVI v. 3.2. Posteriormente se realizó la caracterización edafo-climática de las plantaciones, para lo cual fue necesario conformar un sistema de información ambiental en formato raster en el SIG IDRISI 32. Este sistema se integró por las siguientes imágenes temáticas: unidades de suelo, tipos climáticos, altitud, pendiente, temperatura media anual y precipitación acumulada promedio anual. Las unidades de suelo y los tipos climáticos se incorporaron al sistema mediante digitalización, las variables topográficas mediante análisis espacial del modelo de elevación digital del INEGI que tiene una resolución de 90x90 m, y las variables climáticas se generaron mediante un proceso de interpolación a partir de una base de datos climáticos mensuales para el período 1961-2000, correspondiente al estado de Michoacán utilizando el programa QBASIC. Los resultados muestran que las plantaciones se localizan entre los 101° 20' y 103° 40' de longitud oeste y entre los 19° 00' y 20° 00' de latitud norte; a una altitud que oscila entre 1200 y 2400 msnm; con la mayor concentración de huertas (85%) entre 1600 y 2200 m. Con respecto al tipo de suelo, el 80.8% de las plantaciones se encuentra en suelos de tipo andosol, y el restante 19.2 % en suelos del tipo acrisol, feozem, luvisol, litosol, vertisol, regosol y cambisol. Las plantaciones se localizan en pendientes de terreno que van de 0 al 35 %; predominan las huertas (45.3%) con una pendiente de 5 a 10 %; le siguen en abundancia (21.8%), huertas con pendiente de 10 al 15 %. Con relación a tipos de clima, predomina por superficie (32.5%), el semicálido subhúmedo (A)C(w<sub>2</sub>)(w); después (25%) el semicálido subhúmedo (A)C(w<sub>1</sub>)(w); el templado subhúmedo C(w<sub>2</sub>)(w) (24%) y el semicálido húmedo (A)C(m)(w) (10.4%); el resto de la superficie se encuentra

disperso en climas templado húmedo C(m)(w) (4.4%) y semicálido subhúmedo A(C)w<sub>0</sub>(w) (0.16%). Referente a la temperatura media anual, el rango varía de 11 a 27 °C; la mayor superficie (78.5%) se encuentra entre 15 y 19 °C. Con relación a la precipitación, el 64% de la superficie recibe entre 1050 y 1150 mm de lluvia al año. De acuerdo a los requerimientos edafo-climáticos del aguacate *P. americana* cv. "Hass", se observa que solo en un 65% de la superficie cultivada en Michoacán se cumplen de manera óptima estos requerimientos. En el resto de la superficie, al menos uno de los factores analizados limita la productividad en los huertos.

**Palabras Clave:** Aguacate, plantaciones, suelo, clima, productividad.

## INTRODUCCIÓN

Con 86,000 ha cultivadas de aguacate *Persea americana* variedad "Hass", se considera al estado de Michoacán, como la región productora mas grande del mundo (Sánchez, et. al. 2001); sin embargo, el ámbito geográfico de la entidad es muy complejo, puesto que se tienen variaciones extremas como resultado de la combinación de los componentes: suelo, clima, topografía, etc. En muchos casos ha sido ignorado que las características ambientales en que se va a desarrollar un huerto, deben presentar un grado de adecuación suficiente para asegurar la rentabilidad de los insumos tecnológicos recomendados, lo que ha generado una gran variabilidad en la productividad de los huertos (INIFAP 1993).

En la actualidad existe la necesidad de practicar una agricultura más productiva y con un menor nivel de riesgo; la estrategia más clara y precisa es aquella que implica la producción de cultivos en ambientes que provean condiciones que satisfagan los requerimientos agroecológicos de las plantas. Lo anterior implica practicar una zonificación de cultivos que permita identificar áreas y épocas con diferente nivel de aptitud agroecológica, desde las marginales, en donde el cultivo difícilmente satisface sus necesidades ecológicas, hasta las óptimas, donde el cultivo satisface íntegramente tales exigencias (Ruíz, et. al. 1999).

Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, es posible agrupar los factores ambientales y sus interacciones, de esta manera se pueden definir las regiones donde se cumplen las condiciones para esperar resultados factibles. En un estudio para determinar el potencial productivo en la región de Tepalcatepec, estado de Michoacán, con la finalidad de obtener un manejo adecuado del recurso agua-suelo-cultivo, se determinó la superficie óptima para la explotación de tres cultivos de cucurbitáceas, de acuerdo a sus requerimientos edafo-climáticos y su ubicación geográfica (Tapia, et. al. 1995). En otro ejemplo de aplicación de estas metodologías, se desarrolló una caracterización fenológica del guayabo basada en la caracterización de las temperaturas base y requerimientos térmicos de cuatro etapas de desarrollo, a partir de la cual fue generado un modelo con el que es posible pronosticar la fecha de inicio de brotación, botonamiento floral, floración e inicio de cosecha (Ruiz y Medina 1993). Con base en estos antecedentes, se realizó el presente estudio con el objetivo de caracterizar las condiciones de suelo y clima de las áreas cultivadas con aguacate en Michoacán, México.

## MATERIAL Y METODOS

Primero fue delimitada la superficie ocupada por huertos de aguacate en Michoacán. Se utilizaron tres imágenes de satélite multispectrales LandSat 7 ETM+, captadas el 31 de enero de 2001, las cuales cubren el estado de Michoacán. Para el procesamiento y clasificación digital de las imágenes se aplicó el método descrito por Chuvieco (1990), se utilizó el programa de análisis de imá-

genes digitales ENVI v. 3.2. Antes de la clasificación de las imágenes se realizó una composición de falso color y ajuste de contrastes para facilitar su análisis visual. Se usó el método de clasificación supervisada, que comprende las fases de entrenamiento, asignación y verificación. En la fase de entrenamiento se asignaron al menos 60 campos de entrenamiento por cada categoría identificada; para seleccionar los campos de entrenamiento se hicieron tomas de datos en campo con un receptor GPS (Garmin 12XL) a fin de georeferenciar las diferentes categorías, estos datos se superpusieron sobre las imágenes para identificar las categorías. En la etapa de clasificación se usaron 4 bandas (2, 3, 4 y 5) con el método de máxima verosimilitud para la asignación de los píxeles a cada categoría. Posteriormente se verificó la clasificación obtenida con campos de entrenamiento generados independientemente de los usados para la clasificación. Para el análisis estadístico se usó el método de matriz de confusión. A partir de esta matriz se calculó el índice de precisión total (cociente del número de píxeles clasificados correctamente dividido por el número total de píxeles en la muestra de control) y el coeficiente de Kappa (precisión espacial de la clasificación total). Para aumentar la precisión del mapa de aguacate. Se usó el programa ArcView 3.2 para realizar una interpretación visual de las imágenes de satélite, sobreponiendo sobre éstas los vectores de las clases de interés y los puntos georeferenciados previamente; se aplicaron las herramientas de edición de ArcView para eliminar, modificar o añadir polígonos, guardando los resultados en formato Shapelite (\*.shp).

En la caracterización edafo-climática de las plantaciones, fue necesario conformar un sistema de información ambiental en formato raster en el SIG IDRISI 32. Este sistema se integró por las siguientes imágenes temáticas: unidades de suelo, tipos climáticos, altitud, pendiente, temperatura media anual y precipitación acumulada promedio anual. Las unidades de suelo y los tipos climáticos se incorporaron al sistema mediante digitalización, las variables topográficas mediante análisis espacial del modelo de elevación digital del INEGI que tiene una resolución de 90x90 m, y las variables climáticas se generaron mediante un proceso de interpolación a partir de una base de datos climáticos mensuales para el período 1961-2000, correspondiente al estado de Michoacán utilizando el programa QBASIC.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación digital de las imágenes de satélite, con el programa ENVI v. 3.2. permitió obtener una precisión total para cada imagen de 63%, 49% y 59% respectivamente. El coeficiente Kappa fue de 53%, 37% y 45% respectivamente. Estos valores indican una baja confiabilidad; sin embargo, al aplicar las herramientas de edición de ArcView, la precisión se incrementó a casi 90%. Los shapefiles generados incluyen sus respectivas bases de datos georeferenciadas, que despliegan la distribución geográfica de las zonas cultivadas de aguacate.

En referencia a la caracterización edafo-climática de las plantaciones, los resultados muestran que las plantaciones se localizan entre los 101° 20' y 103° 40' de longitud oeste y entre los 19° 00' y 20° 00' de latitud norte; a una altitud que oscila entre 1200 y 2400 msnm; con la mayor concentración de huertas (85%) entre 1600 y 2200 m (Figura 1). Con respecto al tipo de suelo, el 80.8% de las plantaciones se encuentra en suelos de tipo andosol, y el restante 19.2 % en suelos del tipo acrisol, feozem, luvisol, litosol, vertisol, regosol y cambisol (Figura 2). Las plantaciones se localizan en pendientes de terreno que van de 0 al 35 %; predominan las huertas (45.3%) con una pendiente de 5 a 10 %; le siguen en abundancia (21.8%), huertas con pendiente de 10 al 15 % (Figura 3). Con relación a tipos de clima, predomina por superficie (32.5%), el semicálido subhúmedo (A)C(w<sub>2</sub>)(w); después (25%) el semicálido subhúmedo (A)C(w<sub>1</sub>)(w); el templado subhúmedo C(w<sub>2</sub>)(w) (24%) y el semicálido húmedo (A)C(m)(w) (10.4%); el resto de la superficie se encuentra disperso en climas templado húmedo C(m)(w) (4.4%) y semicálido subhúmedo A(C)w<sub>0</sub>(w) (0.16%) (Figura 4). Referente a la temperatura media anual, el rango varía de 11 a 27 °C; la mayor superficie (78.5%)

se encuentra entre 15 y 19 °C (Figura 5). Con relación a la precipitación, el 64% de la superficie recibe entre 1050 y 1150 mm de lluvia al año (Figura 6).

Para otras regiones productoras del mundo, Benacchio (1982), Gafni (1984), Whiley y Winston (1987), han reportado los requerimientos edafo-climáticos para el aguacate *P. americana* cv. "Hass", los cuales al ser analizados en relación con las características de suelo y clima identificadas para las plantaciones de Michoacán, se observa que solo en un 65% de la superficie cultivada se cumplen de manera óptima estos requerimientos. En el resto de la superficie, al menos uno de los factores analizados limita la productividad en los huertos. Sin embargo queda pendiente cuantificar el impacto real de cada una de las variables edafo-climáticas sobre las plantaciones de aguacate en Michoacán, México.

## CONCLUSIONES

El uso de sistemas de información geográfica permitió generar un mapa cuantitativo ( $P < 0.1\%$ ) para el cultivo del aguacate en el estado de Michoacán, México.

Las plantaciones se encuentran predominantemente (80.8%) en suelos de tipo andosol y el resto de la superficie en otros siete tipos diferentes, en pendientes que van de 0 a 35%.

Existen seis tipos climáticos en la zona productora, siendo predominante (32.5%) el semicálido subhúmedo (A)C(w<sub>2</sub>)(w).

La temperatura media anual en las huertas de aguacate en Michoacán oscila entre 11 y 27 °C.

El rango de precipitación se encuentra entre 850 a 1450 mm de lluvia anual.

## BIBLIOGRAFÍA

BENACCHIO, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.

CHUVIECO, E. 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Ed. Rialp, S.A. Madrid, España 419 p.

GAFNI E, 1984. Effect of extreme temperature regimes and different pollinizers on the fertilization and fruit set processes in avocado. M. Sc. Thesis Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, 97 pp.

INIFAP, 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales en México. El estado de Michoacán. Memorias. VI Reunión Científica y Técnica. Forestal y Agropecuaria. p. XIX- XXIV.

MEDINA-GARCÍA G., RUIZ-CORRAL J.A., Y MARTÍNEZ-PARRA R.A. 1998. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. INIFAP. CIRPAC. Libro técnico No. 1. 103 p.

RUIZ-CORRAL J.A. Y MEDINA-GARCÍA G. 1993. Como pronosticar la fenología del guayabo en los estados de Zacatecas y Aguascalientes. Folleto Técnico No. 6. INIFAP. C.E. Los Cañones. Huanusco, Zacatecas. 23 p.

RUIZ-CORRAL J.A., MEDINA-GARCÍA G., GONZÁLEZ-ACUÑA I.J., ORTIZ-TREJO C., FLORES-LÓPEZ H.E., MARTÍNEZ-PARRA R.A., Y BYERLY-MURPHY K.F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. SAGAR. INIFAP. CIRPC. Libro Técnico No. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.

---

SÁNCHEZ-PÉREZ J. DE LA L., ALCÁNTAR-ROCILLO J.J., CORIA-AVALOS V.M., VIDALES-FERNÁNDEZ I., AGUILERA-MONTAÑÉS J.L., VIDALES-FERNÁNDEZ J.A., TAPIA-VARGAS L.M., Y HERNÁNDEZ-RUIZ G. 2001. Tecnología para producir aguacate en México. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Libro técnico No. 1.

TAPIA-VARGAS L.M. ET AL. 1995. Áreas potenciales para el cultivo de cucurbitáceas en el proyecto de riego Chilatán de Tepalcatepec, Mich. TERRA. 13(3): 231-243.

WHILEY, A W. AND E.C. WINSTON. 1987. Effect of temperature at flowering on varietal productivity in some avocado-growing areas in Australia Yearbook. Proceedings of the World Avocado Congress. South African. 10:45-47.



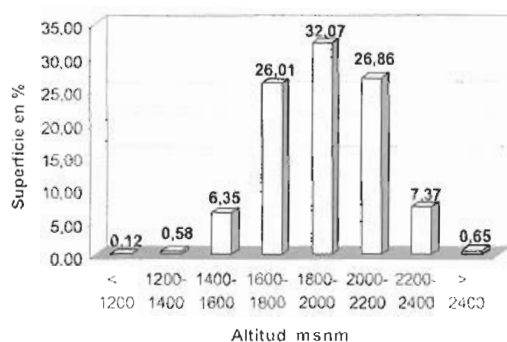


Figura 1. Superficie sembrada de aguacate (%) en rangos de 200 m de altitud para Michoacán.

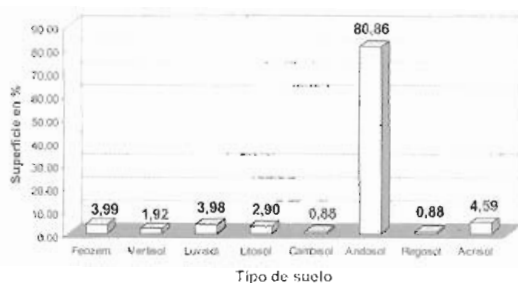


Figura 2. Superficie sembrada de aguacate (%) por tipo de suelo en Michoacán.

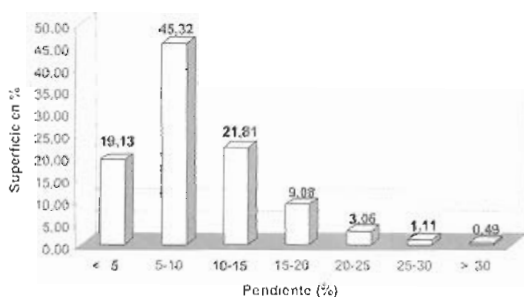


Figura 3. Superficie sembrada de aguacate (%) en estratos de cinco grados respecto a la pendiente del terreno en Michoacán.

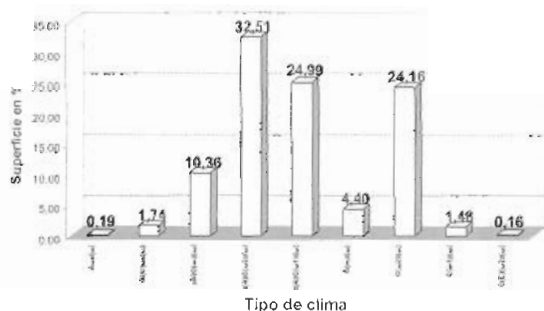


Figura 4. Superficie sembrada de aguacate (%) por tipo de clima en Michoacán.

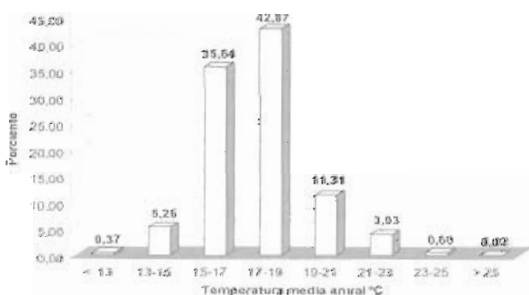


Figura 5. Temperatura media anual (°C) y superficie por estrato (%) en rangos de 2 °C para Michoacán.

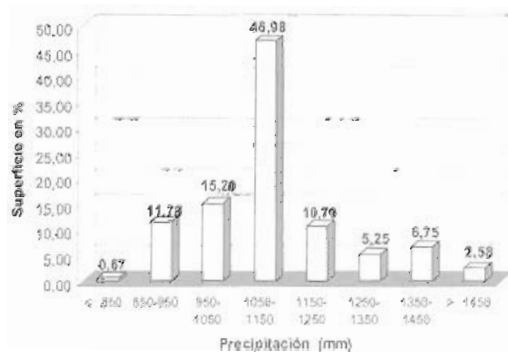


Figura 6. Precipitación anual y superficie sembrada (%) en rangos de 200 mm para Michoacán.

## DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) PARA PALTOS CV. HASS EN CHILE.

F. Gardiazabal, C. Magdahl, F. Mena, C. Wilhelmy.

**Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda., Casilla 476, Quillota, Chile.  
Correo electrónico: [gama@entelchile.net](mailto:gama@entelchile.net).**

### RESUMEN

El creciente aumento de la superficie plantada con paltos en Chile registrado en la última década fuerza a los productores a optimizar los manejos tendientes a aumentar la producción y mejorar la calidad de la fruta cosechada, para lo cual la determinación de los requerimientos hídricos del palto es de fundamental importancia. Por esta razón se condujo un ensayo durante 2 años en un huerto comercial de paltos cv. Hass, en el que fueron evaluados los valores del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) recomendados para paltos en California, en base a lo cual se determinó la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ).

Se aplicaron volúmenes de agua correspondientes a 90%, 100%, 110% y 130% de la  $ET_c$ , determinada en base a los valores de  $K_c$  recomendados y a la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ), estimada por el método de Penman-Monteith modificado, utilizando mediciones de una estación meteorológica automatizada instalada en el predio. La frecuencia de riego se determinó por el agotamiento parcial del agua en el suelo, utilizando mediciones de tensiómetros a distintas profundidades del suelo. Se evaluó el efecto de distintos volúmenes de riego sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de los árboles.

Cuando se utilizaron los valores de  $K_c$  determinados para la zona en la aplicación de los tratamientos regados con 90% y 100% de  $ET_c$ , se produjo un severo estrés hídrico a los árboles, el que se expresó en la reducción del crecimiento del perímetro del tronco y de las ramillas, en relación a los tratamientos regados con 110% y 130% de  $ET_c$ . Bajo las condiciones agroclimáticas probadas, el  $K_c$  del palto se aproxima más a los tratamientos regados con 110% y 130% de  $ET_c$ . En todos los tratamientos, las mediciones de tensión de agua en el suelo en otoño e invierno revelaron valores superiores al rango adecuado, de lo que se deduce que el  $K_c$  de esa época puede ser similar al de los meses de mayor demanda de agua. A partir de los resultados del ensayo, el valor del  $K_c$  propuesto para paltos en todos los meses del año es de 0.72.

El análisis económico de los rendimientos obtenidos indica que el tratamiento del 90% de  $ET_c$  es el que produce menos de fruta y de menor calibre, en relación a los demás tratamientos. Este

tratamiento produce 35% menos ingresos al productor comparado con el tratamiento de 100% de  $ET_c$ , mientras que el tratamiento regado con 110% de  $ET_c$  produce 13% más de ingresos para el productor.

**Palabras Clave:** coeficiente de cultivo, evapotranspiración del cultivo, evapotranspiración de referencia

## INTRODUCCIÓN

En la última década la superficie plantada con paltos en Chile ha aumentado de 8.600 hectáreas plantadas en 1992, a más de 21.000 hectáreas en 2002, crecimiento que ha sido impulsado principalmente por la alta rentabilidad alcanzada por este cultivo. Este crecimiento en superficie ha llevado al aumento en la oferta de fruta, lo que coincide con exigencias de calidad cada vez mayores por parte de los mercados importadores de la fruta chilena. Para mantener la rentabilidad, los productores deben reducir sus costos de producción y aumentar la productividad por hectárea, utilizando manejos técnicos más eficientes, que permitan producir más fruta de mayor calibre (Magdahl, 1998).

El manejo del riego en los huertos de paltos es responsable directo del crecimiento de los árboles, así como de la productividad y calidad de la fruta cosechada (Vuthapanich et al., 1995; Lahav et al., 1992; Tomer, 1987). La determinación del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) en las zonas productoras es crucial para satisfacer adecuadamente los requerimientos hídricos de los árboles. En un estudio conducido en California se determinaron valores de 0.35 a 0.55 para el coeficiente de cultivo del cultivar Hass (Meyer et al., 1990). Sin embargo, la aplicación de estos valores no ha sido evaluada en condiciones de campo en Chile. Por esta razón se condujo un ensayo durante 2 años en un huerto comercial de paltos cv. Hass, en el que fueron aplicados distintos volúmenes de riego, determinados en según el 90%, 100%, 110% y 130% de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), calculada en base a mediciones meteorológicas obtenidas en el huerto experimental y utilizando los valores de  $K_c$  anteriormente señalados. El efecto de los distintos volúmenes de riego sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de los árboles fue evaluado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se condujo entre junio de 1998 y mayo de 2000 en un huerto de 1.8 hectáreas de paltos cv. Hass injertados sobre portainjerto Mexicola, plantados en 1990 sobre camellones, a 6x6 m. Se aplicaron 4 volúmenes de agua, correspondientes al 90%, 100%, 110% y 130% de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), determinada en base a la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) estimada por el método de Penman-Monteith y utilizando los valores de  $K_c$  recomendados por Meyer et al. (1990) para California. La frecuencia de riego se determinó por el agotamiento parcial del agua en el suelo, utilizando mediciones de tensiómetros instalados a 30, 60 y 90 cm de profundidad. El sistema de riego utilizado fue microaspersión, con un emisor por árbol, con un gasto de 48 L/h y diámetro de mojamiento de 5.5 m.

El experimento se condujo como un diseño de bloques completamente al azar, con 3 repeticiones por tratamiento. En cada repetición se midieron 16 árboles que fueron seleccionados según características de vigor, apariencia y estado sanitario similares. Las variables evaluadas en el ensayo fueron: estado hídrico del suelo, evaluados mediante los registros de tensiómetros; crecimiento de ramillas en cada ciclo de crecimiento, orientadas en las cuatro direcciones cardinales, en cada uno de 3 árboles por repetición; variación del perímetro del tronco, evaluado al comienzo y al final

del ensayo; producción de fruta de cada árbol y distribución de calibres de la fruta cosechada en cada tratamiento, mediante su clasificación en una línea de calibración comercial.

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) fue determinado mediante el cociente entre la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) y la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) estimada por el método de Penman-Monteith, según la ecuación:

$$K_c = ET_c / ET_o \quad [1]$$

La evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) se calculó mediante la fórmula del balance hídrico:

$$ET_c = R + P - D - ES \pm \Delta H \quad [2]$$

Donde  $R$  es el riego,  $P$  son las precipitaciones pluviales,  $D$  corresponde al agua perdida por drenaje en profundidad, asumida como un 10% del riego, en base al análisis de calicatas hasta 1.3 m de profundidad;  $ES$  corresponde al escurrimiento superficial, inexistente en el riego por microaspersión utilizado en el ensayo, y  $\Delta H$  es la variación en el contenido de humedad volumétrico del suelo, determinado mediante la curva de retención de humedad del suelo en estudio en base a las mediciones de tensiometría.

Los valores de  $K_c$  utilizados durante el ensayo fueron los recomendados por Meyer et al. (1990) para California, adaptados al hemisferio sur: Enero=0.55; Febrero=0.50; Marzo a Mayo=0.45; Junio=0.40; Julio=0.35; Agosto=0.40; Septiembre a Octubre=0.45; Noviembre=0.50; Diciembre=0.55.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores de tensión del agua en el suelo, medidos a 30, 60 y 90 cm de profundidad en los distintos tratamientos de riego, desde septiembre de 1998 a mayo del 2000. Los tratamientos regados según el 90% y 100% de  $ET_c$  son los que presentan mayores tensiones a lo largo de todo el periodo, lo que indica que están sometidos a mayor restricción hídrica en relación a los otros tratamientos. En general en ambos tratamientos la variación de tensiones muestra un comportamiento similar, aunque a los 60 y 90 cm se observan, en algunos meses, tensiones menores en el tratamiento regado según el 100% de  $ET_c$ . En los tratamientos regados según el 110% y 130% de  $ET_c$ , la variación de tensiones en el suelo es muy similar, y en ambos los valores son menores a los tratamientos del 90% y 100% de  $ET_c$ . En los meses de otoño e invierno se observa en todos los tratamientos un alza de las tensiones por sobre los 50 cb, situación que se mantiene hasta la llegada de las lluvias (junio), cuando bajan hasta niveles de 10-15 cb. Esto indicaría que en los meses de otoño e invierno el riego es deficitario en todos los tratamientos, por el uso de un valor de  $K_c$  demasiado bajo.

La Tabla 2 presenta los resultados del crecimiento de ramillas y del perímetro de tronco desde 1998 al 2000. En cada columna las letras distintas indican diferencias significativas al 0.05%. En la primavera del primer año no hubo diferencias en el crecimiento de ramillas entre los tratamientos. A partir del otoño de 1999 se observan diferencias, las que se mantienen en la siguiente temporada, cuando los tratamientos regados con el 90% y 100% de  $ET_c$  muestran el menor crecimiento de ramillas, mientras que en el tratamiento regado por el 130% de  $ET_c$  logra el mayor crecimiento. Esto resultados corroboran la existencia de déficit hídrico en los tratamientos regados según el 90% y 100% de  $ET_c$ , que causaría la reducción del crecimiento de ramillas. En los tratamientos regados según el 110% y 130% de  $ET_c$  hubo mayor crecimiento del tronco, en relación a los otros tratamientos. Nuevamente, el tratamiento regado según el 90% de  $ET_c$  es el de menor crecimiento del tronco.

La Tabla 3 presenta los resultados de kilos de fruta cosechada en cada tratamiento entre 1998 y 2000. En la primera cosecha, ocurrida 3 meses después de comenzado el ensayo, no se observaron diferencias entre los tratamientos, lo que permite afirmar que al comienzo del ensayo los tratamientos tenían un nivel productivo similar. La cosecha de 1999 fue baja, debido a la alternancia productiva característica del palto, y no se registraron diferencias significativas entre tratamientos. En cambio en la cosecha del 2000, que fue más alta, se observan diferencias y el tratamiento regado según el 90% de la *ETc* es el de menor producción de fruta. Los otros tratamientos tuvieron un efecto similar sobre la productividad de los árboles. Estos resultados se mantienen al analizar el total cosechado en las temporadas 1999 y 2000.

En la Figura 1 se muestra la distribución porcentual de calibres obtenida en la temporada 2000. El tratamiento del 90% de la *ETc* fue el que presenta la peor distribución de calibres, con menor porcentaje de frutos de calibre grande (40 y 50, sobre 262 g/fruto) y mayor porcentaje de frutos pequeños, de los calibres 70 (138-168 g/fruto), 84 y precalibre (<123 g/fruto). Para cada tratamiento se calculó el ingreso del productor en base a los precios de mercado proyectados en 2000 para cada calibre, como se observa en la Tabla 4. Comparado con el tratamiento del 100% de *ETc*, el tratamiento regado con el 110% de *ETc* produce un 13% más de ingresos para el productor, mientras que el tratamiento del 90% de *ETc* produce un 35% menos de ingresos. Los tratamientos del 100% y 130% producen igual nivel de ingresos al productor.

Los resultados obtenidos indican que los valores de *Kc* utilizados en el tratamiento regado en base al 90% de la *ETc* impusieron un severo estrés hídrico a los árboles, que se reflejó en la reducción en el crecimiento vegetativo y menor productividad. Bajo las condiciones de este ensayo, el *Kc* del palto se acerca mucho más al utilizado en los tratamientos de 110 y 130% de *ETc*. Estos tratamientos corresponden a volúmenes de riego de 7000 a 9000 m<sup>3</sup>/ha/año, respectivamente, descontando las precipitaciones efectivas caídas en la zona de Quillota. En base a los valores de *Kc* obtenidos mediante la ecuación del balance hídrico y considerando la condición hídrica del suelo en los tratamientos analizados en este estudio, se propone un valor de *Kc* de 0.72 para todos los meses del año.

## CONCLUSIONES

Cuando se utilizaron los valores de *Kc* determinados para la zona en la aplicación de los tratamientos regados con 90% y 100% de *ETc*, se produjo un severo estrés hídrico a los árboles, el que se expresó en la reducción del crecimiento del tronco y de las ramillas, en relación a los tratamientos regados con 110% y 130% de *ETc*. Bajo las condiciones agroclimáticas probadas, el *Kc* del palto se aproxima más a los tratamientos regados con 110% y 130% de *ETc*. Estos tratamientos corresponden a volúmenes de riego de 7000 a 9000 m<sup>3</sup>/ha/año, respectivamente, descontando las precipitaciones efectivas caídas en la zona de Quillota. En todos los tratamientos, las mediciones de tensión de agua en el suelo en otoño e invierno revelaron valores superiores al rango adecuado, de lo que se deduce que el *Kc* de esa época puede ser similar al de los meses de mayor demanda de agua. A partir de estos resultados el valor del *Kc* propuesto para paltos en todos los meses del año es de 0.72.

El análisis económico de los rendimientos obtenidos indica que el tratamiento del 90% de *ETc* es el que produce menos de fruta y de menor calibre, en relación a los demás tratamientos. Este tratamiento produce 35% menos ingresos al productor comparado con el tratamiento de 100% de *ETc*, mientras que el tratamiento regado con 110% de *ETc* produce 13% más de ingresos para el productor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LAHAV E, STEINHARDT R, KALMAR D 1992. Water requirements and the effect of salinity in an avocado orchard on clay soil. Proc. of Second World Avocado Congress, pp 323-330.
- MAGDAHL C 1998. La industria de la palta en Chile. Seminario Internacional de Paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Viña del Mar, 4-6 Noviembre 1998, pp 1-9.
- MEYER JL, ARPAIA ML, YATES MV, TAKELE E, BENDER G, WITNEY G 1990. Irrigation and fertilization management of avocado. California Avocado Society Yearbook, 74: 71-83.
- TOMER E 1987 Respuesta del aguacate al régimen de riego. Agricultural Research Organization. The Volcani Center, Bet-Dagan, Israel.
- VUTHAPANICH S, HOFMAN P, WHILEY T, KLIEBER A, SIMONS D 1995. Effects of irrigation scheduling on yield and postharvest quality of 'Hass' avocado fruit. In: The Way Ahead. Australian Avocado Growers Federation Inc. Australia.

Tabla 1. Valores de tensión del agua en el suelo (cb) a distintas profundidades en cada tratamiento.

Tratamiento	Prof.(cm)	Sep-Nov 1998	Dic-Feb 1998/99	Mar-May 1999	Jun-Ago 1999	Sep-Nov 1999	Dic-Feb 1999/00	Mar-May 2000
90% ETc	30	70-90	80-95	75-95	10-75	8-30	10-30	65-88
100% ETc	30	60-85	65-70	70-95	10-90	10-50	10-30	60-85
110% ETc	30	15-42	20-30	30-80	10-90	8-50	8-35	40-82
130% ETc	30	20-30	22-38	20-68	8-95	8-60	8-40	40-70
90% ETc	60	18-75	78-90	72-90	20-75	12-15	12-35	70-85
100% ETc	60	35-60	60-90	65-95	15-45	10-28	10-30	60-85
110% ETc	60	12-32	22-50	40-80	10-80	10-12	10-15	15-75
130% ETc	60	15-30	22-38	19-65	10-62	9-15	9-10	15-60
90% ETc	90	8-65	50-80	55-90	20-95	12-15	12-35	70-85
100% ETc	90	8-38	18-70	55-95	25-95	15-18	12-35	62-82
110% ETc	90	9-20	18-50	30-62	15-60	12-15	12-15	15-60
130% ETc	90	8-30	25-38	15-55	12-55	10-15	12-15	20-58

Tabla 2. Crecimiento de ramillas de palto y variación del perímetro del tronco en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Longitud de ramillas (cm)				Perímetro del tronco (cm)		
	Primavera 1998	Otoño 1999	Primavera 1999	Otoño 2000	Año 1998	Año 2000	Dif. 2000-1998
90% ETc	13.81 a	13.40 a	8.00 a	5.52 a	72.02 a	77.89 a	5.87 a
100% ETc	15.07 a	14.62 a	9.83 b	6.75 a	75.67 a	85.03 b	9.36 b
110% ETc	14.82 a	17.44 b	12.15 c	13.37 b	73.79 a	85.73 b	11.94 c
130% ETc	13.52 a	19.08 b	17.42 d	15.45 c	73.34 a	84.86 b	11.52 c

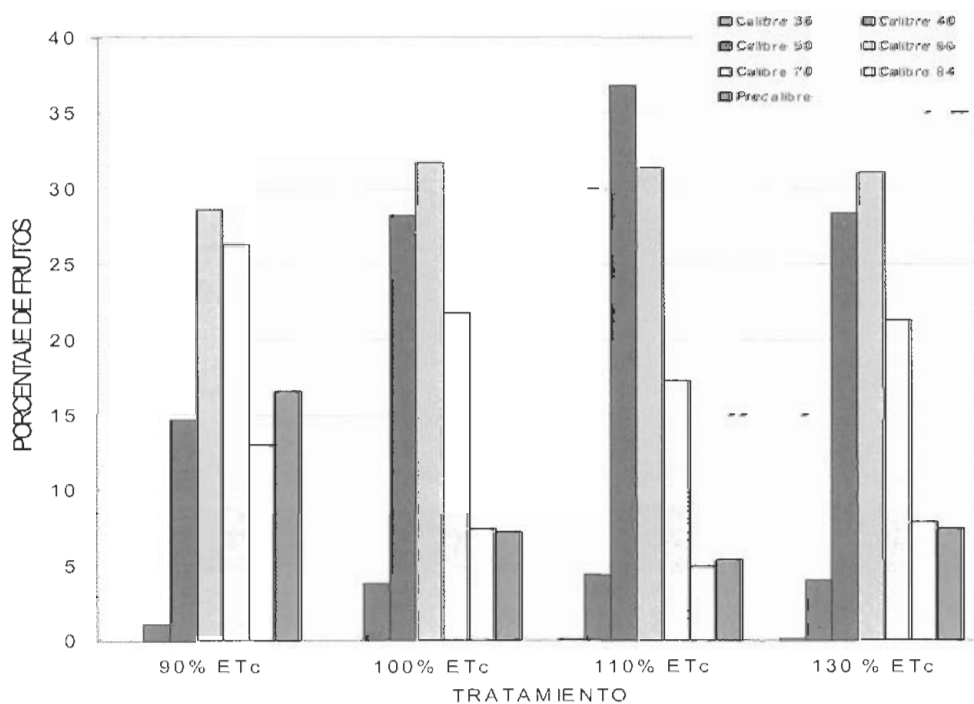
**Tabla 3.** Kilos promedios de fruta cosechados entre 1998 y 2000 en los distintos tratamientos.

Tratamiento	1998	1999	2000	1999+2000
90% ETc	1938.7 a	11.2 a	1966.7 a	1977.9 a
100% ETc	2011.4 a	39.1 a	2460.8 b	2499.9 b
110% ETc	1835.7 a	78.9 a	2536.0 b	2614.9 b
130% ETc	1920.5 a	50.4 a	2422.7 b	2473.1 b

**Tabla 4.** Ingreso total proyectado al productor en base a la cosecha, distribución de calibres y precios de mercado proyectados para cada calibre en la temporada 2000.

Tratamiento	Distribución de calibres			
	90% ETc	100% ETc	110% ETc	130% ETc
Ingreso Total (US\$/ha)	6.298,5	9.704,2	10.958,9	9.599,4
% en base al testigo	65%	100%	113%	99%

**Figura 1.** Distribución porcentual de calibres por tratamiento. Temporada 2000.



## ENVIRONMENTAL REGULATION OF PHOTOSYNTHESIS IN AVOCADO TREES – A MINI-REVIEW

B. Schaffer<sup>1</sup> and A.W. Whiley<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tropical Research and Education Center, University of Florida, 18905 SW 280 Street, Homestead, Florida, 33031

<sup>2</sup>Sunshine Horticultural Services Pty Ltd, 287 Dulong Road, Nambour 4560, Australia

### SUMMARY

An important aspect of orchard management is to manipulate and train trees to optimize photosynthesis within the canopy. Knowledge of the impact of environmental factors, such as light, temperature, humidity, flooding, salinity and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations on photosynthesis of avocado trees provides information that can be applied to canopy management and plant selection for specific environments. This mini-review summarizes the current knowledge of the impact of environmental factors on avocado photosynthesis and its implications for crop management plant selection.

**Key Words:** Avocado, *Persea americana*, photosynthesis, environment.

### INTRODUCTION

In avocado (*Persea americana* Mill.) trees, increasing carbohydrate partitioning to flowers and fruit provides a challenge for orchard management, as the tree has a natural vegetative bias resulting in a greater allocation of photoassimilates to shoot growth than to reproductive organs (Whiley et al., 1988b; Wolstenholme, 1990; Schaffer and Whiley, 2002). This vegetative bias, coupled with the relatively short leaf longevity (for a subtropical fruit tree species) results in rapid production of short-lived leaves and increased shading within the canopy that reduces the number of well-lit terminal shoots capable of flowering (Wolstenholme and Whiley, 1999). Leaves of 'Booth-8' avocado trees exhibit a net carbon loss (determined by summing photosynthesis and respiration) during the first 21 days of development when they reached 72% of their full expansion (Schaffer et al., 1991). Similarly, there was a net carbon gain for 'Hass' avocado leaves only after they reached 80% of full expansion (Whiley, 1990). Thus, the rapid turnover of leaves results in photosynthetically produc-



tive leaves being shading by younger leaves, which are sinks rather than sources for photoassimilates. This makes it difficult to train avocado canopies for optimum light interception and carbon assimilation. Thus, a key to improving productivity of avocado is the development of management strategies aimed at increasing the photosynthetic potential and realization by increasing light penetration within the canopy.

A key factor in developing efficient management strategies for avocado orchards is to maximize photosynthetic efficiency within canopies. To do this an understanding of impact of environmental factors on the regulation of photosynthesis is very helpful. The objective of this mini-review is to briefly summarize the current knowledge of the impact of environmental factors on photosynthesis of avocado.

### **Responses to Light**

A key factor to avocado canopy management is to select smaller trees with better overall light interception so that a high percentage of leaves within the canopy are above the light saturation point for photosynthesis (Whiley and Schaffer, 1994; Wolstenholme and Whiley, 1999; Whiley, 2002). To achieve this goal an understanding of irradiance effects on photosynthesis is essential.

In an orchard the light saturation point for photosynthesis of mature 'Hass' avocado trees was determined at a photosynthetic photo flux (PPF) of  $1110 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(Whiley, 1994), much higher than the PPF of  $400\text{-}500 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$  reported for container-grown 'Fuerte' trees (Scholefield et al., 1980). The light saturation of potted 'Edranol' trees was determined at a PPF of  $660 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Bower, 1978). The higher light saturation point observed for potted 'Edranol' trees compared to the 'Fuerte' was presumably a result of 'Edranol' photosynthesis being measured in the whole canopy rather than on a single leaf basis as was done with 'Fuerte'. Thus mutual shading of 'Edranol' leaves undoubtedly resulted in a higher light intensity necessary to saturate all of the leaves in the canopy (Schaffer and Whiley, 2002). The much greater light saturation point observed for field-grown trees may have been a result of root restriction in container-grown trees, which limited net photosynthesis to about  $7 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  compared to  $23 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for trees in an orchard (Schaffer et al., 1999; Whiley and Schaffer, 1994; Schaffer and Whiley, 2002). Low net photosynthetic rates [ $7\text{-}10 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Schaffer et al., 1987; 1991)] of orchard trees in Florida compared to orchard trees elsewhere was attributed root restriction in extremely hard Florida soils, which mimicked root restriction of container-grown trees (Schaffer et al., 1994; Schaffer et al., 1999).

Avocado presumably evolved as a small gap-colonizing, understory forest species (Whiley and Schaffer, 1994; Wolstenholme and Whiley, 1999; Wolstenholme, 2002). Several physiological attributes, such as a low light compensation (the PPF level at which net photosynthesis equals 0) and the rapid "turn-over" of relatively short-lived leaves reflect avocado's putative center of origin (Whiley and Schaffer, 1994; Wolstenholme and Whiley, 1999; Wolstenholme, 2002). The light compensation point of approximately  $10 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$  for sun-lit leaves in a 'Hass' orchard (Whiley, 1994; Whiley and Schaffer, 1994) would provide an adaptive advantage for harvesting light for photosynthesis in a low-light understory environment. Additionally, in its native habitat, the vegetative bias due to frequent replacement of short-lived leaves allowed a competitive advantage for maximizing photosynthesis by frequent replacement of excessively shaded leaves. However, in an orchard situation, this vegetative bias results in increased shading of the canopy (Wolstenholme and Whiley, 1999).

Despite a considerable amount of research on management practices for avocado, compared to temperate fruit crops there has been relatively little improvement in tree size control either through breeding or canopy management (Whiley and Schaffer, 1994; Schaffer and Whiley, 2002). Also,

light interception within avocado canopies over time has not been sufficiently quantified (Schaffer and Whiley, 2002). Tree spacing, tree thinning, and mechanical or hand pruning techniques must maximize light interception and utilization within avocado canopies. Often a combination of these techniques must be employed to reduce excessive shading, either by over-crowding of trees or excessive vegetative growth within canopies. A study of the dynamics of light interception in a growing orchard and its impact on yield, would contribute significantly to more informed orchard management (Whiley and Schaffer, 1994).

### **Responses to Temperature**

There is a difference in temperature responses among the 3 ecological races (Mexican, Guatemalan and Lowland) of avocado (Kretdorn, 1970; Whiley and Schaffer, 1994). Studies and observations on growth and anatomical damage indicated that Mexican race cultivars are the most cold-tolerant, whereas Guatemalan race cultivars are intermediate in cold tolerance and Lowland (or West Indian) race cultivars are the least cold-tolerant (Schaffer and Whiley, 2002). Although comparisons of photosynthetic responses to temperature among races have not been reported, it stands to reason that the photosynthetic responses would most likely parallel anatomical damage and growth responses to temperature.

Photosynthetic rates of avocado may be significantly affected by slight fluctuations in temperature. For the 'Edranol', a Guatemalan hybrid cultivar (Newett et al., 2002), in containers, the optimum temperature range for photosynthesis was 20-24°C (Bower et al., 1978). Within  $\pm 5^\circ\text{C}$  of this temperature range, net photosynthesis declined by about 20%. For container-grown 'Fuerte' trees (a Mexican x Guatemalan hybrid; Newett et al., 2002), maximum net photosynthetic rates were observed at temperatures of 28-31°C and that rate decline by about 33% at temperatures below 15°C or above 40°C (Scholefield et al., 1980). In an orchard in Queensland, Australia the maximum photosynthetic rate of 'Hass', a predominantly Guatemalan race cultivar with some Mexican genes (Newett et al., 2002), decreased from 19.0  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  during autumn, when minimum daily temperatures were greater than 14°C, to 10.9  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  in winter when minimum temperatures were less than 10°C (Whiley et al., 1999). It was also observed that that temperatures lower than 10°C during winter significantly reduced apparent quantum yield of leaves of field-grown 'Hass' avocado trees from 0.055  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol}^{-1}$  quanta to 0.034  $\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol}^{-1}$  quanta (Whiley, 1994).

Chlorophyll fluorescence can be used to measure plant stresses caused by temperature extremes. Photoinhibitory damage to Photosystem 2 (PS II) can be quantified by measuring a decrease in the variable to maximum chlorophyll fluorescence ( $F_v/F_m$ ) ratio (Björkman, 1987, Demmig and Björkman, 1987). Whiley (1994) reported that the  $F_v/F_m$  ratios of avocado were 0.79-0.81 when minimum temperatures in an orchard were above 12.9°C. However, when minimum temperatures dropped below 10°C, the mean  $F_v/F_m$  ratio was 0.41, indicating cold-induced damage to PS II.

In addition to measuring cold-induced photoinhibitory damage in avocado, chlorophyll fluorescence has been used to indicate the presence of a heat acclimation mechanism in avocado leaves that prevents photo-oxidative damage to PS II over a moderate increase in temperature from 21-35°C (Havaux and Lannoye, 1987).

### **Responses to Humidity**

The leaf water status of fruit crops is strongly tied to the diurnal fluctuations in the evaporative demand of the environment. Thus, leaf water status varies much more in perennial fruit crops than in annual crops, and leaf water stresses may occur under high evaporative demand even if soil water content is adequate (Flore and Lakso, 1989). The effect of humidity on plant photosynthesis is often a result of the effect of vapor pressure deficit (VPD) on stomatal conductance although there can be

non-stomatal photosynthetic responses to changing VPD (Schultze, 1986). Reports of the effects of humidity on avocado have linked decreased photosynthetic responses to decreased stomatal conductance as a result of increasing VPDs (Sterne et al., 1977; Bower et al., 1978; Scholefield et al., 1980). For leaves of 'Fuerte' avocado, stomatal conductance was high shortly after sunrise when VPD was low but decreased significantly during the middle part of the day when VPD was much higher (Whiley et al., 1988a). However, net photosynthesis was not determined in that study. With 'Edra-nol' trees in containers, however, a 50% reduction in stomatal conductance due to increased VPD resulted in a concomitant 50% decrease in net photosynthesis (Bower et al., 1978).

### **Responses to Drought**

In recent studies, Neuhaus (2003) determined that reduced photosynthesis in avocado as a result of soil water deficit stress is primarily due to reductions in stomatal conductance. Additionally, he determined that stomatal conductance was a more reliable early indicator of water stress in avocado than measurements of leaf water content, leaf water potential, or growth variables.

In avocado, stomatal conductance begins to decline when leaf water potential is  $\approx$  0.4 MPa, and continues to decline until stomatal closure occurs at leaf water potentials of 1.0 - 1.2 MPa (Sterne et al., 1977; Bower, 1978; Scholefield et al., 1980; Whiley et al., 1988a). This decline in stomatal conductance is accompanied by a concomitant decline in net photosynthesis (Bower, 1978; Ramadasan, 1980). When water stress is alleviated, leaf water potential has been observed to recover more slowly than net photosynthesis (Ramadasan, 1980) and stomatal conductance (Sterne et al., 1977; Bower et al., 1978; Ramadasan, 1980).

Neuhaus (2003) observed younger leaves of water-stressed plants had less control over water loss and a lower rate of net photosynthesis than older leaves resulting in lower water use efficiency for stressed young leaves. Based on that, Neuhaus (2003) concluded that avocado leaves are more sensitive to water stress during "flushing" when there are a high percentage of young leaves.

### **Responses to Flooding**

Avocado is considered a flood-sensitive species with physiological responses occurring shortly after soils become waterlogged (Schaffer et al., 1992). In flooded soils, the decline in net photosynthesis of avocado is generally accompanied by decreases in stomatal conductance and inter-cellular partial pressures of CO<sub>2</sub> in the leaves (Ploetz and Schaffer, 1989; Schaffer and Ploetz, 1989). However, the temporal separation between these physiological events has not been defined, which would be useful for determining if flood-induced reductions in photosynthesis in avocado are due to stomatal or non-stomatal factors (Schaffer et al., 1992).

In Krome very gravely loam soil, flooding avocado trees with root systems that were 20% damaged (necrosis) from previous *Phytophthora* root rot, resulted in almost a complete inhibition of photosynthesis. However, in this same soil non-flooded trees were able to sustain up to 50% root damage from *Phytophthora* without a decrease in net photosynthesis and up to 90% of the root system damaged with only 65% decrease in photosynthesis (Schaffer and Ploetz, 1989). Thus, although avocado is considered a flood-sensitive species, the negative impact of flooding is greatly exacerbated by the presence of *Phytophthora* root (Ploetz and Schaffer, 1987, 1988, 1989; Schaffer and Ploetz, 1987; Schaffer et al., 1992). Therefore, in poorly drained soils, flooding-induced inhibition of photosynthesis of avocado may be reduced by properly managing orchards to control *Phytophthora* root rot.

### **Responses to Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration**

There have been very few reports on the effects of short- or long-term atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on tropical fruit crops, including avocado. Short-term (5 min) exposure of 'Hass' avocado

leaves to increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations resulted in net photosynthesis increasing asymptotically as the ambient CO<sub>2</sub> concentration increased until maximum photosynthesis occurred at atmospheric CO<sub>2</sub> to concentrations of 1350-1470 μmol CO<sub>2</sub> μmol<sup>-1</sup>. There are no reports in the literature on the effects of long-term exposure to increased atmospheric CO<sub>2</sub> on photosynthesis of avocado. However, growing 'Hass' avocado trees for 6 months in a CO<sub>2</sub>-enriched environment (atmospheric CO<sub>2</sub> concentration = 600 μmol mol<sup>-1</sup>) resulted in significantly more dry matter accumulation compared to plants that were grown in a near ambient atmospheric CO<sub>2</sub> concentration (350 μmol mol<sup>-1</sup>). Although photosynthesis was not measured in that study, it is safe to assume that increased growth in the enhanced CO<sub>2</sub> environment resulted from increased net photosynthetic rates due to constant exposure to elevated CO<sub>2</sub> levels.

Photosynthetic efficiency was higher, although the actual photosynthetic rate was lower in callus-derived, avocado shoot cultures and plantlets grown in ambient atmospheric CO<sub>2</sub> than for cultures and plantlets grown in an enhanced CO<sub>2</sub> environment (Witjaksono et al., 1999). Thus, increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration during plantlet and shoot development resulted in increased growth. Therefore increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration during development is a useful technique proliferating enhanced growth of cultured avocado plants

### Responses to Salinity

Avocado is considered a salt-sensitive species (Kadman, 1963, 1964; Downton, 1978) and there have been some efforts to select rootstocks for salinity tolerance (Haas, 1950; Embleton et al., 1961; Oster and Arpaia, 1992). Mickelbart and Arpaia (2002) observed that increasing salinity in the root zone from 1.5 to 6.0 dS·m<sup>-1</sup> resulted in up to a 23% decrease in net photosynthesis of one-year-old 'Hass' avocado trees grafted on 'Thomas', 'Duke 7' (Mexican race cultivars) or 'Toro Canyon' (a Mexican x Lowland race hybrid) rootstocks. There were no consistent differences among cultivars with respect to the impact of salinity on net photosynthesis. Differences in sensitivity to salinity among cultivars were reflected in different growth reductions and leaf necroses among cultivars in response to elevated salt concentrations in the rhizosphere rather than by photosynthetic responses.

## CONCLUSIONS

A key factor in developing efficient management strategies for avocado orchards is to maximize photosynthetic efficiency within canopies. Recent orchard studies indicate that under non-stress conditions, the net photosynthetic rate of avocado is considerably higher than what earlier research with potted trees indicated. The continuous growth and rapid turn-over of short-lived leaves in avocado results in a vegetative bias that favors potential shading of photosynthetically efficient source leaves by younger leaves which are sinks for photoassimilates for about 40 days. However, except for spring when shoot growth is synchronised by flowering, not all of the tree flushes at the same time thus, much of the canopy remains well lit. Nevertheless, avocado management should focus on tree shaping that allows a greater proportion of leaves to receive sufficient light to attain their maximum photosynthetic potential. The considerable difference in photosynthetic responses to temperature among the 3 avocado races and the fact that avocado trees can hybridize freely among races (Whiley and Schaffer, 1994), creates a potential for breeding and/or selecting avocado cultivars for almost any environment within the temperature tolerance range for the species. Also, photoinhibition of avocado leaves due to low temperatures can be quickly determined using chlorophyll fluorescence techniques. Thus the potential exists to screen avocado selection for sensitivity to cold temperatures by using chlorophyll fluorescence on young plants or possibly even detached leaves in temperature chambers.

Avocado photosynthesis is sensitive to high evaporative demand and low soil moisture. However, these responses are primarily a result of reductions in stomatal conductance. In fact, stomatal conductance is an excellent early indicator of soil moisture stress in avocado and provides an excellent "tool" for irrigation scheduling in avocado orchards (Neuhaus, 2003).

Avocado trees are sensitive to high salinity and the sensitivity varies among species. Although photosynthesis of avocado is reduced in response to salinity stress, there are not sufficient differences among cultivars to use photosynthesis as an indicator of a cultivar's ability to tolerate high salinity.

Enhancing the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration reduces the photosynthetic efficiency (amount of carbon fixed per CO<sub>2</sub> molecule) of mature avocado trees and in-vitro plantlets derived from tissue culture. Despite the reduced photosynthetic efficiency elevating the atmospheric CO<sub>2</sub> concentration increases the actual photosynthetic rate due to constant exposure to saturating CO<sub>2</sub> concentrations. This has implications for global climate change, indicating the avocado may thrive under elevated atmospheric CO<sub>2</sub>.

## REFERENCES

- BJÖRKMAN O 1987. Low temperature chlorophyll fluorescence in leaves and its relationship to photon yield of photosynthesis photoinhibition. In: Kyle DJ, Osmond CB, Arntzen CJ (eds) Topics in Photoinhibition, Vol 9. Elsevier Press, Amsterdam, pp 123-144.
- BOWER, JP 1978. The effects of shade and water relations in the avocado cv. Edranol. South African Avocado Growers' Association Research Report 2: 59-61.
- BOWER JP, WOLSTENHOLME BN, DE JAGER JM 1978. Incoming solar radiation and internal water status as stress factors in avocado, *Persea americana* Mill. cv. Edranol. Crop Production 7: 129-133.
- DEMMIG B, BJÖRKMAN O 1987. Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77k) and photon yield in leaves of higher plants. Planta 171: 171-184.
- DOWNTON WJS 1977. Growth and flowering in salt stressed avocado. Australian Journal of Agricultural Research 29: 523-534.
- FLORE JA, LAKSO AN 1989. Regulation of photosynthesis in fruit crops. Horticultural Reviews 11: 111-157.
- HAAS ARC 1950. Rootstock influence on the composition of avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 23: 145-152.
- HAVAUX M, LANNOYE R 1987. Reversible effects of moderately elevated temperature on the distribution of excitation energy between the two photosystems of photosynthesis in intact avocado leaves. Photosynthetic Research 14: 147-158.
- KREZDORN AH 1970. Evaluation of cold-hardy avocados in Florida. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 83: 382-386.
- MICKELBARD Mv, ARPAIA ML 2002. Rootstock influences changes in ion concentrations, growth and photosynthesis of 'Hass' avocado trees in response to salinity. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 127: 649-655.

- NEUHAUS A 2003. Managing irrigation for yield and fruit quality in avocado. Ph.D. Thesis, School of Plant Biology, University of Western Australia, Perth, Australia.
- NEWETT SDE, CRANE JH, BALERDI CF 2002. Cultivars and rootstocks. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Oxon UK, pp 161-187.
- OSTER JD, ARPAIA ML 1992. 'Hass' avocado response to salinity as influenced by clonal rootstocks. In: Lovatt C (ed). Proceedings of the Second World Avocado Congress, pp 209-214.
- PLOETZ RC, SCHAFFER B 1987. Effects of flooding and Phytophthora root rot on photosynthetic characteristics of avocado. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 100: 290-294.
- PLOETZ RC, SCHAFFER B 1988. Damage thresholds for flooded and nonflooded avocado with Phytophthora root rot. Phytopathology 78: 1544.
- PLOETZ RC, SCHAFFER B 1989. Effects of flooding and Phytophthora root rot on net gas exchange and growth of avocado. Phytopathology 79: 204-208.
- SCHAFFER B, PLOETZ RC 1987. Effects of Phytophthora root rot and flooding on net gas exchange of potted avocado seedlings. HortScience 22: 1141.
- SCHAFFER B, PLOETZ RC 1989. Net gas exchange as a damage indicator for Phytophthora root rot of flooded and nonflooded avocado. HortScience 24: 653-655.
- SCHAFFER B, RAMOS L, LARA SP 1987. Effect of fruit removal on net gas exchange of avocado leaves. HortScience 22: 925-927.
- SCHAFFER B, WHILEY AW, KHOLI RR 1991. Effects of leaf age on gas exchange characteristics of avocado (*Persea americana* Mill.). Scientia Horticulturae 48: 21-28.
- SCHAFFER B, ANDERSEN PC, PLOETZ RC 1992. Responses of fruit crops to flooding. Horticultural Reviews 13: 257-313.
- SCHAFFER B, WHILEY AW, SEARLE C 1999. Atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry-matter partitioning in subtropical and tropical crops. HortScience 34: 1033-1037.
- SCHAFFER B, WHILEY AW 2002. Environmental Physiology. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Oxon UK, pp 135-160.
- SCHOLEFIELD PB, WALCOTT JJ, KRIEDEMANN PE, RAMADASAN A 1980. Some environmental effects on photosynthesis and water relations of avocado leaves. California Avocado Society Yearbook 64: 93-105.
- SCHULTZE ED 1986. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought the atmosphere and soil. Annual Review of Plant Physiology 37: 247-274.
- STERNE RE, KAUFMANN MR, ZENTMYER GA 1977. Environmental effects on transpiration and leaf water potential in avocado. Physiologia Plantarum 41: 1-6.
- WHILEY AW 1990. CO<sub>2</sub> assimilation of developing fruiting shoots of cv. Hass avocado (*Persea americana* Mill.) - A preliminary report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 13: 28-30.
- WHILEY AW 1994. Ecophysiological studies and tree manipulation for maximisation of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.). PhD Thesis, University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa.

WHILEY AW 2002. Crop management. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Oxon UK, pp 231-258.

WHILEY AW, SCHAFFER B 1994. Avocado. In: Schaffer B, Andersen PC (eds) Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Volume 2, Subtropical and Tropical Crops. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, pp 165-197.

WHILEY AW, CHAPMAN KR, SARANAH JB 1988a. Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte during flowering. Australian Journal of Agricultural Research 39: 457-467.

WHILEY AW, SARANAH JB, CULL BW, PEGG KG 1988b. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. Queensland Agriculture Journal 114: 29-36.

WHILEY AW, SEARLE C, SCHAFFER B, WOLSTENHOLME BN 1999. Cool orchard temperatures or growing trees in containers can inhibit leaf gas exchange of avocado and mango. Journal of the American Society for Horticultural Science 124: 46-51.

WITJAKSONO, SCHAFFER B, COLLS AM, LITZ RE, MOON PA 1999. Avocado shoot culture, plantlet development and net CO<sub>2</sub> assimilation in an ambient and enhanced CO<sub>2</sub> environment. In Vitro Cell Developmental Biology – Plant 35: 238-244.

WOLSTENHOLME BN 1990. Resource allocation and vegetative-reproductive competition: opportunities for manipulation in evergreen fruit trees. Acta Horticulturae 275: 451-460.

WOLSTENHOLME BN 2002. Ecology: climate and the edaphic environment. In: Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (eds) Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, Oxon UK, pp 71-99.

WOLSTENHOLME BN, WHILEY AW 1999. Ecophysiology of the avocado (*Persea americana* Mill.) tree as a basis for pre-harvest management. Revista Chapingo Serie Horticultura Numero Especial V, 77-88.

## MAJOR UPDATE OF TWO AVOCADO SOFTWARE PROGRAMS AVOMAN AND AVOINFO

*Shane F. Mulo and Simon D. E. Newett*

**Agency for Food and Fibre Sciences, Department of Primary Industries, Maroochy Research Station,  
PO Box 5083, SCMC, Nambour, Qld, 4560, Australia  
E-mail: [avoman@dpi.qld.gov.au](mailto:avoman@dpi.qld.gov.au)**

### ABSTRACT

The AVOMAN project began in 1992 with the objective of providing new mechanisms for transfer of technology to the Australian avocado industry. These mechanisms included formation of grower groups and the development of information and decision aid products. The information and decision aid products included two software packages: AVOMAN, a farm management system incorporating record keeping and decision support, and AVOINFO, a reference database for avocado.

Since the commercial release of these software packages to the Australian avocado industry in 1998, ongoing research and development has produced new information relevant to industry. Issues such as quality management, food safety and environmental management have assumed greater importance within the avocado industry due to increasing statutory requirements. As a consequence of these developments, the AVOMAN and AVOINFO programs have been updated to ensure that they continue to meet the needs of commercial avocado producers.

Key Words: Decision aid, phenology, database, software, avocado, orchard management.

### INTRODUCTION

The AVOMAN software comprises detailed crop information and a relational database for recording and reporting all major orchard activities. Commercial producers in all major avocado-growing regions in Australia are using the program, which has been designed to run on Windows based personal computers.

AVOMAN analyses block observations and measurements recorded by the grower in conjunction with intrinsic agronomic rules to produce nutrition recommendations that are specific to orchard block level. Users can easily customise built in phenological cycles for each block and



season to provide an appropriate agronomic basis on which to calculate appropriate timing of nutrition applications. The use of phenological rather than calendar events, together with the use of user supplied data, such as leaf and soil analysis results, allows AVOMAN to provide specific nutrition recommendations that are applicable to a wide range of environments and climates (see figure 1).

The AVOMAN project team comprised a multi-disciplinary group of professionals from around Australia. The majority of team members were extension officers whose roles included ensuring that the AVOMAN software accommodated the wide range of growing conditions in Australia. Researchers were responsible for providing and checking the accuracy of information built into the software as well as assisting with the development of decision frameworks. Software technology continues to advance at a rapid pace and the programmers had to write the software to suit changing industry standards. Agribusiness professionals and members of the avocado industry also played an important feedback role in the AVOMAN project with assistance in validating the recommendations produced from the software.

The AVOINFO program is a bibliographic reference database of over 4000 publications, papers, technical articles and conference proceedings. Where copyright permission has been granted, either full articles or substantial content has been reproduced. References include reference material from around the world, with appropriate translations into English where relevant. AVOINFO has been updated to incorporate new literature published since its original release.

## RESULTS AND DISCUSSION

Close collaboration with industry was a critical factor for the development and adoption of the original AVOMAN program and this remains an important aspect of this latest phase of the project, during which the program has undergone a major update. The latest version of the program, which has just been released to the Australian industry, incorporates many changes and additions that reflect feedback from clients and industry leaders since its original release in 1998.

All aspects of the program have been updated to take advantage of modern interface controls. The main AVOMAN window has been significantly revised to provide quick and easy access to all program functions, as well as new features such as integrated task lists, job reminders and a monthly crop calendar (see figure 2).

Recent avocado research and development has been incorporated into existing agronomic recommendations in the program to ensure they remain relevant to industry. A new recommendation has also been created for the effective use of the growth regulant Sunny®. The recommendations matrix has been expanded to show a 12-week time frame and the process of actioning recommendations as jobs, including appropriate chemical and rate selection has been further simplified.

The already extensive library of crop information within AVOMAN has been updated and expanded through collaboration with leading avocado research and extension staff. This section, which now includes many full colour pictures and drawings, is accessible from directly within AVOMAN via a new menu tree.

While the original focus of the AVOMAN program was decision support for agronomic management, the scope of the program has widened considerably, to the extent where the recording and reporting facilities within the program have become its centrepiece. The program now comprises over 40 customisable reports that are useful for both management and quality assurance. With increasing statutory demands placed on Australian avocado producers, emphasis has been placed on expanding and simplifying the range of reports that the AVOMAN

system can produce. Collaboration with representatives of the whole demand chain has led to the development of reporting facilities that suit the needs of growers, agents, pack houses and regulatory authorities.

Where possible, overlaying of complementary data further increases the value of information for management purposes, such as for water management (see figure 3).

Access to stored farm records has become simpler and more transparent with the addition of data browsers that allow users to easily interrogate their own records using standard controls. Through the use of these complementary controls within each browser, users can rapidly drill down into historical data to produce very specific information. For example, in the orchard jobs browser, it is possible to determine the last time a particular chemical was applied to a particular block with just a few mouse clicks (see figure 4). Having used the browser to find the required data, users can instantly produce that same information in a report that can be either printed or exported to a range of popular file formats, say for further analysis or transfer via e-mail.

Several new facilities have been added to the AVOMAN program to accommodate recent industry requirements. The farm outputs section for example has been updated to incorporate customisable pack styles and a bi-directional fruit tracing system. Using this system, growers can trace a suspect consignment back through the pack shed to the orchard, or alternatively, from the orchard through to consignment. This system affords greater accountability than previously possible (see figure 5).

To further support the wide range of business sizes and management styles evident within the Australian industry, most aspects of the AVOMAN program are now also more customisable. These include employees, customers, machinery, chemicals, water sources, target pests, varieties, locations, fruit grades, pack styles, farm operation properties, report headers & logos and even notes templates. This new level of customisation has significant implications, not only for Australian growers, but also for potential clients outside of the Australian avocado industry. Most aspects of the latest AVOMAN system are now sufficiently generic to suit the needs of growers in other countries and industries.

The AVOINFO bibliographic reference database has also been scheduled for update during 2003 to incorporate avocado material published worldwide since 1998. This material will include scientific papers, technical articles and conference proceedings. Where copyright permission is granted, articles will be substantially reproduced. A powerful integrated search facility allows users to find references based on combinations of key words, as well as locate specific key words or phrases within the body of references. The latest version of AVOINFO will be released on compact disc towards the end of 2003.

## CONCLUSIONS

The latest version of AVOMAN represents a significant step forward in terms of functionality and ease of use. Expansion of the recording and reporting aspects of the program, and a greatly increased capacity for customisation, have produced a system that has potential for wider application, both within and beyond the Australian avocado industry. Recent updates will also ensure that information and facilities provided by the program continue to be relevant and useful to commercial avocado producers.

Updates to the AVOINFO system will ensure that it continues to be a valuable source of information to a wide range of users associated with commercial avocado production, including growers, researchers, extension professionals and educational institutions.

## ACKNOWLEDGMENTS

The AVOMAN project is an initiative of the Department of Primary Industries, Queensland, and is funded and supported by the DPI Queensland, Horticulture Australia Limited, the Australian Avocado Growers' Federation, NSW Agriculture and the Department of Agriculture West Australia.

## REFERENCES

NEWETT SDE. 1999. Nutrition practices in Australia and how the AVOMAN software addresses the issues. Proceedings of Avocado Brainstorming '99, pp 33-36

MULO SF, NEWETT SDE, WHILEY AW. 1998. AVOMAN: A farm management decision support system for avocado. Proceedings of World Avocado Congress III, pp 265-269.

NEWETT SDE, MULO SF, WHILEY AW. 1998. AVOINFO: A computerised avocado information system. Proceedings of World Avocado Congress III, pp 270-274.

NEWETT SDE, MULO SF, BEZZINA CP, WHILEY AW. 1999. AVOMAN & AVOINFO: Software to improve the management of avocado productivity and quality. Revista Chapingo Serie Horticultura, pp 209-215.

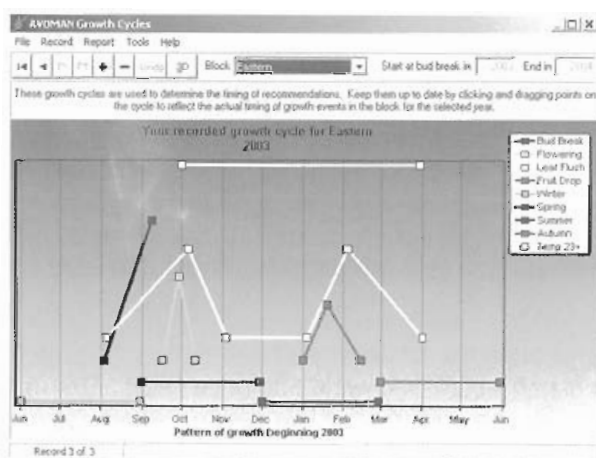


Figure 1. A stored phenological cycle

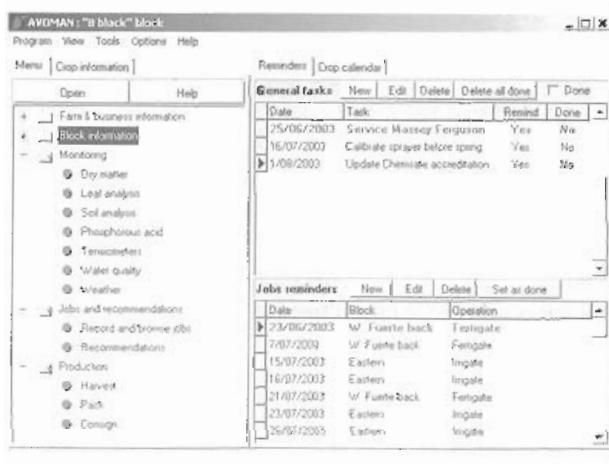


Figure 2. The main AVOMAN window

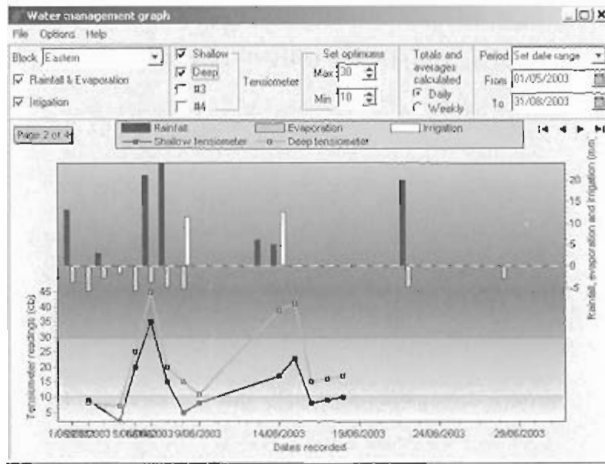


Figure 3. A water management chart

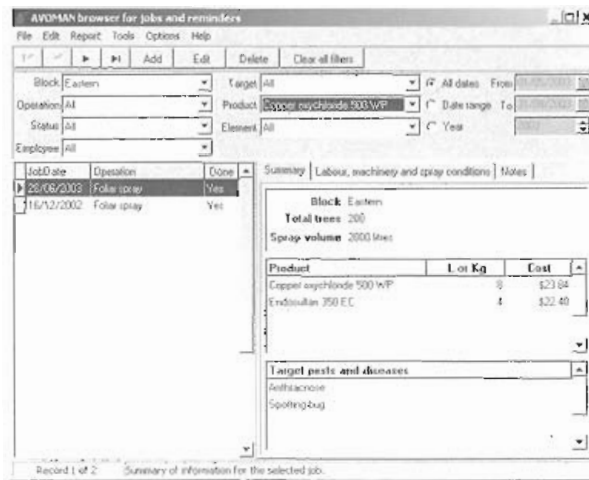


Figure 4. The jobs browser

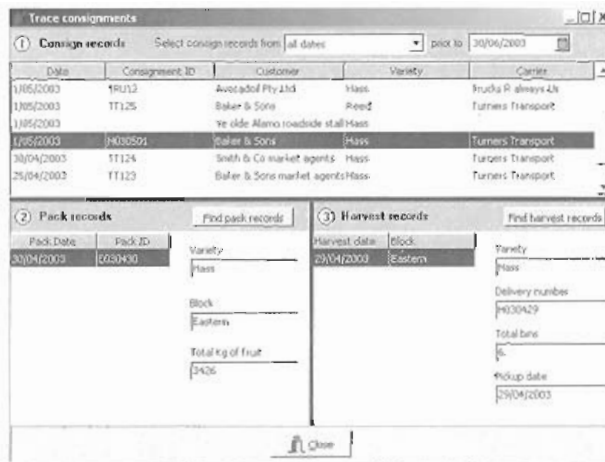


Figure 5. Consignment tracing facility



## AVOCADO MINERAL NUTRITION THE WATER-NUTRIENTS RELATIONSHIP

Lahav, E.<sup>1</sup> and Aycicegi-Lowengart, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet-Dagan 50250 Israel.*

*E-mail: [vhlahav@volcani.agri.gov.il](mailto:vhlahav@volcani.agri.gov.il)*

<sup>2</sup>*Ministry of Agriculture, Extension Service, Akko 25212, Israel.*

*E-mail: [anatlw@shaham.moag.gov.il](mailto:anatlw@shaham.moag.gov.il)*

### SUMMARY

It has been well established that irrigation practices and mineral nutrition have a significant effect on the avocado tree growth, production and fruit quality. With the introduction of modern pressurized irrigation systems, which incorporates fertilizers into the irrigation system (Fertigation), water and nutrients should be looked as inter-related factors.

Till now, the most common way to understand the effect of water on the avocado nutrition is by the leaf mineral analysis. Correct leaf sampling is a crucial factor for the accurate nutrition assessment. Only spring flush leaves should be sampled in the autumn. The best criterion for correct sampling is the calcium level. In autumn sampling, Ca level in the spring flush leaves should be in the range of 1.7%-2.2%.

The water effect on the avocado nutrition can be summarized as follows:

The rainy season is followed by increase in N,P,K and decrease in Ca and Mg (Martinique) and heavy rainfall results in decrease in Cl level (Israel).

Irrigation method but slightly affects avocado nutrient levels. Drip irrigation increases Cl and Mn concentrations as compared to flood irrigation in Texas and Cl level as compared to microjets in Israel. One of the effects of dripping on avocado nutrition is via its effect on soil aeration. There are many instances where conversion of chlorotic avocado orchards from flood or sprinkler to drip reduced iron induced chlorosis. There is some effect of irrigation interval as frequent irrigations increase iron induced chlorosis and Cl levels in the leaves.

Water amount is the best way, except fertilization itself, to control avocado nutrition. Increased water amount increase Na, Cl and B probably due to the increased quantities of these elements applied with the water. On the other hand applying more water reduce N,P,Ca,Mg,Fe and Zn levels

in the leaves, largely a dilution effect resulting from increased growth or leaching. Controlling water amount is essential to reduce leaching and pollution of underground water.

In parallel to the world water shortage, the use of saline water for avocado irrigation is increasing from year to year. Salinity increases not only Cl and Na concentrations in the leaves but also K, Zn, and Cu and decrease N, Mn, and possibly P and Mg. Another possible future source for avocado irrigation may be reclaimed wastewater which contain high levels of salts and nutrients. The use of reclaimed wastewater result in increased levels of Cl, Na and B. In that aspect, leaf analysis serves as a monitoring tool (in preventing excess of toxic elements) rather than nutrition assessment. Water analysis before and during the irrigation season and adjustment of fertilizers accordingly, might reduce the growers expenses.

## BACKGROUND

It has been well established that irrigation practices and mineral nutrition have a significant effect on the avocado tree growth, production and fruit quality.

With the introduction of modern pressurized irrigation systems, which incorporates fertilizers into the irrigation system (Fertigation), water and nutrients should be looked as inter-related factors.

Till now, the most common way to understand the nutritional status of avocado and its nutrition is by the leaf mineral analysis. Correct leaf sampling is a crucial factor for the accurate nutrition assessment. Only spring flush leaves should be sampled in the autumn (Fig. 1). The best criterion for correct sampling is the calcium level. In autumn sampling, Ca level in the spring flush leaves should always be in the range of 1.7-2.2% (Fig.2).



Fig. 1. Spring flush leaves.

Fig. 2. The effect of leaf age, fertilization regime, and sampling date on calcium content of avocado leaves.

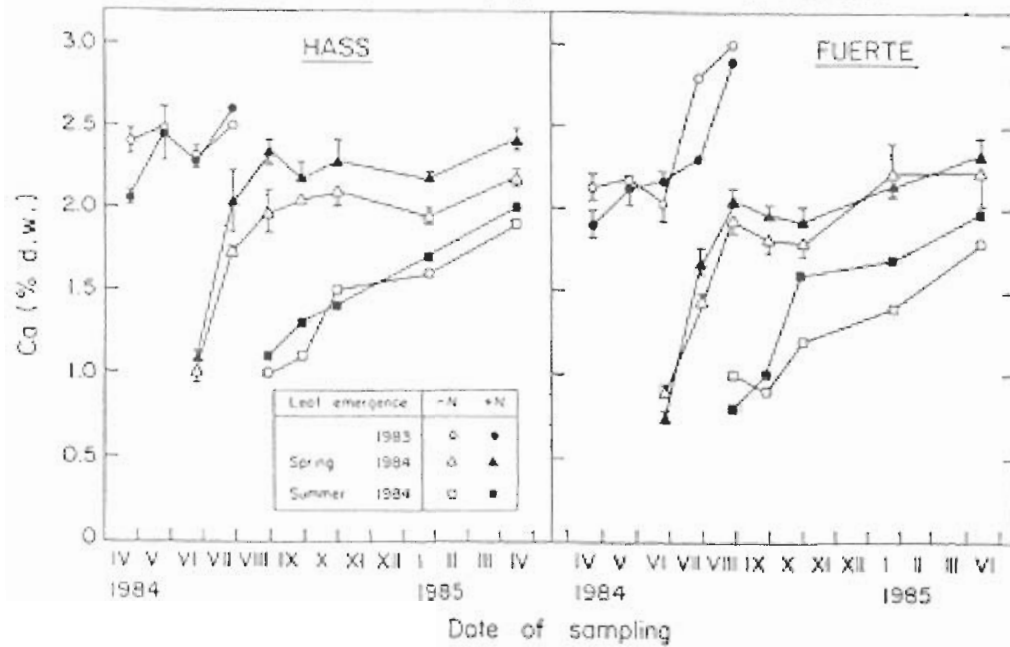


Fig. 2. The effect of leaf age, fertilization regime and sampling date on calcium content in avocado leaves.

The water effect on avocado nutrition as expressed by leaf mineral composition can be summarized as follows:

## WATER EFFECT

### Precipitation

The effect of the rainy season on the nutrient levels was tested on 'Lula' leaves in Martinique (Bertin et al., 1976). The dry season was accompanied by low levels of N, P and K. Calcium and Mg concentrations increased at the same time but this may be an antagonistic reaction to the low K levels.

A significant relationship was found between winter precipitation and Cl level the following autumn especially in 'Fuerte' leaves (Fig. 3). Increased rainfall resulted in increased leaching and reduced Cl in the leaves (Kalmar and Lahav, 1976).



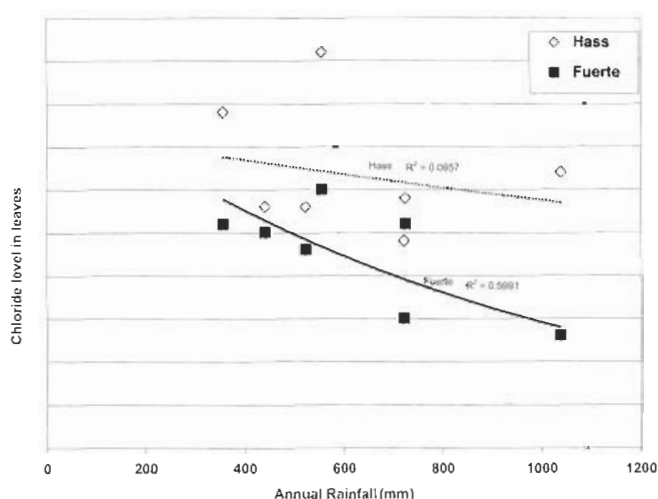


Fig. 3. Winter precipitation and Cl level in the following autumn.

### Irrigation Method

Irrigation method but slightly affects avocado nutrient levels. Drip irrigation as compared to flood increases Cl levels in the leaves from 0.47% to 1.35% in Texas (Wutscher and Maxwell, 1975). All other nutrients were not affected except Mn, which was 118 ppm in the drip-irrigated leaves, as compared to 90 ppm in flood-irrigated trees.

Chloride level was significantly higher in drip-irrigated trees (1.9%) as compared to trees irrigated by microjets (1.14%, Fig. 4) in Loess soil in Israel. The difference between drip and microjets is decreasing with increased water amounts (Shimshi et al., 1985).

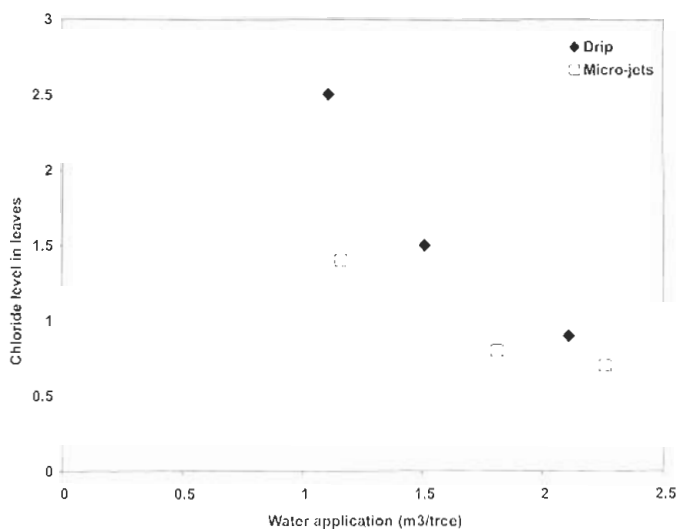


Fig. 4. Chloride level in leaves as a function of irrigation method.

One of the effects of dripping on avocado nutrition is via its effect on soil aeration. There are many instances where conversion of chlorotic avocado orchards from flood or sprinkler to drip reduced iron induced chlorosis.

### Water Amount

Water application has also an effect on leaf mineral composition. Increasing water amount in several irrigation experiments conducted in Israel during the past 40 years resulted in increased concentration of Na, Cl and B. This was probably due to the increased quantities of these elements applied with the irrigation water. On the other hand, applying more water reduced N, P, Ca, Mg and Zn levels, largely a dilution effect resulting from increased growth. Similar results for nitrogen only were received in California (Embleton *et al.*, 1958; Slowik *et al.* 1979).

In a recent experiment conducted in Israel, four relative water amounts were applied (85%, 100% - commercial amount, 115% and 130%) to 'Ettinger' and 'Hass' trees for six years. The increase in water amount up to 115% increased tree growth, fruits size and yield (Table 1). It seems that additional water amount is excessive and doesn't give any advantage. Tree and fruit growth were reduced by applying 130% water amount and 'Ettinger' yield was reduced as well. Only 'Hass' production increased somewhat.

Table 1: The effect of water amount on tree growth, fruit size and yield of 'Ettinger' and 'Hass' (6 years average)

Relative water amount (%)		85	100	115	130
Annual trunk growth (%)	Ettinger	3.12	3.45	3.80	3.92
	Hass	2.92	4.47	3.77	3.25
Fruit size (g)	Ettinger	275.2	285.1	291.2	284.6
	Hass	199.9	201.6	205.7	205.6
Yield (t/ha)	Ettinger	15.2	15.7	15.8	12.0
	Hass	17.0	18.1	18.3	19.5

Irrigation treatments had a marked effect on the nutrient concentrations in the leaves. Increasing water amount increased K, Zn (antagonism to N and Mn respectively) and B and reduced N, P, Cl and Mn (Table 2). Nitrogen concentration decrease is probably due to leaching below root zone and not due to dilution in the plant tissues since measurements of tree growth (trunk growth, tree visual appearance and yield) had shown a decrease with increasing water amounts. Therefore, it may be concluded that over-irrigation (as well as over fertilization) reduces N efficiency and increases the hazard of underground water pollution.

**Table 2:** The effect of relative water amount on the nutrient concentration in 'Hass' avocado leaves (% or mg kg<sup>-1</sup> d.w. during 3 years)

Nutrient	Year	Relative water amount (%)				S.E.	Sig.
		85	100	115	130		
N (%)	<b>1998</b>	1.85 a	1.82 ab	1.72 b	1.60 c	0.024	0.000
	2000	1.78 a	1.73 a	1.55 b	1.46 b	0.031	0.000
	2001	1.86 a	1.92 a	1.71 ab	1.54 b	0.071	0.005
P(%)	<b>1998</b>	0.129 a	0.132 a	0.115 b	0.110 b	0.0034	0.000
	2000	0.136 a	0.129 a	0.108 b	0.103 b	0.0028	0.000
	2001	0.128 a	0.122 a	0.101 b	0.086 c	0.0049	0.000
K (%)	<b>1998</b>	0.75	0.76	0.78	0.92	0.048	n.s.
	2000	0.79 b	0.74 b	0.76 b	0.96 a	0.040	0.004
	2001	0.54	0.53	0.58	0.63	0.041	n.s.
Cl (%)	<b>1998</b>	0.149	0.155	0.155	0.125	0.014	n.s.
	2000	0.150	0.150	0.140	0.110	0.017	n.s.
	2001	0.228 a	0.165 b	0.169 b	0.165 b	0.017	0.049
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	<b>1998</b>	22.8 b	23.2 b	25.3 b	31.0 a	1.60	0.006
	2000	15.1 c	16.3 c	20.6 b	29.8 a	1.25	0.000
	<b>2001</b>	16.8 b	16.7 b	21.7 b	36.6 a	2.08	0.000
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	<b>1998</b>	108.2 a	101.5 a	95.9 a	72.1 b	4.17	0.000
	2000	165.5 a	159.0 a	112.6 b	94.4 c	6.18	0.000
	<b>2001</b>	162.7 a	122.5 ab	119.9 ab	108.0 b	12.67	0.033
B (mg kg <sup>-1</sup> )	<b>1998</b>	35.9 b	38.6 b	50.9 a	53.1 a	3.96	0.011
	2000	21.9 c	25.8 b	32.3 a	34.6 a	1.21	0.000
	<b>2001</b>	23.2 c	27.9 bc	35.0 ab	42.2 a	2.63	0.002

### Water Quality

In parallel to the water shortage, the use of saline water for avocado irrigation is increasing from year to year. A long-term salinity experiment was conducted in an avocado plantation in the Western Galilee, Israel (Steinhardt *et al.*, 1989). The treatments, in a factorial design, comprised of three levels of Cl ion (90, 250 and 400 mg/L<sup>-1</sup>) in the irrigation water. In another treatment, increased N application (100 mgL<sup>-1</sup> as NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) was applied to the medium salinity level. Salts were applied as NaCl and CaCl<sub>2</sub>. All treatments included continuous nitrogen fertilization as (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at a rate of 25 mg L<sup>-1</sup>. Nutritional status was assessed annually by leaf sampling.

As expected Cl and sometimes also Na levels increased in the leaves with increasing salinity (Table 3). The Cl level in the West-Indian salt resistant rootstocks was almost one third of that in the Mexican rootstock. It is interesting to note that the Cl level in the low salinity Mexican rootstock leaves is equal to the level in the high salinity West Indian leaves. Additional applied N did not affect N levels but significantly reduced Cl concentration in the leaves.

**Table 3:** The effect of salinity and supplementary nitrogen on the nutrient concentrations (% d.w.) of 'Hass' avocado leaves

Nutrient	Rootstock	Chloride concentrations mg/L <sup>-1</sup>				S.E.
		90	250	20+N	400	
Cl	West-Indian	0.12 b	0.38 a	0.19 b	0.41 a	0.03
	Mexican	0.45 d	1.05 b	0.74 c	1.27 a	
Na	West-Indian	0.0058 b	0.0123 a	0.0120 a	0.0099 a	0.001
	Mexican	0.0124	0.0126	0.0110	0.0125	
N	West-Indian	1.67 a	1.58 ab	1.62 ab	1.57 b	0.03
	Mexican	1.67 a	1.60 ab	1.62 ab	1.49 b	
P	West-Indian	0.095 a	0.094 ab	0.090 ab	0.085 b	0.002
	Mexican	0.093 a	0.089 ab	0.087 ab	0.084 b	
K	All	0.69 b	0.75 a	0.76 a	0.75 a	0.02

Generally, N and P concentrations were reduced in parallel with the increased salinity. This might be related to some damage caused to the roots, which affected their development and uptake ability.

Potassium levels were also affected by salinity; increased salinity caused increased K content. These effects may indicate a specific physiological defensive barrier against salinity as found by Ben-Hayyim (1987), who reported that citrus cells resistant to salinity contained more K than regular cells.

In some cases, irrigation water itself contain certain concentration of elements that can either serve as a nutrient (Ca, Mg, N, S), or can be toxic in case of high concentration (Cl, B, Na). A nitrogenous field experiment in Israel (Oppenheimer, 1974) which tested from 0 to 5 kg N/tree, showed but slight effect on N content in the leaves (Table 4) and failed to show any significant effect on the avocado tree growth and production. Only water analyses indicated that the unfertilized control trees received 1.75 kg N/tree which was sufficient for normal N concentration in the leaves and optimal production. Each fertilizer application in this orchard was leached by irrigation and rainfall and just contributed to the pollution of underground water.

**Table 4:** The effect of nitrogen application on production and nutrient levels in the leaves (average for 4 cultivars and 6 experimental years).

N kg/tree/year - as planned in practice	0	1.25	2.5	3.75	5.0
	1.75	3	4.25	5.5	6.75
Average yield (kg/tree)	72.6	71.7	67.7	77.1	71.7
Leaf analysis (% d.w.)					
N	1.81	1.84	1.95	1.97	1.98
Ca	1.89	1.88	1.98	2.03	2.13
K	1.26	1.12	1.17	1.11	1.11

Therefore, in order to optimize the fertilization (or fertigation) program, it is advisable to analyze water before and during the irrigation season and to adjust fertilization accordingly. It is also advisable to calibrate fertilizer applications to the nutrient demand and seasonal growth patterns in the avocado as suggested by Whiley *et al.* (1988). However, very little data and experimental results exists in this direction.

### Irrigation Method And Irrigation Intervals

In a research in the Western Galilee, which has started in 1998 and is still being carried, a comparison between drip and micro sprinklers (20 and 70 l/h discharge and 1.5 and 3.0 mm/h application rate respectively), irrigation intervals is being done. The experiment is carried on 'Hass', 'Ettinger' and 'Ardit' cultivars, grown on a clay soil, in a randomized blocks design, in five replications. Statistical analyses had been done both in one-way analysis (for all treatments) and two-way analysis (for the micro sprinklers treatments only).

When comparing all the treatments (one-way analysis), a trend of higher leaf potassium were measured in the 70 l/h micro-sprinklers, irrigated once a week (not significant in all years and cultivars), while in most samples, lower levels were measured in the drip-irrigated treatments (Table 5).

Table 5. Potassium concentration in avocado leaves (% of dry matter) of 'Ettinger' (E), 'Hass' (H) and 'Ardit' (A) – one-way analysis (all treatments). Akko 1998-2002.

Year/ Variety	Drip/ Daily	Drip/ Twice a week	Micro 20/ Daily	Micro 20/ Once a week	Micro 70/ Daily	Micro 70/ Twice a week	S.E.	Sig.
1998 E	0.825 b	0.725 b	0.795 b	0.810 b	0.955 a	1.040 a	0.039	0.001
1999 E	0.810 ab	0.732 b	0.824 ab	0.890 a	0.895 a	0.810 ab	0.034	0.044
2000 H	0.704	0.818	0.657	0.738	0.753	0.818	0.056	n.s.
2001 E	0.668	0.680	0.697	0.750	0.755	0.685	0.078	n.s.
2001 A	0.733	0.832	0.720	0.622	0.795	0.620	0.095	n.s.
2001 H	0.592	0.765	0.720	0.622	0.795	0.620	0.087	n.s.
2002 E	0.946	0.798	0.888	0.797	0.974	0.916	0.062	n.s.
2002 A	0.964	1.009	1.288	1.148	1.227	0.992	0.091	n.s.
2002 H	0.907	1.069	1.269	1.007	1.095	0.959	0.087	n.s.

---

## LITERATURE

- BEN-HAYYIM G. 1987. Relationship between salt tolerance and resistance to polyethylene glycol-induced water stress in cultured citrus cells. *Plant Physiol.* 85: 430-433.
- BERTIN Y., BLONDEAU J.P. AND DORMOY M. 1976. Premiers resultats d'une etude d'analyse foliaire sur l'avocatier 'Lula' a la Martinique. *Fruits* 31: 459-471.
- KALMAR D. AND LAHAV E. 1976. Water requirements of the avocado tree in the Western Galilee (1968-1974). *Agric. Res. Org. The Volcani Center. Pamphlet No. 157* (in Hebrew with summary and headings in English).
- OPPENHEIMER CH. 1974. What can be studied from a nitrogenous experiment in Bet Dagan avocado orchard. *Alon Hanotea* 28: 187-191 (in Hebrew).
- SHIMSHI D., TOMER E. AND STEINHARDT R. 1985. Irrigation systems and regimes in avocado plantations in the Negev. *Agric. Res. Org. Dept. of Horticulture and Soil Science. Research Report 1983* (in Hebrew).
- SLOWIK K., LABANAUSKAS C.K., STOLZY L.H. AND G.A. ZENTMYER 1979. Influence of rootstocks, soil oxygen and soil moisture on the uptake and translocation of nutrients in young avocado plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sc.* 104: 172-175.
- STEINHARDT R., SHALHEVET J., KALMAR D. AND LAHAV E. 1989. Response of avocado trees to salinity and management of irrigation water (Interim report of the Akko experiment). *Alon Hanotea* 43: 853-865. (In Hebrew with English summary).
- WHILEY A.W., SARANAH J.B. AND CULL B.W. 1988. Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. *Queensland Agricultural Journal* 114: 29-36.
- WUTSCHER H.K. AND MAXWELL N.P. 1975. Seasonal changes in 12 leaf nutrients of 'Lula' avocado with drip and flood irrigation. *Hortscience* 10: 512-514



## ANÁLISIS DE DIFERENTES TEJIDOS COMO INDICADORES DEL NIVEL DE BORO EN EL ÁRBOL DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL.)

B. Razeto<sup>1</sup>, C. Granger<sup>1</sup> y T. Fichet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile. Correo electrónico: brazeto@uchile.cl*

### RESUMEN

En una prospección realizada en 18 huertos de aguacate variedad Hass, distribuidos en las principales zonas productoras de aguacate en Chile, se determinó la concentración de boro en hojas, inflorescencias, pedúnculo y pulpa de los frutos, con el objetivo de evaluar estos tejidos como indicadores del nivel de boro en el árbol. En cada huerto se seleccionó un árbol, en el cual se recolectó una muestra de cada tejido y se midió la producción de fruta. La concentración de boro fue mayor en la inflorescencia y en la pulpa del fruto, seguidos por el pedúnculo y finalmente la hoja. Sin embargo, la dispersión dentro de las 18 cifras fue mayor en el pedúnculo (coeficiente de variación 93,1%), seguido por el fruto, la inflorescencia y en último lugar la hoja (coeficiente de variación 31,9%), lo cual señalaría al pedúnculo como el tejido con mayor sensibilidad para separar los árboles según su nivel de boro. Por otra parte, el pedúnculo fue el único tejido cuya concentración de boro tuvo una relación significativa con la producción ( $r = 0,90$ ). Estos resultados muestran al pedúnculo del fruto como un tejido promisorio (tal vez mejor que la hoja) para el diagnóstico del boro en el árbol de aguacate.

**Palabras Clave:** boro, hoja, inflorescencia, pedúnculo, fruto, producción.

### INTRODUCCIÓN

El análisis foliar ha sido la herramienta más certera para determinar el estado nutricional de las plantas. No obstante, desde hace años se han realizado diferentes investigaciones tendientes a probar tejidos complementarios a la hoja, en procura de una mayor precisión en el diagnóstico nutricional de algunos elementos minerales. Ello ha dado como resultado, por ejemplo, el uso ya



rutinario del análisis de arginina en sarmientos y raíces de vid y el análisis de nitrógeno, calcio y potasio en frutos de manzano.

Otros tejidos también aparecen como promisorios. Dulac, citado por Fregoni (1980) sostiene que el raquis del racimo en la vid representa mejor que la hoja el efecto de la aplicación de potasio al suelo. Ismail, también citado por Fregoni (1980) reporta una respuesta lineal en el incremento de nitrógeno en el raquis del racimo ante dosis crecientes de nitrógeno suministrado al suelo. Por su parte, Sanz *et al.* (1997), señalan al análisis de flores como una herramienta útil para evaluar el nivel de hierro en duraznero, elemento que, como es sabido, no tiene buena respuesta al análisis foliar.

En lo referente al boro, Fregoni (1980) sostiene que las flores son muy útiles para el estudio de la deficiencia de este nutriente en la vid. Algo similar ocurre con el pelón de la almendra, que se señala como interesante de estudiar para determinar el nivel de abastecimiento de boro en el árbol, por ser el tejido donde más se acumula ese elemento (Nyomara y Brown, 1997). Por otra parte, Brown (2001), trabajando en pistacho, encontró que el nivel de boro en las yemas aumentó proporcionalmente con la aplicación de diferentes dosis de boro al suelo.

El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar a la inflorescencia, el pedúnculo y el fruto, como posibles tejidos para el diagnóstico nutricional del boro en aguacate.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en 18 huertos de aguacate, variedad Hass, de cinco a diez años de edad, injertados sobre patrón Mexicola, en seis zonas geográficas de Chile comprendidas entre las regiones V, Metropolitana y VI, desde la localidad de Cabildo (latitud 32°26' sur) por el norte hasta Peumo (latitud 34°07' sur) por el sur. En cada huerto se seleccionó un árbol, para totalizar 18, en los cuales se realizó el muestreo y las mediciones.

El muestreo se realizó durante agosto y septiembre de 1998, a inicios de floración, recolectando desde cada árbol 30 hojas, 30 inflorescencias y 12 frutos. Las muestras se colectaron desde la periferia del árbol, en todos los puntos cardinales y a la altura del brazo estirado. Las hojas seleccionadas, con su peciolo adherido, provenían del brote desarrollado la primavera anterior, quinta hoja contando desde el ápice del brote. Las inflorescencias se recogieron en estado de botón, mientras que los frutos fueron tomados con pedúnculo, en estado de madurez de exportación (10% aceite, aproximadamente).

Los frutos, separados del pedúnculo, fueron lavados con agua destilada; pelados, se les extrajo la semilla, y fueron trozados para secarlos en estufa con circulación forzada de aire a 70°C, por 60 horas. Las muestras de pedúnculos, hojas e inflorescencias fueron lavadas, por unos segundos con agua destilada y después con agua bidestilada. Luego fueron secadas en estufa de circulación forzada de aire, a 70°C, por 36 horas.

Posteriormente, las muestras fueron molidas y envasadas en frascos de vidrio con tapa plástica hermética y llevadas a almacenamiento en una desecadora de vidrio. El contenido de boro se determinó mediante espectrocolorimetría, previa calcinación y mineralización con ácido clorhídrico.

En terreno se midió la producción total de fruta por árbol.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inflorescencia y el fruto fueron los tejidos que tuvieron mayor concentración de boro, seguidos por el pedúnculo y luego la hoja (Tabla 1). Según este criterio la inflorescencia, el fruto e incluso el pedúnculo aparecen como más indicados que la hoja para el diagnóstico de este elemento en el árbol de aguacate. Por otra parte, el coeficiente de variación fue mayor en el pedúnculo (93,1%), seguido por el fruto, la inflorescencia y en último lugar la hoja (31,9%). El coeficiente de variación indica la amplitud de los datos en cada tejido y, probablemente así, la capacidad para detectar diferencias dentro de la población de 18 árboles muestreados. Según este criterio, el tejido más adecuado sería el pedúnculo, seguido por el fruto mientras que la hoja sería el menos certero para separar los árboles según su nivel de boro.

Ahora bien, al correlacionar la concentración de boro con la producción del árbol, sólo se encontró significancia en el pedúnculo ( $R^2 = 0,81$ ) (Figura 1). Esta respuesta de la producción a los niveles crecientes de boro en el pedúnculo, se debería a que, según los estándares foliares, los árboles utilizados en este estudio se encontraban con bajos niveles de boro. La alta relación encontrada entre el nivel de boro en el pedúnculo y la producción de fruta, junto a los resultados antes descritos, señalan al pedúnculo del fruto como un tejido muy promisorio, tal vez mejor que la hoja, para determinar el nivel de abastecimiento de boro en el árbol de aguacate. Este tejido, además presenta la ventaja que, al mantener su ubicación en el árbol independientemente de los ciclos de emisión de brotes y del crecimiento de éstos en longitud, facilita el muestreo y la posterior interpretación de resultados.

También es rescatable la alta asociación ( $R^2 = 0,88$ ) que se encontró entre la concentración de boro en el pedúnculo y en la hoja. Al aplicar la ecuación de esta regresión fue posible obtener una curva ajustada (Figura 2) y así derivar valores estándares tentativos para el pedúnculo, dentro del rango encontrado para el boro foliar en la presente prospección (Tabla 2).

Como se puede observar en la Tabla 2 las cifras son bastante mayores en el pedúnculo y, además, la diferencia entre el nivel más bajo y el más alto, también es mayor en este tejido. Ambos factores harían del pedúnculo un indicador más adecuado que la hoja, motivo por el cual parece interesante continuar con su estudio como un tejido de diagnóstico del nivel de boro en el aguacate y, por qué no, en otras especies.

## BIBLIOGRAFÍA

- BROWN, P. 2001. Transient nutrient deficiencies and their impact on yield - a rationale for foliar fertilizers. *Acta Horticulturae* 564:217-223.
- FREGONI, M. 1980. *Nutrizione e fertilizzazione della vite*. Ed. Edagricole. Bologna, Italia.
- NYOMARA, A. AND BROWN, P. 1997. Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set in almond. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122(3):405-410.
- SANZ, M.; BELKHODJA, R.; TOSSELLI, M.; MONTAÑES, L.; ABADÍA, A.; TAGLIASINI, M.; MARANGONI, B.; ABADÍA, J. 1997. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. *Acta Horticulturae* 448:241-246.

**Tabla 1.** Concentración de boro en distintos tejidos de aguacate, base peso seco. Promedio de 18 árboles

	mg · kg <sup>-1</sup>	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Hoja	18,3	5,8	31,9
Inflorescencia	64,3	28,3	43,7
Pedúnculo	25,9	24,2	93,1
Fruto	60,1	41,8	70,7

**Tabla 2.** Nivel de boro en la hoja y su equivalente en el pedúnculo del fruto de aguacate var. Hass, según ecuación de regresión

	Nivel deficiente		Nivel bajo				
Hoja <sup>1</sup>	12 <sup>2</sup>	14	16	18	20	22	24
Pedúnculo	17,0	18,0	20,6	24,8	30,6	38,0	47,0

<sup>1</sup> Niveles foliares estándares según el autor, considerando diferentes fuentes

<sup>2</sup> mg · kg<sup>-1</sup> base peso seco

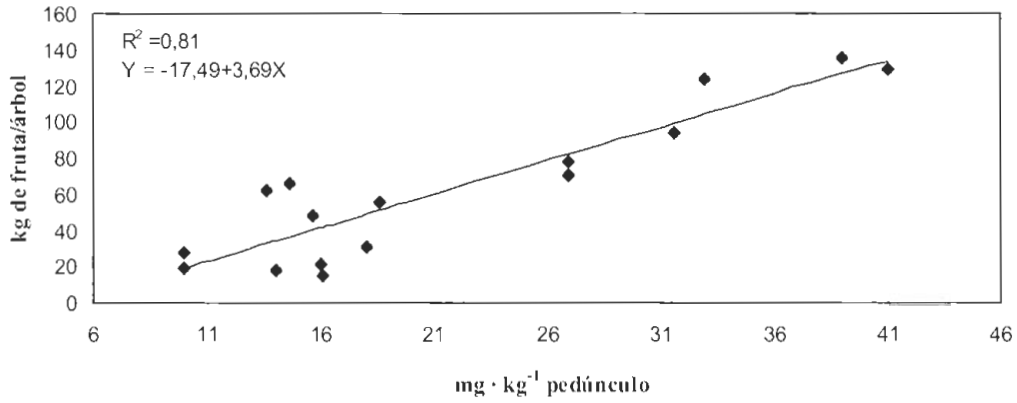


Figura 1. Producción del árbol de aguacate en función de la concentración de boro en el pedúnculo del fruto

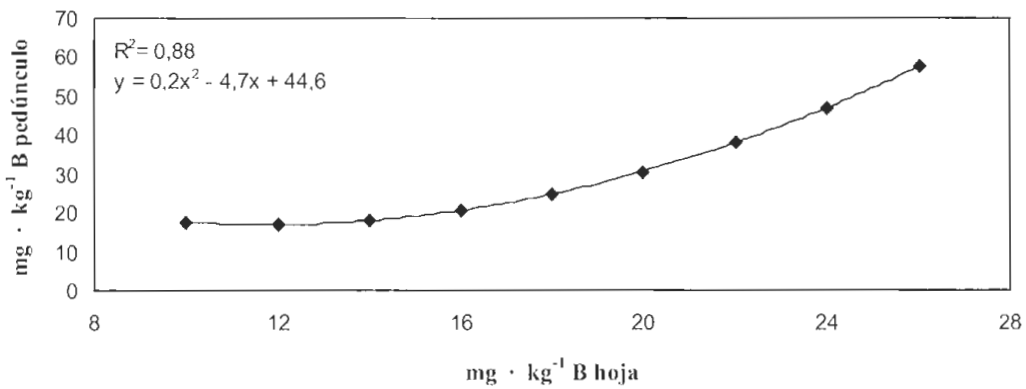


Figura 2. Concentración de boro en la hoja y en el pedúnculo del fruto en el árbol de aguacate. (Curva ajustada según ecuación)



## CONTENIDO DE MACRO Y MICROELEMENTOS EN HOJAS FLOR Y FRUTO DE AGUACATE "HASS" EN LA REGION DE URUAPAN MICHOACÁN

Bárcenas O.A.E.<sup>1</sup>, Molina E.J.<sup>1</sup>, Huanosto M.F.<sup>1</sup> Aguirre P.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. *Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Lázaro Cárdenas Esq. Con Berlín s/n.Tel. y fax (452) 5236474. abarcenas@prodigy.net.mx*

### RESUMEN

La fertilización en el cultivo del aguacate en Michoacán, consume del 15 al 30% de la inversión anual. El objetivo del trabajo fue conocer las concentraciones de macro y micronutrientes en hojas flores y frutos de aguacate Hass, en las diferentes etapas fenológicas, establecer sus requerimientos y determinar el momento adecuado de aporte de los mismos. El experimento se realizó en un huerto de aguacate Hass, en Uruapan, Mich. Mensualmente (enero a diciembre del 2002) se realizaron muestreos y determinaciones químicas de contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe y B, en hojas, flores y frutos. Al comparar los requerimientos entre las tres estructuras estudiadas; los resultados indican que las flores son altamente demandantes de los elementos primarios, sobre todo de P, pero también de B, Fe y S. Los elementos que tienen mayor influencia en las hojas son: N, P, Mg, Ca, Fe, B y S; los brotes vegetativos tienen alta demanda de N, P y B. La etapa de mayor crecimiento del fruto (marzo a julio) está relacionada con un alza en las cantidades de N, P, K y B. El Ca se requiere en las primeras etapas de formación del fruto y el Ca y el K al final del desarrollo del mismo. El K y el B, tuvieron mayores concentraciones en flores y frutos que en hojas, en cambio, el Mg, Ca, Fe y S, tuvieron más demanda en hojas y después en flores y frutos. El fósforo fue requerido en forma muy homogénea por frutos y hojas en todas las etapas de desarrollo. En cambio el potasio fue más demandado por frutos y flores que por las hojas, pero en ambas estructuras se muestra un comportamiento similar. El Ca, Mg y K se elevaron, coincidiendo con los meses de mayor precipitación. El S se vio influenciado por la aplicación de pesticidas azufrados y fue notoria también la elevación de las concentraciones de B en respuesta a la fertilización con base en este elemento.

**Palabras Clave:** *Persea americana* Mill, macro y micronutrientes, fenología.

## INTRODUCCIÓN

La fertilización en el cultivo del aguacatero es una actividad determinante para obtener buenos rendimientos en la producción de este frutal. En Michoacán, el estado con mayor producción de aguacate de la República Mexicana, esta práctica consume del 15 al 30% de la inversión anual. Para elaborar un programa de nutrición, los técnicos se basan en análisis de suelo y foliares, con los que se obtienen las cantidades y tipos de fertilizante a utilizar, pero también es importante establecer el momento en que la planta demanda más de cada uno de los elementos nutritivos. El objetivo del trabajo fue conocer las concentraciones de macro y micronutrientes en hojas flores y frutos de aguacate cv Hass, en las diferentes etapas fenológicas, establecer sus requerimientos y determinar el momento adecuado de aporte de los mismos. El experimento se realizó en un huerto comercial de aguacate cv Hass de 25 años de edad, con riego por microaspersión y manejo de fertilización convencional. Se utilizó una distribución completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro árboles por unidad experimental. Mensualmente (enero a diciembre del 2002) se realizaron muestreos y determinaciones químicas de contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe y B, en hojas, flores y frutos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en la zona aguacatera de Uruapan Michoacán, en un huerto ubicado en la localidad de Matangarán, 10 km al SW de la ciudad de Uruapan, con coordenadas 102° 05' longitud oeste y 19° 20' latitud norte. A 1450 msnm, con clima Semicálido Subhúmedo con Lluvias en Verano (INEGI, 1985). Las temperaturas medias máximas son de 28°C y las mínimas de 12° C, existe una precipitación anual de 1450 mm. El suelo es andosol (INEGI, 1985), con una profundidad de 1.5 m.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental consto de cuatro árboles. El parámetro que se evaluó fueron las concentraciones de los diferentes elementos en hojas, flores y frutos, en los meses de enero a diciembre. Los árboles seleccionados tienen una edad de 25 años, están establecidos en marco real, a una distancia de 8 x 8 m. Son homogéneos en cuanto a: tamaño, edad, buen crecimiento y representativos del huerto.

Las muestras se tomaron el día 15 de cada mes, entre las 9:00 y las 11:00 am. Se colectaron 4 hojas completas (lámina y peciolo) de cada árbol, una de cada punto cardinal y a una altura entre 2 y 3 m. El número de frutos dependía de su tamaño; si eran pequeños se tomaban 7, hasta llegar al tamaño de corte donde sólo se tomaba un fruto por árbol. En el caso de las inflorescencias se colectaban cuatro por árbol. En total se colectaban 16 hojas, 16 inflorescencias y de 4 a 28 frutos por repetición. Una vez recolectadas las muestras se colocaban en bolsas de papel y se procedía a llevarlas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agrobiología, donde se realizaban las determinaciones químicas de los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe y B por métodos colorimétricos, volumétricos e instrumentales. Al analizar los resultados, se tomaron en consideración: la fenología, precipitación y aplicación de agroquímicos, parámetros que fueron registrados durante el tiempo que duró el experimento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede ver en la figura 1, las flores tienen altos requerimientos de N, lo que coincide con Palacios, 1987, que atribuyó las bajas concentraciones observadas en las hojas durante la floración, a lo sugerido por otros investigadores (Embleton and Jones) que afirmaban que durante la floración y el desarrollo vegetativo, el aguacatero requiere de cantidades altas de nitrógeno. En hojas y frutos la concentración del elemento es variable, ya que como afirma Palacios (1987), la

hoja es un órgano muy dinámico, en el que la concentración de nutrimentos está cambiando continuamente, influenciada por diferentes factores. La edad de la hoja y etapa fenológica tiene una influencia muy marcada sobre su composición. Los incrementos de N en hojas (feb-marzo, mayo, oct.) coinciden con la formación de brotes vegetativos, lo que concuerda en parte con Tirado (1994) citado por Sánchez y Ramírez, 2000, que encontró las mayores concentraciones en estas estructuras en septiembre y octubre y con Palacios (1986) que encontró las mayores concentraciones de nitrógeno en hojas en los meses de marzo y en septiembre que de acuerdo a su criterio, coinciden con la brotación y desarrollo vegetativo. La concentración más baja, Palacios (1986) la encontró en mayo, cuando, dijo, casi es el fin del desarrollo vegetativo, en nuestro caso se encontró en junio. En abril y en junio, julio y agosto, los frutos presentaron más altas concentraciones de N que las hojas, en estas etapas, de acuerdo a las observaciones fenológicas, no había flores pero sí una gran cantidad de frutos en pleno crecimiento. Al hacer el análisis de las aplicaciones de fertilizantes en el huerto, encontramos que las concentraciones más altas de nitrógeno en hojas y flores, coinciden con la aplicación de un fertilizante foliar comercial a base de B y N, que se realizó un mes antes. Un patrón interesante que se observa es que una elevación del contenido de N en hojas se relaciona con una disminución en el contenido del mismo elemento en frutos y viceversa, lo que no ocurre con ninguno de los otros elementos estudiados.

En la figura 2, se presentan los resultados para P, en el que se destaca la importancia de este elemento para las flores, que en casi todos los casos estuvo muy por encima de hojas y frutos. Como se puede apreciar, el comportamiento de este elemento es muy semejante para hojas y frutos, coincidiendo en casi todos los casos en las concentraciones del mismo. La elevación de los contenidos de P en hojas, coinciden con la presencia de brotes vegetativos (febrero, junio y octubre), lo que concuerda en parte con Palacios (1987), que encontró las mayores concentraciones en los meses de marzo en que inicia la brotación y desarrollo vegetativo. En cambio no concuerda con Tirado (1994), que no encontró ningún pico importante y la concentración de fósforo se mantuvo constante durante todos los meses del año.

De acuerdo con Salazar (2002), el K es el elemento más requerido por el fruto en la mayoría de los frutales, lo que corresponde con la figura 3, en la que se observa que el contenido de este elemento en el fruto siempre fue mayor que en hojas, aunque no más que en las flores que siempre estuvieron por encima de ambas estructuras. En los tres casos, aunque siempre en esa proporción, se mostró un marcado paralelismo en el comportamiento al elevar o disminuir la concentración del elemento. Es notoria la elevación de los contenidos de K en las últimas etapas de formación del fruto.

El Ca y el Mg se comportaron de manera similar (figuras 4 y 5), fueron más requeridos por las hojas y menos por flores y frutos (en ese orden). El calcio y el magnesio elevaron sus concentraciones en las hojas, cuando se presentó crecimiento vegetativo, las mayores concentraciones coinciden también con la época en que las precipitaciones fueron más altas (agosto y septiembre), lo que parece corresponder con su mecanismo para llegar a las raíces, flujo de masas de acuerdo con lo señalado por Salazar (2002). El Ca elevó sus concentraciones en los primeros y en los últimos estadios de desarrollo de los frutos. El S (figura 6) fue requerido en forma muy similar por hojas, flores y frutos (en ese orden), al disminuir la cantidad de frutos, subió el contenido de este elemento en flores y hojas (en ese orden).

Los contenidos de Fe fueron altos en hojas, siendo mayores en la temporada de secas (figura 7); fue muy variable en el caso de las hojas y en cambio, más estable en el fruto. El B es altamente requerido por las flores (figura 8), ya que es importante en la floración y formación de l tubo polínico, Salazar (2002). En hojas y frutos se mantienen concentraciones más o menos semejantes; cuando la cantidad de frutos disminuye se eleva la proporción de B en las hojas. Esta elevación drástica en septiembre y octubre, también coincidió con la aplicación de un fertilizante comercial a base de B y N. La presencia de brotes vegetativos, coincidió siempre con una elevación de B.



## CONCLUSIONES

1. Los elementos que tienen mayor influencia en las hojas son: N, P, Mg, Ca, Fe, B y S;
2. Los brotes vegetativos tienen alta demanda de N, P y B.
3. Las flores son altamente demandantes de los elementos primarios, sobre todo de P, pero también de B, Fe y S
4. En el fruto, los elementos más requeridos son: K, N, P y B
5. En la etapa de mayor crecimiento del fruto (marzo a julio) participan de manera importante el N, P, K y B.
6. Hay una competencia por el N entre hojas y frutos.
7. El fósforo se encuentra balanceado entre hojas y frutos y presentan requerimientos similares.
8. El S es requerido por hojas flores y frutos en forma muy similar
9. El calcio y el magnesio son demandados en las hojas, principalmente cuando existe crecimiento vegetativo,
10. El Ca se requiere en las primeras etapas de formación del fruto y el Ca y el K al final del desarrollo del mismo.
11. La precipitación y las aplicaciones de agroquímicos influyen en las concentraciones encontradas en las estructuras estudiadas

### Agradecimientos.

Los autores desean expresar su agradecimiento a la CIC DE LA UMSNH, por el apoyo para la realización de este proyecto y al MC Heladio Santacruz Ulibarri y al Ing. José Cortés por sus comentarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- BÁRCENAS, O.A.E., MARTÍNEZ N.A., AGUIRRE P.S. 2002. Fenología del Aguacate (*Persea americana* Mill) var Hass en cuatro diferentes altitudes del municipio de Uruapan, Mich. Revista Divulga. CIC de la UMSNH. Morelia, Mich.
- INEGI ,1985. Síntesis geográfica del estado de Michoacán y anexo cartográfico. México, D.F.
- PALACIOS, A.J.M. 1986. Dinámica y balance nutrimental en árboles de aguacate cv Hass con alto y bajo rendimiento en la región de Uruapan, Mich. Tesis Maestro en Ciencias. CP, Texcoco, Méx.
- SALAZAR G.S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INPOFOS-INIFAP. Querétaro, Qro.
- SÁNCHEZ, G.P. Y RAMÍREZ, 2000. Fertilización y nutrición del aguacatero. El aguacate y su manejo integrado. Mundi Prensa México, México, D.F.

**FIGURAS QUE MUESTRAN EL CONTENIDO DE MACRO y MICROELEMENOS EN HOJA FLOR Y FRUTO DE AGUACATE "HASS" EN LA REGION DE URUPAN MICHOACÁN (ENERO A DICIEMBRE DEL 2002)**

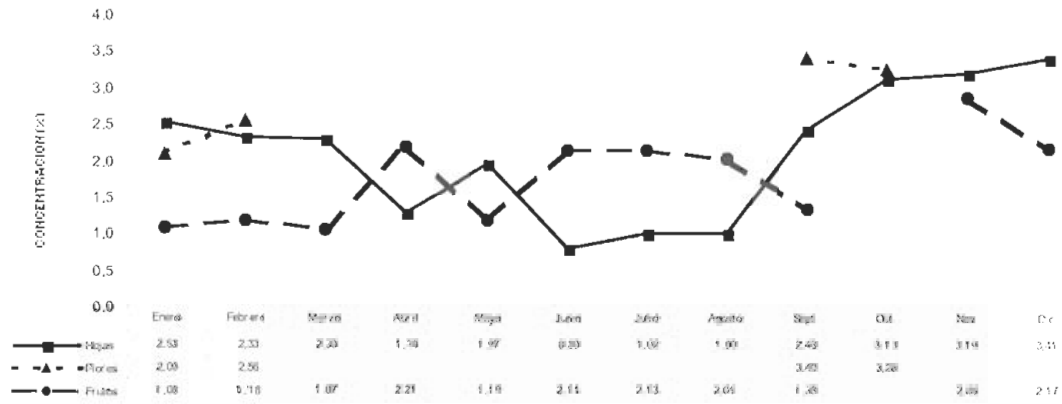


Figura 1. Contenido de nitrógeno en hojas, flor y fruto de aguacate cultivar Hass en Uruapan, Mich

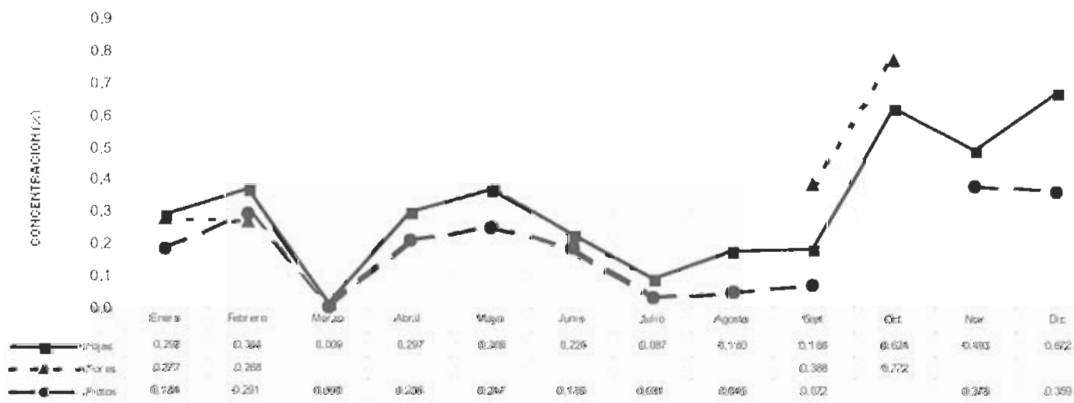


Figura 2. Contenido de fósforo en hojas, flor y fruto de aguacate cultivar Hass en Uruapan, Mich.

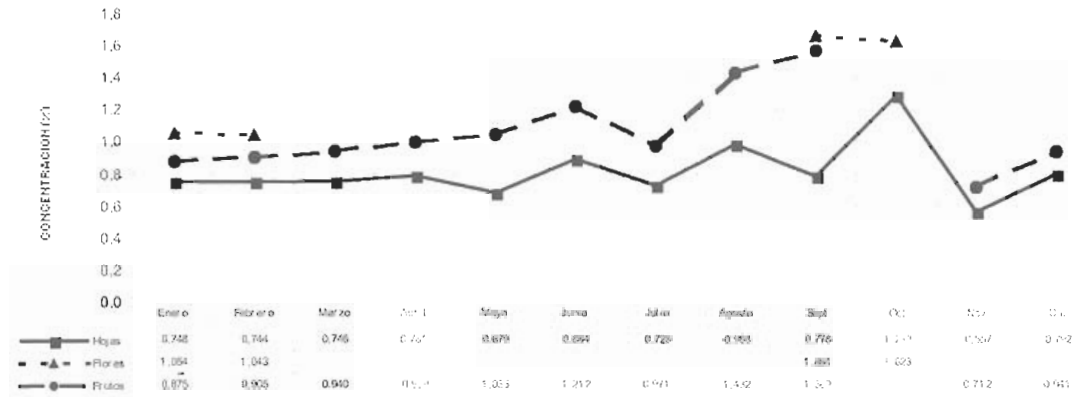


Figura 3. Contenido de Potasio en hojas flor, fruto de aguacate cultivar Hass. en Uruapan, Mich.

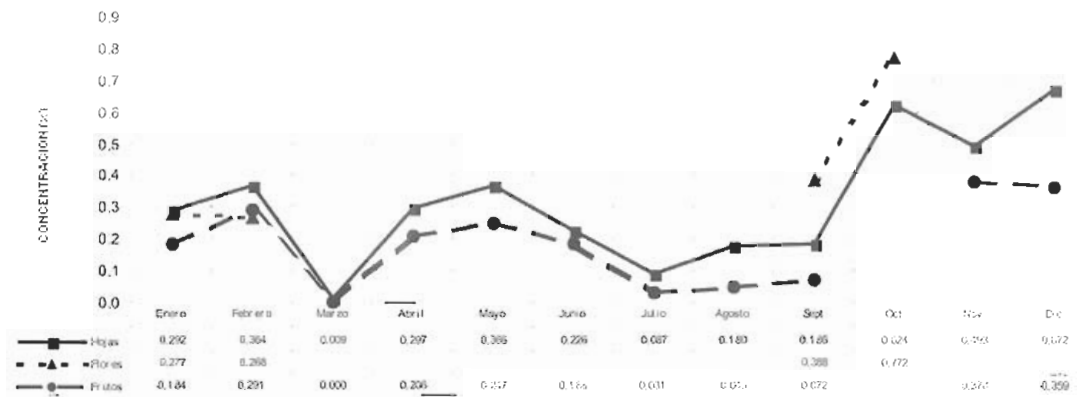


Figura 4. Contenidos de Azufre en hojas, flor y fruto de aguacate cultivar Hass en Uruapan, Mich.



Figura 5. Contenidos de hierro en hojas flor y fruto de aguacate cultivar Hass en Uruapan, Mich

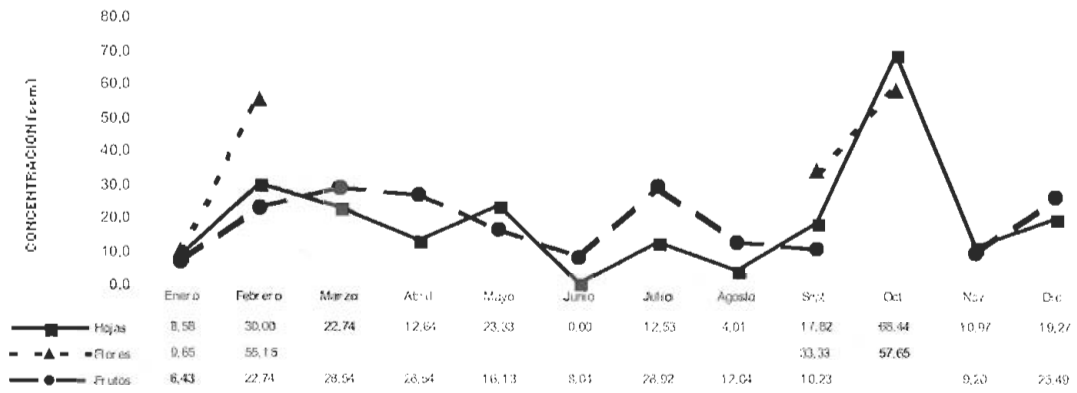


Figura 6. Contenidos de Boro en hojas, flor y frutos de aguacate cultivar Hass en Uruapan, Mich.

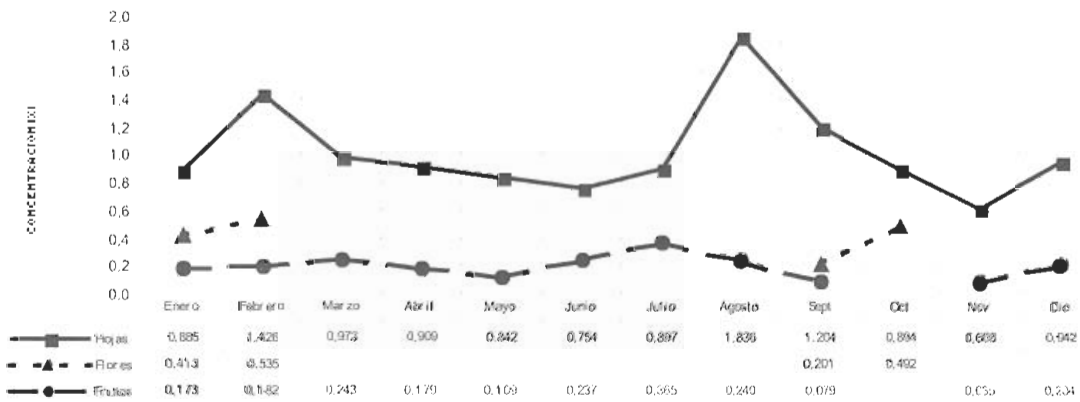


Figura 7. Contenido de magnesio en hojas, flor y frutos de aguacate Hass en Uruapan, Mich.

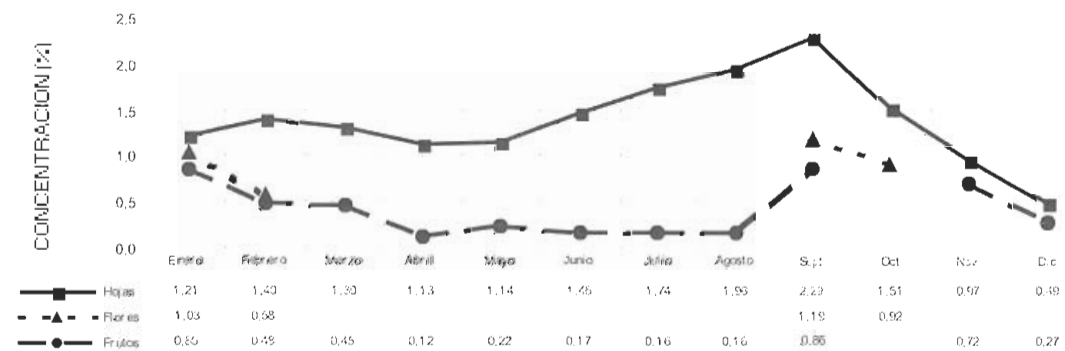


Figura 8. Contenidos de calcio en hojas, flor y frutos de aguacate Hass en Uruapan, Mich.



## LA FERTILIZACION EN "SITIO ESPECIFICO" INCREMENTA LOS RENDIMIENTOS Y EL TAMAÑO DE LA FRUTA DEL AGUACATE EN MEXICO

Samuel Salazar-García<sup>1</sup>, Ignacio Lazcano-Ferrat<sup>2</sup>

<sup>1</sup> El Dr. Salazar-García es un investigador en cultivos tropicales del INIFAP-campo experimental Santiago Ixcuintla, Apdo. Postal 100 Santiago Ixcuintla, Nay. 63300, México; e-mail: samuelsalazar@prodigy.com.mx

<sup>2</sup>El Dr. Ignacio Lazcano-Ferrat es director del Instituto de la Potasa y el Fósforo A.C. para México y el Norte de Centroamérica.

### RESUMEN

Este proyecto inició en 1998 con el objetivo principal de aumentar la rentabilidad del cultivo mediante la fertilización de sitio específico. Este proyecto se llevó a cabo en tres hectáreas de una huerta comercial de 14 años de edad de aguacate "Hass" en V. Carranza, Tepic, Nayarit (N 21°32.04', W 104° 59.08'), a 927 msnm. Los árboles fueron establecidos en marco real de 8 x 8 m (156 árboles/ha) y fueron cultivados bajo condiciones de temporal. La huerta recibió el manejo que usa el productor, excepto la fertilización. El diagnóstico nutrimental mostró niveles foliares debajo de lo normal en potasio (K) y azufre (S), el nitrógeno y el zinc estaban en el mínimo dentro de lo normal y el boro estaba debajo de lo normal. El suelo tiene una textura arenosa-limosa y tenía una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 6.7 meq/100g, un pH de 5.8, el P son 8 ppm, 370 ppm de K<sub>2</sub>O, 2.9 % M.O, niveles medianos de Mg, S-SO<sub>4</sub>, B y Cu, bajos en Ca y Fe y muy pobres de Mn y Zn. Las dosis de fertilización (Tabla 1) fueron calculadas desde todos los estudios previos y fueron aplicadas en los meses de verano de 1998 en 40 cm de profundidad en un radio de 2 m de cada árbol.

El rendimiento durante los tres años previos al inicio del programa fluctuaba entre 8 y 10 ton/ha. Un intenso incremento fue observado en la cosecha de 1999, alcanzando más de 32 ton/ha. Los años posteriores mostraron el efecto de una moderada alternancia en el rendimiento fluctuando entre 25 a 27 ton/ha. Durante 1999-2002 el promedio de rendimiento fue de 28.4 ton/ha. El aumento en el tamaño de la fruta se incrementó como resultado del tratamiento de sitio específico. La proporción del rendimiento con tamaños grandes (177 a >266 g) promedió 27.5% en los dos años antes de empezar el ensayo de fertilización. Un año después, (1999), la proporción de

la fruta en esta categoría de tamaños fue casi duplicada llegando a 50%. Los siguientes años mostraron un incremento con un constante crecimiento en el tamaño de la fruta; en el cual, durante la cosecha del 2002 representó el 72 % del rendimiento con los tamaños grandes.

Tabla 1. Programa de fertilización utilizado desde 1996 hasta el año 2001.

Fertilizantes utilizados	Dosis (kg/A)	Fertilizantes utilizados	Dosis (kg/A)	Fertilizantes utilizados	Dosis (kg/A)
1996		1999		TSP* (46 % P2O5)	1.0
T-17(N-P2O5-K2O)	3.0	SA (21% N)	3.4	K2SO4 (50% K2O)	4.8
1997		TSP* (46 % P2O5)	4.2	S. zinc (35.5% Zn)	1.0
T-17(N-P2O5-K2O)	4.0	K2SO4 (50% K2O)	2.8	Bórax (11 % de B)	0.2
1998		Cal (40 % CaO)	1.0	2001	
SA (21% N)	3.4	Bórax (11% B)	0.2	SA (21% N)	8.3
TSP* (46 % P2O5)	4.2	2000		K2SO4 (50% K2O)	3.5
K2SO4 (50% K2O)	2.8	SA (21% N)	8.6	K2SO4 (50% K2O)	1.0
				Bórax (11% B)	0.2



## INTRODUCCIÓN

El Estado de Nayarit es el segundo productor de aguacate "Hass" en México. Muchas huertas se encuentran situadas en las colinas de los municipios de Jalisco y Tepic y más del 90 % de éstas no cuentan con riego, pero tienen una temporada de lluvias de 1,225 mm distribuidos entre los meses de Julio a Octubre. Los suelos utilizados para producir aguacates son originalmente volcánicos con 30-80 cm. de capa arable y un subsuelo de 2 a 40 m formado por un material blanco proveniente de espuma volcánica que es llamado "Xal", de manera regional. Este tipo de suelos presentan varias ventajas para producir aguacates. La textura arenosa-limosa del suelo que se encuentra en la capa arable, proporciona buena aireación que promueve el crecimiento de las raíces. Por otro lado, el subsuelo provee de humedad a las raíces para la sobrevivencia de los árboles durante la temporada seca y también un excelente drenaje en la época de lluvias, con lo que se reduce el impacto de la pudrición de la raíz provocada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands.

Investigaciones recientes en Nayarit demuestran que 20 toneladas de aguacates "Hass" frescos remueven del suelo la siguiente cantidad de macro nutrientes en kg. N 51.5, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20.6, K<sub>2</sub>O 93.8, Ca 1.7, Mg 5.9 y S 6.9 (Salazar-García y Lazcano Ferrat, 2001). También en pequeñas cantidades los micro nutrientes como el Fe (hierro), B (boro) y Zn (zinc) son removidos en cada cultivo y sus deficiencias afectan negativamente al rendimiento, calidad y tamaño de la fruta (Salazar-García 2002).

Por carecer de información apropiada, en Nayarit la fertilización de los aguacates "Hass" maduros usa una base de N (0 a 100 kg/ha/año). Estas dosis de fertilización están desbalanceadas y no llegan a tener las suficientes cantidades de nutrientes requeridas para lograr un buen rendimiento. Después de tomar en consideración los requerimientos de los árboles del aguacate, así como las cantidades, fuentes, método y frecuencia de fertilización utilizados en la región, se podrá prever que no es posible obtener 20 ton o más por año con este tipo de manejo. Los programas de fertilización insuficiente o desbalanceada reducen la fertilidad del suelo cada año, lo que resulta en bajos rendimientos, comportamiento alterno, fruta de tamaño pequeño y el incremento de los desórdenes fisiológicos. Tomando todos estos factores juntos, reducen la competitividad del aguacate de Nayarit en el mercado local e internacional.

Concientes de la importancia de la fertilización para incrementar el rendimiento, el tamaño y la calidad de la fruta del aguacate "Hass" los productores de Tepic y Jalisco se decidieron a participar en un programa de investigación en nutrición. El proyecto empezó en 1998 con el objetivo principal de aumentar la rentabilidad de los productores. Para ese entonces, el rendimiento típico oscilaba entre 5 a 10 ton/ha de fruta de tamaños comerciales, o sea, primera (170-210 g), extra (211-265 g) y súper extra (> 266 g), lo que representaba de un 20 a un 40 % del rendimiento total. La meta era obtener un incremento del 50 % en el rendimiento del fruto y su tamaño. La fertilización en sitio específico es un acercamiento que no ha sido calculado para aguacates en México.

Un ensayo utilizando este método empezó en 1998 en 300 ha de la Asociación de Productores de Aguacate (USPR Aguacate Hass de Nayarit de R.L.). Aquí reportamos el resultado de los primeros cuatro años obtenidos en una huerta experimental-demostrativa de aguacate "Hass".

## MATERIALES Y METODOS

Este proyecto se llevó a cabo en tres hectáreas de una huerta comercial de 14 años de edad de aguacate "Hass" en V. Carranza, Tepic, Nayarit (N 21°32.04', W 104° 59.08'), a 927 msnm. Los árboles fueron establecidos en marco real de 8 x 8 m (156 árboles/ha) y fueron cultivados bajo condiciones de temporal. La huerta recibió el manejo estandar que usa el productor, excepto la fertilización. Un diagnóstico nutrimental fue obtenido para la huerta experimental en 1988 (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 1999) usando los índices de balance aproximados (Kenworthy, 1973). El diagnóstico mostró niveles foliares debajo de lo normal en potasio y azufre, el nitrógeno y el zinc estaban en el mínimo dentro de lo normal y el boro estaba debajo de lo normal.

Los análisis químicos del suelo fueron realizados al principio del experimento para la capa arable de 30 cm. Estos análisis fueron usados para calcular la cantidad de nutrientes que fueron aplicados al suelo. El suelo tiene una textura arenosa-limosa y tenía una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 6.7 meq/100g, un pH de 5.8, el fósforo son 8 ppm en Bray P-I, 370 ppm de potasio intercambiable (K), 2.9 % de materia orgánica, niveles medianos de Mg, S-SO<sub>4</sub>, B y Cu, niveles bajos de Ca y Fe y niveles muy pobres de Mn y Zn.

La remoción de nutrientes para un rendimiento de 30 ton fue calculada desde los datos obtenidos por Salazar-García y Lazcano-Ferrat (2001). Una cantidad adicional de nutrientes fue considerada para su aplicación basada en la estimación de los nutrientes permanentemente removidos por el



crecimiento anual (vegetativo y de raíces), así como aquellos removidos temporalmente por flores, frutos y hojas. Posibles pérdidas por lixiviación, volatilización, fijación y acción microbiana también fueron consideradas. Cuando ninguna deficiencia foliar fue detectada, una cantidad de mantenimiento de cada nutrimento fue aplicada basada en la meta de rendimiento esperada. Esto se realizó únicamente cuando los niveles de algún nutriente en el suelo estuvieran bajos.



Detalle de un árbol de aguacate del cultivar "Hass", fotografía proporcionada por el Dr. Salazar-García

Las dosis de fertilización (Tabla 1) fueron calculadas desde todos los estudios previos y fueron aplicadas en los meses de verano de 1998 en 40 cm. de profundidad en un radio de 2 m alrededor de cada árbol. Se dividieron las cantidades totales de cada fertilizante en partes iguales para los años 1998 y 1999. Empezando el 2000, tres aplicaciones fueron hechas, 1/3 de nitrógeno, todo el fósforo y 1/2 de potasio en Julio; 1/3 del nitrógeno en agosto; 1/3 del nitrógeno y 1/2 del potasio en septiembre. El boro y el zinc fueron aplicados en partes iguales en julio y septiembre. La cantidad anual de fertilizantes fue modificada de acuerdo a los cambios en los niveles foliares, esto tratando de no incrementar el costo con relación al beneficio. El rendimiento y tamaño de fruto fueron obtenidos cada año y fueron presentados como un promedio de 80 árboles individuales seleccionados al azar en la huerta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto del programa de fertilización empezó en el verano de 1998. Después de tres a cinco meses de aplicados los tratamientos se observaron árboles con follajes más verdes, con producción de mayor número de retoños, pero más cortos. Floración menos intensa y defoliación en invierno retardada.

El rendimiento obtenido durante los tres años previos al inicio del programa de fertilización fluctuaba entre 8 y 10 ton/ha (Figura 1). En aquel tiempo, este rendimiento resultaba normal para los productores de aquella región. Un intenso aumento en el rendimiento fue observado en la cosecha de 1999, alcanzando más de 32 ton/ha. Subsecuentemente, los años posteriores mostraron el efecto de una moderada alternancia en el rendimiento fluctuando entre 25 a 27 ton/ha. Sin embargo, el rendimiento nunca bajó de 25 ton/ha. Estos rendimientos tuvieron gran impacto en los productores de la región, ya que estos no recordaban haber obtenido reportes de rendimientos tan altos. Es interesante notar que durante 1999-2002 el promedio de rendimiento fue de 28.4 ton/ha. Este valor está cerca del potencial de rendimiento reportado de 32.5 ton/ha con huertas que se pueden irrigar propuesto por (Wolstenstome, 1986). Sin embargo, el experimento en Nayarit fue establecido en una huerta con patrones (raíces) de "criollo" usando 156 árboles/ha y bajo condiciones de temporal.

El aumento en el tamaño de la fruta se incrementó (Figura 2) como resultado del tratamiento de sitio específico. La proporción del rendimiento con tamaños grandes (177 a >266 g) promedió 27.5% en los dos años antes de empezar el ensayo de fertilización. Un año después, (1999), la proporción de la fruta en esta categoría de tamaños fue casi duplicada llegando a 50%. Los siguientes años mostraron un incremento con un constante crecimiento en el tamaño de la fruta; en el cuál, durante la cosecha del 2002 representó el 72 % del rendimiento con los tamaños grandes.

## CONCLUSIONES

El uso de la fertilización en sitio específico fue benéfico para incrementar el rendimiento y el tamaño de la fruta en el aguacate cultivar "Hass" bajo condiciones de temporal en el estado de Nayarit, México.

Fertilizantes utilizados *TSP es superfosfato de calcio triple.	Dosis de fertilización (kg/árbol)
<b>Antes de empezar el experimento en</b>	
1996	
17-17-17 (N-P2O5-K2O)	3.0
1997	
17-17-17 (N-P2O5-K2O)	4.0
<b>Después de empezar el experimento</b>	
1998	
Sulfato de amonio (21 % de N)	3.4
TSP* (46 % de P2O5)	4.2
Sulfato de potasio (50 % de K2O)	2.8
1999	
Sulfato de amonio (21 % de N)	3.4
TSP* (46 % de P2O5)	4.2
Sulfato de potasio (50 % de K2O)	2.8
Cal (40 % de CaO)	1.0
Bórax (11 % de B)	0.2
2000	
Sulfato de amonio (21 % de N)	8.6
TSP* (46 % de P2O5)	1.0
Sulfato de potasio (50 % de K2O)	4.8
Sulfato de zinc (35.5 % Zn)	1.0
Bórax (11 % de B)	0.2
2001	
Sulfato de amonio (21 % de N)	8.3
Sulfato de potasio (50 % de K2O)	3.5
Sulfato de potasio (50 % de K2O)	1.0
Bórax (11 % de B)	0.2

**Tabla 1.** Programa de fertilización en sitio específico para una huerta de aguacate "Hass" en Tepic, Nayarit.

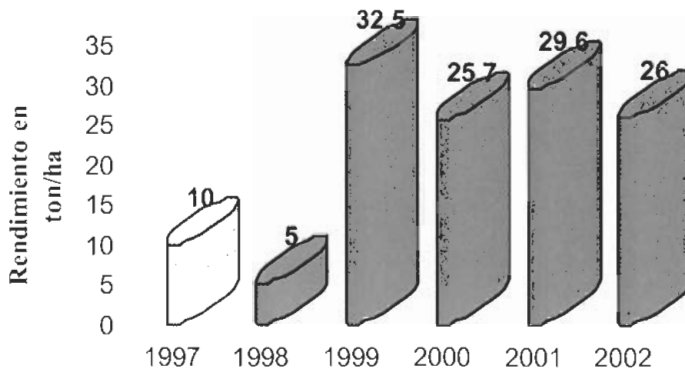


Figura 1. Rendimiento de la fruta del aguacate antes y después del experimento en Nayarit.

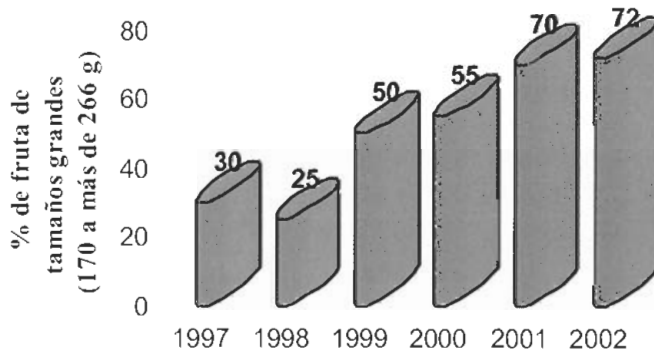


Figura 2. Porcentaje de tamaños de la fruta en aguacate "Hass" antes y después del experimento en Nayarit.

## BIBLIOGRAFÍA

- KENWORTHY, A.L. 1973. Leaf analyses as an aid in fertilizing orchards. In: Walsh, L.M. and J.D. Beaton (eds.) Soil testing and plant analysis. Soil Sci.Soc. Amer. Madison WI. pp.381-392.
- SALAZAR-GARCIA. S. 2002. Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Querétaro, México. 165 p.
- SALAZAR-GARCÍA S. AND I. LAZCANO-FERRAT. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate "Hass" bajo condiciones de temporal. Proc. World Avocado Congr. IV, Uruapan, Mich., México. Oct. 17-22, 1999. Revista Chapingo serie Horticultura 5 (número especial): 173-184.
- SALAZAR-GARCÍA S. AND I. LAZCANO-FERRAT. 2001. Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. Better crops International 15(1):28-31.
- WOLSTENHOLME, B.N. 1986. Energy costs of fruiting as yield limiting factor with special reference to avocado. Acta Hort. 175:121-126.



## NUTRICIÓN B, ZN Y CU DEL AGUACATE. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN.

M.D. Torres<sup>1</sup>, J.M. Hermoso<sup>2</sup> y J.M. Farré<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Formación Agraria. Cortijo de la Cruz s/n. Churriana. 29140 Málaga. España. [lolitorres@eelm.csic.es](mailto:lolitorres@eelm.csic.es)

<sup>2</sup> Estación Experimental La Mayora. 29750 Algarrobo Costa. Málaga. España. [jmhermoso@eelm.csic.es](mailto:jmhermoso@eelm.csic.es)

### RESUMEN

En un suelo muy ligeramente calizo se comparó la aplicación de B, Zn y Cu a través del agua de riego por microaspersión a pH básico (8.6) ó ácido (pH 6.5). Sólo en hojas el contenido de B subió claramente, no observándose diferencias entre los pH comparados. En un segundo experimento Zn y Cu se aplicaron al suelo en un círculo de 60 cm de diámetro, acidificando ó no con S. El Zn en hoja subió en ambos casos aunque algo más en el suelo ácido. El contenido de Cu no subió con ninguno de los dos métodos ensayados. Los árboles testigo mantuvieron los niveles foliares de B y Zn entre 15 y 20 ppm. En los tratados con B, éste ascendió a 40-50 ppm con ó sin ácido. El Zn en árboles tratados al suelo ascendió a 30-50 ppm en suelo básico y a 50-90 ppm en suelo ácido. Los contenidos de B y Zn en raíces aumentaron paralelamente a los de las hojas, pero con cierto adelanto en el tiempo. Ninguno de los tratamientos ha influido hasta el momento en el crecimiento vegetativo, cosecha, productividad ni tamaño del fruto.

**Palabras Clave:** pH, nivel foliar, nivel en raíces, crecimiento, cosecha.

### INTRODUCCIÓN

Se considera que niveles de Zn y B en hojas de primavera analizadas en otoño inferiores a 20 mg.kg<sup>-1</sup> indican una deficiencia (Embleton y Jones, 1966; Lahav y Kadman, 1980). En Cu este nivel es de 5 mg.kg<sup>-1</sup>. Sin aportes en la fertilización es frecuente encontrar en España estos niveles (Jaime et al.1986). La deficiencia de Zn se ha intentado controlar por vía foliar y suelo. La vía foliar ha permitido elevar la concentración en hojas tratadas, pero la traslocación a otras partes de la

planta ha sido mínima (Crowley et al., 1996; Torres et al., 2002). La corrección de la deficiencia de Zn en suelos ligeramente calizos se ha conseguido con aplicaciones masivas en la zona mojada ó en una amplia banda alrededor del microaspersor (Crowley et al., 1996).

El B se ha aplicado a hojas e inflorescencias en desarrollo (Lovatt, 1999; Robbertse et al. 1991; Coetzer et al., 1993; Torres et al., 2002). Aunque la absorción y la traslocación parecen algo más altas que en el caso del Zn, los efectos sobre la cosecha han sido poco consistentes. En dos ensayos de aplicaciones de B al suelo en Australia (Whiley et al., 1996) se aumentó el peso medio del fruto pero no la cosecha. En la República de Sudáfrica (Bard y Wolstenholme, 1998) las diferencias en cosecha eran del 10% y en peso medio del 4%. Cuando se encaló el suelo la absorción disminuyó muy significativamente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo, con Hass sobre Topa-Topa de 17 años de edad, se inició en 1996. El suelo era pizarroso bien drenado, de pH neutro con menos del 0,5% de carbonato de calcio y magnesio, de 50 cm de profundidad sobre subsuelo de pizarra rota. Tenía más de un 50% de piedras (diámetro mayor de 2 mm). La composición del resto era: 56% de arena, 24% de limo y 20% de arcilla.

Los árboles, plantados a 7 x 8 m se regaban por microaspersión mojando el 40% de superficie. En verano mantenía la tensión matricial del suelo entre -5 y -20 kPa y en invierno entre -5 y -40 kPa. El agua de riego con pH = 8.59 y conductividad = 0.57 dS.m<sup>-1</sup>, contenía 284 mg.l<sup>-1</sup> de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 48 mg.l<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup> y 37 mg.l<sup>-1</sup> de Mg<sup>2+</sup>. El suelo se mantenía con yerba segada en la calle no regada. La zona regada se mantenía libre de yerbas con la aplicación a través del agua de riego de simazina y oxifluorfen, con frecuencia quincenal en verano y mensual en invierno. Las plantas perennes se controlaron hasta el año 2000 con glifosato. Desde entonces se segaron. Los macronutrientes en hoja se mantuvieron en 1.8-2 % (N), 0.10-0.12 (P) y 0.5-0.7 (K). Se previno la clorosis férrica con quelatos Fe-EDDHA. No se aplicaron tratamientos foliares.

El experimento tuvo dos partes (tabla 1): 1996-1998.- B, Cu y Zn se aplicaron continuamente a través del agua de riego, con o sin regulación a pH 6.5 con HNO<sub>3</sub>, 1999-2001.- Se continuó aplicando B a través del agua de riego con o sin HNO<sub>3</sub>. Cu y Zn se aplicaron al suelo a mano, una vez al año, en un diámetro de 60 cm alrededor del microaspersor. En los tratamientos con ácido el suelo se acidificó aplicando S en la misma área. Los árboles testigo no recibían B, Cu ni Zn. De ellos unos recibían HNO<sub>3</sub> en el agua de riego (T + HNO<sub>3</sub>) y otros no (T). El diseño era en bloques al azar con 4 repeticiones y 4 árboles por repetición.

Para conocer el estado nutritivo de la parte aérea en otoño se analizaron macro y microelementos en hojas de los crecimientos de primavera y verano. Los macroelementos se determinaron previa digestión con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Los microelementos previa incineración en horno de mufla en crisol de cuarzo (Lachica, 1976; Métodos Oficiales de Análisis, 1994).

Para determinar la composición del sistema radicular en abril, durante la floración, se muestrearon anualmente raíces de 4-7 mm de diámetro en el horizonte superficial (0-5 cm) dentro de un círculo de 60 cm de diámetro. La epidermis se eliminaba con estropajo de acero inoxidable, se lavaban con agua destilada y secaban en estufa a 65-70 °C.

Cu y Zn en suelo se analizaron en julio de 2000 y 2001, así como en agosto de 2002. Las muestras se tomaron dentro de un círculo a 25 cm del aspersor y a 0-5, 5-10, 10-25 y 25-50 centímetros de profundidad. En 2000 y 2001 se analizaron muestras conjuntas de las 4 repeticiones, incluyendo piedras de menos de 8 mm. En 2002 los análisis se realizaron por parcela elemental, eliminando las piedras ( $\phi > 2$  mm). Se analizaron según Anón. (1994) en un extracto 1:2.5 (suelo:agua).

En mayo de 2002, cerca del final del periodo de recolección, se estudió la incidencia del ataque de hongos en la epidermis del fruto, fundamentalmente *Colletotrichum gloeosporoides*, tras ablandamiento a temperatura ambiente (24-25°C). Se estudiaron 60 frutos por parcela elemental de 4 árboles. Tres de ellos tenían solamente 36-40 frutos.

## RESULTADOS

### Contenidos de micronutrientes en raíces y hojas

**Boro.** La acidificación a pH 6.5 del agua de riego disminuyó, pero no significativamente, el contenido en hoja. Al aumentar o disminuir las dosis aplicadas los contenidos en raíz y hojas respondían generalmente con un año de retraso. Los niveles foliares de B subieron marcadamente a partir del tercer año de aplicaciones en hojas de primavera y del cuarto año en hojas de verano (tabla 2). Los aumentos fueron significativos en hojas de primavera, así como en médula y córtex de las raíces superficiales. En los últimos años las concentraciones en hojas de otoño eran más elevadas que en las de primavera.

**Zinc.** En la primera parte del ensayo (1996-1998), la acidificación del agua de riego a pH 6.5 durante tres años no afectó significativamente el contenido de Zn en hojas y raíces (tabla 3). En la segunda parte del ensayo (1999-2001), la aplicación localizada de Zn al suelo cerca del microaspersor aumentó desde el primer año su contenido en hojas de primavera y verano así como en el córtex de la raíz. No se observaron diferencias entre hojas de primavera y verano, ni tampoco en los contenidos en médula de árboles abonados o no. La ausencia de abonado en 2001 provocó un descenso marcado en el contenido de las hojas de primavera pero no en las de verano ni en el córtex.

**Podrido de fruto.** Las observaciones preliminares realizadas en 2002 mostraron diferencias significativas en podrido de fruto por *Colletotrichum gloeosporoides* entre tratamientos y zonas de la parcela experimental. La infección no estaba correlacionada con el contenido de B, Cu y Zn en hoja. La acidificación del suelo con azufre parecía potenciar la infección (datos no presentados).

**Análisis de suelo.** Los tratamientos B y B+HNO<sub>3</sub> tenían contenidos de Cu y Zn en suelos similares a T y T+HNO<sub>3</sub>. La aplicación continua de HNO<sub>3</sub> hasta pH 6.5 en el agua de riego, no afectó al contenido en Ca soluble ni a la conductividad en el extracto 1:2.5. Tampoco afectó al nivel de carbonatos en suelo. En cambio, la aplicación de S al suelo eliminó casi totalmente los carbonatos (desde 0.21% hasta 0.06%), disminuyó el pH desde 7-7.5 a 4-5 en el horizonte superficial de 25 cm, aumentando espectacularmente el contenido de Ca soluble (de 20 a 80 mg.kg<sup>-1</sup>) y la conductividad eléctrica (de 0.23 a 0.70 dS.m<sup>-1</sup>).

**Crecimiento vegetativo y cosecha.** No se observan diferencias entre tratamientos.

## DISCUSIÓN

Ninguno de los tratamientos aplicados aumentó significativamente el contenido de Cu, por lo que no es posible saber si el nivel aquí observado (4-6 mg.kg<sup>-1</sup>) es o no deficiente. Torres et al. (2002) aumentaron mediante tratamientos foliares los niveles de Cu en panículas florales y brotes nuevos hasta 13 y 10 mg.kg<sup>-1</sup> (9 y 7 mg.kg<sup>-1</sup> en testigo), respectivamente, sin obtener mejoras en crecimiento ni cosecha.

Los aumentos de contenido de Zn en hoja en este experimento eran similares a los obtenidos por Crowley et al. (1996) con aplicaciones aproximadamente 7 veces mayores a una mayor área de



suelo. Parece que reduciendo la zona fertilizada se mejora la absorción, quizás por saturación del complejo absorbente.

El aumento del contenido de Zn en raíz y hoja en los dos últimos años de este ensayo no ha afectado al crecimiento vegetativo, cosecha ni tamaño del fruto. Ello parece indicar que el nivel básico ( $20 \text{ mg. kg}^{-1}$  en hoja) es suficiente en las condiciones de este experimento. Ello coincide con las observaciones de Kadman y Lahav (1978), que no observaron diferencias en cosecha a largo plazo dentro del rango  $30\text{-}40 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Se pretende, sin embargo, continuar este experimento para comprobar el efecto a largo plazo de concentraciones en el rango  $40\text{-}60 \text{ mg.kg}^{-1}$  en comparación con  $20 \text{ mg.kg}^{-1}$  en el testigo.

La aplicación de B en el agua de riego parece un método adecuado de aplicación, permitiendo un incremento lento pero consistente del nivel en árbol. La acidificación del agua de riego a pH 6.5 disminuyó ligeramente el contenido en planta. Incluso tras varios años con diferencias notables de contenido en hojas (tabla 2) no se observaron diferencias en crecimiento, cosecha o tamaño de fruto entre árboles fertilizados ó no con B. Ello contrasta con los trabajos antes mencionados realizados en Australia (Whiley et al., 1996) y Sudáfrica (Bard y Wolstenholme, 1998). En los tres ensayos los suelos eran fuertemente ácidos, mientras que en éste era básico, con altos contenidos de Ca. Conocidas las interacciones entre estos dos elementos a nivel de pared celular no es extraña la diferencia de resultados. En un ensayo en maceta, Coetzer et al.(1994) mencionan el peligro de excesivas concentraciones de B en raíces de aguacate con pobre traslocación a la parte aérea tras la fertilización.

En este trabajo el problema no se presentó debido, probablemente, a la aplicación continua a lo largo de todo el período de riego. La acidificación del suelo en una pequeña zona alrededor del aspersor con azufre es económica y ha mejorado claramente la absorción de Zn. Deberán, sin embargo, continuarse estos estudios puesto que se observaron algunos daños en la epidermis de las raíces superficiales (0-5 cm de profundidad) posiblemente debido al efecto directo del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que se forma por la acción microbiana sobre el azufre.

## BIBLIOGRAFÍA

BARD ZJ, WOLSTENHOLME BN 1998. Soil Boron Application for Control of Boron Deficiency in the Avocado in the KwaZulu-Natal Midlands. South African Avocado Growers' Association Yearbook 21:22-25.

COETZER LA, ROBBERTSE PJ, JANSE VAN VUUREN BPH 1993. The role of Boron in Avocados: Theory, Practice and Reality. South African Avocado Growers' Association Yearbook 16:2-4.

CROWLEY DE, SMITH W, FABER B, MANTHEY JA 1996. Zinc fertilization of avocado trees. Hort. Science, 31 (2):224-229.

EMBLETON TW, JONES MW 1966. Avocado and mango nutrition. In: Temperate to Tropical Fruit Nutrition. Edit. Norman F. Childers. Somerset Press. Inc. Somerville. The State University. New Jersey. 51-57.

JAIME S, FARRÉ JM, AGUILAR A 1986. Composición mineral de las hojas de aguacate (*Persea americana* Mill.) en plantaciones comerciales de la provincia de Málaga (España). II Microelementos. Anal. Edaf. y Agrobiol. XLV (3-4):521-529.

KADMAN A, COHEN A 1977. Experiments with zinc applications to avocado trees. Yb. Calif. Avoc. Soc. 61: 81-85.

LACHICA M, AGUILAR A, YÁÑEZ J 1973. Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. Anal. Edaf. y Agrobiol. XXXII, Nº 11-12:1033-1047.

LAHAV E, KADMAN A 1980. Avocado Fertilization. Bern (Switzerland) International Potash Institute. Bulletin No.6. pp 23.

LOVATT CJ 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. Hort. Technology 9 (4):607-612.

MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS. 1994. Tomo III. Madrid Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. pp 662.

ROBBERTSE PJ, COETZER A, BESSINGER F 1991. The influence of Solubor leaf spray on fruit production in avocado. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14: 83-84.

TORRES MD, FARRÉ JM, HERMOSO JM 2002. Foliar B, Cu and Zn applications to Hass avocado trees. Penetration, translocation and effects on tree growth and cropping. Proceedings of the Int. Sym. on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. Acta Horticulturae 594:105-109.

WHILEY AW, SMITH TE, SARANAH JB 1996. Boron Nutrition of Avocados. Talking Avocados. 7(2):12-15.

## TABLAS

Tabla 1. B, Zn y Cu aplicados (kg.ha<sup>-1</sup>)

MÉTODO DE APLICACIÓN	TRATAMIENTOS							
	Año	B <sup>(1)</sup>	B <sup>(1)</sup> +HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	Cu <sup>(3)</sup>	Cu <sup>(3)</sup> +HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	Zn <sup>(5)</sup>	Zn <sup>(5)</sup> +HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	Testigo+HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>
EN RIEGO	1996	2,05	2,05 + 901	1,00	1,00 + 901	11,69	11,69 + 901	901
	1997	5,22	5,22 + 767	2,54	2,54 + 767	27,78	27,78 + 767	767
	1998	5,64	5,64 + 810	2,72	2,72 + 819	31,52	31,52 + 810	810
	1999	6,91	6,91 + 991					991
	2000	4,08	4,08 + 586					586
	2001	2,90	2,90 + 765					765
AL SUELO	Año	Cu <sup>(6)</sup>		Zn <sup>(7)</sup>		S <sup>(4)</sup>		
	1999		22,25	22,25 + 175	39,16	39,16 + 175		
	2000		22,25	22,25 + 175	39,16	39,16 + 175		
	2001		22,25	22,25 + 175	-	- + 175		

(1) : B puro aplicado continuamente en el agua de riego: en 1996 como Solubor. (Borax Europe Ltd. RU. Boratos sódicos, 20.8% de B). Desde 1997 a 2001 como Solubor DF. (Borax Europe Ltd. RU. Mezcla de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·5H<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>B<sub>10</sub>O<sub>16</sub>·10H<sub>2</sub>O, 17.5% de B).

(2) : HNO<sub>3</sub> comercial aplicado continuamente en el agua de riego. (PQS. 56% HNO<sub>3</sub>).

(3) y (6) : Cu puro aplicado continuamente en el agua de riego (3) ó al suelo (6) como CuSO<sub>4</sub> (Industrias Químicas del Vallés. 25% de Cu).

(4) : S comercial aplicado al suelo como Cepsul. (Cepsa. Azufre micronizado 98,5% S).

(5) y (7) : Zn puro aplicado continuamente en el agua de riego (5) como ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O. (Inquisa. 35% de Zn) ó al suelo (7) como ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. (Liuzhou Wenda Metal & Chemicals Factory. 22% de Zn).

Tabla 2. Contenido en B de hojas y raíces (mg.kg<sup>-1</sup>)

MÉTODO DE APLICACIÓN	Año	HOJA						RAÍZ						
		CRECIMIENTO DE PRIMAVERA			CRECIMIENTO DE VERANO			CORTEX			MÉDULA			
		T	B	B+HNO <sub>3</sub>	T	B	B+HNO <sub>3</sub>	T	B	B+HNO <sub>3</sub>	T	B	B+HNO <sub>3</sub>	
EN RIEGO	1996	18	19	17	16	16	17							
	1997	19	20	18	16	22	22	13	16	16	8	9	9	
	1998	26	44	40	25	29	24	15	29	26	7	14	14	
	1999	20	38	30	22	37	30	13	27	28	7	18	18	
	2000	24	57	54	33	84	70	13	31	29	5	17	15	
	2001	24	49	44	23	60	52	13	35	33	7	21	19	

Tabla 3. Contenido en Zn de hojas y raíces (mg.kg<sup>-1</sup>)

MÉTODO DE APLICACIÓN	Año	HOJA						RAÍZ						
		CRECIMIENTO DE PRIMAVERA			CRECIMIENTO DE VERANO			CORTEX			MÉDULA			
		T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	
EN RIEGO	1996	17	17	17	19	21	21							
	1997	20	23	20	27	28	26	16	18	19	4	5	9	
	1998	22	28	26	34	30	25	38	49	45	10	11	9	
AL SUELO		Año	T	Zn	Zn+S	T	Zn	Zn+S	T	Zn	Zn+S	T	Zn	Zn+S
	1999	22	36	42	29	48	51	21	28	22	5	6	5	
	2000	20	64	93	27	39	64	26	36	50	4	6	8	
	2001	20	45	53	26	50	66	15	38	40	4	5	6	

## FIGURAS

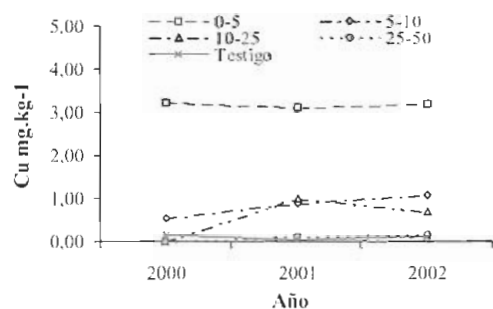


Figura 1. Análisis de Cu en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Cu y testigo.

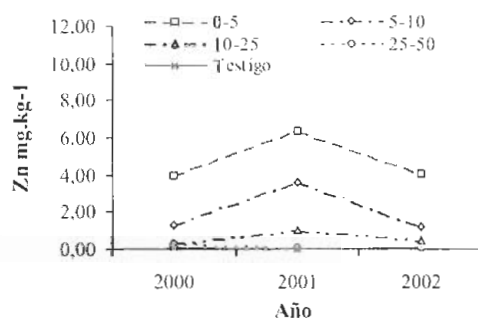


Figura 2. Análisis de Zn en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Zn y testigo.

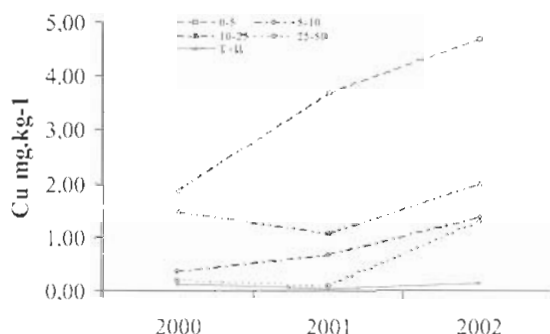


Figura 3. Análisis de Cu en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Cu + S y testigo + H.

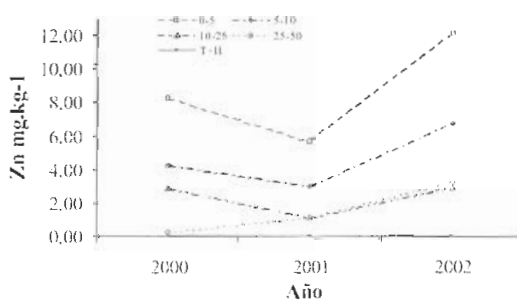


Figura 4. Análisis de Zn en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Zn + S y testigo + H.

## NUTRICIÓN PK DEL AGUACATE. RESUMEN DE DOS EXPERIMENTOS DE 29 AÑOS

J.M. Hermoso<sup>1</sup>, S. Jaime<sup>1</sup>, M.D. Torres<sup>2</sup> y J.M. Farré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental La Mayora. C.S.I.C. 29750 Algarrobo Costa. Málaga. España

<sup>2</sup> C.I.F.A. de Málaga. Cortijo de la Cruz. 29140 Churriana. Málaga. España

Correo electrónico: [tropicalesfasip@terra.es](mailto:tropicalesfasip@terra.es)

### RESUMEN

Se estudió en campo durante 29 años la fertilización P en suelo pobre y la K en dos suelos, medio y pobre. En suelo pobre y con pequeña área mojada por el riego se constataron reducciones de cosecha en algunos, pero no todos, los bienios en que el K en lámina de hoja descendía por debajo de 0.5%. El tamaño del fruto era más sensible a la deficiencia que la cosecha. En el suelo más rico, con mayor porcentaje de suelo mojado, no se observó ninguna diferencia aunque, en el tratamiento sin K los niveles descendieron ocasionalmente por debajo de 0.5%.

No se observaron diferencias entre los tratamientos de P, que cubrían el rango de contenido foliar entre 0.08 y 0.17%.

**Palabras Clave:** Crecimiento, cosecha, extracciones, análisis foliar.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo era estudiar el comportamiento del aguacate Hass con niveles de K en hoja entre 0.3% y 0.7%. También inducir deficiencia de P en un suelo especialmente pobre.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las dos plantaciones de Hass sobre Topa-Topa se efectuaron en abril de 1973. En ambas parcelas el suelo era de origen metamórfico, permeable, neutro y libre de carbonatos. Los suelos y el manejo de los ensayos hasta 1982 fueron descritos por Casado et al. (1984). Desde 1990 se mantuvieron como césped natural segado, verde en invierno y seco en verano. La zona regada se mantuvo libre de yerbas con glifosato, oxifluorfen ó simazina en sucesivos periodos.

El agua de riego era de buena calidad con conductividad inferior a 1 dS.m<sup>-1</sup> y elevados contenidos de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>. Cada otoño se analizaron láminas de hojas de primavera (Lachica et al., 1973).

En el ensayo PK el suelo era pedregoso y pobre. Se compararon los tratamientos P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>, P<sub>0</sub>K<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>K<sub>0</sub>, P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> recibiendo de promedio los P<sub>1</sub> 78 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de P y los K<sub>1</sub> 388 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de K entre 1973 y 1998. Entre 1999 y 2001 recibieron anualmente 38 kg.ha<sup>-1</sup> de P y 207 kg.ha<sup>-1</sup> de K, siempre en forma de superfosfato de calcio y sulfato de potasio. El marco inicial era de 6 x 6 m. El diseño era en bloques al azar con 4 repeticiones y 4 árboles por parcela elemental y tratamiento. Los árboles vera se eliminaron en 1986 sustituyéndolos por pantallas de polietileno verticales hasta el subsuelo rocoso. Se regó por goteo hasta 1990. Después se utilizaron con 2.5 pulverizadores.árbol<sup>-1</sup> que mojaban el 11% del suelo superficial. En los años 1977 a 1981, 1997 y 1999 a 2001 se aplicó Zn por vía foliar.

El ensayo comparando 4 niveles de K (K<sub>0</sub>, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> y K<sub>3</sub>) poseía un suelo similar aunque algo más rico por haber estado sometido a cultivos hortícolas durante varios años. Entre los años 1973 y 1998 se aplicaron de promedio anual 251 kg.ha<sup>-1</sup> de K a K<sub>1</sub>, 495 a K<sub>2</sub> y 642 a K<sub>3</sub>, en forma de sulfato de potasio. En el período 1999-2001 se aplicaron anualmente 95, 125 y 332 kg.ha<sup>-1</sup> de K a los tratamientos K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> y K<sub>3</sub>, respectivamente. El marco inicial fue de 4 x 4 m en bloques al azar con 4 repeticiones y 16 árboles por parcela elemental. Se aclarearon en 1982 a 8 x 4 m y en 1990 a 8 x 8 m con cuatro árboles por parcela elemental y tratamiento. No existían árboles vera ni barreras separadoras de raíces. Se regó por goteo con 3 goteros por árbol hasta 1982 y 5 goteros por árbol hasta 1986. En 1986 se instaló microaspersión con 40% del área mojada. Excepto en el bienio de sequía (1994/95) se mantuvo la tensión matricial en el suelo regado entre 0 y -50 kPa. Cada año en julio y septiembre se aplicaba Zn por vía foliar.

Para prevenir deficiencias de Fe en ambos ensayos se aplicó Fe-EDDHA. A partir de 1996 se aplicó B en el agua de riego en ambos ensayos, subiendo los niveles foliares desde 15 mg.kg<sup>-1</sup> en 1996 a 24-35 en 1998.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayo PK

#### Fósforo

Incluso para P<sub>0</sub> (sin fósforo) el contenido en lámina de hoja de P se ha mantenido por encima del nivel crítico del 0.10 % (Figura 1) excepto en los últimos cinco años. En ninguno de los bienios ó cuatrienios analizados (Tabla 1) se han observado diferencias significativas en cosecha, productividad (cosecha .cm<sup>2</sup> de sección de tronco) ni peso medio del fruto entre P<sub>0</sub> y P<sub>1</sub>. Las medias globales para los periodos analizados (no mostradas) fueron prácticamente idénticas.

## POTASIO

Durante los años 1984 a 1988 (Figura 2) los tratamientos sin K ( $K_0$ ) tuvieron contenidos en lámina de hoja sistemáticamente inferiores a 0.4 %. También los tuvieron durante el bienio de sequía 1995-96. Sus cosechas y productividades (Tabla 1) fueron significativamente inferiores a las de los tratamientos con potasio ( $K_1$ ) durante los periodos 1982-85, 1986-87 y, 1999-00. El peso medio del fruto fue menor en los  $K_0$  en todos los periodos estudiados, con diferencias estadísticamente significativas en 8 de los 12 bienios.

El cambio de riego por goteo a pulverización en mayo de 1991, con un ligero incremento del área mojada, aumentó los contenidos de K en hoja, tanto en  $K_0$  como en  $K_1$ . La sequía en el bienio 1994-1995 disminuyó los niveles foliares.

### Ensayo K

El tratamiento  $K_2$  perdió una parcela en 1991 por lo que ha sido eliminado del análisis.

Sólo durante el bienio 1983-84 tuvo el tratamiento sin K ( $K_0$ ) un contenido en hoja inferior a 0.4 % de K (Figura 3). En el mismo, el tratamiento  $K_3$  tuvo significativamente mejor cosecha y productividad que los restantes. No se registraron diferencias entre tratamientos en cosecha, productividad ni peso medio del fruto en los periodos estudiados 1979-82, 1984-85, 1987-90, 1991-94, 1995-96, 1997-98, 1999-00 ni 2001-02. Las medias ponderadas de todos ellos, incluido el 1983-84, no muestran diferencias significativas (Tabla 2).

Tras el cambio en 1986 del riego por goteo a microaspersión, probablemente debido al aumento en aproximadamente 300% del área mojada, el nivel de K en hoja aumentó durante varios años.

Al igual que ocurrió en el ensayo PK, durante el bienio de sequía (1995-96) los árboles sin K ( $K_0$ ) vieron su cosecha y productividad reducidas en menor medida que los abonados con K ( $K_1$ ,  $K_3$ ) (datos no presentados).

Con el fin de comparar los resultados aquí expuestos de análisis de lámina foliar con trabajos realizados en otros países (ej. California), en que se analizaron conjuntamente láminas y peciolo, se realizaron análisis comparados en 16 muestras (Tabla 3). En fósforo no se constataron diferencias entre tejidos. El potasio en cambio mostraba una significativa regresión, siendo el contenido en lámina muy inferior al del peciolo. (Figura 4). Lo contrario ocurría con el nitrógeno.

En mayo de 2000, cerca del final del período de recogida, se estudió el podrido en poscosecha, con ablandamiento a temperatura ambiente. Los frutos eran muy grandes (252 gramos) debido a la fuerte poda en seto. Los tratamientos  $K_2$  y  $K_3$ , con 0.85% de K en hoja el otoño anterior, tenían aproximadamente el doble, en porcentaje, de frutos totalmente podridos por *Colletotrichum gloeosporoides* (body rot) y de podrido de pedúnculo (stem end rot); así como la mitad de frutos totalmente sanos que los  $K_0$  y  $K_1$  con 0.52% de K en hoja. Sólo la diferencia en podrido de pedúnculo era estadísticamente significativa (datos no presentados).

A los 13, 20 y 22 años del inicio de los experimentos se estudió la extracción de K por los frutos de ambos experimentos (Figuras 5 y 6). El nivel de fertilización potásica y los contenidos en hoja y fruto estaban estrechamente correlacionados. En el ensayo K, con elevadas aportaciones, se registraron exportaciones "de lujo", no ligadas a un aumento de la productividad.

## CONCLUSIONES

En el ensayo PK, en suelo pobre y pequeña área mojada, la deficiencia de K en el cv. Hass se presentó con contenidos de K en lámina foliar inferiores a 0.5 %. Esto no ocurrió en el ensayo K sobre suelo más rico, donde un contenido de 0.5 % garantizó, en estos ensayos, cosecha y crecimiento similares a contenidos mayores. El peso del fruto fue más sensible que la cosecha y la productividad a niveles bajos de K en lámina.

Al aumentar el volumen de suelo mojado mejoró la absorción de K por el árbol en ambos ensayos. En el bienio seco (1995-96) los tratamientos con K sufrieron una caída ligeramente mayor de cosecha y productividad que los testigos sin K, a pesar de tener estos últimos contenidos en hoja inferiores a 0.3 % en el ensayo PK. No puede descartarse un efecto osmótico negativo a nivel radicular de los abonados potásicos. No se constataron diferencias entre los tratamientos de P, que cubrían el rango de contenido foliar entre 0.08 y 0.17 %.

Parece que en condiciones de alto crecimiento vegetativo y frutos grandes los altos niveles de K en planta pueden aumentar la sensibilidad del fruto al ataque de hongos.

## BIBLIOGRAFÍA

CASADO M, FARRÉ JM, JAIME S, HERMOSO JM 1984. Nutrición P-K en aguacate. Observaciones de los primeros 9 años. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie: Agrícola 26 (4): 47-66.

LACHICA M, AGUILAR A, YÁÑEZ J 1973. Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. (II) Anal. Edaf. y Agrobiol. XXXII, Nº 11-12:1033-1047.

## TABLAS

Tabla 1. Ensayo PK. Resumen de parámetros de cosecha

Cosechas	Cosecha kg. árbol <sup>-1</sup> . año <sup>-1</sup>		Productividad g. cm <sup>-2</sup> de tronco		Tamaño medio del fruto g		K en hoja (Ψ) %	
	Coefficiente K <sub>0</sub> -K <sub>1</sub> <sup>-1</sup>	Diferencia K <sub>1</sub> -K <sub>0</sub> Nivel de significación	Coefficiente K <sub>0</sub> -K <sub>1</sub> <sup>-1</sup>	Diferencia K <sub>1</sub> -K <sub>0</sub> Nivel de significación	Coefficiente K <sub>0</sub> -K <sub>1</sub> <sup>-1</sup>	Diferencia K <sub>1</sub> -K <sub>0</sub> Nivel de significación	K <sub>1</sub>	K <sub>0</sub>
1978-81	1,047	N.S.	0,938	N.S.	0,943	**	0,69	0,58
1982-85	0,793	**	0,800	*	0,914	*	0,60	0,42
1986-87	0,733	**	0,723	**	0,918	N.S.	0,54	0,33
1988-89	0,877	N.S.	0,900	N.S.	0,906	*	0,67	0,36
1990-93	0,973	N.S.	0,966	N.S.	0,978	N.S.	0,78	0,52
1995-96 <sup>s</sup>	1,156	N.S.	1,005	N.S.	0,942	**	0,75	0,27
1997-98	1,063	N.S.	0,996	N.S.	0,933	*	0,86	0,44
1999-00	0,730	**	0,760	*	0,980	N.S.	0,87	0,49
2001-02	0,960	N.S.	0,970	N.S.	0,920	**	0,89	0,63

s : Bienio de sequía. \* : Nivel de significación 95 % \*\* : Nivel de significación 99 %

Ψ: Los análisis foliares corresponden al otoño anterior a la cosecha

Tabla 2. Ensayo K. Resumen de parámetros de cosecha

	Cosecha $\text{tm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}$	Productividad $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$	Peso medio del fruto (g)	Área tronco 2001/02 ( $\text{cm}^2$ )
K <sub>0</sub>	14,3	115	241	1231
K <sub>1</sub>	11,4	115	264	970
K <sub>3</sub>	11,8	115	248	1134

Tabla 3. Contenidos minerales (%)

	Lámina	Lámina + peciolo	Peciolo
N	1,99	1,80	0,78
P	0,13	0,13	0,14
K	0,38	0,41	0,65
Ca	2,09	2,21	2,56

## FIGURAS

Figura 1. Ensayo PK. Niveles de P en lámina de hoja

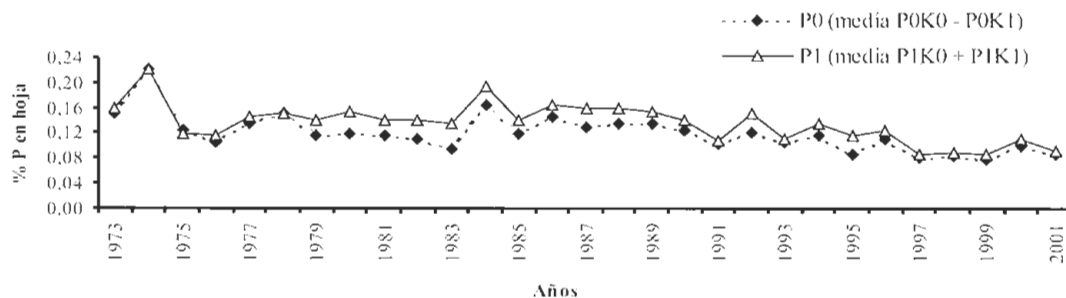


Figura 2. Ensayo PK. Niveles de K en lámina de hoja

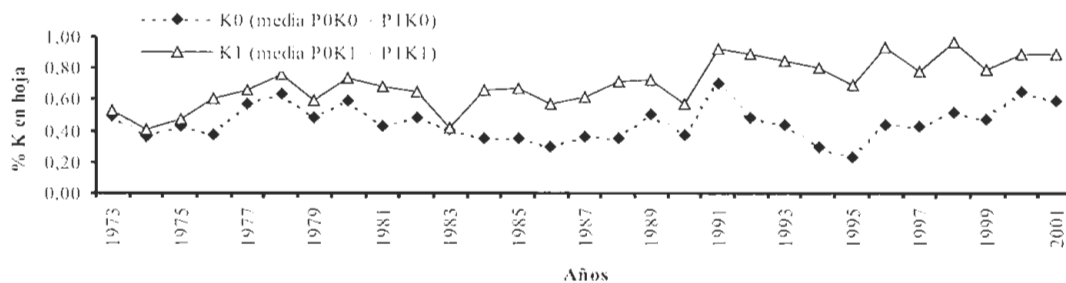


Figura 3. Ensayo K. Niveles de K en lámina de hoja

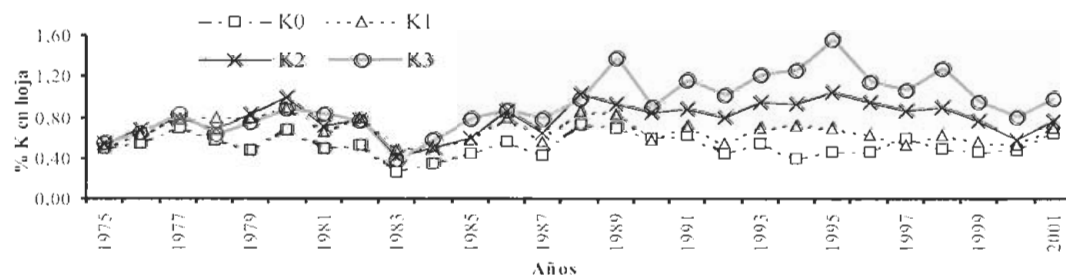




Figura 4. en hoja con o sin Pecíolo

Figura 4. K en hoja con o sin Pecíolo

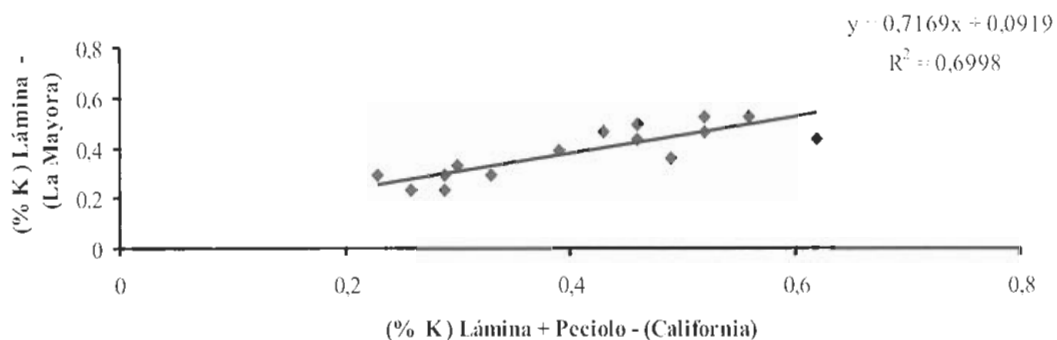


Figura 5. Ensayo PK. Extracciones de K

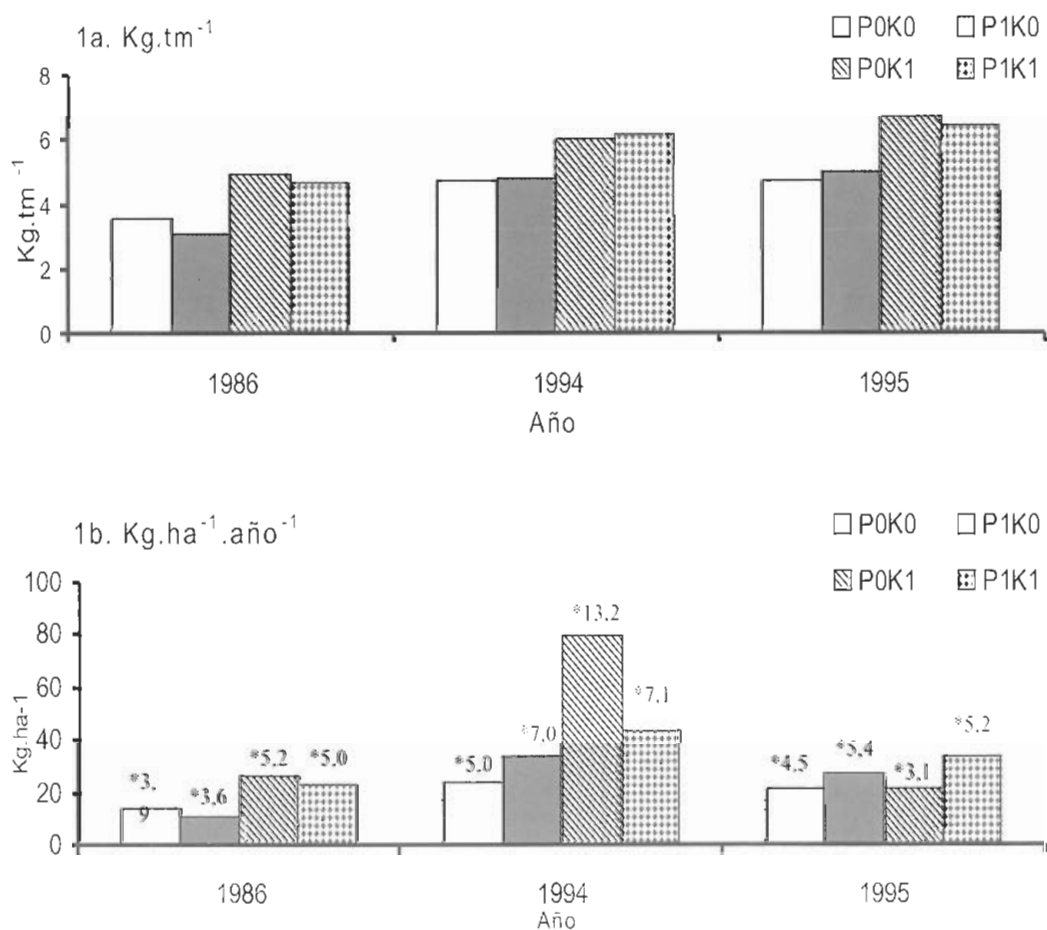
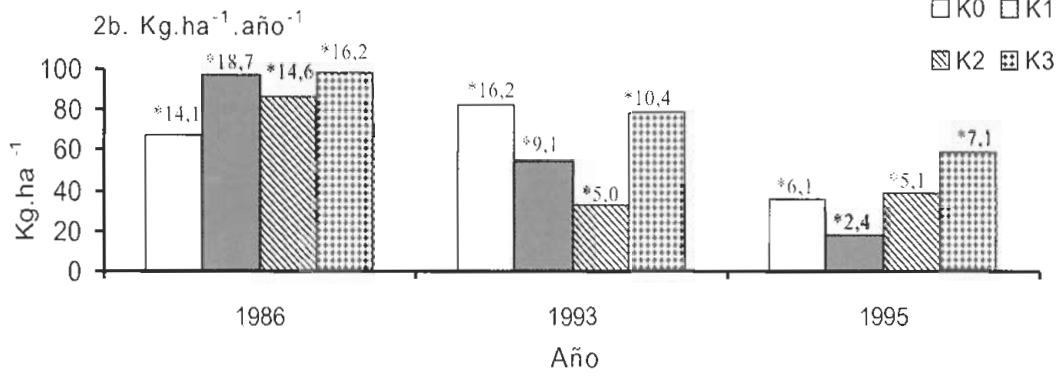
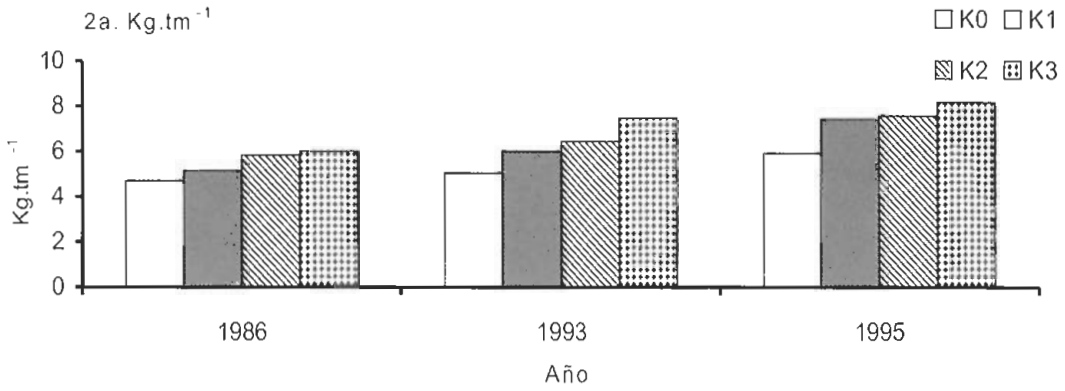


Figura 6. Ensayo K. Extracciones de K



\*Los supernúmeros son rendimientos en  $\text{tm.ha}^{-1}$



## THE EFFECTS OF HUMIC ACID AND PHOSPHORIC ACID ON GRAFTED HASS AVOCADO ON MEXICAN SEEDLING ROOTSTOCKS

Phanuphong Rengrudkij<sup>1</sup> and Dr. Gregory J. Partida<sup>2</sup>.

**Horticulture/Plant and Soil Sciences Department. California State Polytechnic University, Pomona, California.**

### SUMMARY

An investigation was conducted to determine the effects of 12 % humic acid (HA) and 29 % phosphorous acids + 26% potassium (PAK) on the plant growth of grafted Hass avocado on Mexican seedling rootstocks over a 7 months period (May 2002-November 2002). The addition of a combination of HA+PAK indicated the highest increase in shoot height by 36.2 % and shoot diameter by 21.2% over the untreated trees. Humic acid treated trees increased by 28% in shoot height and 19.2% in shoot diameter. PAK treated trees increased by 21.7% in shoot height and 15.5% in shoot diameter over untreated trees at  $p < 0.01$  levels. The combination of HA+PAK and HA alone significantly increased tree biomass and relative growth rate (RGR) in comparing to untreated trees. There was no significant difference between the PAK treated trees and the untreated trees.

Iron uptake by the plants was also effected by the addition of HA+PAK and HA. Leaf analysis showed a high level of nitrogen and a slight increase in potassium in the tree treated with HA and HA+PAK. However, untreated trees and PAK treated trees did not have any effect in N and K uptake. The application of HA also increased Ca and Fe. This study showed that the application of humic acid has a positive influence in promoting overall tree vigor. Treated trees were larger and the root system was better developed than the untreated trees.

<sup>1</sup> *In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Plant Sciences.*

<sup>2</sup> *Professor in the Horticulture/Plant and Soil Sciences Department, College of Agriculture, California State Polytechnic University, Pomona, California.*

**gjpartida@csupomona.edu**

## INTRODUCTION

The establishment of a successful avocado orchard requires careful planting and caring of the trees during the first 2-3 years after planting. One of the most important factors is the selection of healthy and vigorous nursery trees. No combination of favorable climate, good soil, water, and management can overcome the handicap of inferior trees. Many young trees fail to become established in the ground, especially clonal rootstocks, which tend to have weaker root systems due to less developed taproot compared with seedling rootstocks. Another problem in establishing the trees is wind damage. During strong Santa Ana winds, young trees without a strong root system tend to be more damaged than those with a good strong root system. Healthy, strong and vigorous trees are able to withstand pest and disease infections and recover much faster from adverse effects.

In California, avocado seedlings of the Mexican race are commonly used for rootstock as they are more adapted to the cooler subtropical areas. Grafted avocado trees generally take at least 6 months to reach saleable tree size. Reducing time and labor by stimulating tree growth may help to decrease production cost of nurseries.

Currently, at Cal Poly Pomona avocado orchards, phosphoric acid and 12% humic acid are used to promote tree growth. Phosphoric acid is a soluble fertilizer, which has shown to help fruit trees growing in *Phytophthora cininamoni* root rot infected soils. Injecting phosphoric acid into infected avocado trees resulted in improved root growth in *P. cininamoni* root infected areas. During the past several years, humic acid has been promoted by many commercial companies as a plant growth amendment. However, most of the research has been done in annual crops such as, vegetables growing in the hydroponics systems. Data on the influence of humic acid on avocado is currently very limited or non-existent. More information is needed on increasing plant nutrient content and improving avocado growth by using humic acid and phosphoric acid as a cultural practice.

The purpose of this study was to monitor the influence of 12% humic acid (HA), 29% phosphoric acid + 26% potassium (PAK) and a combination of HA+PAK on avocado growth (dry shoot and root weight) and relative growth rate of Hass scions grafted onto Mexican seedling rootstocks. The objectives of this study were to: 1) observe and monitor monthly the influence of HA, PAK and HA+PAK on tree height and tree diameter of Hass scions grafted onto Zutano seedling rootstocks. 2) Measure any differences in the dry weight of shoots and roots of the Hass avocado trees treated with HA, PAK and HA+PAK. Leaf tissue analysis was used to check the relative nutrient status of the treated avocado trees.

## LITERATURE REVIEW

Humic acid (HA) is a heterogeneous mixture of many compounds with generally similar chemical properties; it performs various functions in the soil and on plant growth. One of the functions of HA is the positive effect on the promotion of root development. Tattini et al. (1990 and 1991) reported that HA increased the root/shoot ratio as well as the production of thin lateral roots of olive plants. In addition, HA, prepared from leonardite coal, stimulated both shoot and root growth (Adani et al., 1998).

Humic acid is also known to improve nutrient absorption and plant growth. In many soils, phosphate readily forms in almost insoluble mineral compounds, such as apatite. Experimental data conducted by Lobartini et al. (1994) reported that increasing the amount of HA increased the rate of dissolution of apatite. Olk and Cassman (1995) reported that the addition of HA to vermiculitic soils reduced K fixation and resulted in greater total extractable K and highly labile K, as well as plant K uptake.

Organic phosphates are the compounds that provide the energy for most of the chemical reactions that occur in living cells and help stimulate root growth. Pegg et al. (1987) reported that avocado trees affected by root rot caused by *Phytophthora cininamoni* recovered rapidly when phosphoric acid was applied.

## MATERIALS AND METHODS

Uniform grafted Hass avocado trees on Mexican seedling rootstocks were obtained from LaVerne nursery. The experiment was conducted in the nursery at Cal Poly Pomona University. The trees were maintained conventionally except no lateral shoots were removed in order to prevent any effect on shoot growth. Plants were watered every two days or as needed. Soluble fertilizer, 150 ppm of N, 100 ppm of P, and 100 ppm of K, was applied every week to all of the trees. The final fertilizer application was done 3 week before the leaves were taken for leaf analysis in order to prevent excess accumulation of the nutrients.

The experiment consisted of four treatments (control), commercial humic acid (HA) derived from leonardite coat, commercial phosphoric acid + potassium (PAK), and combination of HA and PAK. The treatments were arranged in a complete randomized block design with 4 replications. Each treatment consisted of 6 trees for a total of 96 plants. The experiment started on May 15, 2002 and ended on 25 November 2002. Humic acid was applied monthly to the pots at the rate of 1 ounce of 12% humic acid per gallon of water. One ounce of 29% phosphoric acid + 26 % potassium per one gallon of water was applied as a foliar application with a low volume sprayer till run off. The last application was applied in October 2002. Pesticides were not needed for any pests or diseases during the experiment.

Shoot growths from ground to apical meristem were monitored every 30 days for stem height measurements. At the end of the experiment, stem diameter at 1" above bud union was measured. Leaf tissue analysis was done at the end of experiment to check the effects of humic acid and phosphoric acid treatments on the nutrient uptake. Ten of the expanded and fully mature leaves were randomly selected from each block of each treatment for a total of 40 leaves per treatment. A plant tissue analysis was done at Fruit Growers Laboratory, Inc. in Santa Paula in Ventura County, California.

Before harvesting the trees, final shoot diameter and length were measured. After the measurements two trees of each treatment, for a total of 32 trees, were randomly picked. Plant roots were carefully removed from the pot and washed with water to remove the soil. Roots and shoots were separated and oven-dried at 90°C for 72 hours and weighed for dry shoot and root mass measurements (Whiley et al., 1995). The hypothesis was tested with complete randomized block ANOVAs. Tukey's Honest Significant Difference Test (HSD) was used for the mean separation.

## RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the application of humic acid indicated an improved nutrient uptake on grafted avocados due to it is high cation exchange capacity (CEC). The addition of humic acid to grafted avocado resulted in the increase of plant nutrient uptake. Leaf analysis indicated an increase in nitrogen and potassium due to the addition of HA and HA+PAK (Table1). However, the application of PAK and untreated did not have any effect in N and K uptake. The study provided evidence that N content with application of HA was higher than the optimum range of N requirement, while N content with the application of PAK was lower than the optimum rage (Fig 1). The increase of N uptake with addition of humic acid had been previously reported (David, 1994, Tan, 1967 and Tattini, 1990). The effect of HA and HA+PAK supplementation showed better K uptake than the PAK treat-

ment (Fig 2). K fixation is one of the fertilizer application problems due to the fact that K is trapped and tied up between soil layers, especially in clay soils. The mechanism of HA that affects K<sup>+</sup> availability is not clear. Olk and Cassman (1995) proposed that the increase in K availability and decrease in K fixation results from an expansion of K-bearing interlayer and rapid exchange reaction at the interlayer of clay platelets rather than the dissolution of minerals. Humic acid is abundant in functional groups, which leads to the active interaction with a diverse range of mineral components. Among them are carboxylic acid (COOH) and hydroxyl (OH) groups with ability to chelate positively charged ions.

Table 1. Leaf tissue analysis of 7-month-old avocado leaves. The avocado plants were treated with humic acid (HA), phosphoric acid + potassium (PAK), HA+PAK, and an untreated control.

Treatments	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
Control	2.2	0.15	0.83	0.38	1.38	135	41
HA	2.6	0.14	0.98	0.45	1.73	169	50
PA	2.2	0.14	0.84	0.44	1.65	178	44
HA+PA	2.5	0.16	0.95	0.41	1.58	153	44
<b>Optimum Range</b>	<b>2.2 - 2.4</b>	<b>0.08 - 0.44</b>	<b>1.0 - 3.0</b>	<b>0.25 - 1.0</b>	<b>1.0 - 4.5</b>	<b>30 - 750</b>	<b>50 - 300</b>

The addition of humic acid by itself showed better results in nutrient uptake when compared to the combination of humic acid and phosphoric acid. The lower nutrient availability in the combination of humic acid and phosphoric acid may be associated with decrease in pH. As pH decreases, CEC can decrease due to the protonation of carboxylic groups as the concentration of hydrogen in solution increase. In this study, the decrease in nutrient uptake may be due to the decrease in pH in application solution rather than decrease in soil pH. The pH of humic acid application was dropped from 11.5 to 5.1 when mixed with phosphoric acid, which has a pH of 4.2. On the other hand soil, pH from humic acid and combination of HA+PAK treated soils remained at a pH of 6.1.

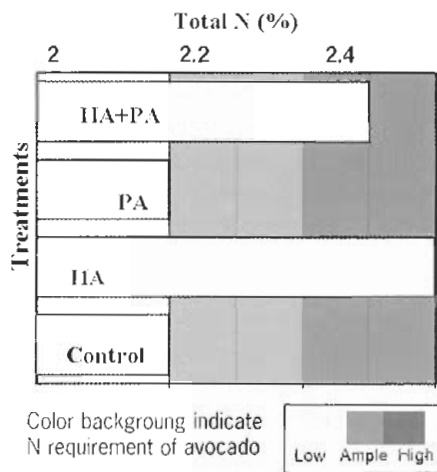


Figure 1. Total N in 7 month old avocado trees. The trees were treated with humic acid (HA), phosphoric acid (PA), HA+PA and untreated control.

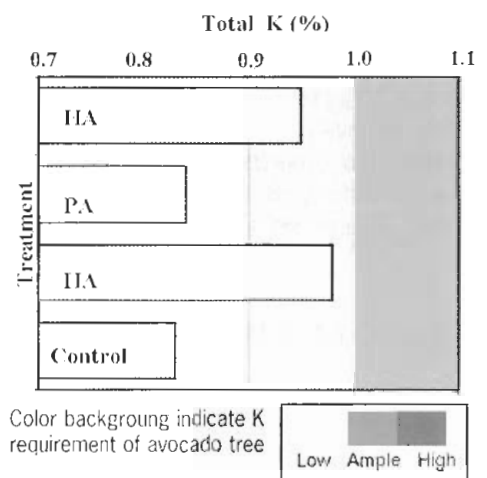


Figure 2. Total K in 7 month old avocado trees. The trees were treated with humic acid (HA), phosphoric acid (PA), HA+PA and untreated control.

This study indicated that the growth of grafted avocado was significantly increased with the additions of HA, PAK, and HA+PAK over the untreated trees (Fig 3). Shoot dry weight significantly increased with HA and HA+PAK treatments over the control at  $p < 0.05$  and dry root weight at  $p < 0.07$  (Fig 4). The increase of plant growth, plant biomass, and relative growth rate were likely an influence of humic acid since it was able to improve nutrient uptake, especially of nitrogen that leads to better growth in avocados. The effects of humic acid on plant growth have been reported in corn (Tan and Nopamornbodi, 1979), teak seedling (Fagbenro and Agboola, 1993), tomato seedling (David et al., 1994), (Ayuso et al., 1996), creeping bentgrass (Liu et al., 1998) and tomato (Adani et al., 1998).

Phosphoric acid and potassium seemed to be less effective in plant growth when compared with humic acid although there was no significant difference between humic acid, phosphoric acid and potassium, and the combination of both acids. Phosphoric acid by itself caused significant increase in tree height and diameter but not on shoot and root dry weight. However, Teng and Timmer (1994) reported that addition of phosphoric acid stimulated growth (107%), dry weight (362%) and N and P uptake.

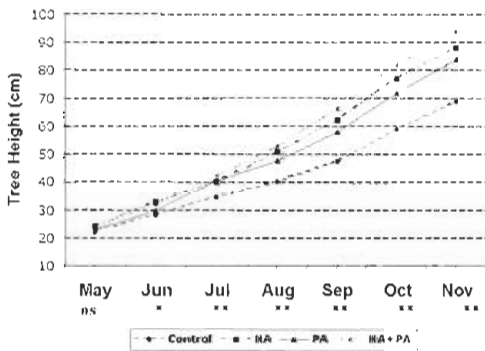


Figure 3. The effects of humic acid (HA) and phosphoric acid (PA) on tree height (cm) of grafted Hass avocado trees. ns = no significant, \* significant at 5% level and \*\* significant at 1% level

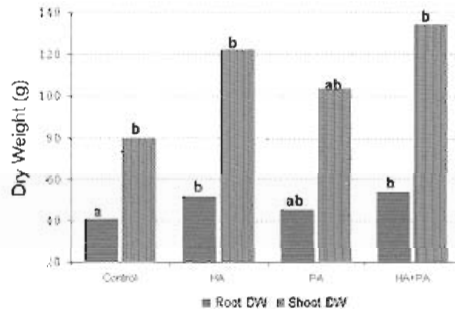


Figure 4. The effects of humic acid (HA) and phosphoric acid (PA) on shoot and root dry weight (g) of grafted Hass avocado trees. Bars with the same letters are not significantly different at  $p < 0.05$  with HSD Test.

## CONCLUSIONS

In this study, the combination of humic acid and phosphoric acid and potassium led to the highest results on plant growth, biomass, and relative growth rate. However, humic acid by itself seemed to be the best option on improving avocado plant growth since humic acid and the combination of humic acid and phosphoric acid + potassium did not show any significant difference between plant growth and biomass. In addition, application of only humic acid was less expensive when compared to the combination of humic acid and phosphoric acid + potassium.

The effects of humic acid on plant growth and nutrient uptake have been studied in many crops. However, no data are available on its effects on fruit production. The reduction of nitrogen fertilizer applications can help reduce the amount of N in the ground water. High levels of nitrogen in the ground water is becoming a serious problem. Long-term effects of humic acid on avocado growth and fruit production, including reducing nitrogen fertilizer, need to be further investigated.



## REFERENCES

- ADANI, F., P. GEREVINI, AND G. ZOCCHI. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *J. Plant Nutr.* 21(3): 561-575.
- AYUSO, M., T. HERNANDEZ, C. GARCIA, AND J.A. PASCUAL. 1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *biore-source Technology.* 57:251-257
- DAVID, P.P., P.V. NELSON, AND D. C. SANDERERS. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *J. Plant nutrition,* 17(1): 173-184.
- FAGBERNRO, J.A. AND A.A. AGBOOLA. 1993. Effect of different levels of humic acid on the growth and nutrient uptake of teak seedlings. *J. Plant Nutr.* 16(8): 1465-1483.
- LOBARTINI, J.C., K.H. TAN, AND C. PAPE. 1994. The nature of humic acid-apatite interaction products and their availability to plant growth. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 25(13-14): 2355-2369.
- LUI, C., R.J. COOPER, AND D.C. BOWMAN. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bent grass. *HortScience.* 33:1023-1025.
- OLK, D.C. AND K.G. CASSMAN. 1995. Reduction of potassium fixation by two humic acid fractions in vermiculitic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1250-1258.
- PEGG, K.G., A.W. WHILEY, P.W. LANGDON, AND J.B. SARANAH .1987. Comparison of phosetyl Al, phosphoric acid and metalaxyl for the long-term control of phytophthora root rot of avocado. *Aust. J. Exp. Agric.* 27: 471-474.
- TAN, K.H. AND V. NOPAMORNBODI. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn. *Plant and Soil.* 51: 283-287.
- TATTINI, M., P. BERTONI, A. LANDI, AND M.L. TRAVERSI. 1990. Effect of humic acids on growth and nitrogen uptake of container-grown olive plant. *Acta Horticulture.* 286:125-128.
- TATTINI, M., P. BERTONI, A. LANDI, AND M.L. TRAVERSI. 1991. Effect of humic acids on growth and biomass partition of container grown olive plant. *Acta Horticulture.* 294:75-80.
- WHILEY, A.W., P.A. HARGREAVES, K.G. PEGG, V.J. DOOGAN, L.J. RUDDLE, J.B. SARANAH, AND P.W. LANGDON 1995. Changing sink strength influence translocation of phosphonate in avocado. *Aust. J. Agric. Res.* 46:1079-109

## INDICES DE REFERENCIA NUTRIMENTAL N, P Y K EN AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*, MILL) VAR. "HASS" BAJO FERTIRRIEGO EN MICHOACÁN, MEXICO

L.M. Tapia V.<sup>1</sup>, J. L. Aguilera M.<sup>1</sup>, J.L. Rocha A.<sup>1</sup>, S. Cruz F.<sup>1</sup> y  
J. Z. Castellanos R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP),  
Av. Latinoamericana 1101 Uruapan, Mich. C.P. 60080 [cefapuru@prodigy.net.mx](mailto:cefapuru@prodigy.net.mx)

INIFAP-Bajío. Km 12 carr. Celaya-San Miguel. Ap. Postal 112. Celaya, Gto. C.P. 38010  
[casteja@attglobal.net](mailto:casteja@attglobal.net)

### RESUMEN

Dos experimentos durante dos años (2001 y 2002), fueron evaluados con respecto a su estado nutricional de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en las localidades de Ziracuaretiro, y Tancitaro, Mich., México. Los objetivos fueron relacionar los valores nutrimentales N, P y K en solución del suelo y extracto celular del peciolo (ECP) obtenidos con ionómetros portátiles con el rendimiento de fruto para proporcionar información de referencia aplicable al cultivo y estudiar la relación disponibilidad en suelo con el nutrimento asimilado en ECP. En una parcela de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. "Hass" con sistema de fertirriego por micro-aspersión se aplicaron las dosis 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 Kg. de N; 0.0, 2.0 y 4.0 Kg. de P; 0.0, 1.0 y 2.0 Kg. de K por árbol, también se consideró un testigo con el manejo convencional del productor (3-3-3). El diseño experimental fue bloques al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se llevó a cabo cada 45 días un monitoreo nutricional N, P y K en hoja y solución del suelo mediante mediciones rápidas con ionómetros específicos. El rendimiento máximo de fruta de calidad (cal. 12-18), relacionado a la concentración nutricional de  $N-NO_3$  y  $K^+$  en el extracto celular del peciolo (ECP) presentaron valores máximos de 255 y 2600 ppm para Tancitaro, respectivamente, en el mismo orden, en Ziracuaretiro fueron de 438 y 1975 ppm. Se encontraron relaciones significativas para P ( $r=0.87$  \*  $p\leq 0.05$ ) y K ( $r=0.81$  \*  $p\leq 0.05$ ) en la relación dosis aplicada ( $kg\ ha^{-1}$ ) versus concentración en la solución del suelo (ppm), no así en ECP para ningún nutrimento. El cultivo del aguacate mostró una respuesta parabólica a la absorción de N y K indicando que adicionar grandes cantidades de fertilizantes no logran mayor producción de fruta o mayor cantidad en ECP de N y K, sino por el contrario puede haber un descenso en la producción y menor concentración en ECP.

## INTRODUCCIÓN

Michoacán es el estado con mayor producción de frutas de exportación a nivel nacional (México). Mientras que el cultivo del aguacate, es el frutal de mayor importancia por superficie (80,000 ha) y por derrama económica \$4,500.00 millones anuales (US \$450.00 millones), por la venta directa de fruta en huerta. La calidad de fruto es el factor que condiciona en mayor medida el precio pagado por la fruta (APROAM, 2001). Sin embargo, sólo un 20% de la fruta de aguacate producida, alcanza calidad necesaria en tamaño y apariencia, para ser considerada al precio de compra más alto (generalmente para la exportación).

Uno de los factores que juegan un papel importante en la obtención de fruto de calidad es la nutrición del árbol. Los suelos de la franja aguacatera son deficitarios de N, P, Ca (Etchevers 1985), aunque tienen altos contenidos de K, generalmente no está disponible para la planta. Por este motivo, la aplicación de N, P, K y Ca es obligado para suministrar estos elementos al cultivo. Deficiencias y excesos de nutrimentos se expresan en el tamaño, cantidad y apariencia del fruto. Insuficiencia de N, produce frutos pequeños, y excesos ocasionan afectación del ambiente y profuso desarrollo vegetativo, el P se relaciona con la calidad y consistencia del fruto, el K se asocia con la apariencia y sanidad del fruto.

Las determinaciones de N, P y K en suelo y hoja no son disponibles al instante en huerta, debido a la necesidad de trasladar las muestras vegetativas del árbol al laboratorio, más el tiempo de análisis y salida de resultados, puede afectar la correcta nutrición y la toma de decisiones en la modificación del manejo nutrimental. La existencia en el mercado de equipo técnico para determinar *in situ* el estado nutrimental del cultivo, como son los ionómetros específicos para  $\text{NO}_3$  P y K basados en la solución del suelo y el extracto celular del peciolo (ECP), puede proporcionar información al instante acerca de la condición nutrimental del árbol y tomar decisiones también al momento. Sin embargo, no existe a la fecha información acerca de los valores de referencia adecuados para el suelo y el cultivo, aplicando esta tecnología y que sean válidos para el aguacate en Michoacán (Castellanos *et al.*, 1999). En este sentido, los objetivos de este trabajo fueron relacionar los valores nutrimentales N, P y K obtenidos con ionómetros portátiles en solución del suelo y ECP con el rendimiento de fruto para proporcionar información de referencia aplicable al cultivo y estudiar la relación disponibilidad en suelo con el nutrimento asimilado en ECP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y tratamientos.

El experimento se realizó en dos huertas de la variedad "Hass" en plena producción de 10 años de edad denominada "La Loma" en Ziracuaretiro, Mich. y "La Chiquita" de Tancitaro., Mich., durante dos años (2001-02). Los suelos de ambas localidades son derivados de cenizas volcánicas. Se clasifican como Eutric Hapludand y Vitric Hapludand, respectivamente (Alcalá *et al.* 2001), las principales características comunes en ambos suelos son pH ácido 6.5 (1:2 agua), M.O. 3-3.5%, CIC 20-25  $\text{cmol kg}^{-1}$ , con fuerte fijación del fósforo (>90%). Se evaluaron 4 niveles de nitrógeno 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0  $\text{kg/árbol}$ , tres niveles de fósforo 0.0, 2.0 y 4.0  $\text{kg/árbol}$ , y tres niveles de potasio 0.0, 1.0 y 2.0  $\text{kg/árbol}$  (Cuadro 1). En Ziracuaretiro, se agregó un tratamiento testigo que fue fertilizado y regado por el productor con 300-300-300. El diseño experimental fue Bloques al Azar y tres repeticiones. Cada tratamiento constó de una parcela de 6 árboles aislada con una válvula de control.

Cuadro 1. Dosis de N, P y K en kg árbol<sup>-1</sup> usadas como tratamiento de estudio.

Tratamiento	N (kg)	P (kg)	K (kg)
1	0	2	1
2	1	2	1
3	2	2	1
4	3	2	1
5	2	0	1
6	2	4	1
7	2	2	0
8	2	2	2
Testigo	3	3	3

En fertirriego, los nutrimentos se distribuyeron en diez aplicaciones durante el año. El N se mezcló con el K en el tanque de fertilización para inyectar la solución nutritiva al sistema de riego. El P fue adicionado por separado. Las fuentes de N, P y K utilizados fueron N-32, ácido fosfórico al 50% e Hidróxido de potasio al 45% todos en forma líquida. El inyector fue un Venturi con un diferencial de 0.3 MPa y una tasa de 1.0 L min<sup>-1</sup>. El testigo se fertilizó en marzo, junio y octubre de cada año, usándose 17-17-17 en dosis de 6 kg árbol<sup>-1</sup> en cada oportunidad. La cosecha de fruto fue en todos los árboles con el mismo tratamiento, pesando el fruto de cada árbol de manera individual.

### Análisis del Extracto Celular (ECP)

Se muestreó cada tratamiento en las 3 repeticiones, hojas maduras y limpias de la parte media del árbol lado sur, seis veces por año en las dos localidades. Se obtuvo el extracto celular, triturando los peciolo y depositando con jeringa unas cuantas gotas al sensor del ionómetro, para N y K. No fue posible determinar P en ECP de manera regular en todos los tratamientos, debido a fallas en la disponibilidad de los reactivos por lo que estos resultados no se presentan. Para extraer la solución del suelo, se introdujeron tubos de succión a 25 cm de profundidad, en cada uno de los tratamientos en una repetición. Las concentraciones en hoja y solución del suelo, se determinaron con los ionómetros (Horiba) de acuerdo a lo propuesto por Badillo-Tovar *et al.* (2001), para NO<sub>3</sub> y K y con espectrofotómetro Hanna para P. El medidor Hanna es modelo HI 93706 con rango de 0.0 a 15.0 mg l<sup>-1</sup> y Horiba para medir iones de K es modelo C-131 con rango de 5 a 4900 ppm y de NO<sub>3</sub> es modelo C-141 con rango de 4 a 6200 ppm

### Análisis de datos

Los promedios bianuales de cada tratamiento en ECP se relacionaron con el rendimiento de fruto de calidad (cal 12-18) mediante regresión parabólica por mínimos cuadrados, para obtener los valores máximos que optimizan la concentración en ECP y el rendimiento y así generar niveles de referencia para este cultivo (Rico, 2002). También se relacionó la dosis aplicada de nutrimento N, P y K con la disponibilidad en la solución del suelo y con la concentración en ECP. Se presentan las mejores relaciones para valorar los diferentes niveles de nutrición del cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación de diferentes dosis de N, P y K en fertirriego, produjo un incremento significativo entre la cantidad de nutriente empleado y la concentración promedio bianual encontrada en la solución del suelo, excepto para N (Figura 1). La ecuación NO<sub>3</sub> = 15.4 + 1.1 N (r = 0.57, n = 5 N.S. p > 0.05), representa la relación dosis aplicada de N (kg ha<sup>-1</sup>) versus disponibilidad NO<sub>3</sub> en la solu-

ción del suelo. Para fósforo (ppm), la función es  $P = -1.4 + 0.0013 P_2O_5$  ( $r = 0.87^*$ ,  $n = 4$  N.S.  $p \leq 0.05$ ). Mientras que en K, la función fue  $K^+ = -26.6 + 1.137 K_2O$  ( $r = 0.81^*$ ,  $n = 4$  N.S.  $p \leq 0.05$ ). Lo cual indica que para P y K la disponibilidad en el suelo de estos nutrientes, se relaciona significativamente con la dosis aplicada, sin embargo, en el caso del nitrógeno no se encontró respuesta similar. Para el caso del nitrógeno en que no hubo relación significativa ello pudo ser por las reservas del suelo, ya que eventualmente pueden ser necesarios varios años para tener efecto por ausencia de fertilización (Aguilera y Salazar 1996).

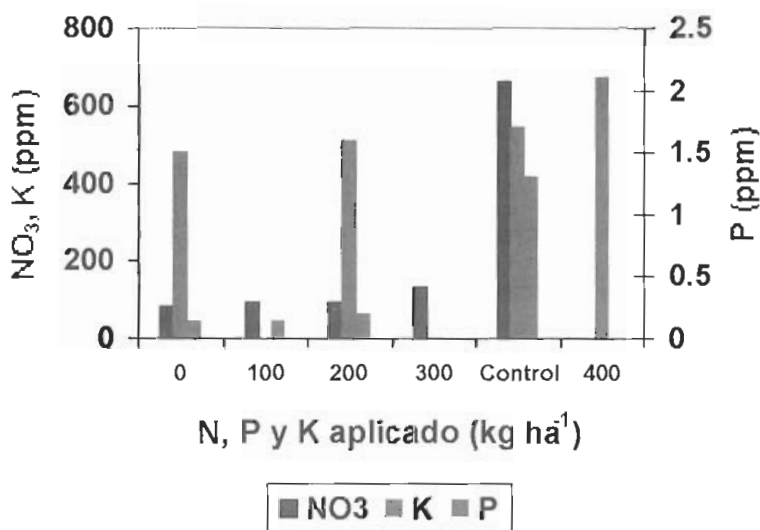


Figura 1. Concentración de nutrientes NO<sub>3</sub>, K y P en la solución del suelo en función de la aplicación de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O aplicado al suelo.

La Figura 2 muestra las concentraciones promedio bianual para N y K en el ECP de aguacate para ambas localidades. Con respecto al N aplicado se observa que en la localidad Ziracuaretiro las concentraciones en ECP fueron más altas que en Tancitaro en aproximadamente 15% más de N-NO<sub>3</sub>. Esta situación fue revertida para el caso del K<sup>+</sup> foliar ya que en Tancitaro se consiguió al menos un 10% más de concentración, excepto para el testigo que presentó la mayor concentración.

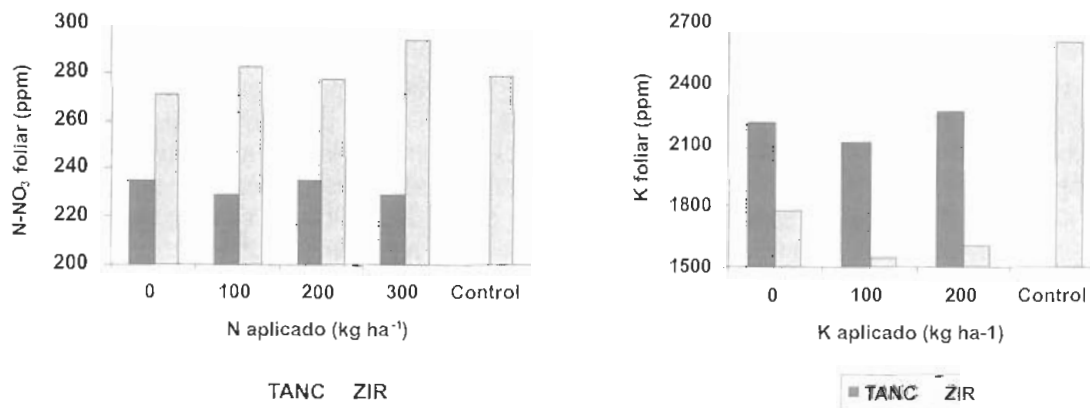


Figura 2. Concentración nutricional en ECP de aguacate por efecto de la fertilización aplicada.

Las concentraciones de N-NO<sub>3</sub> y K en ECP tiene en todos los tratamientos con fertirriego una respuesta uniforme, no hay respuesta significativa al incremento en las dosis aplicadas de N y K en la concentración ECP, por lo que como se aprecia en ambas figuras, aún las dosis más bajas (0 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de N y K) no son diferentes de las dosis más altas aplicadas (300 kg ha<sup>-1</sup> de N y K) en fertirriego. Aunque todavía es poco el tiempo de estudio, se puede atribuir que a través de fertirriego puede tenerse ahorro en la aplicación de fertilizantes y mantener una correcta nutrición del cultivo, como lo considera (Smith *et al.*, 1979) en el sentido de que la dosis de N en árboles frutales puede reducirse en 50% cuando es aplicado en sistema de fertigración por goteo

Las relaciones existentes entre la concentración nutrimental N-NO<sub>3</sub> y K<sup>+</sup> foliar y el rendimiento de fruto de primera calidad se presentan en el Cuadro 2. Estas funciones indican que existe una respuesta máxima en rendimiento de fruto la cual se ubica en 255 y 438 ppm de N-NO<sub>3</sub> para Tancitaro y Ziracuaretiro respectivamente, mientras que para K<sup>+</sup> está en 2600 y 1975 ppm para las mismas localidades, repectivamente.

El efecto en el rendimiento de fruto de primera calidad de aguacate, por parte de la concentración promedio bianual de N-NO<sub>3</sub> y K en PEC se presentan en las Figuras 3 y 4. Puede apreciarse que existe una tendencia parabólica por lo que el valor que maximiza el rendimiento, puede ser obtenida derivando la función. En ambas localidades la dispersión permitió ajustar a una función cuadrática (Cuadro 2) con coeficientes de correlación significativos para K en Tancitaro ( 0.48), y en Ziracuaretiro para NO<sub>3</sub> (0.37).

Cuadro 2. Funciones de respuesta al rendimiento de fruto en aguacate por efecto de la concentración N-NO<sub>3</sub> y K en ECP.

Localidad	Función	R	n	Máximo
Tancitaro	Rend = 618 + 5.62 N-NO <sub>3</sub> - 0.011 N-NO <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.37 NS	24	255
	Rend = -255.1 + 0.26 K - 0.00005 K <sup>2</sup>	0.48 *	24	2,600
Ziracua	Rend = 28.5 + 0.613 N-NO <sub>3</sub> - 0.0007 N-NO <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.37 *	27	438
	Rend = -51.7 + 0.158 K - 0.00004 K <sup>2</sup>	0.33 NS	27	1,975

\*, \*\* valores estadísticamente significativos a p≤0.05 and p≤0.01, respectivamente; ns: no significativos a p>0.05

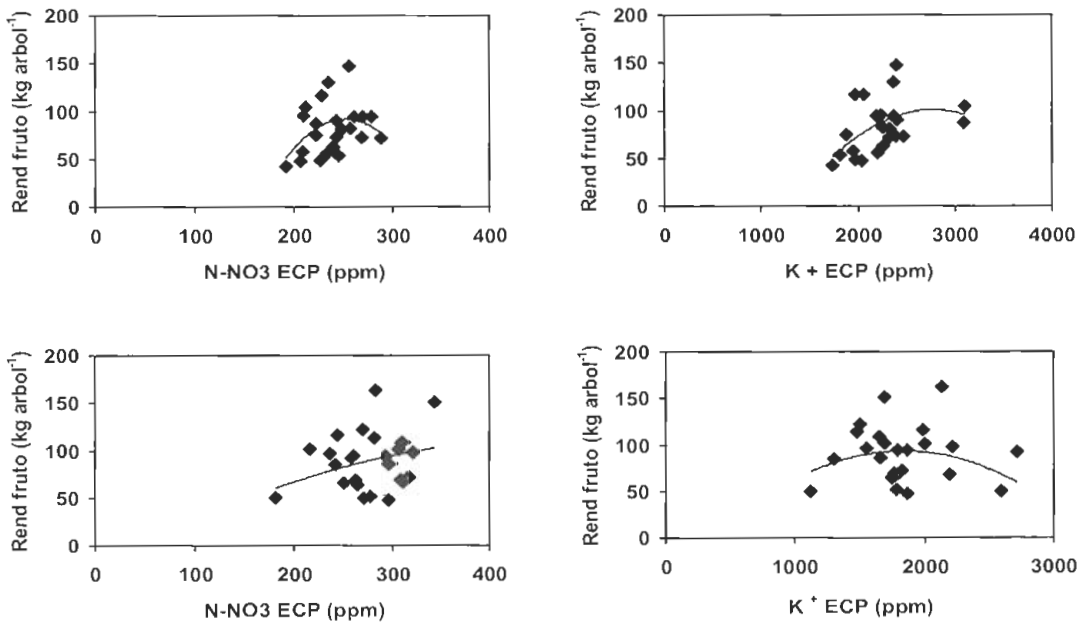


Figura 4. Efecto en rendimiento de fruto de aguacate por la concentración nutrimental en ECP en Ziracuaretiro, Mich.

Aún cuando las respuestas en producción de fruta de calidad no pueden considerarse definitivas por efecto de la concentración de N-NO<sub>3</sub> y K en el ECP, se han obtenido avances preliminares que pueden marcar la tendencia que seguirá el cultivo, debido a las altas producciones obtenidas, hasta 150 kg de fruto (cal 12-18) y que en el caso de las concentraciones de N-NO<sub>3</sub> en Ziracuaretiro y K en Tancitaro, son significativas.

## CONCLUSIONES

La relación fertilizante aplicado con la disponibilidad en la solución del suelo mostró relación directa en NO<sub>3</sub> ( $r = 0.57$ , N.S.  $p > 0.05$ ), P ( $r = 0.87^*$ ,  $p \leq 0.05$ ) y K ( $r = 0.81^*$ ,  $p \leq 0.05$ ), no así con la concentración ECP o con el rendimiento de fruto de calidad en la que no se encontró ningún tipo de relación consistente.

Para este periodo de estudio solo se encontró relación significativa con rendimiento de fruto de calidad, para N-NO<sub>3</sub> en la localidad Ziracuaretiro ( $r = 0.37^*$   $p \leq 0.05$ ), mientras que en Tancitaro la relación significativa fue para K<sup>+</sup> ( $r = 0.48^*$   $p \leq 0.05$ ). Los valores de referencia que optimizan la producción de fruto en Tancitaro son de 255 y 2600 ppm de N-NO<sub>3</sub> y K<sup>+</sup>, respectivamente, mientras que para Ziracuaretiro son de 438 y 1975 ppm, para los citados nutrimentos, respectivamente. Se sugiere continuar con este estudio al menos tres años más para lograr mayor consistencia en la información y en la respuesta nutrimental de la planta a las dosis de nutrimentos N, -P y-K.

### Reconocimientos.

Los autores agradecen el soporte económico del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Sistema de Investigación "Morelos"** para el proyecto 20000301013 "Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad y apariencia del fruto de aguacate en Michoacán", así como el financiamiento de los productores michoacanos a través del Comité Estatal de Sanidad Vegetal y la Juntas Locales de Tancitaro y Ziracuaretiro y de la Fundación Produce A.C.

## LITERATURA CITADA

- ALCALA, M.J., ORTIZ, S.C.A., GUTIERREZ, C.M.C. 2002. Clasificación de suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra*:19:227-239
- AGUILERA, M. J., L Y S. SALAZAR G. 1996. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento y tamaño del fruto de aguacate. Folleto Técnico N° 12. INIFAP, Uruapan, Mich. P 1-24.
- APROAM. 2001. El cultivo del aguacate en Michoacán, comercialización y exportación. Boletín. Uruapan, Mich. p. 13
- BADILLO, T. V., CASTELLANOS, J.Z., SÁNCHEZ, G.P., GALVIZ, E.A., ALVAREZ, S.E., UVALLE, B.X., GONZÁLEZ, E.D. ENRÍQUEZ R.S.A. 2001. Niveles de referencia de nitrógeno en tejido vegetal de papa var. Alpha. *Agrociencia*. 35:615-623
- CALIFORNIA FERTILIZAR ASSOCIATION. 1995. Manual de fertilizantes para horticultura. Ed. UTEHA. Tr. Manuel Guzmán Ortiz. México 297 p.
- CASTELLANOS, J.Z., X. UVALLE Y A. AGUILAR S. 1999. manual para el diagnóstico e interpretación de análisis de suelos y plantas. Celaya, Gto. 225p.
- DE LOS SANTOS, V. M., A. 1997. Experiencia sobre el manejo técnico y administrativo de una huerta de aguacate Var. Hass (*Persea americana*, Mill) en Ziracuaretiro, Mich. Tesis de Licenciatura. UACH. 150p.
- ETCHEVERS, J.D. 1985. Un cuarto de ciclo de investigación en los suelos volcánicos de México. Serie de
- CUADERNOS DE EDAFOLOGÍA. 1. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1-10pp.
- JASSO, C.C., J. VERA M., R. NUÑEZ E., J. MARTINEZ H., P. SÁNCHEZ G. 2001. Distribución de iones en el bulbo húmedo del suelo como producto del fertirriego por goteo. *Agrociencia* 35:275-285
- SMITH, M. W. , A. L. KENWORTHY, AND C. L. BEDFORD. 1979. The response of fruit trees to injection of nitrogen through a trickle irrigation system. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(3): 311-313.
- RICO, P. H. 2002. Fertirriego en papayo var. Maradol en el Valle de Apatzingán, Mich. CONACYT. X Simposio Investigación y Desarrollo. Morelia, Mich. p. 13





## FORMACIÓN ESTRUCTURAL DE PLANTONES DE AGUACATE EN VIVERO

Vicente M. García-Cañizares<sup>1</sup>, Robert Brokaw<sup>1</sup>, Lamberto Rocha<sup>1</sup> y Roberto G. Raya<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> **Brokaw Nursery, Inc. 1419 Lirio Avenue, P.O. Box 4818, Saticoy, California 93007-0818. Estados Unidos de América. Correos electrónicos: [vicente@brokawnursery.com](mailto:vicente@brokawnursery.com) y [rob@brokawnursery.com](mailto:rob@brokawnursery.com)**

### RESUMEN

En los plantones de aguacate (*Persea americana* Mill.) en vivero, una estructura columnar con un eje central altamente ramificado y un abundante follaje bien distribuido, permite interceptar más eficazmente la luz por las hojas, posibilitando un aumento de la fotosíntesis y en consecuencia de la biomasa producida.

En el éxito del establecimiento de una huerta de producción de aguacates, esta arquitectura columnar es un factor importante junto a otros como la elección del patrón, el nivel de enraizamiento del plantón, aclimatación adecuada de la planta para soportar el estrés y técnicas culturales apropiadas en la huerta, especialmente en los aguacates clonales.

En el bancal de desarrollo, la formación de los plantones de aguacate frondosos en columna con las ramas laterales repartidas uniformemente, va estar condicionada por el cultivo en vivero en muy alta densidad y por el sistema de crecimiento cíclico del aguacate en módulos con diferentes grados de dominancia apical que determina el nivel de ramificación lateral. Las operaciones de cultivo para la formación incluyen: selección y entutorado periódico del eje principal a medida que crezca, podas suaves y frecuentes de las ramas laterales, inducción de la brotación lateral mediante rebaje en caso de una intensa dominancia apical, despunte del ápice para frenar el crecimiento vertical cuando se alcanza la talla de venta, y entresaca y clasificación de los plantones por tamaños para maximizar la penetración de la luz, evitando que se sombreen, debido a su crecimiento irregular en el bancal.

**Palabras Clave:** *Persea americana*, estructura del plantón, poda de formación, entutorado, vivero

## INTRODUCCIÓN

La homogeneidad en tamaño, forma y calidad en los plántones en cada lote debe ser un objetivo importante para el viverista. La definición de estos conceptos puede ser variable y va a depender de la demanda y necesidades de sus clientes, de las características de su mercado y las leyes en vigor (Foucard JC, 1997). La arquitectura ideal para nuestros plántones de aguacates (*Persea americana* Mill.) en vivero es un eje principal robusto y derecho, con la parte frutal muy ramificada desde abajo hacia arriba con ejes laterales de primer y de segundo orden (monopodio) con gran cantidad de hojas. Resultando un plánton modelo de forma columnar y frondoso (Figura 1).

En el inicio del establecimiento del plantío, creemos que esta estructura columnar y frondosa, el temprano y completo endurecimiento de la planta en el vivero y un sistema radicular muy abundante son elementos claves para una aclimatación y un desarrollo óptimo de los plántones en la huerta de producción. Sin embargo, también es esencial una adecuada elección del patrón y otras labores complementaria como el acolchado, la correcta gestión de la fertirrigación, el control de enfermedades y plagas, y una posterior poda de formación conforme al tipo o manejo de la huerta. Según Stassen et al. (1995) en plantaciones de alta densidad la formación de árboles jóvenes con un eje principal en forma cónica o piramidal permite una mejor intercepción de la luz por las hojas y mejora la penetración de la luz dentro de la copa. Ello también sería aplicable a nuestro modelo de plánton en columna, pudiéndose extrapolar e inferir un incremento en la fotosíntesis y en la producción de biomasa de raíces y vástagos. Adicionalmente se previenen quemaduras solares en ramas y tallos, más protegidos por las hojas, reduciéndose significativamente o no siendo necesario el encalado.

De forma espontánea no se logra este modelo estructural. Ello es debido tanto al cultivo en muy alta densidad en vivero para rentabilizar el espacio disponible (Martin y Witney, 1995) como al sistema de crecimiento monopódico del aguacate en módulos mediante ciclos rítmicos de desarrollo vegetativo, que alternan con periodos relativamente cortos de reposo. La formación o inhibición de ejes axilares y el tipo de ramificación lateral, prolepsis y silepsis, se rige por la relación entre dominancia apical y acrotonía (Thorp y Sedgley, 1992). En este trabajo se describe las operaciones de cultivo usadas en nuestro vivero para modelar los plántones de acuerdo a lo deseado. Martin (1991) ha propuesto para árboles adultos de aguacate reinjertados en huerta, la formación de la copa en un eje principal ramificado para incrementar la distribución de luz en ella y aumentar la producción frutal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En la actualidad en Brokaw Nursery Inc. aproximadamente el 95% de los aguacates se propagan clonalmente mediante el método Brokaw (Brokaw, 1975; Brokaw, 1977 y Brokaw, 1987), en el resto se usan patrones de semilla. Hass representa alrededor del 90% de las variedades frutales injertadas en ambos métodos de propagación.

La aclimatación de los plántones desde el invernadero al exterior y la posterior plantación de éstos en contenedores fue descrita por Brokaw (1977, 1987). El cultivo de los plántones se establece en un bancal de desarrollo deliberadamente desprotegido, sin cortavientos ni mallas que lo cubra, para aclimatarlos completamente a la intemperie desde un principio. Ello es posible en el clima mediterráneo suave de la costa de California. El viento, no obstante, puede dañar los bordes y ápices de las hojas tiernas. Estas lesiones son más frecuentes en las orillas de los surcos y suelen ser de poca importancia. Los tutores ejercen una cierta acción cortavientos cuando las plantas son pequeñas. Con cuidado procurando no dañar las raíces, los plántones se enturoran inmediatamente tras la plantación para que crezcan erguidos y evitar quemaduras en los tallos cuando se ladean. Usamos estacas terminadas en punta de abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) de 22

mm x 18 mm x 1220 mm, por su razonable precio y por la firmeza y estabilidad que proporciona al plantón. El extremo que se clava se trata con naftanato de cobre, preservador biocida (Barnes et al. 2001), que previene la pudrición de la madera y aumenta su longevidad. Para un estacado uniforme se usa una guía de 920 mm, clavando el tutor unos 300 mm en el contenedor.

Poco después de la plantación se selecciona el mejor brote frutal, más vigoroso y grueso, como eje principal del plantón. Éste se amarra con cierta holgidez a la estaca hacia la mitad de su longitud con cinta de carroceros. Este amarre es provisional. Los demás brotes que puedan existir no se atan quedando libres. El eje principal a medida que crece se amarra con holgura usando el cintador agrícola Max Tapener (Max Co., LTD, Japón), realizándose 3 ó 4 amarres hasta la talla de venta. Previa a la entrega, a mano, holgadamente se ata el ápice del plantón con una cinta fuerte para darle firmeza. El entutorado del plantón a tiempo es esencial para que crezca derecho sin curvaturas.

En el plantón acabado, el punto de injertada queda bajo, correspondiendo alrededor del 10% al patrón y el 90% a la variedad frutal. La púa frutal desde que se injerta hasta la talla de venta del plantón (entre 900 y 1100 mm) crece en tres ciclos de desarrollo vegetativo, aunque pueden ser dos o cuatro. El primero se inicia con la brotación y crecimiento del vástago frutal hasta que el plantón se planta en el bancal, alcanzando éste alrededor de 1/3 de la talla de venta. Tras la plantada, durante un periodo de acomodación, el sistema radicular se desarrolla significativamente, los vástagos no crecen en longitud pero engruesan, las hojas se extiende, maduran y se hace más coriáceas. Tras ello se inicia el segundo ciclo alcanzando entre 2/3 y 3/4 del tamaño de venta. Sigue un periodo de reposo variable. En el tercer ciclo los plantones suelen sobrepasar el extremo superior del tutor. Se despunta el eje principal a este nivel antes de que las yemas pierdan vitalidad. Este crecimiento modular no es homogéneo, por ello periódicamente es necesario entresacar y clasificar las plantas por tamaños para que no se sombreen. Los surcos se reconstruyen en gradiente o mejor en categorías similares de tamaños. Ello es costoso pero mejora significativamente el rendimiento y la calidad de producción.

En los aguacates clonales durante el primer ciclo de desarrollo vegetativo, pensamos que es importante conservar una elevada cantidad de hojas y yemas activas para favorecer la formación de raíces adventicias (Reuveni y Raviv, 1980); por ello se mantienen todos los ejes laterales del patrón y de la púa frutal con sus hojas y yemas, despuntándolos leve y periódicamente para frenar su crecimiento y favorecer la ramificación. Al inicio del segundo ciclo de crecimiento, transcurridos al menos dos meses desde la plantación, se aclarean todas las ramas situadas en el tramo inferior de 230 mm para que no compitan con el eje principal; y para colocar en el momento de la venta un protector de cartulina de 254 mm x 228 mm alrededor de la unión del injerto frutal al patrón. La zona del vástago reservada para colocar el protector debe quedar desnuda de hojas y ramas debiéndose deshijar con periodicidad.

Hass en vivero puede ramificar de forma diferente en cada individuo y en cada módulo de crecimiento, habiéndose observado ramificación monopódica y simpódica con diferentes grados de dominancia apical. Para obtener un plantón frondoso es deseable un sistema de crecimiento monopódico con dominancia apical suave en cada módulo, que permita la formación de ejes laterales en silepsis y prolepsis. Ello a veces no es posible, debiéndose actuar en cada ciclo de crecimiento vegetativo para formar el plantón según el modelo propuesto. Existen dos situaciones problemáticas:

a) Fuerte dominancia apical. En segmentos de entre 200 a 300 mm sin ejes laterales un rebaje en su punto medio provoca la ramificación en silepsis y prolepsis por debajo del punto de corte, brotando entre 2 y 6 yemas axilares (Figura 2), siempre y cuando éstas tengan vitalidad; después de su absición no hay posibilidad de que se regeneren. Se realiza un corte ligeramente sesgado cerca de una yema lateral cuyo brote será el futuro eje principal (Calderón-Alcaraz E, 1993). A veces este

nuevo eje principal sigue teniendo una fuerte dominancia apical, con escasa o nula brotación de las yemas inmediatamente debajo de él. Es necesario despuntarlo tempranamente para frenar su crecimiento y forzar la brotación de los ejes laterales inferiores. Y así sucesivamente, según se requiera, formando un eje principal simpódico. Otro procedimiento alternativo para corregir la dominancia apical extrema sería doblar el vástago y crecer un nuevo brote frutal en su parte inferior, pero los rendimientos son pobres según nuestra experiencia previa.

b) Ramificación simpódica. En el tercer ciclo de desarrollo vegetativo es más frecuente la brotación de varios ejes prolépticos, usualmente tres, en el ápice del eje principal. El brote central puede detener su crecimiento (Figura 3), desarrollándose con mayor vigor uno (monocasio) o los dos (dicasio) ejes contiguos. Éstos se despuntan tempranamente para que crezca el brote central antes de que sea inhibido por ellos.

Para lograr una estructura equilibrada, en todas las ramas laterales en prolepsis y silepsis se hacen despuntes suaves y frecuentes a unos 200 mm, tempranamente evitando un crecimiento desmesurado, debiéndose mantener yemas activas. A mediados del otoño el eje principal se despunta a unos 100 mm por debajo del extremo de la estaca para favorecer la penetración de la luz a las partes bajas del plantón en la temporada fría; dejando yemas viables en el ápice que brotarán en primavera.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de esta metodología en cada módulo de crecimiento es muy efectiva para lograr una estructura que se ajuste al modelo propuesto, incrementando significativamente la calidad y cantidad de plantas vendibles. Es crítica la detección y corrección temprana de los casos problemáticos antes de que sean irreversibles; requiriéndose una vigilancia continua, frecuente y periódica durante el periodo de crecimiento activo, en cualquier momento que ocurra. Cuando se llega tarde no hay posibilidad de corregir con eficacia los defectos detectados.

Los casos problemáticos irreversibles son aquellos plantones que alcanzan la talla de venta con escasa o nula ramificación lateral desde abajo hacia arriba, los que únicamente tienen ramas en el extremo apical formando una cabeza con la parte inferior y central desnuda, aquellos otros con ramas laterales notablemente más vigorosas que el eje principal o bien este eje es sinuoso y/o espiral. Estos plantones no son aceptados habitualmente por los clientes, no se venden, debiéndose destruir.

### Agradecimientos

Ha sido de gran valor las sugerencias e ideas aportadas por W.H. Brokaw y Larry Rose en la definición de la arquitectura columnar para plantones de aguacate en vivero. Así mismo, la contribución de la plantilla de Brokaw Nursery, Inc. ha sido esencial para implementar la metodología descrita en nuestro sistema de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARNES HM, AMBURGEY TL, FREEMAN MH, BRIENT JA 2001. Field performance of copper naphthenate-treated hardwoods. 2001 Annual Meeting American Wood-Preservers' Association, Minneapolis, USA
- BROKAW WH 1975. Rootrot resistant avocado clonal rootstocks. *Plant Propagator* 21:4,7-8
- BROKAW WH 1977. Subtropical fruit tree production: avocado as a case study. *Combined Proceedings International Plant Propagator Society* 27:113-121
- BROKAW WH 1987. Avocado clonal rootstock propagation. *Combined Proceedings International Plant Propagator Society* 37:97-103
- CALDERÓN-ALCARAZ E 1993. La poda de los árboles frutales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, México, D.F., MÉXICO
- FOUCARD JC 1997. Viveros de la producción a la plantación. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid ESPAÑA, pp 57-94
- MARTIN G 1991. Avocado tree structuring. *California Avocado Society Yearbook* 75:51-56
- MARTIN G, WITNEY, G.W. 1995. Avocado tree structuring. *Proceedings of the World Avocado Congress III* pp 245-250
- REUVENI O, RAVIV M 1980. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106(2):127-130
- STASSEN PJC, DAVIE SJ, SNIJDER B 1995. Training young hass avocado trees into a central leader for accommodation in higher density orchards. *Proceedings of the World Avocado Congress III* pp 251-254
- THORP TG, SEDGLEY M 1992. Shoot growth and tree architecture in a range of avocado cultivars. *Proceedings of Second World Avocado Congress* pp 237-240



Figura 1. Plantón modelo de aguacate preparado para la venta con el protector colocado.



Figura 2. Rebaje del eje principal y brotación de las yemas axilares.



Figura 3. Ramificación simpódica del eje principal en aguacate Hass en el tercer ciclo de crecimiento vegetativo.

## ELEMENTOS MINERALES Y CARBOHIDRATOS EN PLANTONES DE AGUACATE 'CARMEN' INOCULADOS CON MICORRIZAS ARBUSCULARES

S.V.da Silveira<sup>1</sup>, P.V.D.de Souza<sup>1</sup>, O.C. Koller<sup>1</sup> y S.F. Schwarz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Departamento de Horticultura e Silvicultura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 7712. 91540-000 Porto Alegre, RS. Brasil.  
Correo electrónico: pvdsouza@ufrgs.br

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la inoculación de seis especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) (*Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. manihotis*, *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Gigaspora margarita*) en la nutrición mineral y el contenido de carbohidratos en plantones de aguacate 'Carmen' (*Persea sp.*). Se identificó un incremento significativo en la absorción de elementos minerales inducida por los HMA, pero hubo una variación de acuerdo con la especie del hongo y del elemento mineral. En la parte aérea y, en relación a las plantas Control, las plantas inoculadas con *S. heterogama* presentaron contenido (mg/planta) superiores en N, P, K, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *G. etunicatum* presentaron contenido superiores en N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *A. scrobiculata* presentaron contenido superiores en P, Cu y Zn; y las plantas inoculadas con *G. clarum*, presentaron contenido superiores en K, Ca, Cu y Zn. En las raíces, las especies *S. heterogama*, *G. etunicatum*, *G. clarum* y *A. scrobiculata* presentaron cantidades significativamente superiores a las plantas Control en P, Cu y Zn. Las especies *G. margarita* y *G. manihotis* no afectaron los niveles de los elementos minerales en las plantas evaluadas. Todas las especies de HMA aumentaron las cantidades de carbohidratos en la parte aérea de las plantas. Las especies *S. heterogama*, *G. etunicatum*, *G. clarum* y *A. scrobiculata*, que, en general han favorecido la elevación de los niveles de los elementos minerales en los plantones de aguacate, propiciaron, en consecuencia, un mayor desarrollo vegetativo. Las especies *G. margarita* y *G. manihotis* además de no afectaren los contenidos nutricionales, tampoco incrementaron el desarrollo vegetativo de los plantones.

**Palabras Clave:** *Persea sp*, endomicorrizas, nutrición.



## INTRODUCCIÓN

La producción de plantas de aguacate se realiza en macetas con el uso de sustratos desinfectados. La desinfección tiene como objeto eliminarse los patógenos del sustrato, pero junto con estos se eliminarían también los microorganismos benéficos, como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). En la medida que las hifas del hongo actúan en la planta como se fueran pelos radiculares, aumentando la superficie de absorción de los elementos minerales por las raíces del aguacate que, en estado natural, tienen pocos pelos radiculares, la eliminación de los hongos micorrízicos puede causar un gran perjuicio al desarrollo inicial de la planta (Siqueira y Franco, 1988). La calidad del hongo micorrízico puede incrementar la absorción de algunos elementos minerales, acelerando el desarrollo vegetativo de las plantas (Azcon-Aguilar y col., 1992).

Los elementos minerales se encuentran en la solución del suelo, de donde la raíz los absorbe en forma de iones. Para ello, es necesario que el elemento mineral entre en contacto con el sistema radicular. Existen tres mecanismos que propician este contacto: interceptación radicular, flujo de masa y difusión (Malavolta, 1985; Tedesco y col., 1995). Por aumentar el área de contacto entre las raíces y el suelo, los hongos micorrízicos aumentan la absorción de nutrientes, especialmente de aquellos que se mueven preferentemente por difusión (P, K, Mg y micronutrientes), que es un movimiento lento del nutriente en la solución del suelo (Malavolta, 1985; Siqueira y col., 2002).

La interacción planta X HMA es afectada por las condiciones del ambiente (Allen, 1991) y por la especie del hongo (Silveira y col., 2002). Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la inoculación de seis especies de HMA sobre la nutrición mineral y el desarrollo vegetativo de plantones de aguacate variedad Carmen.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en el Setor de Horticultura de la Estação Experimental Agronômica de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul, municipio de Eldorado do Sul, estado de Rio Grande do Sul, Brasil (30°05'27"S y 50°40'18"W).

En septiembre de 1997 las semillas de aguacate fueron sembradas en invernadero, dentro de cajones con arena desinfectada con formaldehído a un 7%. Trás la germinación las plantas se procedió el repicado de estas para bolsas de polietileno de 5 litros de volúmen, con sustrato desinfectado con formaldehído (un 7%). El sustrato consistió de una mezcla de arena: tierra arcillosa: residuo de corteza de acacia negra decompuesta (*Acacia mearnsii* De Wild.) (2:2:1, v:v:v). Esta etapa fue conducida bajo malla (sombreado de un 50%).

El sustrato fue analizado, determinándose el pH y los niveles de macro y micronutrientes. Hubo necesidad de corregir los niveles de P, visando llegar a una concentración de 20 mg L<sup>-1</sup>; los niveles de K<sub>2</sub>O, visando llegar a una concentración de 80 mg L<sup>-1</sup>; y el pH hasta 6,0. No hubo necesidad de corregir los niveles de los demás elementos minerales según las recomendaciones de la Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994) para la cultura del aguacate.

La inoculación del HMA se realizó inmediatamente antes del repicado con 30 g de raíces y suelo rizosférico de avena (*Avena strigosa* Schreb.) por planta.

Los tratamientos evaluados fueron: inoculación con *Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. manihotis*, *Acaulospora scrobiculata*, *Scutellospora heterogama*, *Gigaspora margarita* y Control (sin HMA). El diseño experimental fue de bloques al azar, con 4 repeticiones y 15 plantas por tratamiento y repetición.

Dos meses después del repicado se realizó el injertado de vareta con la variedad Carmen (*Persea* sp.)

Siete meses después del injertado, se midieron la altura, el diámetro del tallo inmediatamente arriba del injerto y el área foliar de cada planta, el contenido de elementos minerales y de sustancias de reserva en los tejidos de la parte aérea y de las raíces.

Los análisis de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn y Fe en los tejidos vegetales se realizaron a través de la digestión húmeda con ácidos fuertes. La digestión de N fue con  $H_2SO_4$  y catalizadores, para B y Mo se utilizó la calcinación según método descrito por Tedesco y col. (1995). Para los análisis de las sustancias de reserva, las muestras fueron sometidas a digestión según método descrito por Priestley (1965) adaptado por Souza (1990).

A los resultados se les aplicó el análisis de la varianza utilizando el test de Duncan a 5% para la separación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación al crecimiento de las plantas (Tabla 1), se observó que *G. clarum*, promovió mayor altura a estas, seguido por las plantas inoculadas con *G. etunicatum*, *S. heterogama* y *A. scrobiculata*; mientras las plantas inoculadas con *G. margarita* y *G. manihotis* no se diferenciaron de las plantas Control. Las especies *S. heterogama* y *A. scrobiculata* indujeron mayor área foliar por planta, mientras las plantas inoculadas con *G. manihotis* no diferenciaron de las plantas Control, y las demás especies indujeron área foliar intermedia entre las dos especies citadas.

Se observó que el contenido de los elementos minerales en la parte aérea de los plantones fue afectado por las especies de HMA de manera distinta (Tabla 2). En relación a las plantas Control, las plantas inoculadas con *S. heterogama* presentaron contenidos superiores de N, P, K, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *G. etunicatum* presentaron contenidos superiores de N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn; las plantas inoculadas con *G. clarum* presentaron contenidos superiores de K, Ca, Cu, Zn y Mn; las plantas inoculadas con *A. scrobiculata* presentaron contenidos superiores de P, Cu y Zn. Plantas inoculadas con *G. margarita* y *G. manihotis* no presentaron niveles de elementos minerales diferentes a las plantas Control.

Los resultados confirmaron el hecho de que los HMA tienen importancia en la absorción de nutrientes, en especial aquellos de lento movimiento en el suelo, como P y K (Colozzi-Filho y Balota, 1994).

En un experimento realizado por Menge y col. (1980), *G. fasciculatum* incrementó significativamente el porcentaje de N en las hojas de aguacate, en concordancia con los resultados obtenidos en este estudio con las especies *G. etunicatum* y *S. heterogama*. Además, Menge y col. (1980) observaron que plantones de aguacate micorrizados con *G. fasciculatum* presentaron niveles de P y K significativamente superiores al Control, en concordancia a lo que se encontró en el presente estudio.

Por otro lado, se confirmó el hecho de que ni todas las especies de HMA son eficientes en el auxilio de la absorción de nutrientes, puesto que Menge y col. (1980) observó que *G. fasciculatum* no favoreció un aumento significativo en la absorción de Ca y Mg en plantones de aguacate, así como ocurrió en este estudio con las especies *A. scrobiculata*, *G. margarita* y *G. manihotis*.

En la Tabla 3 se puede observar que todas las especies de HMA indujeron contenidos de carbohidratos en la parte aérea significativamente superiores a las plantas Control. Las plantas inoculadas con *S. heterogama*, *G. etunicatum* y *G. clarum*, tuvieron incrementos de un 52%, 47% y 36%, respectivamente. Las especies *A. scrobiculata*, *G. margarita* y *G. manihotis* promovieron, en media, un incremento del orden de 22, 5% superior a las plantas Control.

En las raíces, a excepción de las plantas inoculadas con *S. heterogama* y *G. margarita*, las demás especies de HMA indujeron niveles de carbohidratos superiores a las plantas Control, cuyo mayor valor encontrado fue en las plantas inoculadas con *G. etunicatum* con un 67% de incremento (Tabla 3).

La relación entre el contenido de carbohidratos (Tabla 3) presente en las raíces así como en la parte aérea fue semejante en todos los tratamientos, indicando que los incrementos en carbohidratos debido a los HMA fue igualmente proporcional en las dos partes de las plantas.

La respuesta en crecimiento (Tabla 1) fue consecuencia de la absorción de elementos minerales (Tabla 2) y el contenido de carbohidratos (Tabla 3) propiciada por las especies más eficientes de HMA, existiendo una correlación positiva y estrecha entre los factores.

## CONCLUSIONES

- La influencia de los HMA en la absorción de nutrientes y en la acumulación de carbohidratos en plántones de aguacate varió con la especie, siendo las más eficientes *S. heterogama*, *A. scrobiculata*, *G. etunicatum* y *G. clarum*.
- Hubo una relación directa entre el incremento en el desarrollo vegetativo y en el contenido de elementos minerales y en carbohidratos en los tejidos del aguacate promovido por los HMA.
- Los HMA, en general, favorecieron la absorción de N, P, Cu, Zn y Na en los plántones de aguacate.

## Agradecimientos

A la CAPES y al CNPq por la concesión de las becas para realización de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, MF 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge UK
- AZCÓN-AGUILAR, C; BARCELO, A; VIDAL, MT; VINA, G. 1992. Further studies on the influence of mycorrhizal on growth and development of micropropagated avocado plants. *Agronomie* 46: 837-840
- COLOZZI-FILHO, A; BALOTA, EL 1994. Micorrizas arbusculares. In: Hungria, M; Araujo, RS (Eds.) Manual de métodos empregados em microbiologia agrícola. Embrapa, Brasília, Brasil, pp 383-418
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC 1994. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande e de Santa Catarina. SBCS-Núcleo Regional Sul, Passo Fundo Brasil
- MALAVOLTA, E 1985 Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: Ferri, MG, Fisiologia Vegetal 1. EPU, São Paulo, Brasil, pp 77-97
- MENGE, JA; LARUE, J; LABANAUSKAS, CK; JOHNSON, ELV 1980. The effect of two mycorrhizal fungi upon growth and nutrition of avocado seedlings grown with six fertilizer treatments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105: 400-404

SOUZA, PVD 1995. Efeito de Concentração de etefon e pressões de pulverização foliar no raleio de frutinhos em tangerineiras (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

SILVEIRA, SV; SOUZA, PVD; KOLLER, OC 2002. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on vegetative growth of avocado rootstocks. 37:3003-309

SIQUEIRA, JO; FRANCO, AA 1988. Micorrizas. In: Siqueira, JO; Franco, AA Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. MEC-ESAL, Brasília Brasil, pp 125 -177

SIQUEIRA, JO; LAMBAIS, MR; STÜRMER, SL 2002. Fungos micorrizicos arbusculares. Biotecnologia, pp.12-21.

TEDESCO, MJ; VOLKWEISS, SJ; BOHNEN, H; GIANELO, C; BISSANI, CA 1995. Análises de solos, plantas e outros materiais. UFRGS, Porto Alegre Brasil, 215p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

Tabla 1: Altura de planta y área foliar de plántones de aguacate variedad Carmen (*Persea* sp), inoculados con 6 especies de HMA, 9 meses después de la inoculación. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Tratamientos	Altura das mudas (cm)	Área foliar/planta (cm <sup>2</sup> )
Glomus clarum	30,47 a	1078,13 Ab
Scutellospora heterogama	25,16 ab	1273,24 A
Glomus etunicatum	27,37 ab	1174,65 Ab
Acaulospora scrobiculata	24,89 ab	1221,56 A
Gigaspora margarita	23,53 b	1180,02 Ab
Glomus manihotis	23,04 b	982,76 C
Control	23,03 b	1045,37 Bc

Números seguidos de la misma letra en la columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 2:** Contenido de macro y micronutrientes en la parte aérea de plántones de aguacate variedad Carmen (*Persea* sp), inoculados con 6 especies de HMA. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Tratamientos	Macronutrientes (mg/planta)				
	N	P	K	Ca	Mg
Glomus clarum	543,32 ab	56,57 c	776,17 ab	1086,63 A	217,33 ab
Scutellospora heterogama	554,23 a	82,71 a	802,39 a	827,20 Bc	223,35 a
Glomus etunicatum	581,02 a	74,71 ab	830,03 a	996,03 Ab	224,17 a
Acaulospora scrobiculata	519,72 ab	70,23 b	667,21 bc	702,32 C	175,59 c
Gigaspora margarita	497,37 ab	50,45 c	634,35 c	792,93 C	187,43 c
Glomus manihotis	491,05 ab	53,30 c	579,66 c	866,16 Bc	199,85 abc
Control	471,82 b	53,91 c	572,92 c	808,80 C	188,73 bc

Tratamientos	Micronutrientes (mg/planta)				
	Cu	Zn	Fe	Mn	Na
Glomus clarum	0,30 b	1,34 b	7,92 b	3,71 A	4,63
Scutellospora heterogama	0,36 a	1,58 a	8,90 ab	3,50 Ab	5,20
Glomus etunicatum	0,37 a	1,32 b	9,48 a	3,24 Bc	4,94
Acaulospora scrobiculata	0,27 b	1,20 b	6,35 ab	3,22 Bc	4,92
Gigaspora margarita	0,19 c	0,87 c	8,50 ab	3,17 bc	4,69
Glomus manihotis	0,19 c	0,81 c	7,93 b	2,97 c	4,36
Control	0,22 c	0,94 c	9,42 a	3,04 bc	5,06

Números seguidos de la misma letra, en la columna y dentro de macro y micronutrientes, indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabla 3:** Contenido de carbohidratos en la parte aérea, raíces y relación entre ellas en plántones de aguacate variedad Carmen (*Persea* sp), inoculados con 6 especies de HMA, 9 meses después de la inoculación. EEA-UFRGS, Eldorado do Sul, RS, Brasil.

Tratamientos	Carbohidratos (g/planta)		
	Parte aérea	Raíces	Raíces/Parte aérea
Glomus clarum	20,05 ab	2,18 b	0,11 a
Scutellospora heterogama	22,35 a	2,13 bc	0,10 a
Glomus etunicatum	21,62 a	2,97 a	0,14 a
Acaulospora scrobiculata	18,04 b	2,25 b	0,12 a
Gigaspora margarita	18,67 b	1,97 bc	0,11 a
Glomus manihotis	18,47 b	2,22 b	0,12 a
Control	14,71 c	1,78 c	0,12 a

Números seguidos de la misma letra en la columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

## INDICE DE AUTORES / AUTHOR INDEX





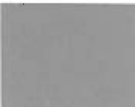

- Aedo M., 123  
 Aguilera Montañéz J.L., 317, 401, 461  
 Aguirre C., 787  
 Aguirre P.S., 365  
 Aguirre Paleo S., 825  
 Alcantar Rocillo J.J., 317, 323, 461  
 Alderson P.G., 69  
 Allen A., 793  
 Amador Seco M., 701  
 Ángel-Palomares E., 89, 103  
 Anguiano Contreras J., 317, 323, 461  
 Ávila-Quezada G., 467, 585, 591  
 Aycicegi-Lowengart A., 349  
 Baranowski R.M., 495, 503  
 Barceló-Muñoz A., 83, 97, 167, 537  
 Bárcenas O.A.E., 365  
 Bárcenas Ortega A.E., 825  
 Barnett A., 203  
 Barrientos P. A., 21  
 Beard M., 251  
 Becker D., 47  
 Ben-Ya'acov A., 13, 21, 27, 35, 149, 155  
 Bertuglia A., 845  
 Bezuidenhout J., 617  
 Billing D., 665  
 Biscegli C.L., 695  
 Bonales J., 817  
 Botha A., 567  
 Bravo-Mojica H., 473, 477, 481, 509  
 Brokaw R., 409  
 Bruwer A.T., 227  
 Bufler G., 27, 35  
 Burdon J., 665  
 Burmeister D., 665  
 Cabezas C., 231, 237  
 Calatrava Requena J., 209, 831, 845  
 Campbell A.M., 713  
 Cantuarias T., 267  
 Carlini B., 311  
 Castañeda-González E.L., 473, 477  
 Castellanos R.J.Z., 401  
 Castro M., 123, 155  
 Chang T.L., 55, 243  
 Chávez-León G., 323  
 Chen I-Z., 55, 243  
 Chibi P., 617  
 Coria Avalos V.M., 317, 323, 461  
 Cortés S., 295  
 Cruz F.S., 401  
 Cuevas J., 231, 237  
 Cutting J.G.M., 623, 629, 635, 647, 773  
 Czepulis Casares J.A., 787  
 da Silva W.T.L., 695  
 da Silveira S.V., 415  
 Darrouy N., 123, 155  
 Davenport T.L., 221  
 de Souza P.V.D., 415  
 del Moral-Navarrete L., 519, 525  
 Díaz Hernández S., 61, 573  
 Dixon J., 623, 629, 635, 647  
 Domínguez Correa P., 61, 573  
 Dorantes L., 761  
 Downer A.J., 719  
 Duncan R., 503  
 Durigan J.F., 695  
 Duvenhage J.A., 579  
 Efendi D., 111, 115  
 Elmsly T.A., 623, 629, 647  
 Everett K.R., 601  
 Faber B., 203, 561  
 Faber B.A., 439, 719  
 Farré J.M., 135, 161, 177, 191, 195, 289, 295,  
 301, 305, 381, 387, 549, 671  
 Fassio C., 123, 155  
 Fernández Vera B.A., 787  
 Fichet T., 359  
 Frías H., 779  
 Fuentes-Fiallo V.R., 39  
 Fuentes-Lorenzo J.L., 47, 73  
 Gallo Llobet L., 61, 573  
 García J.D., 707  
 García-Cañizares V.M., 409  
 García González J.D., 701  
 Gardiazabal F., 267, 329  
 Gasca Vazquez I., 115  
 Gimeno H., 181, 185  
 Glenn H., 495, 503  
 Gómez R., 273  
 Gómez-Lim M.A., 89, 115  
 González F., 267  
 González-Arencia C, 47  
 González-García G.L., 39  
 González-Hernández H., 467, 473, 477, 481, 509  
 González-Herrera A., 449  
 Goren M., 13  
 Granger C., 359  
 Guajardo S., 659  
 Guerra-Torrez M., 73

- Guillén-Andrade H., 89, 103  
 Guirado E., 191, 209, 301, 845  
 Guzman R., 199  
 Guzmán Aguirre D., 825  
 Hermoso J.M., 135, 161, 177, 195, 289, 295, 305, 381, 387, 549, 671  
 Hernández F., 607  
 Homsy S., 803  
 Hough A., 567  
 Howarth M.S., 679, 687  
 Huanosto M.F., 365  
 Hueso J.J., 231, 237  
 Imbroda I., 167, 537  
 Ioannides Y., 679, 687  
 Jaime S., 387  
 Jiménez Izarraraz M.P., 811  
 Johansen-Naime R., 467  
 Johansen-Naime R. M., 455, 473, 477, 481, 735  
 Johnston P.R., 601  
 Jong T.M., 243  
 Jurado F., 167  
 Jurado I., 167  
 Koller O.C., 415  
 Kremer-Köhne S., 129, 555  
 Kruger F.J., 611, 617, 641  
 Lahav E., 349  
 Lallu N., 665  
 Lara Chavez B.N., 317  
 Lazcano-Ferrat I., 373  
 Legua P., 607  
 Lemmer D., 611, 617  
 Letsoalo L., 617  
 Ling P., 769  
 Litz R.E., 111, 115, 119  
 Liu C-A., 55  
 Llobell A., 725  
 López J.C., 161  
 López-Collado J., 509  
 López-Herrera C.J., 519, 525, 531, 537, 543  
 Lu M-T., 55, 243  
 Magdahl C., 267, 329  
 Malumane T.R., 617  
 Mandemaker A.J., 623  
 Márquez-Martín B., 83, 97  
 Martínez J., 257  
 Martínez J.J., 257  
 Martínez R., 181, 185, 257, 283, 607  
 Martínez-Valero R., 181, 185, 257, 283, 607  
 Mathumbu J.M., 641  
 McNeil R., 199, 251, 253, 263  
 Medders D., 199  
 Medina D., 273  
 Melgarejo P., 283  
 Mena F., 267, 329  
 Menge J.A., 719  
 Michelson E., 149  
 Mojica-Guzmán A., 455, 481  
 Mokgalabone M L, 129  
 Molina E.J., 365  
 Monte E., 725  
 Mora R., 761  
 Mora-Aguilera G., 585  
 Morales-Galvan O., 509  
 Morales-García J.L., 461, 735  
 Moreno R., 549  
 Mukhumo M L, 555  
 Mulo S.F., 343  
 Navarro J., 817  
 Newett S.D.E., 343  
 Nxundu Y., 617  
 Ochoa-Martínez D.L., 473, 477  
 Oevering P., 439  
 Olaeta J.A., 653, 659, 749, 755  
 Olalla L., 167  
 Opazo G., 653  
 Ortega Tovar M.A., 741  
 Ortiz A., 761  
 Padilla, C.M., 445  
 Pak H.A., 623, 629, 635, 647  
 Parkes S.L., 601  
 Parodi G., 311  
 Parsons G., 263  
 Partida G.J., 395  
 Pedraza O., 817  
 Pellegrini R., 185  
 Peña J.E., 487, 495, 503  
 Perán-Quesada R., 83, 97  
 Pérez de Oteyza M.A., 305  
 Pérez Jiménez R.M., 531, 537, 543, 549  
 Pérez Zárate S., 573  
 Phillips P.A., 439  
 Pidduck W., 253  
 Pliego-Alfaro F., 83, 97, 537  
 Power J.B., 69  
 Prieto-Miranda E., 73  
 Raharjo S., 115, 119  
 Raithatha C., 679  
 Ramirez-Pérez I.M., 39, 47, 73  
 Ramokone P., 617  
 Raya R.G., 409

- Razeto B., 359  
Rees-George J., 601  
Rengrudkij P., 395  
Ríos Castaño D., 143  
Robbertse P.J., 227  
Rocha A.J.L., 401  
Rocha L., 409  
Rodríguez-Medina N.N., 39, 47, 73  
Rodríguez Pérez A., 61, 573  
Rodríguez-Rodríguez J.A., 39  
Rohde W., 47  
Román-Gutierrez M.A., 47  
Romero J., 181  
Rosales J.J., 311  
Rose L.S., 171  
Ruano-Rosa D., 519, 525  
Ruiz-Corral J.A., 323  
Salazar D., 283  
Salazar-García S., 373  
Salgado-Garciglia R., 89, 103  
Sanchez J., 695  
Sánchez-Romero C., 83, 97  
Santiago T., 761  
Santiago-Hernández L., 73  
Sayadi S., 209, 831  
Schaffer B., 335  
Schwartz M., 755  
Schwarz S.F., 415  
Sekhune S., 617  
Sela I., 149  
Sepúlveda M., 755  
Shmulevich I., 679, 687  
Simões M.L., 695  
Siverio de la Rosa F., 61, 573  
Skinner J.E., 567  
Smith D.B., 623, 629, 647  
Snijder B., 641  
Solís-Aguilar J.F., 473, 477, 735  
Solis-Molina A., 27, 35  
Soria J.T., 161, 167, 295  
Sourd-Martínez D.G., 39  
Spiers M., 561  
Suarez I., 115  
Taah K.T., 69  
Tafur Reyes R., 143  
Talavera C. M., 445  
Tapia Vargas L.M., 317, 401, 461  
Téliz-Ortiz D., 467, 585, 591  
Thorp G., 203  
Tijerina-Chávez L., 591  
Tomer E., 13  
Torres M.D., 195, 289, 381, 387  
Undurraga P., 653, 659, 755  
Valdés-Carbonel Y., 73  
Valle de la Paz A.R., 455, 481  
Valle de la Paz M., 455, 481, 735  
Vaquera-Huerta H., 467, 591  
Velázquez-Palenzuela J.B., 39, 47, 73  
Vidales-Fernández I., 89, 103  
Vidales Fernández J.A., 317, 461  
Villegas-Monter A., 509  
Vivar J.L., 167  
Waite G.K., 515  
Webb K., 515  
Webb M., 515  
Whiley A.W., 267, 335  
Wilhelmy C., 267, 329  
Willis A., 579  
Windler J., 273  
Witjaksono, 115  
Wolk Ch., 797  
Xiqués-Martín X., 47  
Yearsley C.W., 665  
Zea Bonilla T., 531, 537, 543, 549  
Zilberstaine M., 13





AGRICULTURA	
GANADERÍA	
PESCA Y ACUICULTURA	
POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIAS	
FORMACIÓN AGRARIA	
CONGRESOS Y JORNADAS	
R.A.E.A.	



JUNTA DE ANDALUCÍA

*Consejería de Agricultura y Pesca*