

Agromía ***Tropical***

Vol. 54 N° 1, 2004
ISSN 0002, 192X

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - VENEZUELA

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, anteriormente FONAIAP.

AGRONOMÍA TROPICAL publica trabajos inéditos sobre resultados de investigación obtenidos en las ciencias agrícolas y sus diferentes disciplinas: mejoramiento agronómico, recursos fitogenéticos, biotecnología, fisiología vegetal, edafología, fertilidad y nutrición de suelos, riego, protección vegetal, malezas, ecología y medio ambiente, maquinaria, sistemas de producción y tecnología de alimentos, entre otros.

La remisión de un trabajo a la revista implica que no ha sido publicado ni enviado simultáneamente para su publicación en otro medio. Los artículos y notas son revisados y evaluados por reconocidos especialistas para asegurar su calidad científica. El contenido de los trabajos (artículos, notas, ensayos...) es de la exclusiva responsabilidad de los autores.

INDIZACIÓN

AGRONOMÍA TROPICAL es reseñada e indizada por CAB Internacional (Reino Unido); TROPAG, Royal Tropic Institute (Holanda); REFERATIVNYI ZHURNAL, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information (Rusia); AGRIS, FAO (Roma); Base Agrícola Venezolana, INIA (Venezuela); Centro de Información y Documentación (Cuba); REVENCYT, Fundacite Mérida (Venezuela); PERIÓDICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM (México); REDPAV, Fundación Polar (Venezuela); WILDLIFE REVIEW ABSTRACTS, NISC Colorado (USA); BIOSIS (Reino Unido); AGRÍCOLA, National Agricultural Library (USA); Pest Directory, International Society for Pest Information (Alemania); LATINDEX, Directorio de Publicaciones Científicas de América Latina; Bibliografía Edafológica Venezolana, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo; MegaBase AGRI 2000, IICA-CATIE; Catalogue en Ligne del Institute de l'Information Scientifique et Technique, Francia; Base de Datos REVIS, CATIE, Costa Rica.

SUSCRIPCIÓN

Venezuela: 9 000,00

Países en desarrollo: US\$ 55, incluyendo costos de envío
(Developing countries) (including shipping)

Países desarrollados: US\$ 60, incluyendo costos de envío
(Developed countries) (including shipping)

DIRECCIÓN

La correspondencia debe dirigirse a: **AGRONOMÍA TROPICAL**, Av. Universidad, vía El Limón, Edificio Gerencia General, INIA. Apartado 2103. Maracay 2105. Aragua-Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Apartado 4653. Maracay 2101. Aragua-Venezuela.

Correo Electrónico: agrotrop@fundacite.arg.gov.ve

Página Electrónica: <http://www.redpav-polar.info.ve.agrotrop>

F. S. Horowitz, P. Otegon, Doris M. de Zepa, J. S. Medina (Dir.), Bruno Mazzari, W. E. J. Lira, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Olin Malagutti, Guiseppe Kavanallo, Luis A. Salas

EDITOR: Aydée Cabrera de Green
EDITOR ASOCIADO: Ricardo Ramírez
EDITOR ASISTENTE: Milagros Fernández

COMITÉ EDITORIAL

Ricardo Ramírez, María González, Félix San Vicente, Klaus Jaffe

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) publica esta revista trimestral de Agronomía Tropical.

Agronomía Trop. / Vol. 54 / N° 1 / Enero-Marzo 2004 / ISSN 0002-192X

FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzani, W. S. Iljin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Gino Malagutti, Guisepppe Ravanello, Luis A. Salas F., S. Horovitz, P. Obregón, Dora M. de Zerpa.

EDITOR: Aydée Cabrera de Green
EDITOR ASOCIADO: Ricardo Ramírez
EDITOR ASISTENTE: Milagros Fernández

COMITÉ EDITORIAL

Ricardo Ramírez
María González

Félix San Vicente
Klaus Jaffé

Aydée Cabrera de Green

CONSEJO DE REDACCIÓN

José San José. IVIC. Caracas
Gustavo Trujillo. UCV. Fac. de Agronomía
María A. Sobrado. USB. Caracas
José Pérez Roa. CIDIAT. Mérida
Jean Marie Hétier. ORSTOM. Francia
Eduardo Casanova. UCV. Fac. de Agronomía
Jorge Salas. INIA. CIAE Lara
Eva García. UCV. Fac. de Agronomía
Luis Avilán. INIA. CENIAP. Maracay
Guillermo H. Eyherabide. INIA. Argentina
Gloria I. Puerta. CINECAPÉ. Colombia
Jon Lizaso. Iowa State University
Gustavo Yépez. SYNGENIA. Guatemala
María L. Izaguirre. IVIC. Caracas
Inés Pino. Comisión Chile. Energía Nuclear

Yolanda Guevara. INIA. CENIAP. Maracay
Raúl Mosqueda Vásquez. INIFAP. México
Alfredo Layrisc. UCV. Fac. de Agronomía
Juan Comerma. PALMAVEN. Carabobo
David Beck. CIMMYT. México
Zaida Lentini. CIAT. Colombia
Graciano Elizalde. UCV. Fac. de Agronomía
Marisol Castrillo. USB. Caracas
José Barreiro Méndez. USB. Caracas
Juan Blanquer. Univ. Politec. Valencia. España
Ramón Rossel. Univ. Nac. del Sur. Argentina
Lelys Bravo. USB. Caracas
Berto Arias. INIA. CIAE Monagas
María Juana Pérez. INIA. CENIAP. Maracay
Segundo Urquiaga. EMBRAPA. Brasil

Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit)
el apoyo financiero otorgado para la edición de este número

ÍNDICE

Artículos:	Pág.
P. CARRIZO, D. BENÍTEZ y E. BERTOIA ESTANGA. Protocolo de recuento reducido para cinco tamaños diferentes de trampas adhesivas amarillas utilizadas en el monitoreo de <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande).....	5
Reduced counting protocol for five different sizes of sticky yellow traps used for monitoring of <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande).	
M. CEROVICH, F. MIRANDA, A. LÓPEZ, R. FIGUEROA y A. TRUJILLO. El peso específico como indicador de calidad física y fisiológica en semilla certificada de arroz.....	17
Specific weight as an indicator of physical and physiological quality of certified rice seed.	
L. ORTIZ de BERTORELLI, G. CAMACHO y L. GRAZIANI de FARIÑAS. Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao.....	31
Effect of certain sundrying variables on grain quality of fermented cocoa.	
G. RAMOS, A. GÓMEZ M. y A. DE ASCENCAO. Caracteres morfológicos determinantes en dos poblaciones de cacao criollo del occidente de Venezuela.....	45
Determinant morphological characters in two populations of criollo cocoa from western Venezuela.	

Artículos:	Pág.
N. R. ALBANY, J. VILCHEZ, J. G. GADEA, Z. VILORIA y C. CASTRO. Propagación asexual del guayabo mediante la técnica de acodo aéreo.....	63
Effect of vegetative propagation of guava using air layering technique.	
J. W. BUSTAMANTE, S. E. ROA, A. CASANOVA y L. ROSO. Líneas de café resistentes a la roya en una localidad del estado Táchira, Venezuela.....	75
Evaluation of rust resistant and tolerant coffee lines in a site of Tachira State, Venezuela.	
R. VILLAFAÑE, N. DeLEÓN, F. CAMACHO, R. RAMÍREZ y L. SÁNCHEZ. Acumulación y lavado de sales en columnas de suelo regadas con agua salina procedente de un pozo petrolero.....	93
Salt accumulation and leaching in soil columns irrigated with saline water from an oil well.	

Instrucciones a los autores

TRULLIO. El peso específico como	
factor y fisiológico en semillas de arroz	
Specific weight as an indicator of physical and physiological	
quality of certified rice seed	
ORRIN de BRIORELLI, G. CAMACHO y J. ORAZIANI de	
TARIFA. Efecto del exceso de sal sobre la calidad del grano	
de maíz.....	
Effect of excess salt on grain quality of corn	
G. RAMOS, A. GÓMEZ-M. y A. DE ASCENCAO. Caracteres	
morfológicos determinantes en dos poblaciones de cacao	
determinant morphological characters in two populations of	
cocoa from western Venezuela	

**PROTOCOLO DE RECuento REDUCIDO
PARA CINCO TAMAÑOS DIFERENTES DE TRAMPAS
ADHESIVAS AMARILLAS UTILIZADAS
EN EL MONITOREO DE *Frankliniella occidentalis* (Pergande)**

Paola Carrizo*, Daniel Benítez* y Emiliano Bertoia Estanga**

RESUMEN

Uno de los motivos para la baja adopción de las trampas adhesivas es el tiempo necesario para su recuento, el cual se incrementa con el tamaño de la placa. Durante la investigación se estudió la influencia del tamaño de la trampa en la factibilidad de aplicación de un sistema ya conocido de recuento reducido, distribuyendo al azar trampas amarillas de 5 diferentes tamaños, colocadas en grupos ($n=10$). Los insectos presentes en la trampa completa y en cada una de las trampas correspondientes a los 6 diseños de recuento reducido fueron contados. La prueba de *t*-pareada sirvió para verificar la diferencia entre las caras de una misma trampa, arrojando una diferencia significativa en el 96% de las pruebas. Cada una se consideró independiente en los análisis posteriores. A fin de comparar la captura/cm² en la superficie total *versus* la superficie parcial, en cada diseño correspondiente se utilizó un análisis de *t*-pareada. Para estas pruebas los diseños obtuvieron una captura/cm² igual o mayor a la obtenida en la trampa completa, para todos los tamaños de trampa. Esto demuestra que los insectos se agruparon en ciertos sectores de la trampa, lo cual fue más evidente en los tamaños mayores de trampa. El criterio utilizado para seleccionar el mejor diseño fue aquel que implicara una menor proporción de la superficie total y al mismo tiempo que obtuviera la respuesta más estable a través de los tamaños y las fechas. El diseño elegido consiste en dos franjas horizontales –superior e inferior–, lo cual implica llevar a cabo el recuento en forma confiable en el 40% de la superficie, para todos los tamaños de trampa probados.

Palabras Clave: Trampas adhesivas amarillas; tiempo de recuento; *Frankliniella occidentalis*.

* Profesor. Cátedra de Zoología Agrícola. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. C1417DSE. Buenos Aires. Argentina. E-mail: pcarrizo@agro.uba.ar

** Profesores. Cátedra de Zoología Agrícola. Universidad de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Calle 119 s/n 1900. La Plata. Argentina.

RECIBIDO: enero 31, 2003.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas y técnicas de monitoreo se utilizan para predecir la aparición de las plagas y para el seguimiento de las variaciones temporales en su densidad. Las trampas adhesivas son empleadas para el monitoreo del trips californiano de las flores, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) en el invernadero, como una herramienta adicional en la decisión del momento adecuado de la aplicación de medidas de control (Shipp, 1995).

Sin embargo, la difusión de las trampas adhesivas es mucho menor de lo esperado (Steiner *et al.*, 1999). Aun cuando las trampas requieren menos tiempo que el muestreo directo en la planta, aún deben colocarse en cada uno de los invernaderos y ser revisadas y recambiadas periódicamente.

Heinz *et al.* (1992) buscaron una solución a este problema mediante la aplicación de un método de estimación para trampas amarillas de pequeño tamaño. Ellos plantearon que el recuento de una franja vertical cualquiera de 2 o 3 centímetros de ancho, es un sistema apropiado para la predicción de la densidad de insectos en toda la trampa.

Más tarde, Steiner *et al.* (1999) propusieron un método alternativo para la captura de trips y moscas blancas con trampas pequeñas de color amarillo y azul. Mediante la utilización de una grilla colocada sobre la trampa, lograron ajustar un modelo de predicción de densidad a partir del recuento de presencia/ausencia en los pequeños cuadrados.

Carrizo (2000) propuso otro modelo de trampas pequeñas azules y amarillas para el recuento de *F. occidentalis* y *Trialeurodes vaporariorum*. Probó siete diseños diferentes de recuento reducido y propuso llevar a cabo el recuento en dos franjas horizontales de 2 cm de ancho (superior e inferior).

Aun cuando los autores discreparon en cuanto al modelo propuesto, todos ellos observaron que los insectos adheridos en las trampas adhesivas no se hallaban distribuidos de modo uniforme en las mismas. Todos los autores ajustaron sus métodos para tamaños de trampas que se hallan entre las más pequeñas dentro del espectro de tamaños disponibles. La distribución relativa a lo largo de la superficie de la trampa, podría modificarse con el tamaño de la misma, invalidando de este modo

cualquier protocolo de recuento reducido que haya sido ajustado para un tamaño en particular (Carrizo, 2000).

En el presente trabajo se examinó la validez de un protocolo de recuento reducido, aplicado en trampas de un tamaño creciente, entre 100cm² y 750cm², para ser utilizadas en el relevamiento de *F. occidentalis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo entre diciembre de 2000 y febrero de 2001 en invernaderos de pimiento (*Capsicum annum*, var. Ranger) destinados a la producción comercial, dentro del área hortícola que rodea a la ciudad de La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina (Lat 34° 52' S, Long 57°58' W de G, 15 m.s.n.m.).

Los invernaderos no poseían sistemas de control ambiental. Las estructuras eran ventiladas levantando las paredes laterales diariamente, las cuales permanecían de ese modo durante el día. Las temperaturas alcanzadas (E. E. Hirschon, 2000-2001) durante el período de investigación fueron:

Diciembre 2000: media mensual: 23,4 °C, media máxima mensual: 28,7 °C, media mínima mensual: 17,9 °C.

Enero 2001: media mensual: 23,2 °C, media máxima mensual: 28,9 °C, media mínima mensual: 17,4 °C.

Febrero 2001: media mensual: 20,8 °C, media máxima mensual: 27,3 °C, media mínima mensual: 13,7 °C.

Los invernaderos contaban con una superficie promedio de 400 m². En la etapa de floración (entre los 3 y 6 meses luego de transplante), las trampas amarillas fueron colocadas en forma vertical durante una semana por encima de las plantas, suspendidas mediante un alambre a fin de mantener su posición (Gillespie y Vernon, 1990). El ensayo se repitió en 5 ocasiones independientes, identificadas como: A, B, C, D y E.

Los tamaños probados fueron (ancho x alto): T1 = 10 cm x 10 cm = 100 cm²; T2 = 10 cm x 15 cm = 150 cm²; T3 = 15 cm x 20 cm = 300 cm²; T4 = 20 cm x 25 cm = 500 cm²; y T5 = 30 cm x 25 cm = 750 cm², los cuales abarcan el rango de tamaños recomendados internacionalmente.

Se formaron 10 grupos ($n=10$) cada uno formado por 5 trampas, una de cada tamaño. La posición relativa de cada tamaño en el grupo fue también aleatoria y diferente en cada una de las 10 réplicas y en cada ensayo. A lo largo del invernadero estos grupos fueron distribuidos en forma aleatoria para todos los ensayos.

Para facilitar el proceso de conteo de los insectos, el adhesivo se dispuso en un film transparente que fue colocado sobre la placa y retirado luego de transcurrida la semana en el invernadero (Carrizo, 1998 y 2000). Una vez en el laboratorio, los recuentos se llevaron a cabo colocando el film sobre un fondo blanco, bajo lupa de 20X.

Los recuentos se llevaron a cabo en la trampa completa y en seis diseños de recuento reducido esquematizados en la Figura, seleccionados como los que serían más fáciles de emplear en condiciones de campo. En el Cuadro 1 se detalló para cada uno de los mismos el porcentaje con respecto a la superficie total de la trampa y su superficie en cm^2 .

CUADRO 1. Porcentaje de la superficie total y superficie correspondiente (en cm^2) de cada diseño (I al VI) en cada tamaño de trampa del 1 al 5.

Tamaño total (cm^2)	Porcentaje del área total (%) = superficie parcial (cm^2)					
	Diseño I	Diseño II	Diseño III	Diseño IV	Diseño V	Diseño VI
Tamaño 1=100	40 = 40	40 = 40	64 = 64	60 = 60	60 = 60	20 = 20
Tamaño 2=150	40 = 60	40 = 60	56 = 84	60 = 90	60 = 90	28 = 42
Tamaño 3=300	40 = 120	40 = 120	58 = 174	60 = 180	60 = 180	25 = 76
Tamaño 4=500	40 = 200	40 = 200	64 = 320	60 = 300	60 = 300	24 = 120
Tamaño 5=750	40 = 300	40 = 300	69 = 420	60 = 450	60 = 450	24 = 180

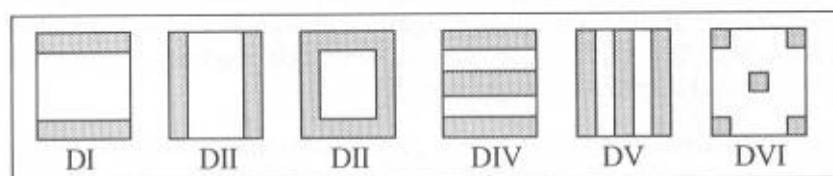


FIGURA. Cada una de las áreas grises indica el espacio donde se lleva a cabo el recuento.

De cada film se tomaron al azar 5 porciones de $1\text{ cm} \times 1\text{ cm} = 1\text{ cm}^2$ para verificar la identidad de las especies capturadas, junto con una muestra de adultos tomados de las flores del cultivo.

Se llevó a cabo una prueba de *t*-pareada para probar la diferencia entre ambas caras de cada trampa, como herramienta para decidir si sus resultados deberían considerarse de modo separado o agrupado (Sokal y Rohlf, 1981; Steiner *et al.*, 1999). Esto arrojó un total de 25 pruebas (5 ensayos \times 5 tamaños/ensayo) con un $n=10$ para cada una (total = 250 puntos de muestreo).

El dato de captura de un diseño no es independiente respecto del recuento total en la trampa, ya que cada par de datos proviene de la misma trampa individual. Por ello, para realizar la comparación entre las capturas obtenidas (por cm^2) en la trampa completa (tomada como patrón) y en cada uno de los diseños evaluados, se llevó a cabo una prueba *t*-pareada. Estas pruebas llevadas a cabo en forma independiente para cada tamaño y fecha, arrojaron un total de 300 pruebas (5 tamaños \times 6 diseños/tamaño \times 5 ensayos \times 2 lados por trampa/ensayo) con un $n=10$ para cada una (total = 3 000 puntos de muestreo).

Los datos debieron ser transformados previamente, mediante $\log(x+1)$ a fin de llevar a cabo las pruebas estadísticas (Sokal y Rohlf, 1981).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La única especie de trips encontrada fue *F. occidentalis*, igual que en ensayos previos llevados a cabo en pimiento, en la misma zona (Carrizo, 1998).

Las pruebas *t*-pareadas para comparar la captura entre ambas caras de cada trampa arrojaron resultados significativos en 24 de las 25 pruebas (ver M y M; Cuadro 2) lo que suma el 96% de las pruebas con resultado positivo con respecto a esta diferencia.

Para las pruebas posteriores cada cara o lado de la trampa fue considerada de modo separado, duplicando de este modo el número de datos disponibles (Steiner *et al.*, 1999).

CUADRO 2. Resultados por ensayo y tamaño de trampa de las pruebas *t*-pareadas para la comparación de las capturas en las dos caras de una misma trampa.

Ensayo	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3	Tamaño 4	Tamaño 5
A	3,7**	4,19**	4,65**	3,7**	5,39**
B	4,41**	2,7*	5,01**	2,79*	3,7**
C	2,28*	2,4*	4,12**	4,64**	5,00**
D	4,11**	3,13**	4,08**	4,23**	5,03**
E	2,19*	4,3**	3,09**	4,27**	1,07N.S.

*prueba significativa, 5%; ** prueba significativa, 1%; N.S.: prueba no significativa.

En la evaluación de los diseños con respecto a la captura total para cada combinación [tamaño x diseño] se llevaron a cabo 10 pruebas para el número de trips/cm² (ver M y M). Los resultados figuran en el Cuadro 3, donde se observa para cuántas ocasiones, respecto de las 10 totales, la captura de trips fue significativamente mayor, igual o menor en el diseño en relación con la prueba completa.

En ninguna de las 300 pruebas (ver M y M) se obtuvo capturas menores en los diseños respecto de la captura total, tal como se aprecia en el Cuadro 3. Todas las pruebas arrojaron como resultado capturas (por cm²) iguales o significativamente mayores en los diseños que en la trampa completa.

CUADRO 3. Resultados de las pruebas *t*-pareadas ($\alpha=0,05$) para cada combinación [tamaño y diseño] (10 pruebas c/u).

	Captura-cm ²	Tamaño 1	Tamaño 2	Tamaño 3	Tamaño 4	Tamaño 5
Diseño I	Menor	0	0	0	0	0
	Igual	4	7	6	6	5
	Mayor	6	3	4	4	5
Diseño II	Menor	0	0	0	0	0
	Igual	9	5	4	3	1
	Mayor	1	5	6	7	9
Diseño III	Menor	0	0	0	0	0
	Igual	5	2	5	9	2
	Mayor	5	8	5	1	8
Diseño IV	Menor	0	0	0	0	0
	Igual	8	9	7	2	6
	Mayor	2	1	3	8	4
Diseño V	Menor	0	0	0	0	0
	Igual	10	8	6	4	4
	Mayor	0	2	4	6	6
Diseño VI	Menor	0	0	0	0	0
	Igual	7	6	6	4	1
	Mayor	3	4	4	6	9

En cuanto a los resultados dentro del mismo tamaño, (Cuadro 3, tendencia dentro de la columna), los insectos parecieron estar más agrupados en el plano horizontal de la trampa (diseños I y IV) que en el plano vertical de la trampa (diseños II y V). En los diseños con una tercera franja en el medio de la trampa, el resultado parece de menor agrupamiento; esto surge al comparar el diseño I contra el IV, el diseño II contra el V, y el diseño III contra el VI. Dicha tendencia es más evidente en los tamaños más pequeños de trampa, mientras que en los tamaños mayores la tendencia mencionada es menos clara.

Dentro del mismo diseño (Cuadro 3, tendencia dentro de la fila) la mayoría de los insectos parecieron cambiar el nivel de agrupamiento a medida que el tamaño de la trampa se incrementa. La respuesta parece mostrar que tal agrupamiento aumenta en cada diseño, conforme el tamaño de la trampa aumenta. Esta tendencia es más fuerte y clara en los diseños II, V y VI; más débil en el diseño IV, errática en el diseño III y casi no se observa en el diseño I.

La ubicación de las trampas en el invernadero puede producir diferencias en la configuración de la luz y exposición al viento; lo que es muy frecuente en los invernaderos ventilados lateralmente. En sus pruebas, Heinz *et al.* (1992) y Carrizo (2000) consideraron ambas caras de modo conjunto en sus análisis, sin tomar en cuenta la posible diferencia en las capturas obtenidas, sin embargo, y Steiner *et al.* (1999), sin llevar a cabo análisis para probar tal diferencia consideraron ambos lados de modo independiente.

En el presente trabajo se tomó la precaución de analizar esta diferencia, pese a que no se hiciera en ensayos previos (Carrizo, 2000), ya que al igual que para Steiner *et al.* (1999), tal diferencia era apreciable visualmente y podían producirse interferencias en los análisis.

Vernon y Gillespie (1995) en sus pruebas no hallaron tal diferencia, pero esto puede explicarse debido a que sólo realizaron el ensayo por una única vez. En este trabajo sí se encontraron diferencias entre las dos caras de la trampa en casi todas las pruebas, por lo que los recuentos y análisis deberían realizarse de modo separado, como método estándar.

En ensayos previos para trampas pequeñas azules y amarillas, Steiner *et al.* (1999) y Carrizo (2000) informaron que los trips mostraban una tendencia visible al agrupamiento en algunas partes de la placa. Estos resultados contradicen los de Heinz *et al.* (1992), quienes informaron que las capturas mostraban un agrupamiento a lo largo del plano vertical, pero se distribuían uniformemente en el plano horizontal.

En trampas de color blanco y de forma circular, Kirk (1987) también observó que la distribución de los trips era desuniforme y mencionó un agrupamiento hacia los bordes de la placa en todos los planos, lo que contradice nuevamente los resultados de Heinz *et al.* (1992). Kirk también mencionó que este agrupamiento era visible en los cinco tamaños de placa utilizados, desde 20 a 450 cm², aun cuando tampoco llevó a cabo una evaluación objetiva del agrupamiento.

Dada toda la evidencia en el sentido de un agrupamiento en la superficie de las trampas, la validez de la recomendación de Heinz *et al.* (1992) sería más débil para los tamaños de trampa mayores; en este trabajo, el agrupamiento de las capturas se incrementa a medida que el tamaño de la trampa se incrementa.

Dado que en resultados previos para trampas pequeñas (Carrizo, 2000) la tendencia parece la de una distribución desuniforme, con alguna preferencia en ciertas porciones de la misma, revisar o mirar la trampa completa podría ser una pérdida de tiempo, si tal agrupamiento sigue un patrón fijo, predecible o conocido. Este fenómeno es tan evidente a partir de la simple observación, que surge la necesidad de ser evaluado objetivamente.

De hecho, esto se confirma con los resultados aquí obtenidos (Cuadro 3), que revelan una captura significativamente superior en la mayor parte de los ensayos y diseños. Los diseños fueron seleccionados como los más simples de ser aplicados en campo, pero también a partir de la observación de este agrupamiento en la superficie de las trampas.

Por su parte, Steiner *et al.* (1999) consideran que se logra un ahorro considerable de tiempo mediante la utilización de su propuesta de recuento de presencia / ausencia, sistema que requiere, que se examine la trampa completa. Los autores propusieron una grilla muy pequeña (0,5 pulgadas², cerca de 1,13 cm x 1,13 cm), lo que implica la necesidad de contar 54 celdas en la trampa de 7,6 cm x 12,7 cm que utilizaron. Sin embargo, el ahorro de tiempo es más crítico, precisamente, en las trampas de mayor tamaño. Aplicando la grilla en las trampas T5 probadas aquí, sería necesario revisar 700 pequeñas celdas.

Steiner *et al.* (1999) afirman que para bajas densidades de plaga, capturas de menos de 20 insectos por cara, sería más ajustado y probablemente más rápido contar directamente los individuos. Esto sugiere que el operador, en cada caso, debería decidir de acuerdo a su propia presunción, la posibilidad de optar por uno u otro sistema para llevar a cabo el recuento, una recomendación que sería inconsistente y causaría confusión para su aplicación en campo.

Al momento de decidir entre los diseños propuestos, un probable dilema surge cuando se debe optar por uno u otro; dicha situación podría resolverse comenzando por descartar aquellos denominados III, IV y V dado

que implican una mayor superficie de recuento y por lo tanto, requieren de más tiempo. Luego se descartaría el VI, dado que obtiene comparativamente el peor resultado, en cuanto a la estabilidad entre tamaños de trampa, aun cuando requiere el menor tiempo de recuento. La decisión más difícil es tomar una opción entre los diseños I y II.

Un procedimiento determinado es apropiado para ser aplicado en cultivo si la respuesta obtenida es menos variable y por lo tanto más robusta. Si un diseño muestra cambios en su respuesta al modificar el tamaño, sería una herramienta menos segura para la estimación. Esto se relaciona con la adopción en cultivo; ya que es deseable que el sistema sea válido al menos dentro del rango de tamaños disponibles comercialmente.

Entre los diseños I y II, el primero obtuvo una respuesta más estable a través de los tamaños de trampa, como se muestra en el Cuadro 3. Con esto en mente consideramos que la mejor opción es el diseño I, que consiste en 2 franjas horizontales, superior e inferior.

Puede entonces considerarse que utilizar el diseño I implica llevar a cabo el recuento del 40% de la superficie total, en todos los casos. Adicionalmente, debe señalarse con respecto al tamaño de las franjas de recuento, que no es del mismo ancho en todos los tamaños de trampa, tiene 2 cm de ancho en el T1, 3 cm de ancho en el T2, 4 cm de ancho en el T3, y 5 cm de ancho en los T4 y T5.

SUMMARY

One of the reasons for the reduced use of sticky traps by growers is that counting takes a considerable amount of effort and time, which increases with as trap size. We examined the influence of higher trap sizes, in order to apply a method of reduced counting, named least surface counting. Sticky yellow traps of five different sizes were placed in pepper greenhouses ($n=10$). Counting was performed on the whole trap and six different designs of reduced counting. A paired *t*-test was performed on differences between trap faces. Since meaningful differences were obtained in 96% of tests, each face was considered as independent, doubling the number of data sets. Then, a paired *t*-test was performed to test the difference between counts/cm² in the whole trap and on those six designs. Number of captures/cm² at every design was equal or

meaningfully higher than in the whole trap. It demonstrated a clustering of insects on its surface, which seemed to increase with size. The most stable performance along the five sizes tested was obtained by counting two horizontal strips -tops and bottoms- which means counting around 40% of total surface. Thus, that previously fitted method is adequate to predict western flower thrips caught when performed on yellow sticky traps from 100 to 750cm².

Key Words: Yellow sticky traps; counting time; *Frankliniella occidentalis*.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos la colaboración y siempre amable disposición de los productores que no permiten llevar a cabo nuestros ensayos en sus cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

CARRIZO, P. I. 1998. Eficiencia de captura en trampas sobre *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en cultivos de pimiento en invernáculo y en malezas en el Gran La Plata. Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata. 103(1):1-10.

CARRIZO, P. I. 2000. Mínima superficie de recuento en trampas adhesivas para trips y mosquitas blancas en pepino de invernadero. Acta Entomológica Chilena. 24:45-49.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL J. HIRSCHON. 2000-2001. Boletín climático. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de La Plata. La Plata. Buenos Aires. Argentina.

GILLESPIE, D. R. and R. S. VERNON. 1990. Trap catch of western flower trips (Thysanoptera: Thripidae) is affected by colour and height of sticky traps in mature greenhouse cucumber crops. Journal of Economic Entomology. 83(3):971-975.

HEINZ, K. M., M. P. PARRELLA and J. P. NEWMAN. 1992. Time-efficient use of yellow sticky traps in monitoring insect populations. Journal of Economic Entomology. 85(6):2 263-2 269.

KIRK, W. D. J. 1987. Effects of trap size and scent on catches of *Thrips imaginis* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae). Journal of the Australian Entomology Society. 26(2):299-302.

SOKAL, R. R. and J. F. ROHLF. 1981. Biometry. W.H. Freeman, San Francisco. 776 p.

SHIPP, J. L. 1995. Monitoring of western flower trips on glasshouse and vegetable crops. In: Thrips biology and management. BL. Parker Plenum Press, New York. p. 547-555.

STEINER, M. Y., L. J. SPOHR, I. BARCHIA and D. GOODWIN. 1999. Rapid estimation of numbers of whiteflies (Hemiptera: Aleurodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae) on sticky traps. Australian Journal of Entomology. 38(4):367-372.

VERNON, R. S. and D. R. GILLESPIE. 1995. Influence of trap shape, size, and background colour on captures of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in a cucumber greenhouse. Journal of Economic Entomology. 88(2):288-293.

EL PESO ESPECÍFICO COMO INDICADOR DE CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA EN SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ¹

Miriana Cerovich*, Fausto Miranda**, Aimara López*,
Rosana Figueroa* y América Trujillo*

RESUMEN

La mayor utilización de semilla certificada de arroz (SCA) de óptima calidad mejoraría la competitividad de la cadena de arroz. Los análisis oficiales de germinación y pureza evalúan insuficientemente la calidad integral de la SCA. Esta investigación evaluó el peso específico (PES) y la emergencia en campo (PEC) como indicadores de calidad física y fisiológica de SCA en las variedades Araure 4, Cimarrón, FONAIAP 1 y Palmar. Para determinar la uniformidad de la SCA, las semillas se sumergieron en soluciones de sulfato de amonio (SDA), ajustadas a ocho densidades entre $\geq 1,6$ y < 1 g cc⁻¹. Las evaluaciones entre Variedades, PES, PEC y porcentaje de germinación en laboratorio (PGEL), se realizaron en el laboratorio de semillas y campo de la Facultad de Agronomía-UCV, usando el diseño en bloques al azar, con arreglo factorial para variedades y clases de PES, y separación de medias de tratamientos con rangos múltiples de Duncan. La inmersión en SDA separó ocho clases de PES, confirmando alta desuniformidad de la SCA en las cuatro variedades. La semilla con mayor PES ($\geq 1,6$ g cc⁻¹) representó el 90% de la SCA. Su PGEL y PEC superaron estadísticamente al resto de clases de semilla. Las semillas con mayor PES y el testigo SCA tuvieron PEC y PGEL superiores a 80%, lo que avala al PEC como método de apoyo al PGEL para evaluar la calidad fisiológica de la semilla de arroz. Las semillas con PES $\leq 1,6$ g cc⁻¹ mostraron inferior calidad física y fisiológica que la SCA.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; semilla; certificación; germinación; emergencia; peso específico; vigor.

1 Producto parcial del proyecto denominado Caracterización del proceso de certificación de semilla de arroz en Venezuela. Financiado por el Convenio Fonacit-FUNDARROZ-Fagro-UCV-INIA.

** Profesor. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. E-mail: lcta@agr.ucv.ve

*** Investigador jubilado. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apto 4563. Maracay 2101. Venezuela. E-mail: fmiranda@inia.gov.ve

RECIBIDO: abril 30, 2003.

INTRODUCCIÓN

El uso de semilla de calidad óptima es una estrategia importante para mejorar la competitividad de la agroindustria de semilla de arroz y otros cultivos. En Venezuela, el diagnóstico de la cadena agroindustrial de arroz identificó problemas con la pureza genética y calidad general de la semilla certificada de arroz (SCA), según lo señala Martínez (1996). Los trabajos de Cerovich y Miranda (1998 y 2001) confirman tales señalamientos y proponen alternativas tecnológicas para mejorar la calidad de SCA utilizada en el sistema de producción de arroz.

El grado de calidad de la semilla es el reflejo de la compleja interacción entre las características genéticas de la variedad, las condiciones ambientales y el programa de control de calidad aplicado al proceso de producción y comercialización de la semilla (Amaral y Dos, 1979; Cerovich, 1998; Miranda, 1998; Miranda y Cerovich, 2001), lo que hace muy difícil su clasificación.

Diversos autores sustentan que los factores individuales de calidad genética, física, fisiológica y sanitaria de la semilla pueden ser caracterizados mediante el desarrollo y estandarización de protocolos, sencillos y confiables para cada fin en particular (Coolbear y Hill 1998; McDonald 1994; Cerovich 1998; Cerovich y Miranda 2001).

En Venezuela la certificación oficial de la calidad de semilla de arroz y otros cultivos es responsabilidad del Servicio Nacional de Semillas (SENASA) mediante la verificación de la calidad física y fisiológica de la semilla de lotes producidos en diversas áreas y condiciones de manejo y cosecha (Miranda, 1998).

En el contexto de la tecnología de semillas, la germinación es un concepto amplio y complejo, definida por Copeland y McDonald (1985) e ISTA (1993) como "la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales de las plántulas que indican su habilidad para crecer y desarrollarse como una plántula normal bajo condiciones ambientales favorables", y termina cuando ha iniciado su capacidad normal de autosustentación.

El porcentaje de germinación en laboratorio (PGEL) es el ensayo oficial para evaluar la calidad fisiológica de lotes de semilla, con valor mínimo de 80% para la certificación en semillas de arroz. En este sentido,

Coolbear y Hill (1998) destacan la debilidad del método, al citar que lotes aprobados con altos PGEL pueden presentar un mal comportamiento en el campo.

Adicionalmente, McDonald (1994), Cerovich y Miranda (2001) y Miranda y Cerovich (2001) refieren que semillas cosechadas en estadio de madurez fisiológica, cuando el peso seco y la germinación han alcanzado su máxima expresión, pueden experimentar reducciones apreciables de vigor y tolerancia al efecto de agentes patogénicos y no patogénicos que deterioran su calidad.

La aprobación o rechazo de la certificación, sobre la base de la PGEL, como único estimador oficial de la calidad fisiológica de la semilla, es tema controversial que determina la conveniencia de incorporar nuevos métodos de vigor como rutina para caracterizar la calidad fisiológica en semillas de distintos cultivos (Sung y Delouche 1962; McDonald, 1994; Coolbear, 1998; Miranda, 1998).

En el caso del arroz, diversos autores destacan el uso del PES como indicador potencial de calidad, al describir experimentos de laboratorio y campo donde las semillas de mayor peso y tamaño mostraron mayor capacidad de germinación, vigor y longevidad (Sung y Delouche, 1962; Amaral y Dos, 1979; Coolbear y Hill, 1998).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las relaciones entre PES, PGEL y porcentaje de emergencia en campo (PEC) como indicadores de la calidad física y fisiológica de SCA de las cuatro variedades de arroz más utilizadas en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue realizada en el laboratorio de semillas y el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV). Se utilizó SCA de las variedades Araure 4, Cimarrón, FONAIAP 1 y Palmar, producidas por la Asociación de Productores de Semillas Certificadas de los Llanos Occidentales (APROSCELLO), en el estado Portuguesa y certificada por SENASEM durante ese año.

Para obtener semilla de las ocho clases de PES se utilizó la técnica de inmersión de semillas en soluciones de sulfato de amonio, previamente

ajustadas a las densidades específicas de <1,0; 1,0; 1,13; 1,20; 1,30; 1,40; 1,50 y $\geq 1,60$ g cc⁻¹, mediante diluciones sucesivas de sulfato de amonio 96% de pureza (SA 96%) en agua destilada, calculadas según la fórmula:

$$\text{Densidad específica} = \text{gramos (g) de SA 96\%} \times \text{volumen agua (cc}^{-1}\text{)}$$

El procedimiento consistió en sumergir 2 kg de semilla certificada en la solución de SA con la mayor densidad ($\geq 1,60$ g cc⁻¹) hasta su total humedecimiento. La fracción de semillas sumergidas fue extraída, lavada, secada y clasificada como la de mayor peso específico. Las semillas flotantes fueron extraídas, lavadas, secadas y nuevamente sumergidas en la solución de SA con la siguiente densidad correspondiente, es decir, 1,50 g cc⁻¹. Este procedimiento fue repetido hasta completar las ocho clases de PES previamente identificadas, para ser utilizadas en las posteriores evaluaciones de PGEL, PEC y PES de las cuatro variedades.

El testigo utilizado fue la semilla procesada por técnicas convencionales y certificada por SENASEM debido a que esta cumple con las normas vigentes para SCA (Miranda, 1998). En ambas etapas, el diseño experimental usado fue bloques al azar, en un arreglo factorial con dos factores: variedad (V) a cuatro niveles y peso específico de semillas (PES) a nueve niveles (8 PES y 1 testigo) para un total de 36 tratamientos.

Los análisis de germinación en laboratorio (PGEL) de los tratamientos se condujeron bajo las prescripciones de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA 1993). Para la prueba de vigor por emergencia en campo (PEC) la duración de la prueba y los criterios de evaluación de plántulas también se siguieron por las reglas ISTA 1993, mientras que la separación de medias de tratamientos se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Para el experimento de campo las semillas fueron pre-germinadas en una solución de Vitavax 200 con agua destilada, durante 24 h, y sembradas en canteros de 16 m de largo por 1,2 m de ancho, a razón de 2,25 g de semillas por hilera del tratamiento respectivo (equivalente de 125 kg ha⁻¹). El diseño experimental usado fue bloques al azar con tres repeticiones, y la unidad experimental estuvo conformada por tres hileras.

Los canteros fueron cubiertos con hojas de palma secas, hasta cinco días después de la siembra (DDS), para evitar contaminación sanitaria y

mezcla con semillas de otras variedades asociadas con el uso convencional de cascarilla de arroz como cobertura. El PEC fue expresado en porcentaje de plántulas normales (ISTA, 1993) emergidas a los 14 DDS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra la distribución porcentual por clase de peso específico de semilla certificada (SCA) para las cuatro variedades utilizadas.

CUADRO 1. Distribución porcentual de las clases de peso específico de semilla certificada de arroz, producida en el estado Portuguesa, Venezuela.

Variedad	Proporción y Clases de peso específico (g cc ⁻¹)								Σ*
	≥ 1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,13	1,0	<1,0	
Araure 4	92,76	1,47	1,98	0,78	0,61	0,43	0,64	1,32	7,23
Cimarrón	95,06	0,49	1,99	0,64	0,46	0,30	0,35	0,71	4,94
FONAIAP 1	90,54	1,66	1,87	1,36	0,97	0,63	1,06	1,89	9,44
Palmar	96,11	0,68	1,28	0,45	0,36	0,23	0,26	0,62	3,88

* Sumatoria de los PES desde 1,5 hasta <1,0 g cc⁻¹.

Este resultado confirma la vigencia de los problemas de calidad física y sanitaria de la SCA citados por diferentes investigadores (Nass *et al.*, 1985; Martínez 1996; Cerovich y Miranda, 2001). En el mismo Cuadro 1 se observa que la clase con PES ≥1,6 g cc⁻¹, representaba más del 90% de la SCA utilizada, con rango entre 90,54% para FONAIAP 1 y 96,11% para Palmar. Consecuencialmente la proporción de semillas pertenecientes a las siete clases restantes, con PES entre ≤1,5 y <1,0 g cc⁻¹, fue inferior a 10% del total, con rango entre 9,44% para FONAIAP 1 y 3,88% para Palmar. Estos resultados confirman los aportados por Sung y Delouche (1962); Amaral y Dos (1979); Coolbear y Hill (1988), quienes describieron la estrecha correlación entre el peso específico y calidad de semilla de arroz.

Los resultados presentados en el Cuadro 1 sustentan la factibilidad de mejorar la calidad física, fisiológica y sanitaria de la SCA, mediante la incorporación de técnicas de separación por peso específico, al flujo de procesamiento de semilla de arroz para mejorar el PES general.

Porcentaje de germinación en laboratorio (PGEL)

Se detectaron diferencias altamente significativas para los factores independientes V, PES y la interacción V x PES (Cuadro 2). Los cuadrados medios de los factores independientes V y PES superaron notablemente al de la interacción V x PES y el bajo coeficiente de variación (8,68%) del experimento demostró la consistencia de esta evaluación (Cuadro 2).

CUADRO 2. Cuadros medios para el porcentaje de germinación en laboratorio (PGEL) de semilla certificada de arroz.

Fuente de Variación	G de L	Cuadros Medios
Bloque	3	620,55**
Variedad (Var)	3	1 251,64**
Peso Específico (PE)	8	5 081,79**
Var x PE	24	154,59**
EE	105	36,12
Total	143	
CV (%)		8,68

** Significativo al nivel del 1%

La Figura 1 muestra que las cuatro variedades tuvieron valores de PGEL superiores al 80% del mínimo exigido por SENASEM para la certificación oficial de semilla de arroz (Miranda, 1998); sin embargo, el método de separación de medias de Duncan reveló que los PGEL de la semilla de las variedades Araure 4 y FONAIAP 1 fueron estadísticamente superiores al de Cimarrón y Palmar.

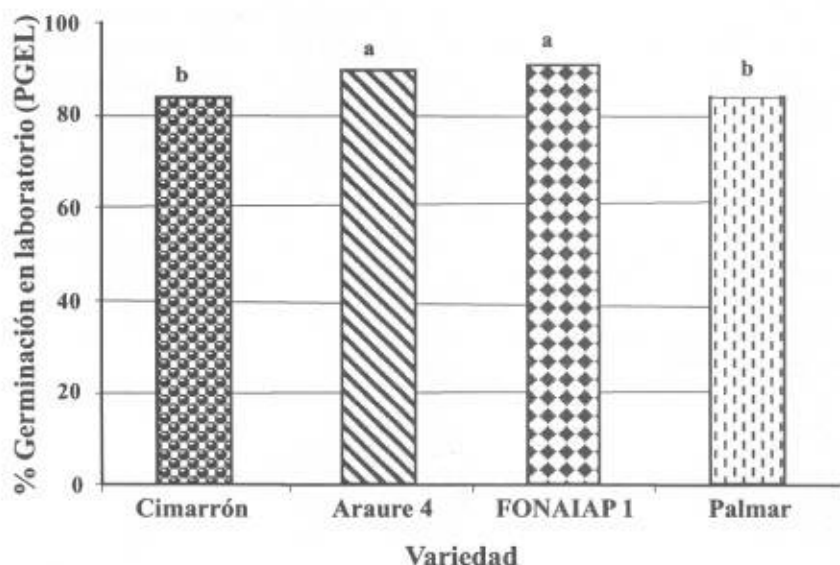


FIGURA 1. Influencia de la variedad sobre el porcentaje de germinación de semilla certificada de arroz, producida en el estado Portuguesa, Venezuela.

Este hecho ratifica el criterio de Cerovich (1998) y Miranda (1998) respecto a la debilidad del PGEL como único criterio de valoración de la calidad fisiológica de la SCA y destaca la necesidad de desarrollar nuevos métodos más precisos y consistentes de control y aseguramiento de calidad ofertada en el mercado actual de SCA.

La Figura 2 presenta los PGEL correspondientes a las ocho clases de PES y el testigo SCA de las cuatro variedades. El PGEL de la clase con mayor PES superó estadísticamente a la SCA y a las siete clases de semillas con $\text{PES} \leq 1,5 \text{ g cc}^{-1}$. Estos datos muestran que solamente la clase con mayor PES y la SCA supera el 80% mínimo de germinación exigido por SENASEM para otorgar la certificación a semilla de arroz (Miranda, 1998) y confirmar las ventajas del PES como indicador sencillo y confiable de la calidad física (PES) y fisiológica (PGEL) de la SCA, así como la conveniencia de su incorporación al procesamiento industrial convencional, para eliminar las semillas y otros contaminantes físicos y sanitarios con $\text{PES} \leq 1,5 \text{ g cc}^{-1}$ que perjudican la calidad integral de la semilla.

El efecto de la interacción V x PES sobre el PGEL de las cuatro variedades evaluadas se presenta en la Figura 3; el perfil del PGEL de semillas con PES $\leq 1,5$ g cc^{-1} fue diferente para cada variedad, con valores generalmente inferiores al 80% que no satisfacen los requisitos de calidad fisiológica exhibidos por SENASEM. Esta interacción también evidenció que el PGEL de las semillas con PES $\geq 1,6$ g cc^{-1} , siempre superó al 80%, con diferencias altamente significativas con respecto a la semilla certificada usada como testigo. Por cuanto esta información ratifica la influencia de semillas con PES $\geq 1,6$ g cc^{-1} sobre la calidad del lote, los resultados que se discuten a continuación están sustentados por los resultados obtenidos para los factores independientes variedad (V) y peso específico (PE).

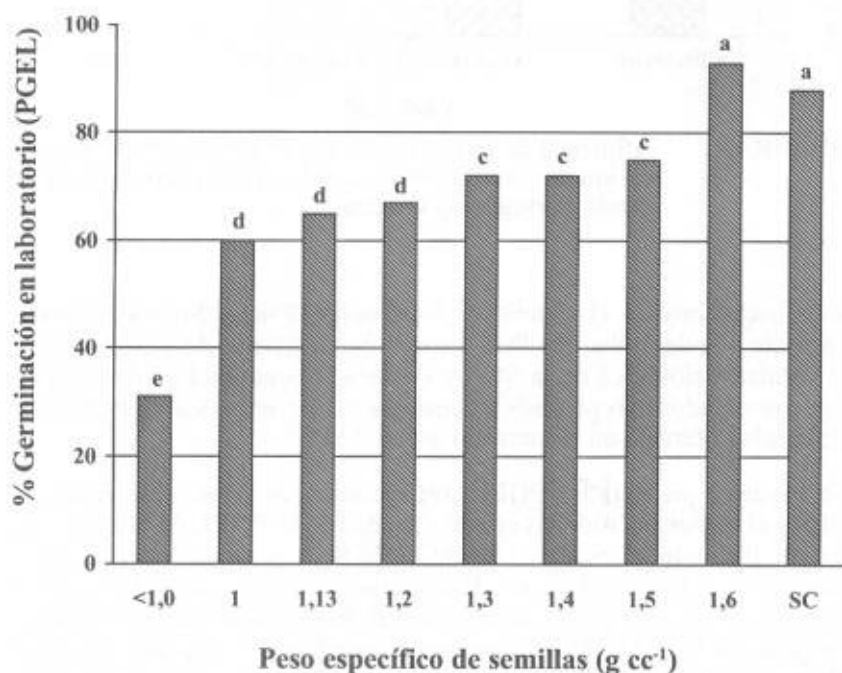


FIGURA 2. Influencia del peso específico sobre el porcentaje de germinación de semilla certificada de arroz, producida en el estado Portuguesa, Venezuela.

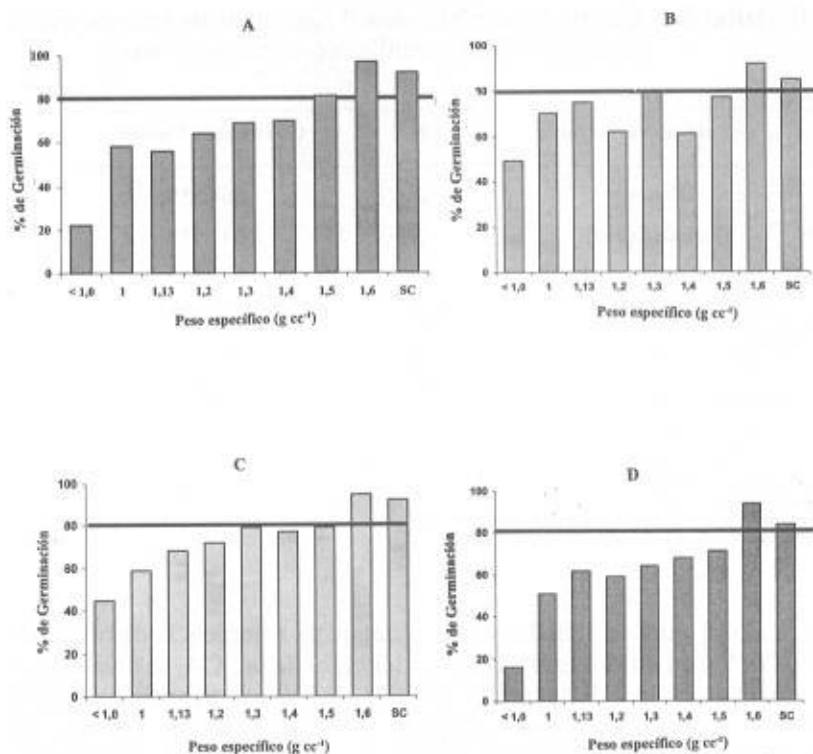


FIGURA 3. Efecto de la interacción variedad x peso específico sobre el porcentaje de germinación en laboratorio (PGEL), de semillas de arroz de las variedades A) Araure 4; B) Cimarrón; C) FONAIAP 1 y D) Palmar.

Porcentaje de emergencia en campo (PEC)

El Cuadro 3 muestra el análisis de varianza para porcentaje de emergencia en campo (PEC), apreciándose diferencias altamente significativas para los factores independientes V, PES y su interacción V x PES. En este caso, también se descartó la evaluación de la interacción porque su cuadrado medio (299) resultó muy inferior al de los factores independientes V y PES.

CUADRO 3. Cuadros medios para el porcentaje de emergencia en campo (PEC) de semillas certificadas de arroz.

Fuente de Variación	G de L	Cuadros Medios
Bloque	2	564,6**
Variedad (Var)	3	2 697,9**
Peso Específico (PE)	8	8 021,7**
Var x PE	24	299,0**
Em	210	27,3
EE	67	114,7
Total	314	
CV (%)		7,26

** Significativo al nivel del 1%

La relación entre variedades y el porcentaje de emergencia de plántulas (PEC) a los 14 DDS como indicador del vigor de la SCA, se presenta en la Figura 4. El vigor de Araure 4 (91% PEC) fue estadísticamente superior al de las restantes variedades. El grupo de FONAIAP 1 y Cimarrón (86 y 84% PEC, respectivamente) demostró vigor intermedio y Palmar resultó con el menor vigor (81% PEC). También se observó que independientemente de las diferencias estadísticas, el PEC de las cuatro variedades, al igual que en las pruebas de PGEL, superó el 80% exigido por SENASEM, indicando alto nivel de vigor de la SCA evaluada.

El vigor de las semillas para cada una de las clases de peso específico expresado por los porcentajes de plántulas normales emergidas a los 14 DDS, confirma la consistencia del comportamiento del PES como indicador de calidad física y del PEC como indicador de vigor de la semilla certificada de arroz (Figura 5).

Los resultados obtenidos en esta investigación son altamente coincidentes con los trabajos de Sung y Delouche (1962), realizados para evaluar la influencia del PES sobre el vigor y germinación de semilla de variedades de arroz del tipo japonico; igualmente con el de Amaral y Dos (1979) en arroz, al confirmar la superioridad estadística de las semillas de mayor PES respecto a la SCA testigo y al resto de clases de PES.

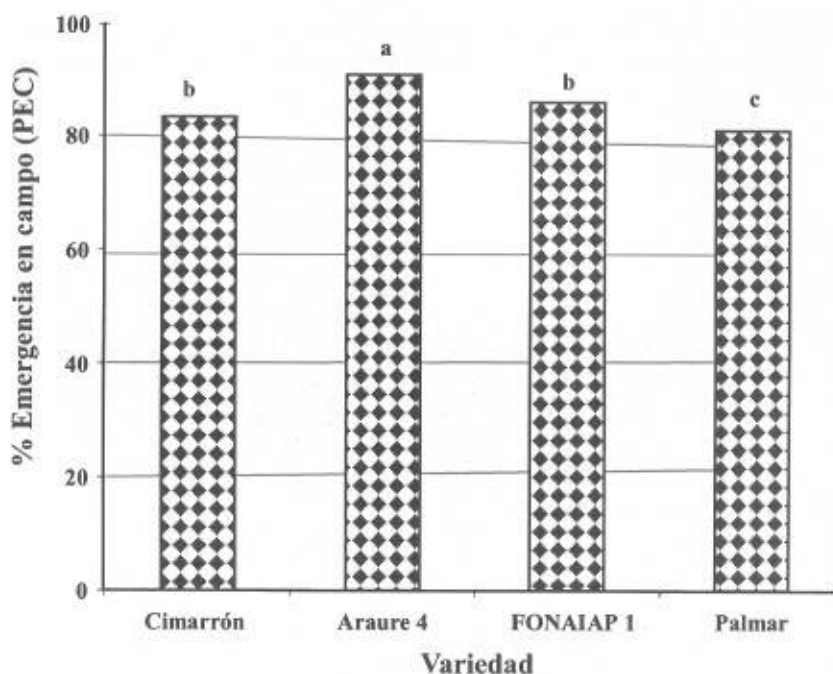


FIGURA 4. Influencia de la variedad sobre el porcentaje de emergencia en campo de semilla certificada de arroz, producida en el estado Portuguesa, Venezuela.

Adicionalmente, el PEC identifica dos grupos de semillas con niveles de vigor claramente diferentes: el primero, con PEC superior al 80%, integrado por las clases de semillas con PES $\geq 1,6$ g cc⁻¹ y la SCA; el segundo, con PES inferior a 80% que incluye todas las semillas con PES $\leq 1,5$ g cc⁻¹.

El bajo coeficiente de variación de estos experimentos (7,26%) sustenta su consistencia como prueba de vigor de semillas que complementaría la información suministrada por el PGEL sobre la calidad fisiológica de los lotes de SCA disponibles para su comercialización y uso por los productores de arroz paddy.

Los daños económicos y ambientales asociados con la producción, comercialización y siembra de semilla certificada de arroz con problemas de calidad física, fisiológica y sanitaria, indican la conveniencia de

desarrollar y validar nuevas técnicas y equipos de separación por peso específico para optimizar el procesamiento agroindustrial de la semilla certificada de arroz.

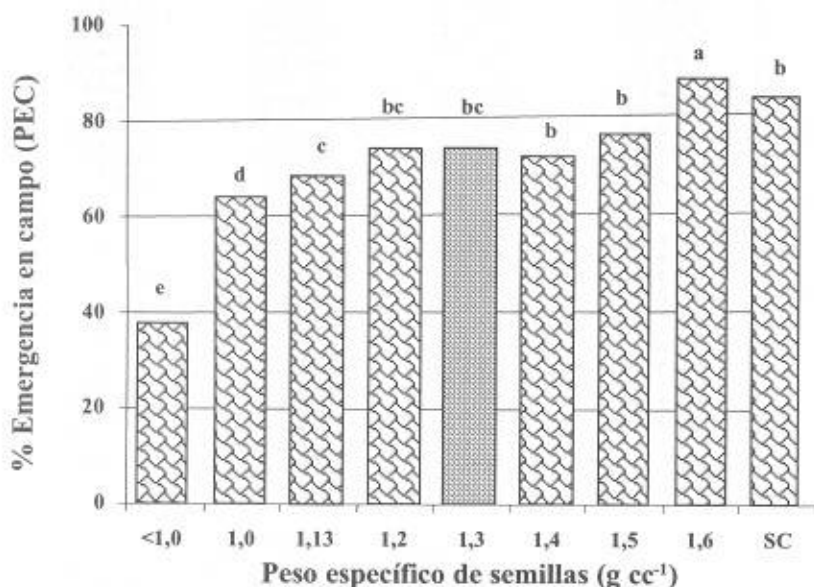


FIGURA 5. Influencia del peso específico sobre el porcentaje de emergencia en campo de semilla certificada de arroz, producida en el estado Portuguesa, Venezuela.

CONCLUSIONES

- La inmersión de SCA en soluciones de sulfato de amonio 96% es una técnica de fácil aplicación, alta reproducibilidad y bajo costo, relativo para evaluar la heterogeneidad de pesos específicos contenidas en lotes comerciales de SCA.
- El PES, sólo o en combinación con los ensayos de PGEL y PEC, es un indicador consistente de la calidad física y fisiológica de la SCA.
- El PEC es un método sensible y consistente para discriminar semillas de alto y bajo vigor, pero requiere evaluaciones complementarias para validar su confiabilidad como estimador del vigor de semillas de arroz.

SUMMARY

The production and utilization of high quality certified rice seed (CSR) are important strategies to improve the competitiveness of the Venezuelan rice seed industry. Official germination and purity trials do not completely evaluate overall quality of CRS. This investigation evaluated specific weight of seed (SWS) and percentage of field emergence (PFE) as indicators of physical and physiological quality of CRS of 'Araure 4', 'Cimarron', 'Fonaiap 1' and 'Palmar' varieties. In order to determine uniformity, seed samples were immersed in a 96% solution of ammonium sulphate adjusted to six densities ranging from ≥ 1.6 to < 1 g cc⁻¹. The associations between varieties, classes of SWS, PFE and percentage of germination in the laboratory (PLG), were evaluated by field and laboratory trials conducted in the facilities of the Agronomy School of the Central University of Venezuela, located at Maracay, Venezuela, using a random blocks (RB) design and a factorial arrangement for varieties and classes of SWS. Duncan's Multiple Range Test was used for assessment of treatments means. Results indicated the separation of eight classes of SWS confirming high heterogeneity of commercial CRS for all varieties. In all tests performed, always the heaviest seed class (≥ 1.6 g cc⁻¹) represented more than 90% of total bulk of CSR. Also, it was remarkable that results for PLG and PFE of the heaviest SWS class, were consistently superior than those with SWS ≤ 1.6 g cc⁻¹. The quality of seed belonging to SWS class ≥ 1.6 g cc⁻¹ showed a highly deteriorated and weedy profile affecting overall quality of CSR. These findings seem to justify the innovation in processing procedures, by adding equipment for densimetric analysis to up grade the current level of physical and physiological quality of the CSR used by Venezuela farmers.

Key Words: Rice. *Oryza sativa* L.; seed; germination; field emergency; specific weight; vigor.

BIBLIOGRAFÍA

AMARAL, D. and S. DOS. 1979. Effect of weight and size of seed on the physiological quality and yield of rice grains. *Arrozeira* 32:24-26

CEROVICH, M. 1998. Control de calidad de semillas. In: X Curso Taller de Producción Económica de Arroz Bajo Riego. Módulo 7. Acarigua, Ven. FUNDARROZ. 14 pp.

CEROVICH, M. y F. MIRANDA. 2001. Sanidad de semillas: componente básico de la calidad de semilla. **In:** Curso de Patología de Semillas. XVII Congreso de Fitopatología de Semillas. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 17 pp.

COOLBEAR, P. and M. J. HILL. 1998. Seed quality control. **In:** Rice Seed Health. Philippines. IRRI. 361 pp.

COPELAND, L. O. and M. B. MCDONALD. 1985. Principles of seed science and technology. 2nd. Ed. New York. Macmillan. 321 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 1993. International rules for seed testing. *Seed Sci. and Techno.* 4:4-117.

MARTÍNEZ, P. 1996. Situación del cultivo del arroz en Venezuela. Diagnóstico. Acarigua, Ven. FUNDARROZ. 211 pp.

MCDONALD, M. Jr. 1994. Seed lot potential: viability, vigor and field performance. *Seed Sci and Techno.* 22:421-425.

MIRANDA, F. 1998. Bases legales y técnicas para la certificación de semillas de arroz en Venezuela. **In:** X Curso Taller de Producción Económica de Arroz Bajo Riego. Módulo 7. Acarigua, Ven. FUNDARROZ. 15 pp.

MIRANDA, F. y M. CEROVICH. 2001. Patología de semillas en un mercado globalizado. **In:** Curso de Patología de semillas. XVII Congreso de Fitopatología de semillas. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 19 pp.

NASS, H., H. RODRÍGUEZ, L. ALEMÁN, J. PINEDA y F. GIL. 1985. Distribución e intensidad de las enfermedades fungosas en semillas de arroz en el estado Portuguesa. **In:** Memorias IX Seminario Nacional de Fitopatología. Maracay, Ven. Sociedad Venezolana de Fitopatología. 71 p.

SUNG, T. and J. DELOUCHE. 1962. Relation of specific gravity to vigor and viability in rice seed. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 52:162-168.

EFEECTO DEL SECADO AL SOL SOBRE LA CALIDAD DEL GRANO FERMENTADO DE CACAO

Ligia Ortiz de Bertorelli*, Gustavo Camacho*
y Lucía Graziani de Fariñas*

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de algunas variables del secado natural al sol sobre los índices físicos de calidad y características químicas del grano fermentado de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la localidad de Cumboto, estado Aragua. Lotes constituidos por mezclas de cacaos tipos criollo y forastero, fermentados por 4 días en un fermentador tipo trinitario, fueron secados en pisos de cemento de textura lisa, rugosa e intermedia entre ambas (tradicional), sin remover y removiendo los granos cada 1 y 0,5 h por 4 d. A las muestras de cacao seco se les determinó el color, los porcentajes de cáscara, granos con fermentación deficiente, partidos y múltiples, así como la acidez total titulable, acidez volátil, pH y taninos, además se analizó la humedad a los 0, 3 y 4 d de iniciado el secado. Los resultados revelaron que el color no varió al modificar las condiciones del secado, en cambio los granos partidos aumentaron al incrementar la rugosidad del piso y la remoción; en tanto que los porcentajes de cáscara y de granos múltiples disminuyeron al remover con mayor frecuencia. De igual manera se observó que las características químicas no fueron afectadas por la textura del piso, ni por la frecuencia de remoción utilizadas en el secado al sol de los granos de cacao.

Palabras Clave: *Theobroma cacao* L.; grano fermentado y seco; índices físicos; características químicas; condiciones del secado.

* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Maracay. Instituto de Química y Tecnología. Venezuela. Apdo 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.
E-mail: ticoet@net-uno.net.

RECIBIDO: febrero 19, 2003.

INTRODUCCIÓN

El secado es una etapa del beneficio del cacao en la que se elimina el exceso de humedad de los granos por calentamiento y se completa la formación del aroma y sabor a chocolate. Al finalizar la fermentación del cacao el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, que debe ser reducido hasta un valor próximo a 8% para evitar el desarrollo de mohos que deterioran la calidad (Rohan, 1964) y además para facilitar el almacenamiento (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap *et al.*, 1994), transporte, manejo y comercialización del cacao.

Es recomendable reducir la humedad hasta valores del 6 a 7%, máximo 8% (COVENIN, 1995a), ya que si se reduce demasiado la cáscara se vuelve muy quebradiza, en caso contrario existe el riesgo del crecimiento de hongos al almacenar el grano (Rohan, 1964).

Durante el secado continúa la fase oxidativa de la fermentación, por lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos, lo que ocurre solamente en esta etapa (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap *et al.*, 1994).

En la región costera del estado Aragua, el cacao es un cultivo tradicional de la zona y el beneficio del producto se ha venido realizando según costumbres culturales transmitidas por generación, las cuales varían entre los productores, pudiendo ocasionar pérdidas cuando no son aplicadas adecuadamente en el proceso.

Entre los métodos de secado, el más utilizado en la zona norte costera del municipio Costa de Oro del estado Aragua es el secado por exposición al sol en patios de cemento con diferentes texturas, como la rugosa, lisa e intermedia entre ambas, esta última, denominada tradicional, es la textura del piso usado en el Central de Beneficio de Ocumare de La Costa.

En este trabajo se evaluaron los efectos de algunas variables del secado al sol sobre características físicas y químicas de granos fermentados del cacao de la localidad de Cumboto, estado Aragua, con la finalidad de generar información acerca de la influencia de la textura del piso y la remoción de los granos sobre la calidad del producto final. Factores cuyo manejo es importante para la obtención de una mayor eficiencia y rentabilidad de la producción y de los cuales no se conoce con exactitud su acción sobre las características del grano fermentado y seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en mezclas de cacao tipos criollo y forastero, característicos de la zona costera del municipio Costa de Oro del estado Aragua. Esta zona presenta una precipitación anual de 467 a 988,5 mm con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso; este último comienza en el mes de mayo y termina a mediados de septiembre, mes de inicio del período seco. La temperatura media anual es de 25,76 °C y la humedad relativa de 68,1%, la cual es mayor en los meses de junio a noviembre, alcanzando valores hasta de 75% en agosto (Monagas, 1995).

Las mezclas de cacao fueron proporcionadas por productores de Cumboto, quienes las usan comúnmente en los procesos fermentativos. Las mazorcas fueron desgranadas manualmente y fermentadas durante 4 días en un fermentador tipo trinitario (caja de madera) del Central de Beneficio, ubicado en Ocumare de la Costa, removiendo la masa de cacao (semilla y pulpa) cada 24 h los dos primeros días. Como índice de fermentación se utilizó el criterio señalado por Graziani *et al.* (2003).

Para el secado del cacao se empleó el método natural, también llamado secado al sol, distribuyendo el material en capas de 3 cm de espesor en superficies de cemento, con un área de 1,26 m² con las siguientes dimensiones: 140 cm de largo y 90 cm de ancho y diferentes texturas. En cada tipo de superficie la remoción fue aplicada durante 2 min con una especie de haragán de madera, instrumento comúnmente usado en la zona.

La masa de cacao luego de ser removida (semillas y pulpa) cada 24 h los dos primeros días fue expuesta al sol 4 h diariamente, de 9 am a 1 pm, hasta obtener una humedad de 7-8%, la que se alcanzó en 4 días. Durante el secado, los granos fueron removidos con distintas frecuencias, manteniendo constante el espesor en cada tratamiento.

En el ensayo se utilizó un experimento factorial 3² en bloques al azar, con tres repeticiones en arreglo con parcelas divididas, donde la variable principal fue la textura del piso con tres niveles: rugosa, lisa y tradicional y la secundaria la remoción de la masa de cacao fermentado a tres niveles: sin remover, removiendo cada media hora y con remoción cada hora. A los resultados, expresados en base seca, se les aplicó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Duncan (SAS, 1998).

En el análisis físicos el color de los granos secos fue medido con un colorímetro de la Hunter Associates Laboratory denominado Color Quest II Sphere, modelo C QII/UNI-1200. Los resultados fueron expresados

en los parámetros L , a_L y b_L del color de la escala Hunterlab, en la cual: "L" indica tendencia a la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), "a" tendencia al rojo (valores +) y verde (valores -), "b" tendencia al amarillo (valores +) y azul (valores -).

El porcentaje de cáscara fue calculado al final del secado a partir de la diferencia del peso de 100 granos secos de cacao sin pelar y 100 granos secos pelados manualmente. Los porcentajes de granos con fermentación deficiente, partidos y múltiples fueron determinados al final del secado, haciendo uso de las normas N° 50 (COVENIN, 1995a) y N° 442 (COVENIN, 1995b).

Según la AOAC (1997) fueron realizados análisis de humedad, método N° 931.04; pH, método N° 970.21 y acidez total titulable, método N° 942.15. Además, fue determinada la acidez volátil por el método Mastissek *et al.* (1998) y los taninos por el método Folin Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965). Se debe resaltar que todos los análisis se efectuaron por triplicado al final del secado, excepto la humedad que se realizó a los 0, 3 y 4 d de iniciado el proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico de calidad

En relación con el color de los granos, el análisis estadístico reveló que no hubo interacción al variar la textura del piso y la frecuencia de remoción durante el secado natural del cacao, así como al aplicar la prueba de medias de Duncan no se encontraron diferencias significativas al 5% entre los valores de los parámetros L , a_L y b_L de los granos secados en los distintos pisos, los cuales indicaron luminosidad en los granos, tendencia hacia el rojo y hacia el amarillo (Cuadro 1). Igualmente, la prueba de medias no reveló diferencias significativas entre los parámetros del color al variar la frecuencia de remoción de los granos en el secado, presentando L , a_L y b_L valores similares.

La textura del piso y la frecuencia de remoción no afectaron el color de los granos fermentados del cacao secado al sol, dado que los parámetros analizados no mostraron diferencias significativas, lo que indica que posiblemente las variables estudiadas del secado no influyeron sobre las reacciones de condensación proteína quinona que se producen después

de la oxidación enzimática de los polifenoles y que originan el color marrón chocolate de los granos durante el secado (Hashim *et al.*, 1999; Jinap *et al.*, 1994).

Los valores correspondientes a los parámetros del color difieren de los obtenidos por Rodríguez y Rojas (2000), quienes al evaluar dicho índice en los granos fermentados de tipos de cacao criollo y forastero de Cumboto, durante el secado al sol por 5 d, encontraron valores finales del parámetro L de 44,36 en el criollo y 38,15 en el forastero, de a_L de 2,44 en el criollo y 4,50 en el forastero y de b_L de 4,61 en el criollo y 4,70 en el forastero.

CUADRO 1. Color de granos fermentados de cacao secados al sol en pisos de diferentes texturas y con distintas frecuencias de remoción.

Parámetros Color	Textura Piso	Remoción (hora)			Media*
		0	1	0,5	
L	Liso	40,98	41,30	40,94	41,07 a
	Tradicional	40,01	40,01	40,57	40,20 a
	Rugoso	40,02	40,92	39,67	40,20 a
	Media**	40,34 a	40,74 a	40,39 a	
a_L	Liso	4,66	4,93	4,80	4,79 a
	Tradicional	4,62	4,67	4,71	4,66 a
	Rugoso	4,79	4,60	4,62	4,67 a
	Media**	4,69 a	4,73 a	4,71a	
b_L	Liso	5,37	5,72	5,57	5,55 a
	Tradicional	5,10	5,20	5,39	5,23 a
	Rugoso	5,20	5,65	5,42	5,42 a
	Media**	5,22 a	5,52 a	5,46 a	

* Letras distintas en columnas y ** en filas, indican diferencias a un nivel de significación del 5%.
L= Tendencia a la luminosidad; a_L = tendencia al rojo; b_L = tendencia al amarillo.

De igual forma estos valores difieren de los señalados por Bonaparte *et al.* (1998) para los parámetros L (33,93), a_L (14,64) y b_L (14,66) de mezclas de variedades de cacao de St. Lucia, Indias Occidentales, fermentadas y secadas por exposición directa al sol, diferencias que pudieron ser ocasionadas por el uso de distintos materiales y procesos. Sin embargo, los resultados coinciden con los hallados por Nogales (1999) en cacao tipo criollo de Cuyagua, estado Aragua, fermentado y secado al sol por 5 d, para L (40,04) y b_L (5,78), distinguiéndose sólo en a_L (7,71) que fue más alto.

En el porcentaje de cáscara de los granos secos, el análisis estadístico evidenció interacción al modificar la textura del piso y la frecuencia de remoción y la prueba de Duncan mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los porcentajes de los granos de cacao secados al sol con distintas condiciones (Cuadro2).

Los porcentajes de cáscara variaron, al cambiar la frecuencia de remoción durante el secado, de forma que en el piso tradicional, el valor obtenido sin remover la masa de cacao fue mayor al removido cada 0,5 h, en tanto que en los granos procesados en pisos con diferentes texturas y la misma frecuencia de remoción, los mencionados porcentajes fueron estadísticamente similares; sin embargo, se observó que los porcentajes de cáscara, correspondientes al secado sin remover, fueron numéricamente más altos que los hallados en los mismos pisos cuando la remoción se realizó cada 0,5 y 1 h.

CUADRO 2. Porcentaje de cáscara de granos fermentados de cacao secados al sol en pisos de diferentes texturas y con distintas frecuencias de remoción.

Textura del piso	% Cáscara		
	Remoción (hora)		
	0	1	0,5
Liso	21,45ab	18,08b	18,05b
Tradicional	24,33a	21,93ab	18,90b
Rugoso	21,34ab	19,37b	18,84b

Letras distintas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

Estos resultados señalan que al aplicar la remoción durante el secado el porcentaje de cáscara disminuye, lo que puede ser atribuido al desprendimiento del mucílago causado por la fricción de los granos entre sí, con el piso y con la herramienta utilizada para la remoción, formando una película sobre el piso que se pulveriza al secarse, mientras que cuando la masa no es removida, el mucílago se adhiere al grano seco, engrosando la cáscara y dificultando su desprendimiento, lo cual puede tener importancia artesanal e industrial al incidir negativamente sobre el rendimiento del proceso y la calidad de los productos de cacao.

En cuanto a los índices físicos de los granos fermentados se observó que los resultados de los granos con fermentación deficiente, partidos y múltiples (Cuadro 3) se ubicaron dentro de los rangos establecidos por COVENIN (1995a), en la norma N° 50, como requisito para ser considerados aptos para la elaboración de derivados del cacao, lo que confirma la calidad de los granos obtenida durante el procesamiento.

CUADRO 3. Índices físicos de granos fermentados de cacao secados al sol en pisos de diferentes texturas y con distintas frecuencias de remoción.

Índice físicos % granos	Textura Piso	Remoción (hora)			Media*
		0	1	0,5	
Fermentación deficiente	Liso	12,00	12,00	11,00	11,67a
	Tradicional	11,00	11,00	11,00	11,00a
	Rugoso	13,00	13,00	11,00	12,33a
	Media**	12,00a	12,00a	11,00a	
Partidos	Liso	0	0	0	0b
	Tradicional	0	0	0,66	0,22ab
	Rugoso	0	0,66	1,30	0,65a
	Media**	0b	0,22b	0,65a	
Múltiples	Liso	1,0	0	0	0,33a
	Tradicional	1,0	0,3	0	0,43a
	Rugoso	0,6	0,3	0	0,30a
	Media**	0,87a	0,20b	0b	

* Letras distintas en columnas y ** en filas, indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

En los índices físicos, con excepción de los granos partidos, no se encontró interacción al modificar la textura del piso y la frecuencia de remoción en el secado al sol de los granos fermentados de cacao, demostrando el análisis estadístico que los granos fermentados deficientemente y múltiples del cacao secado en distintos pisos no se distinguieron entre sí, en cambio los granos partidos si variaron, de forma que el porcentaje correspondiente al piso de cemento liso difirió a un nivel de significación del 5% del rugoso, siendo el porcentaje de este último el de mayor valor.

La frecuencia de remoción tampoco influyó sobre el porcentaje de granos con fermentación deficiente, cuyos valores fueron semejantes, mientras que los porcentajes de granos partidos y múltiples mostraron diferencias a un nivel de probabilidad del 5%, presentando la mayor cantidad de granos partidos el cacao secado al sol con remociones cada 0,5 h y de granos múltiples el secado sin remover.

Como era de esperarse, la textura del piso no influyó sobre los granos con fermentación deficiente (índice relacionado con la fermentación) mientras que sí afectó el porcentaje de granos partidos, en tanto que la frecuencia de remoción aplicada en el secado afectó además del porcentaje de granos partidos, el de granos múltiples, aumentando los primeros y disminuyendo los segundos a medida que la remoción se hizo más frecuente, lo que pudo ser ocasionado por el roce entre los mismos granos, con la superficie del piso y con los utensilios usados para remover la masa de cacao.

Características químicas

En el Cuadro 4 se muestra la disminución de los contenidos de humedad de los granos fermentados a medida que transcurrió el secado al sol en los pisos de diferentes texturas y con distintas frecuencias de remoción, hasta la obtención del porcentaje de humedad (6-7%) requerido por los mercados internacionales para la comercialización y establecido por COVENIN (1995a) como requisito de calidad, el porcentaje que fue alcanzado a los 4 d de exposición al sol. En estos resultados se observa una tendencia ligeramente mayor a la pérdida de humedad en función del aumento de la frecuencia de remoción.

El análisis estadístico no reveló interacción entre las características químicas de los granos de cacao fermentados y secos al variar las

condiciones del secado, y la prueba de medias (Cuadro 5) no detectó diferencias, a un nivel de significación del 5%, entre los valores promedios de los porcentajes de humedad del proceso, ni en los resultados del pH, acidez total titulable, acidez volátil y taninos para las distintas texturas del piso ni para las diferentes frecuencias de remoción.

En el secado la acidez desciende y el pH se incrementa (Jinap *et al.*, 1994; Nogales, 1999; Rodríguez y Rojas, 2000) debido a la pérdida de ácidos conjuntamente con la evaporación del agua (Dias y Avila, 1993). Además, los compuestos fenólicos disminuyen por difusión fuera del cotiledón y por la formación de complejos con las proteínas y los polisacáridos (Brito *et al.*, 2000). Ahora bien, las características químicas del grano de cacao fermentado no fueron afectadas al variar las condiciones durante el secado al sol, lo que en parte podría ser atribuido a que la pérdida de humedad fue muy parecida en los ensayos realizados en pequeña escala.

El cacao secado en los tres pisos presentó un pH parecido al encontrado (4,78) por Bonaparte *et al.* (1998), y próximo al pH de 4,97 obtenido por Rodríguez y Rojas (2000) para el cacao seco tipo forastero, pero menor que el del cacao tipo criollo (5,48) y que el señalado (5,51) por Nogales (1999).

CUADRO 4. Humedad de granos fermentados de cacao durante el secado al sol en pisos de diferentes texturas y con distintas frecuencias de remoción.

Día de secado	% Humedad								
	Textura del piso								
	Liso			Tradicional			Rugoso		
	Remoción (hora)								
	0	1	0,5	0	1	0,5	0	1	0,5
0	42,50	42,62	42,70	42,50	43,01	42,80	42,71	42,63	42,80
3	12,83	12,47	12,33	13,03	12,77	12,27	13,05	12,76	12,12
4	7,41	7,00	6,95	6,95	6,75	6,87	6,94	6,89	6,79

CUADRO 5. Características químicas de granos fermentados de cacao secados al sol en pisos de diferentes texturas y con distintas frecuencias de remoción.

Características químicas	Textura	Remoción (hora)			Media***
		0	1	0,5	
% Humedad*	Liso	17,12	16,77	16,81	16,90a
	Tradicional	17,18	16,88	16,47	16,84a
	Rugoso	17,19	16,88	16,48	16,85a
	Media**	17,16a	16,84a	16,59a	
pH	Liso	4,81	4,83	4,85	4,83a
	Tradicional	4,83	4,84	4,85	4,84a
	Rugoso	4,82	4,84	4,84	4,83a
	Media**	4,82a	4,84a	4,85a	
% Acidez titulable	Liso	1,08	1,10	1,08	1,09a
	Tradicional	1,09	1,09	1,08	1,09a
	Rugoso	1,08	1,06	1,08	1,07a
	Media**	1,08a	1,08a	1,08a	
% Acidez total	Liso	0,13	0,12	0,13	0,13a
	Tradicional	0,12	0,12	0,12	0,12a
	Rugoso	0,12	0,12	0,12	0,12a
	Media**	0,12a	0,12a	0,12a	
% Taninos	Liso	0,85	0,81	0,77	0,81a
	Tradicional	0,81	0,83	0,85	0,83a
	Rugoso	0,83	0,77	0,79	0,80a
	Media**	0,83a	0,80a	0,80a	

*Promedio del proceso.

**Letras distintas en fila indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

***Letras distintas en columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

Los valores de la acidez total titulable difirieron de los encontrados por Nogales (1999) en cacao tipo criollo (0,27%), por Rodríguez y Rojas (2000) en cacaos tipos criollo (0,81%) y forastero (1,63%) y por Jinap y Dimick (1990) en cacao venezolano (0,128meq NaOH/g).

En cuanto a los taninos, los resultados fueron mayores a los señalados por Nogales (1999) para granos secados al sol (0,45%) y menores a los obtenidos por Rodríguez y Rojas (2002) para cacaos tipos criollo (3,47%) y forastero (3,01%) secados al sol y por Brito *et al.* (2000) en cacao forastero seco de Brasil (157mg de ácido tánico/g). Estas diferencias en las características químicas, al igual que en el color, podrían deberse al empleo de distintos materiales y procesos.

En conclusión, las variables estudiadas del secado no afectaron las características químicas de los granos fermentados al secarlos por exposición al sol, ni el color ni los granos con fermentación deficiente, influyendo sobre los porcentajes de cáscara, granos partidos y granos múltiples.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la FUNDACITE Aragua y al Fonacit el financiamiento de esta investigación y a ASOPROCAR el suministro de las muestras y de las instalaciones del Central de Beneficio de Ocumare de La Costa.

SUMMARY

The objective of this research was to study the effect of certain variables inherent to the natural sun drying process of cocoa, *Theobroma cacao* L., on quality physical indexes and on chemical characteristics of fermented seeds from Cumboto locality, Aragua State. Lots of plants, consisting of mixed criollo and forastero cocoa types, fermented for 4 days in a Trinitarian type fermentor, were dried on a cemented surface of smooth, rugged and intermediate (traditional) textures, with turning over of seeds every 1 and 0.5 hour for 4 days and without turning over. Color, shell, seeds with deficient fermentation, split seeds and multiple seeds percentages, as well as total titratable acidity, volatile acidity, pH and tannins were determined for dry cocoa samples. Humidity was also analyzed after 0, 3 and 4 days of drying. Results showed that color did not vary when

drying conditions were modified. On the other hand, an increase of split seed percentages and a decrease of shell and multiple seed percentages were detected when roughness of surface and turning over increased. It was also observed that chemical characteristics were not affected when drying conditions were modified.

Key Word: *Theobroma cacao* L.; fermented and dried seed; physical indexes; chemical characteristics; drying conditions.

BIBLIOGRAFÍA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1997. Official methods of analysis. 16th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA. Cap.312. pp1-17.

BONAPARTE, A., Z. ALIKHANI, C. MADRAMOOTOO and V. REGHAVAN. 1998. Some quality characteristics of solar dried cacao beans in St. Lucia. *J. Sci. Food Agric.* 76:553-558.

BRITO, E., N. PESSOA, M. GALLAO, A. CORTELAZZO, P. FEVEIRO and M. BRAGA. 2000. Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation, drying and roasting. *J. Sci. Food Agric.* 8:281-288.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 1995a. Norma venezolana N° 50. Clasificación de lotes de granos de cacao de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 5 p.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 1995b. Norma venezolana N° 442. Granos de cacao. Prueba del corte. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 2 p.

CROS, E. and N. JEANJEAN. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, recherche, développement.* 24:25-27.

DIAS, J. e M. ÁVILA. 1993. Influência do sistema de secagem na acidez das amendoas do cacau (*Theobroma cacao* L.) *Agrotropica* 5(1):19-24.

GRACIANI de FARIÑAS, L., L. de BERTORELLI, N. ÁLVAREZ y A. TRUJILLO. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de caja de madera. *Agronomía Trop.* 53(2):175-187.

HASHIM, P., S. JINAP, M. SHARIFAH and A. ASBI. 1999. Effect of drying time, bean depth and temperature on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentrations of Malaysian cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 79:987-994.

JINAP, S. and P. DIMICK. 1990. Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *J. Food Sci.* 55(2): 547-550.

JINAP, S., J. THIEN and T. YAP. 1994. Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *J. Sci. Food Agric.* 65:67-75.

MASTISSEK, R., F. SCHNEPEL y G. STEINER. 1998. Análisis de los alimentos, fundamentos, métodos, aplicaciones. 2^{da} Edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 416 p.

MONAGAS, O. 1995. Estudio socio-económico y agronómico de los productores y parcelas agrícolas de la población de Cumboto, municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 64 p.

NOGALES, J. 1999. Estudio de algunos cambios físicos y químicos durante el secado del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) fermentado. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 108 p.

RODRÍGUEZ, Y. y A. ROJAS. 2000. Efecto del secado solar sobre algunas características físicas y químicas de almendras sin fermentar y fermentadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo y forastero. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 120 p.

ROHAN, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.

SINGLENTON, V. and J. ROSSI. 1965. Determination of tannins in wines. *J. of Enology and Viticultura.* 6(3):114.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS (SAS). 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA. 1028 p.

CARACTERES MORFOLÓGICOS DETERMINANTES EN DOS POBLACIONES DE CACAO CRIOLLO DEL OCCIDENTE DE VENEZUELA

Gladys Ramos C.* , Álvaro Gómez M.** y Antonio De Ascencao**

RESUMEN

Se evaluaron 40 caracteres morfológicos en flores, frutos y almendras de diez materiales de cacao criollo Guasare y seis materiales del piedemonte andino, siguiendo la metodología del Catálogo de Descriptores del CATIE. La muestra pertenecía al Banco de Germoplasma del INIA-Mérida, a 1 050 m.s.n.m. Los resultados se estudiaron mediante el análisis de componentes principales (método multivariante), con el propósito de seleccionar los descriptores que mayor peso aportaban a la caracterización morfológica del tipo criollo, principalmente aquellas que fuesen menos influenciadas por el ambiente y respondieran a caracteres estables. Los resultados muestran dos grupos bien diferenciados: el Guasare por una fuerte rugosidad de la corteza del fruto, la esfericidad o redondez de las almendras expresadas en una relación ancho-espesor cercana a uno y el color blanco de sus cotiledones. Mientras que en los materiales del piedemonte andino, los descriptores de mayor peso resultaron ser la longitud del estilo, la intensidad de pigmentación y ancho de los sépalos, el número de óvulos y la superficie lisa de los frutos. Las características asociadas al fruto tales como espesor y pigmentación en el lomo, grosor del surco primario, constricción basal, espesor de las almendras, relación número de óvulos/número de almendras y longitud del ovario, no resultaron determinantes. Esta metodología simplifica la toma de observaciones reduciendo el número de variables y facilitando la caracterización por grupos morfogeográficos.

Palabras Clave: Caracterización; germoplasma; cacao criollo; grupo morfogeográfico.

* Investigadora. Agenda Cacao. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida. Av. Urdaneta. Edif. MAC. 2do Piso. Venezuela.

** Profesores. Agenda Cacao. Universidad de los Andes. Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales. Venezuela.

RECIBIDO: febrero 25, 2003.

INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao* L., es una especie natural de los bosques húmedos de América tropical (Murray, 1975; Leal y Valderrama, 1997) y está clasificado en tres grupos diferentes: forasteros, criollos y trinitarios, dependiendo de su localización geográfica y de sus características morfológicas (Cheesman, 1944).

Existen 22 especies del género *Theobroma*, siendo sólo el *T. cacao* el que se explota comercialmente (Cartay, 1998). El 97% del cacao que se produce en el mundo es del tipo forastero amazónico y apenas entre un 3 a 4% es cacao fino de aroma. América produjo el 12,7% de la producción mundial para la cosecha 2000-2001 y Venezuela produjo 17 000 t, lo que representa el 0,55% de la producción mundial y el 4,35% de la producción de América (Cartay, 1998; Guevara, 2003).

Venezuela, como productor internacional de cacao en granos, es insignificante cuantitativamente, pero es competitivo como productor de cacao fino de aroma. Por otra parte, es el país donde se paga al productor los precios más altos del mercado mundial (100% y más).

El cultivo del cacao en Venezuela data de la época del descubrimiento, pero es difícil precisar desde cuando se cultiva en el país; hoy constituye uno de los principales rubros agrícolas de exportación, su calidad está reconocida internacionalmente y es la base principal de la economía de varias regiones, manteniendo de forma directa a 17 000 familias y de manera indirecta a 40 000.

Existen cuatro regiones de importancia en cuanto a la producción anual de cacao: región Central 5 977 t, región Oriental 7 505 t, región Occidental 2 317 t y región Sur 35 t. Entre sus fortalezas cuenta con la existencia de 65 a 70 millones de plantas de cacao y la disponibilidad de tierras aptas para la fundación de nuevas plantaciones; aunado a la biodiversidad y calidad endógena del cacao venezolano (Sánchez, 2002).

En la actualidad, el cacao ocupa unas 75 855 ha de las cuales el 7,61% (5 774 ha) se encuentra en los estados andinos. En el estado Mérida existen aproximadamente 2 600 ha bajo cultivo con una producción promedio de 560 kg ha⁻¹ donde se destaca la existencia de cacao tipo forastero, el cual se ha hibridado con el cacao fino de aroma o criollo,

desmejorando su calidad y generando el denominado "mosaico". El cacao del tipo criollo se encuentra actualmente en vías de extinción, a pesar de que desde la época colonial éste le dio prestigio al cacao venezolano en el mercado internacional y se difundió en la región occidental de Venezuela donde aún se encuentran los tipos Guasare, Porcelana y Criollo merideño (Ramos *et al.*, 2003).

La apreciada calidad del cacao venezolano se debe principalmente a los tipos criollos del occidente y centro del país. La mayoría de las plantaciones están constituidas por mezclas de fenotipos y se confirmó la importancia del occidente del país como fuente de recursos genéticos de cacao criollo y fenotipos relacionados; la variabilidad fenotípica encontrada puede ser de mucha utilidad para los programas de mejoramiento de los cacaos finos de aroma (Moreno, 1998).

El objetivo de este trabajo consistió en agrupar variables de tipo morfológico para la caracterización de cacaos criollos mediante la utilización del análisis de componentes principales (ACP).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 16 plantas de cacao de 10 años de edad, identificadas como SJU1 al SJU10 (materiales rescatados en la región del Guasare-estado Zulia) y SJU11 al SJU16 (materiales procedentes del piedemonte andino) establecidas en el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en la localidad de San Juan de Lagunillas, sector El Estanquillo (08° 30' N y a 71° 20' W), a una altitud de 1 050 m.s.n.m., en una zona de vida de bosque seco premontano bajo. La temperatura media diaria de la zona es de 22,2 °C y la precipitación promedio anual es de 550 mm; en estas condiciones el cacao se mantiene bajo riego.

En cada uno de los individuos estudiados se evaluaron 40 caracteres morfológicos (entre cuantitativos y cualitativos) en flores, frutos y almendras, según la metodología del CATIE (Engels *et al.* 1979). Al nivel de las flores, 20 por cada árbol, se describieron características como intensidad de pigmentación en el sépalo (IPS)*; longitud del sépalo

* Variables cualitativas.

en mm (LS); ancho del pétalo en mm (AP); longitud de estaminodios en mm (LE); color del filamento (COFIL)*; longitud del estilo en mm (LESTI); número de óvulos (N°OV); longitud del ovario en mm (LO) y ancho del ovario en mm (ANOV; Engels *et al.*, 1979; Moreno, 1998).

En los frutos se evaluaron 35 mazorcas por árbol para determinar las características de peso en g por mazorca (GR/MZ); posición en rama o tronco (POS); longitud de mazorca en cm (LMAZ); ancho de mazorca en cm (AMAZ); relación ancho/largo de mazorca (A/LMAZ); textura o rugosidad (TEX)*; constricción basal (CBAS)*; pigmentación en el lomo (PLOM)*; profundidad de surco primario en cm (PSP); profundidad de surco secundario en cm (PSS); grosor de surco primario en cm (GSP); grosor de surco secundario en cm (GSS); grosor del lomo en cm. (GL) y número de almendras por fruto (N°AL/F).

Con respecto al nivel de almendras o semillas se tomó observaciones en 100 semillas provenientes de 20 frutos de cada planta, a razón de cinco semillas por fruto, para determinar el índice de almendras (IA) y se le evaluó las siguientes características peso fresco de almendras por fruto en g (PESALM); relación número de almendras/número de óvulos (N°AL/N°OV), peso fresco por almendra en g (PF/AL), porcentaje de testa o cascarilla (%T), color de cotiledón (COCO)*; longitud de almendra en cm (LONAL); ancho de almendra en cm (ANALM); relación ancho/largo de almendra (A/LALM); espesor de almendra en cm (ESPALM) y relación espesor ancho de almendra (ES/ANAL) (Engels *et al.*, 1979; Bekele y Butler, 1988).

En el caso del color se utilizó una carta Munsell para tejidos vegetales; para determinar dimensiones se empleó un vernier digital, y el uso de lupa estereoscópica, iluminador de fibra óptica y portaobjetos graduado facilitó la observación de las flores.

Los resultados obtenidos se analizaron a través de un Análisis de Componentes Principales (ACP), utilizando una matriz de correlación del tipo R (Fariñas, 1996), con el propósito de seleccionar los descriptores que mayor peso aportaban a la caracterización morfológica del cacao tipo criollo, que fueran menos influenciados por el ambiente y que respondieran a caracteres estables (Cuatrecasas, 1964; Braudeau, 1975).

* Variables cualitativas.

Para efecto del análisis, los caracteres morfológicos evaluados que no presentaron variación (seis caracteres) fueron excluidos de dicho estudio (Cuadro 1); mientras que algunas de las variables cuantitativas se estandarizaron (restándoles su media y dividiéndolos entre su desviación estándar) a un mismo orden de magnitud para facilitar el estudio: número promedio de óvulos (N° OVU), peso de almendras (PESALM), peso de mazorca (GR/MAZ), longitud de la mazorca (LMAZ) y número de almendras por fruto (N° AL/F). Las variables cualitativas se transformaron y fueron representadas en forma binaria en la matriz de análisis, 0 para ausencia y 1 para presencia (Fariñas, 1996).

CUADRO 1. Variables eliminadas por no presentar variación.

N°	ANOV	FORMA	FOAPI	FORALM	NECRO	COFIL
SJU1	1	1	2	2	0	0
SJU2	1	1	2	2	0	0
SJU3	1	1	2	2	0	0
SJU4	1	1	2	2	0	0
SJU5	1	1	2	2	0	0
SJU6	1	1	2	2	0	0
SJU7	1	1	2	2	0	0
SJU8	1	1	2	2	0	0
SJU9	1	1	2	2	0	0
SJU10	1	1	2	2	0	0
SJU11	1	1	2	2	0	0
SJU12	1	1	2	2	0	0
SJU13	1	1	2	2	0	0
SJU14	1	1	2	2	0	0
SJU15	1	1	2	2	0	0
SJU16	1	1	2	2	0	0

ANOV= Ancho del ovario (mm); FORMA= Forma mazorca; FOAPI= forma ápice;
FORALM= Forma almendra; NECRO= Necrosis en almendra; COFIL= Color filamento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud de los componentes (ejes) responde a la determinación de la recta que atraviesa al elipsoide pasando por su centroide y cortándolo en sus extremos más alejados (criterio de los mínimos cuadrados), bajo esas condiciones los componentes absorben la mayor proporción posible de la varianza de la matriz de datos (Fariñas, 1996).

El primer eje del elipsoide tiene una longitud 3,1 veces mayor que el segundo y 4,8 veces mayor que el tercero. El porcentaje de varianza absorbido por las variables sintéticas es del 40,35 % en el primer eje, 13,01 % en el segundo y 9,40 % en el tercero, siendo la varianza acumulada entre los tres de 61,76 % (Cuadro 2).

CUADRO 2. Varianza extraída en los 10 primeros ejes.

Ejes	Autovalor	% de la varianza	% de la varianza acumulada
1	17,352	40,354	40,354
2	5,590	13,001	53,355
3	3,615	8,407	61,762
4	3,449	8,021	69,782
5	3,042	7,073	76,856
6	2,641	6,141	82,997
7	2,151	5,003	88,000
8	1,702	3,958	91,957
9	1,100	2,559	94,516
10	0,9240	2,150	96,666

Ordenamiento de los materiales estudiados.

En la Figura 1 se presenta el ordenamiento de los materiales de cacao analizados con respecto a los componentes principales (Eje 1 y Eje 2). El primer eje de ordenamiento (Eje 1) separa los cacaos estudiados en dos grandes grupos, el primero de ellos, ubicado al lado izquierdo del plano, corresponde al criollo Guasare (círculos) y el segundo, ubicado al lado derecho del plano, corresponde a los materiales del piedemonte andino (triángulos).

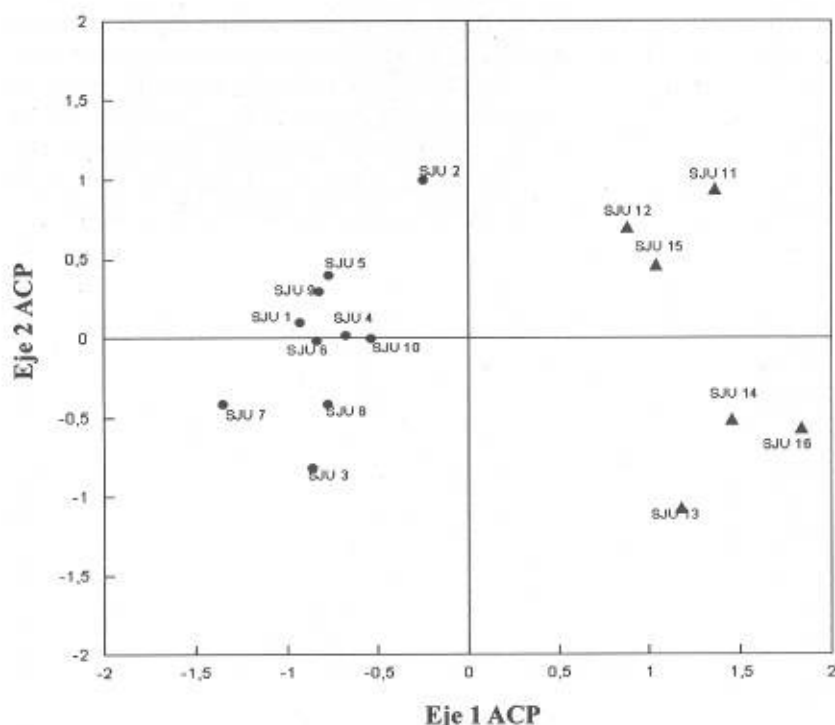


FIGURA 1. Ordenamiento de los individuos (cacaos criollos) con respecto a los componentes principales (Eje 1 y Eje 2).

El segundo eje de ordenamiento (Eje 2) permite una mayor separación entre los cacaos pertenecientes a estos dos grandes grupos, se encontró que los criollos del tipo Guasare se distribuyen en tres sub-grupos en función de este eje. El primero de estos sub-grupos está representado por el SJU2, el segundo sub-grupo está conformado por los SJU1, SJU4, SJU5, SJU6, SJU9 y SJU10; mientras que el tercero está representado por los cacaos SJU3, SJU7 y SJU8.

Por otra parte, los cacaos del piedemonte andino se distribuyen conformando dos sub-grupos, el primero representado por SJU11, SJU12 y SJU15, y el segundo constituido por los cacaos SJU13, SJU14 y SJU16, los cuales también presentan una gran similitud en sus características morfológicas.

La Figura 2 corresponde a la disposición de los cacaos con respecto al segundo plano de ordenamiento (Eje 3 y Eje 2), en el cual se aprecia que los cacaos SJU1, SJU3, SJU8, SJU11 y SJU15 están muy influenciados por el tercer eje del ordenamiento, mientras que SJU2, SJU12 y SJU13 se distribuyen en función del segundo eje; el restante grupo de cacaos aunque están ligeramente influenciados por el segundo y tercer eje de ordenamiento, se distribuyen obedeciendo principalmente al primero.

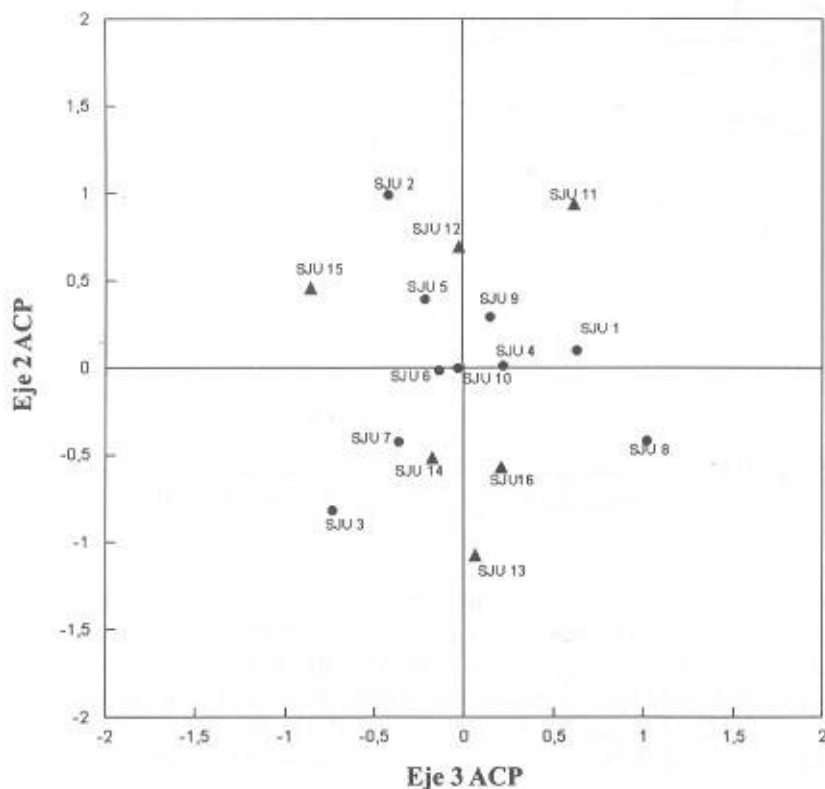


FIGURA 2. Ordenamiento de los individuos (cacaos criollos) con respecto a los componentes principales.

Ordenamiento de las variables

Se realizó el análisis de las variables que determinaron la formación de los tres primeros ejes de ordenamiento, se trazó el círculo de correlación significativa para $\alpha=0,01$ y $n-2$ gl ($r=0,623$) (Fariñas, 1996) y mediante el mismo se eliminaron las variables que no resultaron estadísticamente significativas y por lo tanto, no aportaban peso a los componentes.

En el primer plano de ordenamiento (Figura 3, Eje 1 y Eje 2), las variables excluidas fueron IPS5, AP, LO, GR/MAZ, POSR, POST, TEX0, TEX3, TEXT7, PLOM0, PLOM3, PLOM7 y GSP.

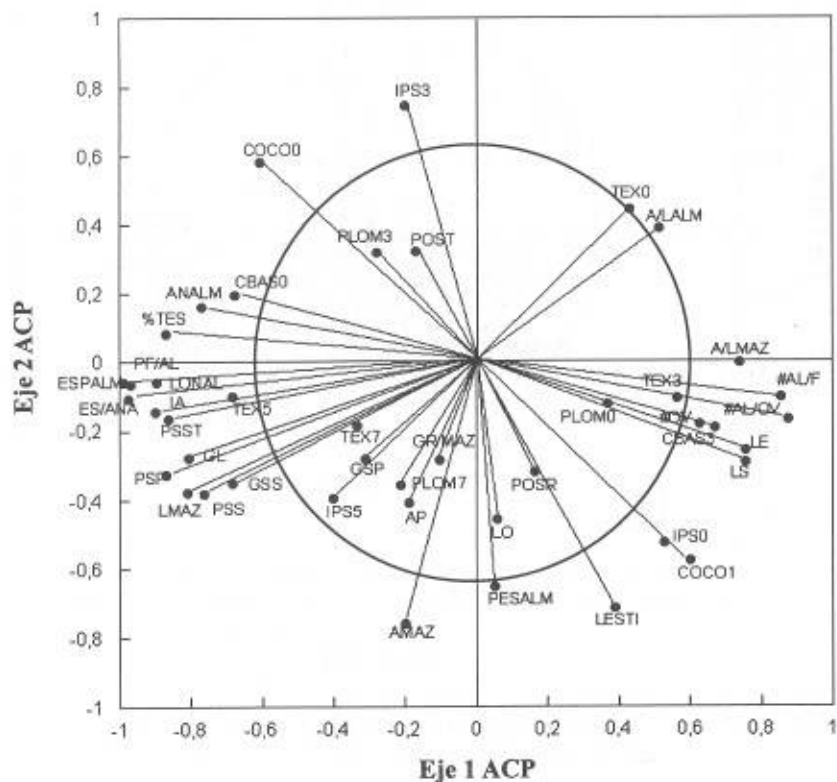


FIGURA 3. Distribución de las variables (descriptores) en el primer plano de ordenamiento (Eje 1 y Eje 2).

Para el segundo plano de ordenamiento (Figura 4, Eje 3 y Eje 2), las variables excluidas fueron IPS0, IPS5, LS, AP, LE, N°OVU, GR/MAZ, POSR, POST, LMAZ, A/LMAZ, TEX0, TEX3, TEX5, TEX7, CBAS0, CBAS3, PLOM7, N°AL/F, N°ALN°OVU, PF/AL, IA, PSST, %TES, LONAL, ANALM, A/LALM, ESPALM, ES/ANA, PSP, PSS, GSP, GSS Y GL.

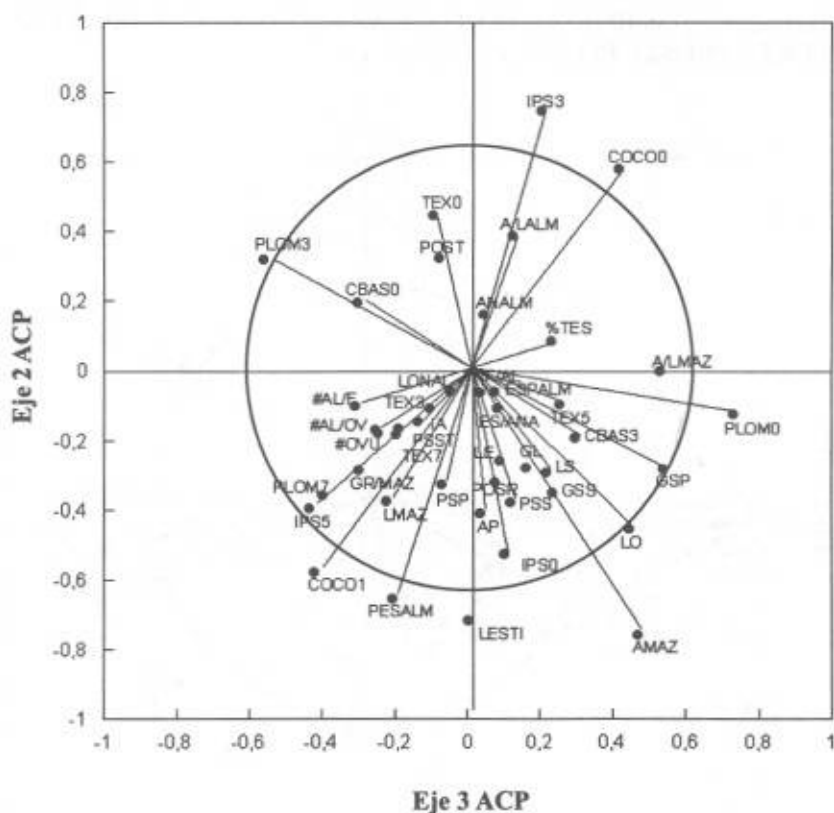


FIGURA 4. Distribución de las variables (descriptores) en el segundo plano de ordenamiento (Eje 3 y Eje 2).

De igual forma, se evaluaron las variables significativas con el propósito de eliminar las que fuesen redundantes. Para el primer plano de ordenamiento (Figura 3, Eje 1 y Eje 2) fueron excluidas LE, por presentar un alto grado de correlación positiva con LS (a mayor LS mayor LE) y CBAS3 que está correlacionada negativamente con CBAS0, es decir, variables que son completamente opuestas.

Así mismo, fueron excluidas las siguientes: N°AL/N°OV correlacionada positivamente con N°OV y N°AL/F (a mayor N°OV y N°AL/F mayor N°AL/N°OV); PF/AL, LONAL y ES/ANA, correlacionadas positivamente con ESPALM, es decir, que a mayor ESPALM, hay mayor LONAL, PF/AL y ES/ANA.

Igualmente COCO1 está correlacionada negativamente con COCO0 (opuestas); GSS correlacionada positivamente con PSS, es decir, que a mayor PSS, mayor GSS, y GL que está correlacionada positivamente con PSP, es decir, que a mayor PSP, mayor es GL. Para el segundo plano de ordenamiento (Figura 4) fue excluida COCO1 que está correlacionada negativamente con COCO0.

En la Figura 5 se presenta el ordenamiento de las variables con respecto al primer plano (Eje 1 y Eje 2); las que presentan mayor correlación y contribuyen con mayor peso a la formación del primer eje son: ESPALM, PSP, PSS, N°AL/F, A/LMAZ, IA, N°OV, LS, %TES, ANALM, LMAZ, TEX5, CBAS0 y A/LALM; encontrándose en este eje un gradiente de textura, tamaño de mazorcas y almendras, así como cantidad de almendras, variables que permiten discriminar entre ambos grupos, lo que resulta similar a lo encontrado por Enríquez y Soria (1966, 1967 y 1968).

El Eje 2 queda definido principalmente por las variables PESALM, AMAZ, LESTI e IPS3, determinando un gradiente de peso y pigmentación. Las variables COCO0 e IPS0 contribuyen en igual proporción a la formación de ambos ejes (Enríquez y Soria, 1967-1968).

La Figura 6 se muestra el ordenamiento de las variables con respecto al segundo plano (Eje 3 y Eje 2); ellas se corresponden, en su mayoría, con las mismas que lo conforman en el plano anterior (Eje 1 y Eje 2). La variable LO contribuye en igual proporción a la formación de ambos ejes. Las variables que presentan mayor correlación con el tercer eje son: PLOM0 y PLOM3, las cuales determinan un gradiente de pigmentación.

Los resultados muestran que entre los materiales estudiados existen dos grandes grupos que están separados en relación con los gradientes conformados por el Eje 1. El primero de estos gradientes está representado por el tamaño de las almendras y el segundo por el tamaño y la rugosidad de la mazorca; siendo los cacaos del tipo Guasare los que presentan almendras con mayor espesor, ancho, longitud, peso fresco, relación espesor/ancho, porcentaje de testa, índice de almendra y mazorcas más largas y rugosas.

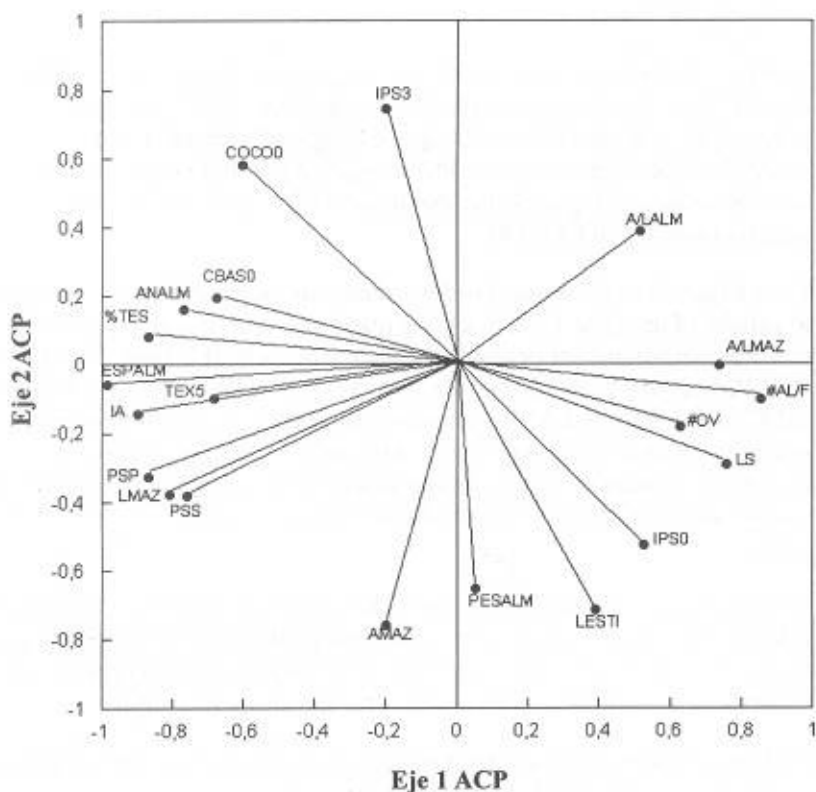


FIGURA 5. Distribución de las variables estadísticamente significativas (descriptores) en el primer plano de ordenamiento (Eje 1 y Eje 2).

Similarmente, Engels (1983) señala que características como tamaño de semillas y frutos forman grupos compactos de descriptores estrechamente relacionados. Estas variables se correlacionan positivamente entre sí y negativamente con el Eje 1 de ordenamiento, indicando que se incrementan en sentido opuesto a A/LALM y A/LMAZ, las cuales caracterizan a los cacaos del piedemonte andino como: de almendras más pequeñas y planas, de mazorcas anchas de menor longitud y de texturas más lisas; resultados que concuerdan con los encontrados por Motamayor (1995).

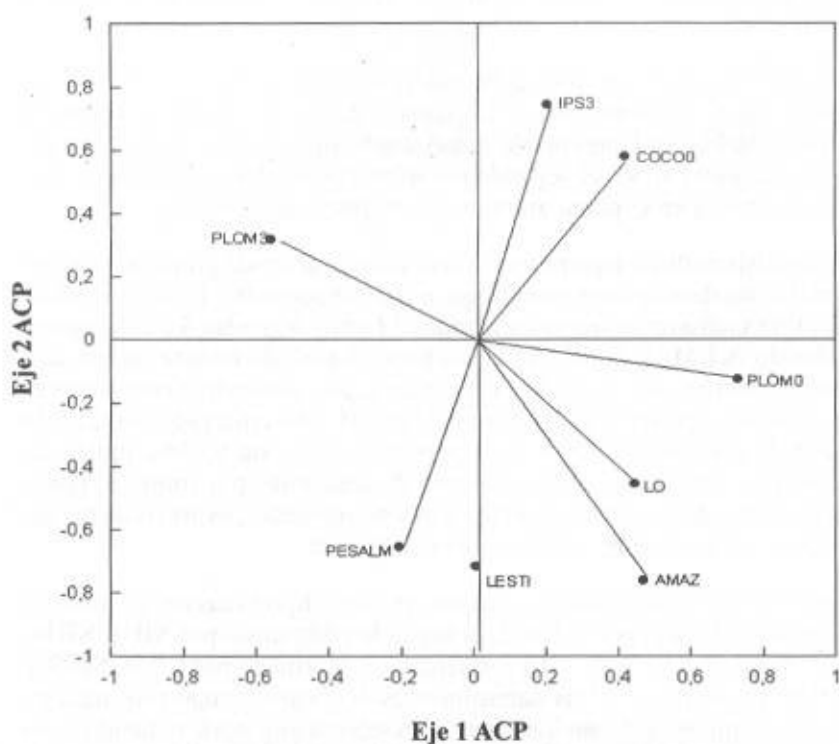


FIGURA 6. Distribución de las variables estadísticamente significativas (descriptores) en el segundo plano de ordenamiento (Eje 3 y Eje 2).

Es de hacer notar que en el Eje 1 de la Figura 5 las variables N°AL/F, N°OV y LS están correlacionadas positivamente entre sí y con el primer eje, definiendo a los cacaos del piedemonte andino, como cacaos con un mayor número de almendras y flores con sépalos y estilos más largo, similar a lo señalado por Moreno (1998).

En el Eje 2 del primer plano de ordenamiento (Figura 5) se producen dos gradientes, el primero quedó determinado por las variables AMAZ, LESTI y PESALM, las cuales quedan correlacionadas positivamente entre sí y negativamente con el eje, definiendo un gradiente de PA/LM, y LE de la flor, mientras que el segundo está determinado por las variables COCO0 e IPS3 que se correlacionan positivamente entre sí y con el eje, definiendo un gradiente de pigmentación de las almendras y del sépalos de la flor.

El segundo plano de ordenamiento (Figura 6) el Eje 3 conforma un gradiente de pigmentación de la mazorca determinado por las variables PLOM0 y PLOM3 que correlacionan positivamente con este eje y negativamente entre sí. En el segundo eje se mantienen las correlaciones que se analizaron en el plano anterior con respecto al mismo eje.

El análisis multivariado permitió determinar para cada grupo morfogeográfico los descriptores morfológicos más importantes. Para los criollos del tipo Guasare: mazorcas alargadas 17 cm y angostas 8,2 cm (menor relación A/LMAZ 0,48), sin constricción basal, de textura rugosa con surcos primarios y secundarios pronunciados; almendras con mayores dimensiones (ESPALM 1,24 cm y ANALM 1,64 cm), redondeadas, de cotiledones blancos con mayor porcentaje de testa 9,13%, índice de almendra alto 1,6 g y menor número de almendras por fruto 23; flores con sépalos de menor longitud 6,9 mm y pigmentados, ovarios con menor número de óvulos 40 y estilos cortos 1,88 mm

Igualmente se encontró tres grupos de cacao tipo Guasare, el primero representado sólo por el SJU2, el segundo compuesto por SJU1, SJU4, SJU5, SJU6, SJU9 y SJU10 y el tercero conformado por SJU3, SJU7 y SJU8. Las características determinantes del primer grupo son: intensidad de pigmentación en los sépalos, mazorcas angostas, reducido peso de almendras por fruto y estilos cortos. El tercer grupo está determinado por mazorcas anchas y alargadas, con surcos primarios y secundarios muy profundos, almendras redondeadas que en su conjunto presentan un elevado peso. El segundo grupo presenta características intermedias entre los dos grupos antes mencionados.

El cacao del piedemonte andino está determinado por las siguientes características: mazorcas cortas 15 cm y anchas 8,2 cm, de texturas lisas con surcos primarios y secundarios poco acentuados; almendras planas con un bajo porcentaje de testa 6,36%, bajo índice de almendras 1,29 g y un mayor número de almendras por fruto 29; flores con sépalos largos 8,17 mm y sin pigmentación, estilos y ovarios alargados (1,93 mm y 1,2 mm, respectivamente) con un elevado número de óvulos (44 en promedio).

Se distinguen dos grupos de cacaos del piedemonte andino, el primero conformado por SJU11, SJU12 y SJU15, mientras que el segundo está constituido por SJU13, SJU14 y SJU16. El primer grupo se caracteriza por presentar mazorcas cortas y delgadas, con surcos primarios y secundarios poco acentuados, con almendras planas y de cotiledones blancos que en su conjunto presentan un bajo peso y flores con sépalos pigmentados. El segundo grupo está definido por poseer flores con sépalos sin pigmentación y de estilos largos, mazorcas alargadas y anchas, con almendras ligeramente planas y pigmentadas que en conjunto, presentan un elevado peso entre los cacaos del piedemonte andino.

CONCLUSIONES

El empleo de los componentes principales permitió conocer que:

- De los 43 descriptores morfológicos analizados, sólo 18 de ellos son relevantes, lo que facilita la caracterización de cada grupo morfogeográfico.
- Los descriptores más relevante para las flores son: intensidad de pigmentación en los sépalos, longitud de los sépalos, longitud del estilo, longitud del ovario y número de óvulos.
- Los caracteres más determinantes de los frutos son: longitud de la mazorca, ancho de la mazorca, textura de la mazorca, constricción basal, profundidad de surco primario y secundario, pigmentación en el lomo y número de almendras por fruto.
- El peso de las almendras, espesor de la almendra, ancho de la almendra, color del cotiledón, índice de almendra y porcentaje de testa o cascarilla, constituyen los descriptores más importantes para la caracterización de las semillas.

- Existen dos grupos entre los materiales de cacao estudiados: Guasare y criollos del piedemonte andino.
- Las características de pigmentación en el lomo y longitud del ovario no son determinantes para ninguno de los dos grandes grupos establecidos, ya que las mismas se presentan indistintamente en cacaos de ambos tipos.
- La intensidad de pigmentación en el sépalo, peso de almendras, longitud del estilo, ancho de la mazorca y color del cotiledón tienen mayor importancia para la determinación de los grupos estudiados.

SUMMARY

The study was carried out in San Juan of Lagunillas, Mérida, Venezuela at 1 050 m.s.n.m., on a sample of cocoa plants, from the INIA-Mérida Gene Bank, composed by a population of ten materials of native Guasare cocoa and six materials of the Andean foothills. An evaluation of 40 morphological characters in flowers, fruits and almonds, according to the methodology presented by the catalogue of descriptors of CATIE, was carried out. Data were analyzed through principal components (multivariate method), with the propose of selecting the descriptors that best contributed to the morphological characterization of the native types, that were influenced to a lesser degree by the environment and responded to stable characters. Results show the separation of the two groups and characterize the Guasare group by a strong ruggedness of the surface of the fruit, the roundness of the almonds expressed in an almost 1:1 relationship width: thickness and a white color of the cotyledons. For the materials from the Andean foothills, the most important descriptors were: length of the style, the intensity of pigmentation and the width of the sepals, the number of ovules and the smooth surface of the fruit. Traits associated with the fruit such as thickness and pigmentation of the ridge, thickness of the primary furrow, basal constriction, thickness of the almonds, the relationship between ovules/number of almonds and length of the ovary were not determinants. This methodology simplifies the quantity of observations required, reducing the number of variables and facilitating the characterization of morphogeographic groups.

Key Words: Characterization; germplasma; native cocoa; morphogeographic groups.

BIBLIOGRAFÍA

BEKELE, F. and D. Butler. 1988. Proposed short list of cacao descriptors for characterization. The Cocoa Research United, St. Augustine, Republic of Trinidad and Tobago. 12 p.

BRAUDEAU, J. 1975. El cacao. Barcelona, España. Editorial Blume. 292 p.

CARTAY, R. 1998. La economía del cacao en Venezuela. Proyecto 96001539 Informe I. Agenda Cacao. 116 p.

CUATRECASAS, J. 1964. Cacao and its allies. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contributions from the United States Herbarium. Vol 35-6. 614 p.

ENGELS, J., B. BARTLEY y G. ENRIQUEZ. 1979. Descriptores de cacao, sus clases y modus operandi. Costa Rica. CATIE. 191 p.

CHEESMAN, E. 1944. Notes on the nomenclatura, classification and possible relationships of cacao populations. Trop. Agric. 21:144-159.

ENGELS, J. 1983. A sistematic description of cacao clones. III. Relationships between characteristics and some consequences for the cacao breeding. Euphytica 32:719-733.

ENRÍQUEZ, G. A. y J. SORIA. 1966. Estudio de la variabilidad de varias características de las mazorcas de *Theobroma cacao* L. Fitotecnia Latinoamericana 3(1-2):99-118.

ENRÍQUEZ, G. A. y J. SORIA. 1967. Selección y estudio de los caracteres útiles de la flor para la identificación y descripción de cultivares de cacao. Cacao XII (1):8-16.

ENRÍQUEZ, G. A. and J. SORIA. 1968. The variability of certain bean characteristics of cacao *Theobroma cacao* L. Euphytica 17:114-120.

FARIÑAS G., M. 1996. Análisis de la vegetación y de sus relaciones con el ambiente mediante métodos multivariantes de ordenamiento. Mérida, Venezuela. Postgrado en Ecología Tropical. CIELAT – Universidad de los Andes. 256 p.

GUEVARA, C. 2003. Comercialización del cacao en Venezuela y el mundo. I Simposio Cacaotero del estado Barinas. (Conferencia), Venezuela.

- LEAL, F. y E. VALDERRAMA. 1997. Origen del cacao en Venezuela. Memorias I Congreso Venezolano del Cacao y su Industria. Maracay, Ven.
- MORENO R., A. 1998. Caracterización morfológica y clasificación de cultivares de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.). Maracay, Venezuela. Tesis de postgrado. Fac. de Agronomía Universidad Central. 67 p.
- MOTAMAYOR, J. 1995. Estudio de la variabilidad genética de los cacaoteros criollos de Venezuela (*Theobroma cacao* L.) mediante el uso de marcadores moleculares tipo RFLP. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central. Fac. de Agronomía. 130 p.
- MURRAY, D. B. 1975. The botany of cacao. **In:** Cocoa 3ra . Ed. G. A. R. Wood ed. Longman. London. 7-18.
- RAMOS, G., A. GÓMEZ, M. MARCANO y M. VERA. 2003. Catálogo de descriptores de cacao. Colección Occidente 2000. (Digitalizado).
- REYES, H. y R. de CAPRILES. 2000. El cacao en Venezuela. Caracas, Venezuela. Gráficas Acea. 270 p.
- SÁNCHEZ, P. 2002. Perspectivas para el cacao en Venezuela. Taller sobre transferencia de tecnología en cacao. (Conferencia). FUNDACITE – Aragua – FONACIT. Maracay.

PROPAGACIÓN ASEJUAL DEL GUAYABO MEDIANTE LA TÉCNICA DE ACODO AÉREO

Nilca R. Albany V.*, Jorge A. Vilchez P.*, Zenaida J. Viloria*,
Carmen Castro** y José Gadea L.***

RESUMEN

La mayoría de los guayabos cultivados en el noreste del estado Zulia (Venezuela) han sido propagados por semilla, originando de esta manera una alta variabilidad genética en las plantaciones comerciales. Por esta razón se evaluó el acodo aéreo como técnica de propagación vegetativa del guayabo. En un primer ensayo se estudió la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) a 5 000 mg kg⁻¹ cada uno y una combinación de ambos (2 000 y 1 000 mg kg⁻¹, respectivamente). En un segundo experimento, se aplicó 5 000 mg kg⁻¹ de ANA y se evaluaron dos sustratos: abono de río y la mezcla de abono de río+espuma fenólica (3:1 v/v). El estudio se realizó en un huerto comercial de cinco años de edad, en el municipio Mara del estado Zulia. El diseño experimental fue de bloques al azar con doce repeticiones por tratamiento. Entre los reguladores de crecimiento, 5 000 mg kg⁻¹ de ANA indujo los mayores porcentajes de acodos aéreos enraizados (96,43%), número (7,89) y longitud (4,13) de raíces. La mezcla de abono de río+espuma fenólica favoreció el mayor porcentaje de acodos enraizados (92,07%). Basado en el porcentaje de acodos aéreos enraizados, número y longitud de raíces primarias; se concluye que el ANA a 5 000 mg kg⁻¹ fue el mejor estimulante para la formación de raíces en acodos aéreos de guayabo usando la mezcla de sustratos.

Palabras Clave: *Psidium guajava* L.; guayabo; ácido naftalenacético; ácido indolbutírico; sustrato.

* Profesor, **Profesora jubilada e ***Ingeniero Agrónomo, respectivamente. La Universidad del Zulia (LUZ). Facultad de Agronomía. Apdo. 15205. Maracaibo 4005, estado Zulia, Venezuela. E-mail: nilca_albany@cantv.net, jvilchez@cantv.net.

RECIBIDO: julio 21, 2003.

INTRODUCCIÓN

Desde principios de la década del 90 la producción del guayabo, *Psidium guajava* L., en el noroeste del estado Zulia ha sido considerablemente afectada por la disminución de la superficie sembrada, así como también por diversas causas de origen biótico (muerte regresiva, escama algodonosa, etc.) y abiótico tal como salinidad de suelos y aguas (Laguado *et al.*, 1999). Estas circunstancias exigen la selección y perpetuación de materiales resistentes o tolerantes a los factores anteriormente mencionados.

La población de plantas sembradas en la región noroeste del estado Zulia, tiene un origen casi único aunque se ha generado cierta variabilidad debido al modo de propagación por semilla, aunado a la propia biología floral de esta especie (Tong *et al.*, 1992). Esto puede ser evitado cuando se emplea la propagación mediante injertación, estacas o acodos.

A través del acodo aéreo es posible obtener plantas uniformes a partir de ramas seleccionadas de similar forma y edad. A diferencia de la injertación, las plantas acodadas u obtenidas de estacas no retornan a un período juvenil (Lambe *et al.*, 1990). La propagación por estacas o esquejes hace factible la producción de grandes cantidades de plantas, sin embargo el costo de las instalaciones y equipos necesarios no están al alcance del productor.

En Venezuela la propagación del guayabo por acodos aéreos no ha sido empleada comercialmente a pesar de ser una técnica bastante sencilla y ampliamente usada en México (Cortez *et al.*, 1994) y en otros frutales como *Mangifera indica* (Lambe, 1990); *Prunus persica* (Cabral *et al.*, 1981); *Morus alba* y *Ficus carica* (Puri y Nagpal, 1988) y especies agroforestales destacándose *Dalbergia sissoo* y *Acacia catehu* (Puri y Nagpal, 1988).

En esta técnica de propagación se han utilizado como auxinas el ácido naftalenacético y el ácido indolbutírico para promover el desarrollo de raíces, lográndose porcentajes de enraizamiento de 50% a 75,75% (Fernández *et al.*, 2001; Gonzáles *et al.*, 2001; Sharma *et al.*, 1991).

Como sustratos se han empleado varios materiales, sin embargo el abono de río solo o mezclado, es el sustrato mayormente utilizado para realizar el acodo aéreo en guayabo, debido a su alta capacidad para retener la humedad (Buitrago y Ramírez, 2001; Fernández *et al.*, 2001; Gonzáles *et al.*, 2001).

Para realizar el acodo aéreo, comúnmente se desprende un anillo de corteza que en el guayabo tiene la desventaja que al producir una herida se promueve la multiplicación de células desdiferenciadas (masa de callo) hasta llegar a cubrir la zona cortada, uniendo de nuevo el sistema conductor de fotoasimilados, lo que retrasa el proceso de enraizamiento.

Calderón (1992) señala que este callo debe removerse y ser eliminado del anillo para inducir el enraizamiento. Esta práctica requiere de tiempo adicional, ya que se debe descubrir el acodo, y dependiendo del número de ramas acodadas puede ser una tarea laboriosa.

Sin embargo, en muchos trabajos se ha encontrado que la constricción en la base de nuevos brotes incrementa el enraizamiento, recomendándose el estrangulamiento con alambres de cobre y realizar de tres a cuatro vueltas alrededor de la base del brote, con el cuidado de no cortar la corteza severamente (Garner *et al.*, 1976).

El objetivo de esta investigación fue establecer una técnica para la propagación del guayabo a través de acodos aéreos, utilizando diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento y sustratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental se realizó en un lote comercial ubicado en la granja Los Ciénagos, municipio Mara del estado Zulia, donde fueron sembradas 504 plantas de cinco años de edad, a una distancia de 7x7 m. La zona está clasificada como bosque seco tropical, según Holdrige (COPLANARH, 1975).

En un primer ensayo se estudio el efecto de los siguientes reguladores de crecimiento: ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB), en concentración de 5 000 mg kg⁻¹ de manera individual y una combinación de ambos de 2 000+1 000 mg kg⁻¹, respectivamente, usado como sustrato abono de río.

En un segundo ensayo se estudió el efecto de dos sustratos empleándose abono de río y una mezcla abono de río+espuma fenólica en proporción de 3:1^{v/v}. Como regulador de crecimiento se utilizó 5 000 mg kg⁻¹ de ANA.

Las variables evaluadas tanto en el primer ensayo como en el segundo fueron el porcentaje de acodos enraizados, no enraizados y muertos, así como el número y longitud de raíces primarias.

Los acodos aéreos fueron realizados en ramas de 1 a 1,5 cm de diámetro y 80 a 100 cm de longitud a los cuales se les interrumpió el paso de fotoasimilados, de la base de la rama al tronco, por medio de un estrangulamiento de la corteza, efectuado por tres vueltas de alambre de cobre de 20 cm de longitud y 1 mm de diámetro, evitando dañar la madera.

Inmediatamente por encima del mismo se aplicó aproximadamente 0,5 cc del regulador en pasta y se colocó una porción de sustrato húmedo. Una vez colocado el sustrato en la zona acodada, ésta fue envuelta firmemente con polietileno transparente (25x25 cm) y los extremos atados fuertemente con cuerdas. Con la finalidad de disminuir la pérdida de humedad del sustrato los acodos fueron cubiertos con plástico envolvente.

Para la preparación del sustrato se utilizó abono de río sin desinfectar y mezcla de abono de río+espuma fenólica 3:1 $\frac{v}{v}$ como fuente de sustrato. El abono de río fue adquirido en un vivero comercial, mientras que la espuma fenólica (oasis) es un residuo de la industria de floristería, caracterizado por ser biodegradable, tener alta capacidad de absorción y retener la humedad. Este último sustrato fue previamente lavado con agua corriente, con la finalidad de eliminar o disminuir sus impurezas.

Para mantener la humedad de los sustratos se suministró 60 cc de agua/acodo con una inyectora, cada 15 días. La evaluación de los ensayos se realizó a los tres meses cuando en el 70% de los acodos fueron visibles las raíces. Aquellos acodos que tenían abundantes raíces fueron cortados, podados y transplantados en bolsas de polietileno negro de 2 kg de capacidad (22x27 cm).

Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar; se consideró 10 plantas y cada una correspondió a un bloque. El arreglo de tratamientos dentro de cada bloque fue aleatorizado. En el primer ensayo se tomaron 4 repeticiones/tratamiento/bloque para un total de 40 repeticiones/tratamiento. En el segundo ensayo se tomaron 6 repeticiones/tratamiento/bloque para un total de 60 repeticiones/tratamiento. Cada repetición correspondió a una rama acodada y fueron distribuidas al azar en los cuatro cuadrantes de la planta. La unidad experimental fue una rama.

Todas las variables expresadas en porcentajes fueron analizadas estadísticamente a través de la prueba de comparación de proporciones, complementado con el test exacto de Fisher's, el número y longitud de raíces primarias fueron analizadas por la prueba de varianza simple y el test de rangos múltiples de Tukey. Para el procesamiento estadístico se empleó el software analítico Statistical Analysis System, (SAS, 1985) versión 5.0 y Statistix versión 1.0 para ambiente Windows de Microsoft®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los reguladores de crecimiento sobre el porcentaje de acodos enraizados, no enraizados y muertos se muestra en la Figura 1; observándose que el mayor porcentaje de acodos enraizados se obtiene al usar ANA (96,43%) como regulador de crecimiento, el cual difiere estadísticamente de la combinación ANA+AIB (87,10%) y AIB (75,42%).

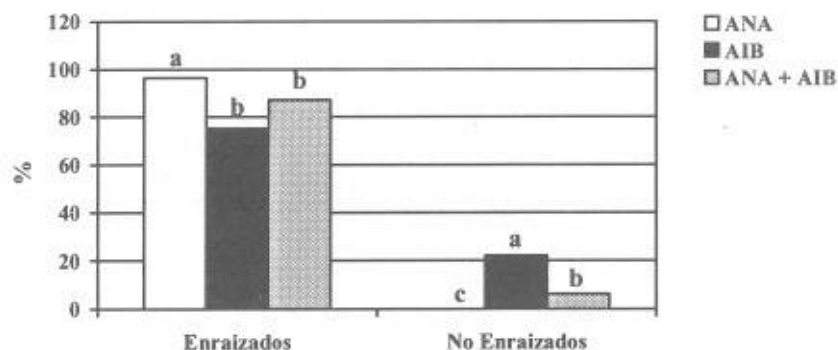


FIGURA 1. Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el porcentaje de acodos enraizados, no enraizados y muertos. Letras distintas de un mismo parámetro difieren estadísticamente para $P < 0,05$ según la prueba de comparación de proporciones complementada con el test exacto de Fisher's. ANA: Ácido naftalenacético; AIB: Ácido indolbutírico.

En la evaluación del ensayo se observó que todas las ramas tratadas con ANA que permanecieron vivas enraizaron; mientras que el valor más alto de acodos no enraizados (22,08%) se observó en AIB, en tanto que la combinación ANA+AIB alcanzó un 6,20%. En este último tratamiento se presentó el mayor porcentaje de acodos muertos (6,70%), mientras que en las ramas tratadas con ANA o AIB los valores fueron 3,58% y 2,50%, respectivamente, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Los valores obtenidos en el número de raíces con ANA (7,89) y ANA+AIB (7,09) fueron estadísticamente similares, sin embargo estos difieren de los alcanzados con el AIB (Cuadro 1) en el cual se obtuvo el valor más bajo para esta variable (4,72).

CUADRO 1. Efecto de los reguladores de crecimiento sobre el número promedio de raíces primarias.

Reguladores de crecimiento	Número promedio de raíces primarias
ANA (5 000 mg kg ⁻¹)	7,893 a
ANA+AIB (2 000+1 000 mg kg ⁻¹)	7,097 a
AIB (5 000 mg kg ⁻¹)	4,714 b

Valores con letras diferentes presentan diferencias ($P < 0,05$) según la prueba de media de Tukey. ANA: Ácido naftalenacético. AIB: Ácido indolbutírico.

La variable longitud de raíces siguió el mismo comportamiento estadístico que la variable número de raíces. Las pruebas de comparaciones de medias según Tukey (Cuadro 2) indican que la mayor longitud de raíces se obtuvo con el uso del regulador ANA, arrojando un valor de 4,13 cm; seguido por la combinación ANA + AIB con 3,0 cm de longitud, mientras que el menor valor se obtuvo al usar AIB (2,84 cm).

Por otra parte, las raíces primarias se caracterizaron por ser gruesas, poco ramificadas y generalmente ubicadas en un solo lado del perímetro de la rama acodada; sin embargo al comparar la calidad de estas raíces con un segundo ensayo (datos no publicados) donde se evaluaron

diferentes dosis de aplicación (0,25 cc y 0,50 cc) de 5 000 mg kg⁻¹ de ANA, se observó una mayor cantidad de raíces primarias (23) delgadas y distribuidas en todo el perímetro de la rama con abundantes raíces secundarias, cuando se aplicó 0,25 cc de ANA. Esto indica que al optimizar la cantidad del regulador de crecimiento a ser aplicado, podría obtenerse raíces en mayor cantidad y calidad, asegurándose así mayor eficiencia de las mismas una vez transplantadas.

El tipo de sustrato afectó apreciablemente el porcentaje de acodos enraizados (Figura 2), la mezcla abono de río+espuma fenólica fue la más favorable (92,07%) en comparación con el abono de río (80,54%). Este factor determinó el comportamiento de la variable porcentaje de acodos no enraizados, cuyos valores fueron 13,33% para el abono de río y 2,38% para la mezcla de sustratos. Las variables porcentaje de acodos muertos, número y longitud de raíces, no mostraron diferencias estadísticas.

En la investigación los mayores valores de porcentaje de acodo enraizados (96,43%) se obtuvieron al aplicar 5 000 mg kg⁻¹ de ANA, los cuales fueron superiores a los obtenidos por Buitrago y Ramírez (2001) y González *et al.* (2001), quienes utilizando 4 000 mg kg⁻¹ de ANA obtuvieron un 73,75% y 70% de enraizamiento, respectivamente.

Independientemente de los otros factores estudiados el regulador crecimiento ANA supera al AIB en iguales concentraciones (5 000 mg kg⁻¹). Además, al ser combinados estos reguladores de crecimiento en concentraciones inferiores (2 000+1 000 mg kg⁻¹, respectivamente) se obtuvo mejores resultados que al utilizar AIB a 5000 mg kg⁻¹.

CUADRO 2. Efecto de los reguladores de crecimiento sobre la longitud promedio de raíces primarias.

Reguladores de crecimiento	Longitud de raíces primarias (cm)
ANA (5 000 mg kg ⁻¹)	4,131 a
ANA+AIB (2 000+1 000 mg kg ⁻¹)	3,008 a
AIB (5 000 mg kg ⁻¹)	2,842 b

Valores con letras diferentes presentan diferencias ($P < 0,05$) según la prueba de media de Tukey. ANA: Ácido naftalenacético. AIB: Ácido indolbutírico.

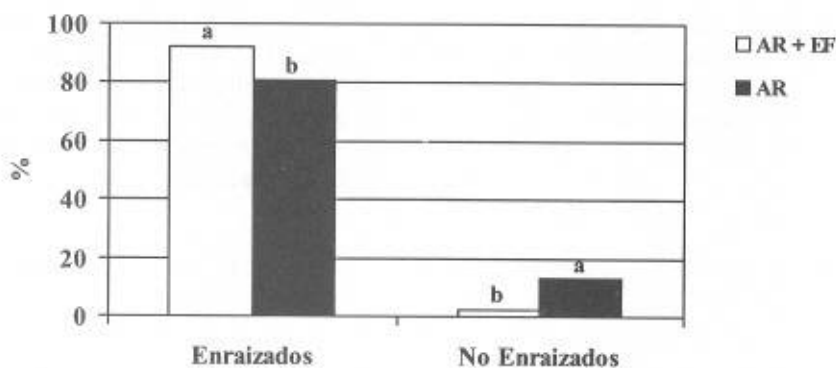


FIGURA 2. Efecto del sustrato sobre el porcentaje de acodos enraizados, no enraizados y muertos. Letras distintas de un mismo parámetro difieren estadísticamente para $P < 0,05$ según la prueba de comparación de proporciones complementada con el test exacto de Fisher's. AR: Abono de río; EF: espuma fenólica.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Sharma *et al.* (1991) quienes al usar el AIB a $10\ 000\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$, en plantas de ocho años de edad, lograron un 75,75% de acodos enraizados al cabo de 2 meses.

La diferencia en el tiempo de enraizamiento obtenida por estos autores y la señalada en esta investigación (3 meses) quizás se deba a la mayor concentración de AIB ($10\ 000\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$) utilizada por dichos autores en comparación a las dosis utilizadas en este ensayo. Sin embargo, estos resultados fueron superados por Dutta y Mitra (1991) quienes lograron 100% de acodos enraizados cuando las ramas fueron previamente etioladas en la base o en forma total y luego tratadas con $3\ 000$ o $5\ 000\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ de AIB.

En este trabajo el número y longitud promedio de las raíces primarias son factores determinantes de la sobrevivencia de los acodos enraizados, ya que usando ANA a $5\ 000\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ se alcanzaron los valores más altos para las variables número (7,89) y longitud promedio de raíces primarias (4,13 cm), los cuales son inferiores, según lo señalado por Buitrago y Ramírez (2001) 17 y 4,67, respectivamente.

Así mismo, Ram *et al.* (1993) establecieron que no sólo la aplicación de reguladores de crecimiento determina la longitud de las raíces, sino que ésta puede ser favorecida con la aplicación de sacarosa al 5%, señalando que la longitud y la relación longitud-diámetro fueron índices confiables para predecir sobrevivencia en campo.

El porcentaje de acodos enraizados también dependió del sustrato utilizado (Figura 2), observándose los mejores resultados con la mezcla abono de río+espuma Fenólica con un 92,07%. Ésto se debe a que la humedad retenida por el sustrato es uno de los factores que incide directamente sobre la formación de raíces. La mezcla abono de río+espuma fenólica conservó por mayor tiempo la humedad.

Es preciso señalar que en la evaluación de ambos tipos de sustratos fue necesario reponer la humedad durante el período de enraizamiento, dado que éste se prolongó hasta 3 meses. Se ha señalado que utilizando abono de río+humus de lombriz (2:1 %) y 4 000 mg kg⁻¹ de ANA se logró un 73,75% de acodos enraizados, resultados que son inferiores a los obtenidos en este ensayo.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación realizada se concluye que ANA a 5 000 mg kg⁻¹ es el regulador de crecimiento que promueve un mayor porcentaje de acodos enraizados, mayor número y longitud de raíces primarias, bajo la técnica de acodos aéreos en *Psidium guajava* L.
- La combinación de los sustratos materia orgánica+espuma fenólica (3:1) favorece un mayor porcentaje de acodos enraizados y menor porcentaje de acodos no enraizados y muertos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Agro. Romer Simancas, propietario de la granja "Los Ciénagos", por facilitar las plantas para esta investigación.

SUMMARY

Most of the guava, *Psidium guajava* L., trees grown in the northwestern Zulia State (Venezuela) have been propagated by seed, bringing about high genetic variability in commercial plantations. For such a reason, an

evaluation of air layering as a technique of vegetative propagation of guava, *Psidium guajava* L., was performed. In the first experiment, a study was made of the application of naphthaleneacetic acid (NAA) and indolebutyric acid (IBA) at 5 000 mg kg⁻¹ each and a mixture of both (2 000 and 1 000 mg kg⁻¹, respectively) using river peat as substrate. In a second experiment, we applied 5 000 mg kg⁻¹ NAA and evaluate two substrates: river peat and the mixture of river peat+phenolic foam (3:1v/v). Experiments were carried out in a five-year-old commercial orchard, in Mara County-Zulia State. The experimental design was of blocks at random, with twelve repetitions per treatment. The mixture of river peat+phenolic foam media favored a bigger percentage of rooted layerings (92,07%). Based on the percentage of rooted air layerings, number and longitude of primary roots, we concluded that NAA at 5 000 mg kg⁻¹ was the best stimulative for the formation of roots in air layers using media mixture of river peat+phenolic foam.

Key Words: *Psidium guajava* L.; guava; naphthalene acetic acid; indole-3-butyric acid; media.

BIBLIOGRAFÍA

BUITRAGO, N. y M. RAMÍREZ. 2001. Enraizamiento de acodos aéreos del guayabo (*Psidium guajava* L.) con ácido naftalenacético. Comp. Fac. Agron. (LUZ). p 92.

CABRAL, D., A. MURATALLA, A. MANZO y J. ESPINOZA. 1981. Propagación por acodo de montículo de Durazno siempreverde (*Prunus persica* L. Bastch). Chapingo 15(73-74):138-141.

CALDERÓN, G. 1992. El cultivo de la guayaba. In: Becerra Ochoa, L. A. Fruticultura Tropical. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. 3^{er} Ed. Bogotá, Colombia. 303 p.

CORTÉZ, J., H. SOTOMAYOR y A. NAVA. 1994. El cultivo del guayabo en Zacatecas y sus perspectivas ante el TLC. Rev. Agronomía 18:5-15.

DUTTA P. and S. MITRA. 1991. Effect of etiolation on stooling of guava. Indian Agriculturist 35(2):101-105.

FERNÁNDEZ, N., N. GARCÍA., Í. CHÁVEZ, G. RIVERO y M. MARÍN. 2001. Propagación del guayabo (*Psidium guajava* L.) por el método del acodo aéreo. Comp. Fac. Agron. (LUZ). p 99.

- GARNER, R. J., S. A. CHAUDHI. and staff the commonwealth bureau of horticulture and plantation crops. 1976. The propagation of tropical fruit trees. Horticultural Review No 4. C. A. B. International Bureau of Horticulture and Plantation Crops. East Malling, Maidstone 566 pp.
- GONZÁLES, Y., N. BUITRAGO, P. TORRES., M. RAMÍREZ y A. DEL VILLAR. 2001. Enraizamiento de acodos aéreos de plantas adultas del guayabo (*Psidium guajava* L.). Comp. Fac. Agron. (LUZ). p 42.
- LAGUADO, N., E. PÉREZ, C. ALVARADO y M. MARÍN. 1999. Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16(4):382-397.
- LAMBE, A., A. NUÑEZ-ELISEA and DAVENPORT. 1990. New developments in marcotting mangos. Tropical Fruit World. July/August: 80-82.
- PURI S. and R. NAGPAL. 1988. Effects of auxins on air-layers of some agro-forestry species. Indian Journal of Forestry 11(1):28-32.
- RAM, S., S. GOVIND, R. CHANDRA and S. GOVIND. 1993. Efficiency of sugar cane and auxins in relation to rooting and survival of guava layers in acid Alfisol. Progressive Horticulture 23(1-4):22-25.
- SAS, Institute Inc. 1985. Statistical Analysis System, User's Guide: Statistics. Version 5 edition. Cary NC.
- SHARMA, R., T. SHARMA and R. SHARMA. 1991. Influence of regulators and time of operations rootage of air layering in guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad safeda. Orissa Journal of Horticultural 19(1-2):41-45.
- TONG, F., D. MEDINA y D. ESPARZA. 1991. Variabilidad en poblaciones de guayabo (*Psidium guajava* L.) del municipio Mara del estado Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 8:15-27.
- VENEZUELA. 1975. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH). Atlas inventario nacional de tierra, región Lago de Maracaibo. Publicación N° 34. Caracas. p. 3-4.

LÍNEAS DE CAFÉ RESISTENTES A LA ROYA EN UNA LOCALIDAD DEL ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

José Bustamante*, Sara Roa**,
Anabel Casanova** y Luis Roso**

RESUMEN

Con el fin de seleccionar material genético resistente a la roya, *Hemileia vastatrix* Berk y Br., principal enfermedad que limita la alta producción del café, *Coffea arabica* L., de porte bajo y adaptadas a un uso menos intensivo de insumos, se evaluaron en una localidad del estado Táchira, 20 líneas de café derivadas del híbrido de Timor: Catimores, Cavimores y otras provenientes de germoplasma Etíope. Al segundo año de edad se registraron las variables morfológicas altura de la planta y diámetro de la base del tallo. Durante las cuatro primeras cosechas comerciales se evaluó la producción de café cereza por planta y una muestra fue beneficiada vía húmeda para estimar el rendimiento en beneficio y la producción de café oro. Se registró además la precocidad en la maduración de los frutos, el porcentaje de granos vanos y el tamaño del grano. Para todas las variables de rendimiento (café cereza por planta, café oro ha⁻¹ y porcentaje de granos vanos) existe un efecto altamente significativo de los genotipos. Lo mismo sucede con el tamaño de la semilla y precocidad. Todas las líneas superaron en producción a la variedad Catuaí usada como testigo. Sin embargo, algunas deben ser descartadas si se toman los demás criterios de selección. El análisis muestra una correlación entre el rendimiento y el diámetro de la base del tallo, corroborando la importancia de esta variable en la selección temprana de progenies en un programa de mejoramiento de café.

Palabras Clave: *Coffea arabica* L.; *Hemileia vastatrix* Berk y Br.; mejoramiento genético; variedades; producción.

INTRODUCCIÓN

El café es el segundo producto de comercio mundial después del petróleo. En Venezuela ha sido uno de los principales generadores de divisas desde el siglo XIX y su producción es fundamentalmente de la especie *Coffea*

* Investigador y ** Técnicos Asociados a la Investigación, respectivamente. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira. Bramón. Apdo. 5030. Venezuela.

RECIBIDO: octubre 10, 2003.

arabica L., especie alotetraploide ($2n = 4x = 44$ cromosomas) que contiene un genoma de *C. canephora* y uno de *C. eugenioides* (Lashermes *et al.*, 1999). *C. arabica* se caracteriza por presentar muy baja variabilidad genética (Lashermes *et al.*, 1999; Bustamante y Polanco, 1999; Anthony *et al.*, 2001; 2002; Prakash *et al.*, 2002), lo que podría deberse en parte a su biología reproductiva.

La roya del café es una enfermedad que limita seriamente la producción de *C. arabica* en todo el mundo; su resistencia genética es la principal forma de control del patógeno y ha sido transferida a variedades comerciales de *C. arabica* a través del híbrido de Timor (*C. arabica* y *C. canephora*). Dicho híbrido ha originado gran parte de las variedades resistentes a la roya en Latinoamérica (Moreno y Castillo, 1984; Aguilar, 1995; IHCAFE, 1991; IAPAR, 1993), posee características importantes y es fuente de resistencia a Coffee Berry Disease (CBD) causada por *Colletotrichum kahawae* (Omondi *et al.*, 2001), y a nemátodos (*Meloidogyne exigua*, Bertrand *et al.*, 2001; Noir *et al.*, 2003). Otra fuente importante de resistencia a nemátodos la representa el germoplasma de origen Etíope (Anzueto *et al.*, 2001).

En Venezuela una nueva variedad de café tolerante a roya fue ofrecida a los productores por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en el 2001, la cual posee fuente de resistencia proveniente tanto del Híbrido de Timor como del germoplasma Etíope (Bustamante *et al.*, 2001a).

Debido a que la mayoría de los productores en Venezuela desarrollan una caficultura con bajo uso de insumos, con variedades tradicionales y Typica, se plantea evaluar agrónomicamente líneas élite de café (*C. arabica*), resistentes al ataque de la roya, de porte bajo y altamente rendidoras en una localidad del municipio Libertad del estado Táchira bajo un manejo agronómico de bajos insumos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material experimental consistió en germoplasma introducido del Centro de Investigaçao das Ferrugens do Cafeeiro en Oeiras Portugal (CIFC), del Instituto Agronómico de Campinas y de la Universidad Federal de Viçosa (Brasil). Las mismas llegaron al Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira (CIAE-Táchira) en tercera generación (F3). De acuerdo al método de Pedigree se llevaron a una

sexta generación de autofecundación y fueron tomadas veinte líneas élite de Catimores, Cavimores, Sarchimores y cruces de Caturra con germoplasma Etiope para la evaluación (seleccionadas de acuerdo al comportamiento agronómico, de su rendimiento en cada generación y de su calidad en taza), mientras la variedad comercial Catuaí rojo, ampliamente sembrada en Venezuela, fue utilizada como testigo, tal como se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Progenies de café evaluadas en la finca Monte Claro, municipio Libertad, estado Táchira.

Línea N°	Origen Genético
1	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1*)
2	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
3	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
4	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
5	H 361: (971/10 Villa Sarchi x CIFIC 832/2)
6	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
7	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
8	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
9	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
10	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
11	HW 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
12	1637/21 Carturra amarillo x H.59/3: (110/5 (S.4 Agaro) x 87/1 (Geisha))
13	2482/20 Catuaí amarillo x H.W 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
14	2482/20 Catuaí amarillo x H.W 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
15	830/3 Caturra x H.W 26/11: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
16	19/1 Caturra x 134/4-79 S.12 Kaffa
17	H. 176/8: (19/1 Caturra rojo x 128/2 (Dilla and Alghe)) x H.2776/2: (19/1 Caturra rojo x 32/1-190 (DK 1/6))
18	2482/20 Catuaí amarillo x H.W 26/13: (19/1 Caturra rojo x CIFIC 832/1)
19	Catuaí rojo (testigo)
20	135 Caturra x CIFIC 1343

* CIFIC 832/1, CIFIC 832/2 y CIFIC 1343 son híbrido de Timor.

El ensayo se instaló en la Finca Monte Claro, localidad de Santa Anita, municipio Libertad, estado Táchira (950 m.s.n.m.; 22.5 °C de temperatura promedio; 1 050-1 400 mm de precipitación distribuidos durante todo el año; en sentido unimodal).

Para el ensayo se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados, con 6 bloques y 6 plantas efectivas por unidad experimental. La densidad de siembra fue de 5 000 plantas ha⁻¹ y con un manejo agronómico similar al promedio de la zona (sombra regulada, fertilización moderada: 100 kg ha⁻¹ de N como Urea, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ en forma de Fosfato especial y 80 kg ha⁻¹ de K₂O en forma de Cloruro de Potasio). No se aplicó ningún tratamiento para la roya, salvo que el Catuaí fue tratado con oxiclورو de cobre a razón de 2 kg ha⁻¹.

Al segundo año de edad de la plantación se evaluó para cada una de las plantas las siguientes características: Diámetro de la base del tallo a 10 cm de altura, medido en cm y altura de la planta (h), medida en metros.

Durante las cuatro primeras cosechas comerciales (tercero, cuarto, quinto y sexto año de edad de la plantación) se evaluó la producción de café cereza por planta y porcentaje de granos vanos, para ello se tomaron muestras de 100 frutos completamente maduros, registrando la proporción que flota cuando se sumergen en agua.

Se realizaron observaciones relacionadas a la maduración de los frutos o precocidad, dado que la maduración no ocurre totalmente en un solo momento y se requiere varios "pases" para la recolección total de la cosecha. Así mismo, se tomó como referencia el tiempo promedio desde la antesis hasta la maduración de los frutos que ocurre durante los años de cosecha de las variedades comerciales (es decir 32 semanas).

En este sentido, las líneas fueron clasificadas como precoces, medias y tardías en función de cuando la concentración alcanza niveles de más del 50% de la producción; a ellas se les asignó un valor de 1, 3 y 5 puntos, respectivamente.

Una muestra de 1,0 kilogramo de café cereza, de cada línea por bloque, fue beneficiada vía húmeda y secada hasta llevar el café a un 10-11% de humedad. El café pergamino fue trillado para calcular un factor de conversión o una relación entre café cereza y café oro, para así estimar el rendimiento de café oro por hectárea por año.

El café trillado se clasificó por tamaño, usando tamices para café de perforación circular. Para ello se utilizó la clasificación propuesta por Castillo (1978), es decir, la proporción en peso que es retenida en la zaranda de 17/64 de pulgada de diámetro (llamado porcentaje de café supremo).

Se realizó un análisis de varianza de los datos de producción de café oro por hectárea para cada uno de los años, la producción acumulada durante los cuatro años y el factor de conversión, mientras que las variables maduración de los frutos y tamaño de los mismos (porcentaje de café supremo) fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis; realizándose además un análisis de correlación entre las variables morfológicas y el promedio de producción de los cuatro años.

Los análisis se realizaron en el paquete estadístico STATISTIC para Windows versión 1,0. La separación de medias de los tratamientos se realizó usando la prueba de mínima diferencia significativa (m.d.s) al 1%. Las medias de las variables analizadas por vías no paramétricas se separaron usando un 5% de significación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de estadística descriptiva indica que para los datos de todas las variables se cumplen con los supuestos del análisis de varianza en un estudio paramétrico (normalidad, aditividad y homogeneidad de varianzas); excepto para el porcentaje de granos vanos cuyos valores fueron transformados a $\ln(X+1)$.

En el análisis de varianza para la producción de café cereza por planta, café oro por hectárea y porcentaje de granos vanos, se observa un efecto altamente significativo de la fuente de variación de las líneas en los años 1 y 3, mientras que no se evidenció al segundo y cuarto año de cosecha comercial (años en los cuales la producción fue alta en casi todos los materiales). Sin embargo, para el segundo año, la producción del Catuaí y la línea 06 fue de 61,6 y 38 qq ha⁻¹, respectivamente.

Analizando la producción acumulada de los cuatro años, si se observan diferencias altamente significativas de los genotipos (Cuadro 2). La separación de las medias de cada tratamiento fueron presentadas en el

Cuadro 3. En dicho cuadro se muestra además los promedios del porcentaje de granos vanos, precocidad y tamaño de grano, expresado como el porcentaje de café supremo.

CUADRO 2. Cuadrados medios para las variables producción de café oro por hectárea (qq ha⁻¹), café cereza por planta (CC) y porcentaje de granos vanos (GV) en progenies de café en una localidad durante cuatro años de evaluación.

Fuente de Variación	g ¹	C. M. qq ha ⁻¹				C. M. Promedios de los 4 años		
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	CC/planta	qq ha ⁻¹	GV
Genotipo	20	203,03**	560,79 N.S.	573,12**	600,2 N.S.	2,45**	1 026,55*	2,015***
Bloque	5	332,38**	3 077**	987,67**	511,45 N.S.	3,68**	1 656,84**	0,430*
Error Exp.	100	87,06	839,85	202,95	452,07	1,28	577,97	0,212

***: Indica diferencias estadísticamente significativas al 0,1%.

** : Indica diferencias estadísticamente significativas al 1%.

* : Indica diferencias estadísticamente significativas al 5%.

N.S.: No existen diferencias estadísticamente significativas.

La Figura muestra los promedios de café oro por hectárea de las mejores líneas y el testigo durante cuatro años consecutivos de producción.

Analizando las variables de rendimiento, producción acumulada de café cereza por planta y café oro por hectárea durante cuatro años, todas las líneas evaluadas superaron ampliamente al testigo y únicamente la línea 8 mostró media estadísticamente igual a él. Es importante observar cómo en los años en los que hubo mayor producción en todas las líneas; no existen diferencias significativas, mientras que en los años 1 y 3, sí las hay. En estos últimos años destacan las líneas 11, 5 y 6 con una producción de 51; 48,5 y 43,6 qq ha⁻¹, mientras que Catuaí produjo 25,5 qq ha⁻¹.

En cuanto a porcentaje de granos vanos, sólo la línea 11 mostró un valor muy elevado. Esta característica se comportó de manera similar en dicha progenie durante los cuatro años de evaluación. Las demás líneas, incluyendo al testigo, presentaron valores bajos para esta variable, oscilando entre 1,13 y 4,27%.

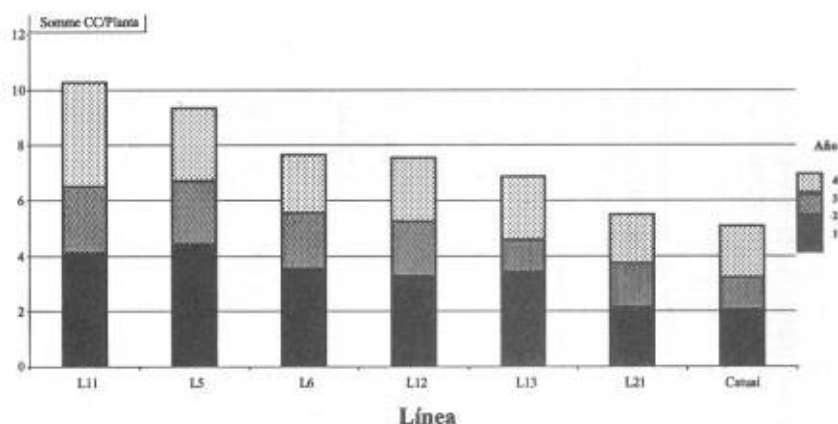


FIGURA. Producción acumulada de café cereza por planta durante los cuatro años de cosecha comercial de las mejores líneas, así como una de las malas progenies (línea 21) y el testigo.

Al estudiar el factor de conversión o la relación de café cereza/café oro, es decir, la cantidad de café cereza necesaria para producir 1 kg de café oro luego del beneficio húmedo denominado como rendimiento en beneficio, se observan diferencias entre los genotipos. La progenie con menor rendimiento es la línea número 11 con un valor de 5,682 (se requieren 256 kg de café cereza para producir 1 quintal de café oro) y ello presenta relación con el alto valor en el porcentaje de granos vanos.

Los granos vanos o semillas vacías se originan por el aborto tardío del óvulo fecundado, el cual detiene el crecimiento del endospermo, pero no de la cavidad locular; estas semillas tienen aspecto de fruto normal y pueden contener una o dos cavidades vacías, razones por la que el rendimiento en beneficio es bajo.

La precocidad definida como el tiempo necesario para la maduración de los frutos es importante cuando se plantea un manejo integrado de la broca del café, por cuanto es el tiempo en el que el fruto se encuentra expuesto a la plaga. Sin embargo, es también importante la distribución concentrada o dispersa de la cosecha, en este aspecto destaca la línea 6, la cual posee una precocidad de 2,67 y presenta una mayor concentración de la misma.

CUADRO 3. Comparación de medias para la producción de café cereza por planta, café oro por hectárea, porcentaje de granos vanos y precocidad en la maduración de los frutos (promedio de cuatro años consecutivos).

Línea	Café cereza kg planta ⁻¹	Café oro qq ha ⁻¹	% Relación al testigo	Granos vanos (%) ¹	Precocidad ²	Tamaño de grano (% café supremo) ²	Factor de conversión kg cereza oro ⁻¹
L11	2,57a	52,45 a	193,26	14,65 a	4,25 c	50,32 e	5,444 a
L5	2,34 ab	49,68 ab	183,05	3,04 bc	3,50 abc	48,24 e	5,233 bc
L6	1,92 abc	41,57 abc	153,17	1,81 bc	2,67 abc	82,65 a	5,132 c
L12	1,89 abc	40,06 abcd	147,61	1,50 bc	2,41 ab	58,26 d	5,242 b
L7	1,78 abc	37,11 bcd	136,74	1,71 bc	3,17 abc	65,12 bc	5,330 ab
L13	1,72 abc	36,56 bcd	134,71	2,94 bc	3,08 abc	61,67 bc	5,227 bc
L3	1,67 abc	35,60 cd	131,17	3,15 bc	2,41 ab	64,25 bc	5,212 bc
L9	1,67 abc	35,54 cd	130,95	1,90 bc	2,41 ab	61,27 c	5,221 bc
L1	1,64 abc	34,92 cd	128,67	1,35 bc	3,08 abc	49,32 e	5,218 bc
L15	1,61 abc	34,17 cd	125,90	4,27 b	3,67 bc	67,99 bc	5,235 bc

¹ Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (m.d.s; $\alpha = 0,01$).

² Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis; $\alpha = 0,05$).

.../... Continuación CUADRO 3.

Línea	Café cereza kg planta ⁻¹	Café oro qq ha ⁻¹	% Relación al testigo	Granos vanos (%) ¹	Precocidad ²	Tamaño de grano (% café supremo) ²	Factor de conversión kg cereza oro ⁻¹
L16	1,60 bc	34,02 cd	125,35	2,17 bc	2,83 abc	66,19 bc	5,226 bc
L17	1,56 bc	33,27 cd	122,59	2,94 bc	3,83 bc	62,87 bc	5,210 bc
L10	1,49 bc	31,73 cd	116,91	2,21 bc	2,08 a	68,98 bc	5,218 bc
L2	1,49 bc	31,67 cd	116,69	1,13 c	2,83 abc	62,03 c	5,22 b
L18	1,48 bc	31,55 cd	116,25	2,69 bc	3,25 abc	61,96 c	5,216 bc
L19	1,44 bc	30,55 cd	112,56	3,17 bc	3,00 abc	72,87 b	5,237 bc
L14	1,43 bc	30,48 cd	112,31	1,75 bc	3,32 abc	65,67 bc	5,213 bc
L21	1,38 bc	29,24 cd	107,74	2,69 bc	2,41 ab	63,83 bc	5,301 b
L4	1,37 c	29,03 cd	106,96	3,13 bc	3,08 abc	62,41 bc	5,244 bc
L8	1,31 c	27,90 d	102,80	2,31 bc	3,08 abc	63,03 bc	5,217 bc
Catuái	1,28 c	27,14 d	100,00	1,77 bc	2,92 abc	66,87 bc	5,240 bc
Prom.	1,65	34,96	128,81	2,97	3,01	63,13 bc	5,244

¹ Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (m.d.s; $\alpha = 0,01$).² Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis; $\alpha = 0,05$).

Caso contrario sucede con las líneas 17 y 21, que demuestran una mayor dispersión (requiriéndose hasta 6 pases por año para recolectar todos los frutos en estado apto de maduración). El análisis para esta característica indica que existen diferencias entre los materiales evaluados en el que las líneas 10 y 11 fueron la más precoz y más tardía con valores de 2,08 y 4,25, respectivamente, mientras que en la Catuaí, el tiempo desde la antesis hasta la maduración del fruto fue de 32 semanas y obtuvo un valor de 2,92 considerado como media.

El análisis no paramétrico muestra diferencias altamente significativas para el tamaño del grano, en el caso del Cuadro 3 donde se presentan las medias para el porcentaje de café supremo y se observa que existen cinco grupos. Se clasificaron en 13 progenies como de grano mediano, 4 de grano grande y 3 de grano pequeño. El promedio entre las 20 progenies fue de 65,16%, con un rango entre 48,24% para la línea 5 y 82,65% de café supremo para la línea 6. Los valores medios de Catuaí fue de 66,87%; siendo superada por cuatro líneas.

Todas las líneas evaluadas presentan una resistencia a la roya y ninguna de ellas demostró síntomas de la enfermedad, contrario a lo sucedido con la variedad Catuaí que sí mostró susceptibilidad y hubo la necesidad de recurrir a un control químico para que su producción no fuera afectada.

En el Cuadro 4 se muestran los resultados del análisis para las variables morfológicas, destaca que las líneas muestran un efecto altamente significativo ($P < 0,01$) en la altura de la planta, mientras que para el diámetro de la base del tallo se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$).

CUADRO 4. Cuadrados medios de las variables altura de la planta y diámetro de la base del tallo de progenies de café, al segundo año de edad en una localidad del municipio Libertad, estado Táchira.

Fuente de variación	G1	Altura de la planta	Diámetro base
Línea	20	387,255**	0,05751*
Bloque	5	298,069*	0,09824*
Error	100	114,337	0,04208

** : Indica diferencias estadísticamente significativas al 1%.

* : Indica diferencias estadísticamente significativas al 5%.

El Cuadro 5 muestra la separación de medias de los tratamientos para cada una de las variables morfológicas analizadas, descartando las líneas que superan abiertamente en altura al testigo. Todas las líneas son homogéneas en su morfología al tipo Catuaí, vigorosas y abundantes en ramas secundarias, excepto el Catimor P4 o línea 21 (datos no mostrados).

CUADRO 5. Media de las principales características morfológicas de cada una de las líneas.

Línea	Altura (metros)	Diámetro (cm)
5	82,330 a ¹	1,5418 a
10	79,275 ab	1,4938 ab
1	77,873 abc	1,3620 abcde
19	77,080 abcd	1,3607 abcde
17	74,997 abcde	1,4217 abc
7	73,552 abcdef	1,4018 abc
3	71,832 abcdefg	1,3712 abcde
12	69,885 bcdefg	1,2807 bcde
8	69,497 bcdefg	1,2605 bcde
2	69,497 bcdefg	1,3400 abcde
18	68,718 bcdefg	1,4062 abc
9	67,218 bcdefgh	1,3893 abc
15	66,942 cdefgh	1,3300 abcde
6	65,323 defgh	1,3655 abcde
Catuaí	63,413 efgh	1,2243 cde
13	61,663 fghi	1,4050 abc
4	61,108 ghi	1,2495 cde
16	60,323 ghi	1,3913 abcd
11	60,227 ghi	1,3178 abcde
14	56,303 hi	1,1545 de
21	50,608 i	1,1338 e

¹ Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (m.d.s; $\alpha = 0,01$).

El alto número de ramas secundarias, junto al valor del diámetro de la base del tallo señalan indirectamente el alto potencial productivo de las progenies de Cavimores y Sarchimores evaluadas, concordando con los resultados alcanzados en Brasil por Silvarolla *et al.* (1997) y en Venezuela por Bustamante *et al.* (2001b, 2003), en los que se evalúan materiales de origen genético similar. Estos últimos autores subrayan la importancia del valor del diámetro de la base del tallo al escoger tempranamente las mejores progenies mediante un índice de selección.

Existe una relación directa entre el diámetro de la base del tallo y la producción de café cereza por planta y café oro por hectárea (Cuadro 6); los resultados coinciden con trabajos previos, como Walyaro y Van der Vossen (1979), Moncada *et al.* (1993); Cilas *et al.*, (1998) y Bustamante *et al.*, (2003). El cuadro muestra también una alta correlación entre la producción y el porcentaje de granos vanos, es decir, la alta producción de café afecta positivamente el vaneamiento de los granos, debido a que se encuentra altamente influenciada en el presente análisis por el valor de la línea 11 que posee un alto rendimiento, pero un exagerado valor en el porcentaje de granos vanos (14,6% promedio de los cuatro años).

Igualmente sucede con la precocidad en la maduración de los frutos (con el mayor valor de 4,25); siendo la más tardía o menos precoz, pues los frutos vanos tienden a madurar más rápidamente y junto a la altura de la plantas permiten descartar dicha línea.

CUADRO 6. Coeficientes de correlación entre: altura; diámetro de la base del tallo a los dos años de edad, porcentaje de granos vanos, precocidad en la maduración de los frutos y la producción promedio de café oro por hectárea en progenies de café.

Parámetros	Altura	Diámetro	Granos Vanos	Precocidad
Diámetro	0,751			
Gran Vano	-0,199	0,010		
Precocidad	-0,099	0,148	0,346	
Producción	0,188	0,527	0,357	0,054

La mejor línea cuya fuente de resistencia a la roya no proviene del híbrido de Timor fue la número 13, debido a que ella supera en un 34,7% al Catuaí y presenta además la particularidad de que sus frutos no se desprenden fácilmente de la rama (datos no analizados estadísticamente).

Las líneas élite, con un manejo agronómico de bajos insumos, superaron en producción a la variedad Catuaí, que rindió 27,14 quintales de café oro por hectárea, promedio de las cuatro primeras cosechas y se ubicó por debajo de la media general. La baja producción observada en el Catuaí no puede ser explicada por ataques de roya, por cuanto, cierta manifestación de la enfermedad que se presentó en esta variedad fue tratada con control químico. Ninguna de las líneas evaluadas, presentó la enfermedad aun sin ningún control.

Es importante destacar el potencial de la línea 11, la cual rindió más en café cereza por planta y tuvo el mayor valor de granos vanos, sin embargo, fue la que presentó el mayor rendimiento en café oro por hectárea con un período de maduración del fruto largo, ya que es la menos precoz o más tardía y un tamaño de grano pequeño. La característica de alto porcentaje de granos vanos presentado por esta línea pareciera en primera instancia a una característica de una progenie con alto grado de heterocigosis (situación poco probable por cuanto es una línea con relativa pureza).

La segunda línea con mayor producción fue la número 5, sin embargo, la planta es de porte medio-alto y fue la que presentó el menor tamaño del grano (con un 48,24% de café supremo), por lo que se descarta. El tamaño de grano pequeño y maduración tardía hacen pensar que las líneas 11 y 5 poseen un efecto "canephora" marcado en la introgresión de genes desde esta especie a través del Híbrido de Timor y por tal motivo, la calidad en taza es relativamente inferior al Catuaí (datos no mostrados).

La línea 6 presentó un alto valor en la producción de café cereza, el mejor valor en la relación de café oro/café cereza (se requieren 5,132 kg de café cereza para producir 1 kg de café oro luego del beneficio húmedo), muestra el mayor rendimiento en café oro por hectárea. Estos resultados coinciden con la maduración de los frutos en corto-medio período de tiempo y un bajo porcentaje de granos vanos, mostrando la mejor característica en cuanto al tamaño del grano, siendo el más alto valor en el porcentaje de café supremo, con 82,65%. Lo que hace de esta línea de

origen Sarchimor (MC-06) un alto potencial para ser lanzada como una variedad homogénea en la producción de café para la exportación, ya que esta característica es bienpreciada en el mercado internacional.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Benoît Bertrand por las correcciones y acertadas sugerencias durante la preparación del manuscrito. Igualmente, al personal de la finca Monte Claro por su colaboración en la realización de esta investigación.

SUMMARY

Coffee rust, *Hemileia vastatrix* Berk and Br., is the main production limiting disease of coffee in Venezuela. To obtain genetic material resistant or tolerant to this disease, of high production and short plants, 20 lines of Catimors, Cavimors, Sarchimors and others from Ethiopian germplasm were evaluated in one location of Tachira. During the second year after planting, a record of plant height and basal stem diameter was carried out. The production of berry beans per plant was recorded for the first four commercial harvesting, and a sample of each was processed using water to estimate the production of green coffee. Precocity of fruit ripening, blasted grain percentage, and seed size were recorded too. The latter was expressed as percentage of coffee greater than 17/64 inches of diameter or premium coffee. For all the yield variables (berry beans per plant, green coffee per ha, seed size, precocity, and percentage of blasted grain) there was a highly significant effect for the genotypes and years but no significant effect for their interaction. All the screened coffee lines yielded more than the Catuaí variety used as control. Some lines yielded a high production, had a low percentage of blasted grains, and had a good seed size. The line of Sarchimor MC-06 origin was the best with a yield superior to the control in 53%, and a percentage of 82,65 of premium coffee.

Key Words: *Coffea arabica* L.; genetic improvement; varieties; production; *Hemileia vastatrix* Berk and Br.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, G. 1995. Variedad Costa Rica 95. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). San José, Costa Rica. 33 p.

ANTHONY, F., B. BERTRAND, O. QUIROS, A. WILCHES, P. LASHERMES, J. BERTHAUD and A. CHARRIER. 2001. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. *Euphytica* 118(1):53-65.

ANTHONY, F., Mc. COMBES, C. ASTORGA, B. BERTRAND, G. GRAZIOSI and P. LASHERMES. 2002. The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and SSR markers. *Theor. and Appl. Genet.* 104 (5):894-900.

ANZUETO, F., B. BERTRAND, J. L. SARAH, A. B. ESKES and B. DECAZY. 2001. Resistance to *Meloidogyne incognita* in Ethiopian *Coffea arabica* accessions. *Euphytica* 118:1-8.

BERTRAND, B., F. ANTHONY and P. LASHERMES. 2001. Breeding for resistance to *Meloidogyne exigua* of *Coffea arabica* by introgression of resistance genes of *Coffea canephora*. *Plant Pathology.* 50:637-44.

BUSTAMANTE, J. y D. POLANCO-LOAIZA. 1999. Caracterización molecular de genotipos de café (*Coffea arabica* L.). *Anales de Botánica* 66:21-28.

BUSTAMANTE, J., E. PÉREZ, M. SAYAGO, A. RIVAS, R. MANCHEGO, A. SARMIENTO, R. FARRERA, C. ALVARADO, N. YÁNEZ, M. GARCÍA, R. SILVA, A. CASANOVA, N. ROMÁN, J. BETANCOURT, L. ROSO, J. GARNICA, J. GRATEROL, L. LACRUZ, D. DURÁN y A. MEDINA. 2001a. Variedad de Café INIA 01. Una variedad de café con alto potencial de rendimiento, tolerante a roya y adaptada a las diferentes áreas cafetaleras de Venezuela. *Boletín Técnico INIA, Bramón, Táchira, Venezuela.* 8 p.

BUSTAMANTE, J., R. FIGUEROA, A. CASANOVA, J. GARNICA y C. MARÍN. 2001b. Use of multivariate estimators in genetic stability of coffee lines (*Coffea arabica* L.). 19th International Conference on Coffee Science, ASIC. Trieste, Italia, 14-18 may. *Memorias A141.* 5 p.

BUSTAMANTE, J., A. CASANOVA, N. ROMÁN y C. MONTERREY. 2003. Desarrollo de un índice de selección para la estimación temprana del potencial de rendimiento en café (*Coffea arabica*) Var. Bramón I. BIOAGRO. En publicación.

- CASTILLO, J. 1978. Características de grano en introducciones de café. *Cenicafé* 29(1):3-17.
- CILAS, C., P. BOUHARMONT, M. BOCCARA, A. ESKES and P. BARADAT. 1998. Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. *Euphytica* 104(1):49-59.
- INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ -IAPAR. 1993. Café IAPAR 59. Londrina (Brasil). Triptico.
- INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ -IHCAFÉ. 1991. Una nueva variedad de café con resistencia genética a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br). Boletín de Promecafé (Guatemala) Tqq ha^{1e} Tegucigalpa. Honduras.
- LASHERMES, P, Mc. COMBES, J. ROBERT, P. TROUSLOT, A. D'HONT, F. ANTHONY and A. CHARRIER. 1999. Molecular characterization and origin of the *Coffea arabica* L. genome. *Mol. Gen. Genet.* 261:259-266.
- MONCADA, P., M. CASLER and M. CLAYTON. 1993. An approach to reduce the time required for bean yield evaluation in coffee breeding. *Crop Science* 33:448-452.
- MORENO, G y J. CASTILLO. 1984. La variedad Colombia una variedad de café con resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.). Federación Nacional de cafeteros de Colombia. *Cenicafé*. Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico N° 9 25 p.
- NOIR, S., F. ANTHONY, B. BERTRAND, MC. COMBES and P. LASHERMES. 2003. Identification of a major gene (Mex-1) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. *Plant Pathology* 52: 97-103.
- OMONDI, C., P. AYIECHO, A. MWANG'OMBE and H. HINDORF. 2001. Resistance of *Coffea arabica* cv. Ruiru 11 tested with different isolates of *Colletotrichum kahawae*, the causal agent of coffee berry disease. *Euphytica* 121:19-24.

PRAKASHI, N.S., M.C. COMBES, N. SOMANNA and P. LASHERMES. 2002. AFLP analysis of introgression in coffee cultivars (*Coffea arabica* L.) derived from a natural interspecific hybrid. *Euphytica* 124(3): 265-271.

SILVAROLLA, M. B., O. GUERREIRO-FILHO, M. ALVES DE LIMA e L. FAZUOLI. 1997. Avaliação de Progenies derivadas do Híbrido de Timor com Resistência ao Agente da Ferrugem. *Bragantia* 56(1):47-58.

STOFFELEN, P, E. ROBBRECHT. and E. SMETS. 1996. *Coffea* (*Rubiaceae*) in Cameroun: a new species and a new recognized as a species. *Belg. J. Bot.* 129:71-76.

WALYARO, D. and H. VAN DER VOSSEN. 1979. Early determination of yield potential in arabica coffee by applying index selection. *Euphytica* 28:465-472.

ACUMULACIÓN Y LAVADO DE SALES EN COLUMNAS DE SUELO REGADAS CON AGUA SALINA PROCEDENTE DE UN POZO PETROLERO

Roberto Villafañe*, Natacha DeLeón**, Fernando Camacho**,
Ricardo Ramírez*** y Luis Sánchez**

RESUMEN

Con el propósito de estudiar los procesos de acumulación y lavado de sales en un suelo regado con agua salina ($CE = 6,7 \text{ dS m}^{-1}$ y $pH = 7,44$), procedente de un pozo petrolero ubicado en San Silvestre, estado Barinas, Venezuela; se realizó un experimento de invernadero utilizando 32 lisímetros sembrados de pasto *Brachiaria dictyoneura*; se condujo durante 32 semanas, aplicando riego sin lavado durante las primeras 16 semanas y lavado con agua desmineralizada las 16 semanas restantes. Durante el período de riego se implementaron los siguientes tratamientos: t0) riego con agua desmineralizada desde el inicio; t1) riego con agua desmineralizada los primeros diez días y luego riego con agua salina; t2) riego con agua salina desde el inicio y t3) riego con agua salina desde el inicio, diluida a un tercio de su concentración original. El pasto fue cortado cada 8 semanas, determinando en cada corte la producción de materia seca, y en los 3 últimos, los contenidos de sodio y cloruro. Los tratamientos con agua de producción provocaron un aumento violento de la salinidad en el suelo. El lavado posterior con agua desmineralizada condujo a un descenso de la salinidad en dichos tratamientos, mas no la remoción total. No se detectaron efectos adversos en las propiedades físicas por la utilización del agua de producción en sus distintos tratamientos ni por el posterior lavado. La producción de materia seca del pasto se afectó cuando se utilizó el agua de producción sin diluir. Además, se observó que el agua salina afectó la germinación, emergencia y establecimiento del pasto.

Palabras Clave: Salinización; sodificación; agua salina de pozo petrolero; *Brachiaria*.

* Profesor. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

** Investigador. Centro de Investigación y Apoyo Tecnológico de Petróleos de Venezuela (INTEVEP).

*** Investigador jubilado. INIA. Apdo. 4653. Maracay 2101. Venezuela.

RECIBIDO: Marzo 07, 2002.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de salinización y sodificación que normalmente ocurren en los suelos cultivados resultan del desbalance entre las entradas y salidas de sales en el mismo. Tales procesos están determinados por la concentración y composición iónica del agua de riego, las condiciones de drenaje interno del suelo, la magnitud de la lluvia de la localidad y el manejo del riego (USSLS, 1954; Ayers y Westcot, 1987; Villafañe y Pla, 1994; Chhabra, 1996).

Un suelo es salino cuando el potencial osmótico generado por los iones disueltos en la solución del suelo restringe la absorción del agua requerida por el cultivo (USSLS, 1954). La cantidad y distribución de las sales en el perfil determinan el grado de afectación del suelo, según la tolerancia del cultivo y su profundidad de enraizamiento (Villafañe, 2000).

Se afirma que un suelo es sódico cuando la combinación de los valores de conductividad eléctrica y relación de adsorción de sodio generan dispersión. Si la dispersión ocurre en la superficie del suelo se reduce la infiltración y si ocurre en profundidad se afecta el drenaje interno. En ambos casos la densificación del suelo afecta el desarrollo del cultivo, tanto por la falta de agua en el mismo como por el aumento de su resistencia al crecimiento de las raíces (USSLS, 1954; Ayers y Westcot, 1987; Rhoades *et al.*, 1992; Chhabra, 1996; Villafañe, 2000). Un suelo es salino-sódico, si al ser lavado sin la aplicación previa de enmienda se convierte en sódico (USSLS, 1954, Rhoades *et al.*, 1992).

Los procesos de afectación de los suelos por sales pueden ser atenuados o controlados mediante la disminución de la concentración salina del agua de riego, la lixiviación, el uso de enmiendas en el agua o el suelo si existe riesgo de sodificación, y el mejoramiento del drenaje (USSLS, 1954, Rhoades, 1984, Ayers y Westcot, 1987; Abrol *et al.*, 1988; Rhoades *et al.*, 1992; Chhabra, 1996).

Cuando no existe la posibilidad de reducir el tenor salino del agua, puede practicarse riego limitado y/o el uso de plantas tolerantes a las sales, tales como algodón, sorgo, soya y algunos pastos. Particularmente algunas de ellas también se adaptan a concentraciones altas de sodio y cloruro (Kumar y Abrol, 1986, Villafañe, 1989, Maas, 1990 y Chhabra, 1996).

El mejoramiento del drenaje interno y la lixiviación, como medidas para reducir la acumulación de sales en el suelo, pueden conducir a la

producción de mayores volúmenes de agua de percolación que al ser descargados en los cauces o en los acuíferos, ocasiona problemas de degradación ambiental. Por tal motivo, estas prácticas deben ser rigurosamente controladas para evitar daños al ambiente (Rhoades *et al.*, 1992; Council For Agricultural Cience and Technology, 1996).

Con el propósito de estudiar los procesos de acumulación y lavado de sales en un suelo regado con agua salina, procedente de un pozo petrolero, se instaló un experimento en lisímetros sembrados con pasto *Brachiaria dictyoneura*, bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procesos de acumulación y lavado de sales fueron estudiados en lisímetros de 55 cm de altura y 24 cm de diámetro, entre julio del año 2000 y marzo del 2001, utilizando agua salina procedente de un pozo petrolero ubicado en la localidad de San Silvestre, estado Barinas, Venezuela, y un suelo proveniente del mismo lugar.

Caracterización del agua y del suelo

Previo al desarrollo del experimento en los lisímetros, se caracterizaron el agua y el suelo. El agua procedente del pozo petrolero resultó, de acuerdo con la propuesta de calificación de Villafañe y Guarisma (1998), con pH neutro y salinidad alta (Cuadro 1), constituyendo el sodio el catión predominante, seguido del calcio, y como anión determinante el cloruro, los cuales sugieren riesgos de salinidad mas no de sodicidad, ya que la existencia de calcio en forma de cloruro permite mantener suficiente calcio en solución.

CUADRO 1. El pH, conductividad eléctrica y composición iónica del agua salina.

pH	CE _r (dS m ⁻¹)	Cationes (mmolc L ⁻¹)				Aniones (mmol _c L ⁻¹)			RAS
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	
7,44	6,7	26,7	7,0	46,7	7,5	6,6	73,3	0,7	11,38

$$\text{RAS} = (\text{Na}^+) [0,5(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})]^{0,5}$$

Además, la relación calcio-magnesio superior a 3 favorece la predominancia de calcio sobre magnesio, reduciendo aún más los riesgos de sodificación asociados al magnesio. No obstante, el alto contenido de sodio y de cloruro, aparte de favorecer la salinización del suelo, puede conducir a problemas de toxicidad (Ayers y Westcot 1987; Maas, 1990; Rhoades *et al.*, 1992).

Con la concentración salina del agua, la tolerancia del cultivo a las sales, las condiciones de drenaje del suelo y la magnitud promedio anual de la lluvia en la localidad (1 200 mm al año), se calculó la fracción de lavado utilizando la fórmula propuesta por Villafañe y Guarisma (1998), cuya expresión es:

$$Fl = m n p \frac{CEr}{2 CEe}$$

donde:

- Fl = fracción de lavado;
 CEr = conductividad eléctrica del agua de riego (6,7 dS m⁻¹);
 CEe = nivel umbral de tolerancia del cultivo a las sales (estimada en 3 dS m⁻¹);
 m = ajuste por precipitación de sales de solubilidad limitada (adoptado en este caso 0,9);
 n = ajuste por condiciones de drenaje del suelo (adoptado en este caso 1,1);
 p = ajuste por magnitud de la lluvia de la localidad (adoptado en este caso 0,6).

Se estableció como restricción que la CEe no debía ser menor que CEr. Como la salinidad del agua considerada superó la salinidad umbral del cultivo, se consideró como valor de CEe el mismo valor de la CEr. En consecuencia, el cultivo rendiría por debajo de su potencial.

De acuerdo con los cálculos, se requeriría entonces una fracción de lavado de 0,297 para evitar la acumulación de sales por encima de 6,7 dS m⁻¹. Dicha magnitud permite calificar el agua desde el punto de vista de salinidad como agua con alto riesgo de salinización. Debíó considerarse entonces la utilización de un cultivo más tolerante o la dilución del agua.

Si se diluye el agua a un tercio de su concentración, la fracción de lavado se reduce a 0,22. Al comparar ambos valores se aprecia que la fracción de lavado no disminuye en la misma proporción que la dilución. Esto es

porque en el primer caso la salinidad final del suelo superficial se igualó a la del agua ($6,7 \text{ dS m}^{-1}$) y en el segundo caso, la salinidad del suelo considerada fue 3 dS m^{-1} y la del agua diluida $2,23 \text{ dS m}^{-1}$, no esperándose en el segundo caso disminución del rendimiento del cultivo por salinidad.

En el experimento no se previó el lavado durante el período de riego para que el proceso de acumulación ocurriera al máximo; de manera que las fracciones de lavado calculadas sólo fueron utilizadas para la calificación del agua y la definición de los tratamientos de riego.

El suelo utilizado para llenar los lisímetros correspondió a un Alfisol, el cual se colectó en el campo por estratos de 12 cm de espesor. En total se colectaron cuatro estratos, tres en el epipedón y uno en el endopedón argílico.

Las características de retención de humedad se muestran en la Figura 1. El cuarto estrato presentó la mayor retención de humedad fácilmente disponible por ser más arcilloso (Cuadro 2), por lo que se podría esperar mayor acumulación de sales ya que el agua de riego es salina.

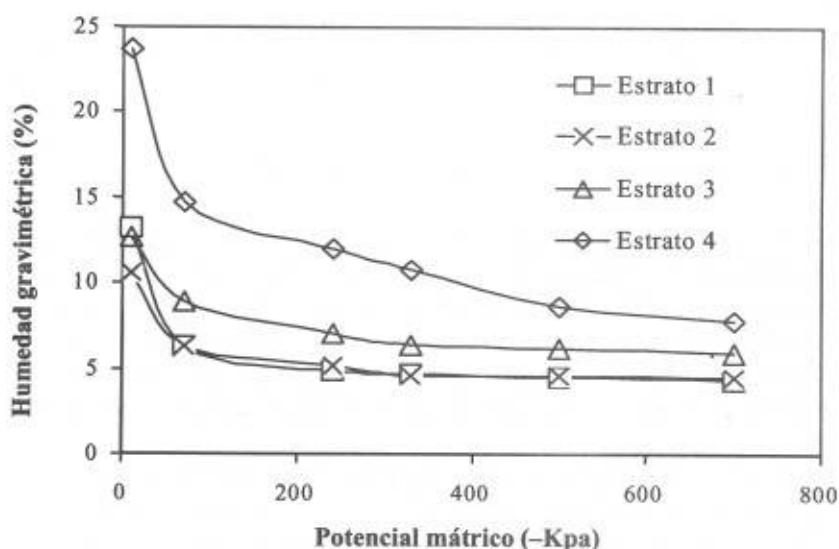


FIGURA 1. Curvas de retención de humedad de los cuatro estratos de suelo utilizados en el experimento.

En el Cuadro 2 también se muestra la capacidad de intercambio catiónico de cada uno de los estratos de suelo, determinada ésta por la suma de bases y acidez intercambiable (Pace, 1982). El porcentaje de saturación con bases resultó alto y los valores de capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE) fueron bajos, de acuerdo a Landon (1991).

En cuanto a salinidad, en el Cuadro 3 se aprecia, para cada estrato, la composición iónica del extracto de la pasta del suelo saturado. Los valores bajos de conductividad eléctrica (CEe) y la predominancia de calcio más magnesio sobre sodio, así como la de calcio sobre magnesio, permiten asegurar que el suelo no presenta problemas actuales de salinidad ni de sodicidad. Los valores bajos de pH de la pasta (pHp) revelan que se trata de un suelo muy lavado.

Los contenidos de humedad de la pasta concuerdan con la textura. Los colores claros de los estratos muestreados y la observación del perfil durante la obtención del material edáfico indican que se trata de un suelo con ligeras limitaciones de drenaje interno.

El tercer estrato destaca el aumento de la concentración iónica, donde los iones que muestran este comportamiento son calcio, sodio y cloruro, los mismos iones predominantes en el agua de producción. Posiblemente este comportamiento esté asociado al uso eventual de riego con agua de producción del pozo petrolero.

Establecimiento y desarrollo del experimento

En el fondo de los lisímetros se colocó gravilla cuarzosa para favorecer el drenaje, sobre ella se extendió una malla plástica y un disco de tela supac para garantizar lixiviados libres de sólidos suspendidos. Seguidamente el suelo, previamente triturado y pasado por un tamiz de 4 mm de abertura, se colocó por capas de 12 cm de espesor, compactando con una varilla de punta roma, para lograr una densidad de $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$.

En el estrato inferior se colocó suelo procedente del endopedón franco arcillo-arenoso, y en los tres restantes, suelo del epipedón franco arenoso, colocados en el mismo orden en que se encontraron en el campo. Una vez llenados los lisímetros se cubrió la pared exterior de los mismos con una capa de fibra de vidrio que actuó como aislante térmico.

CUADRO 2. Fracciones texturales, iones intercambiables y capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE) de los cuatro estratos de suelo utilizados en el experimento.

Extracto	Fracciones texturales (%)			Bases intercambiables (mmol _c kg ⁻¹)				Acidez intercambiable (mmol _c kg ⁻¹)		CICE (mmol _c kg ⁻¹)
	Arcilla	Limo	Arena	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
1	8	15	77	14,0	4,3	3,3	1,0	3,9	3,4	29,9
2	10	14	76	19,0	7,0	2,7	0,3	1,9	0,9	31,8
3	18	12	70	29,3	9,3	1,7	0,7	12	3,8	56,8
4	30	21	49	31,0	10,0	2,3	0,7	12,3	0,6	56,9

CUADRO 3. pH de la pasta (pHp) y composición iónica del extracto de la pasta del suelo de los cuatro estratos muestreados.

Extracto	Humedad gravimétrica de la pasta (%)	pHp	CEe (dS m ⁻¹)	Cationes (mmol _e L ⁻¹)				Aniones (mmol _e L ⁻¹)			RAS
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	
1	20,79	4,62	0,32	1,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,7	1,9	0,53
2	21,57	4,23	0,33	0,8	0,8	0,6	0,5	0,2	0,6	2,1	0,67
3	21,20	4,11	0,48	1,8	1,4	1,0	0,5	0,2	1,6	2,6	0,79
4	33,50	4,47	0,17	0,7	0,3	0,5	0,2	0,2	0,5	0,8	0,71

Luego se saturó el suelo contenido en los lisímetros, aplicando en tres oportunidades agua desmineralizada cada 4 días y en cantidad suficiente para producir percolación. Se sembró entonces pasto *Brachiaria dictyoneura* utilizando semilla sexual en número de 20 por lisímetro, treinta días después de la siembra se procedió con el entesaque de plantas para dejar sólo 4 por lisímetro, los cuales fueron luego regados durante 16 semanas según los tratamientos siguientes:

- t0 = riego con agua desmineralizada desde el inicio (testigo);
- t1 = riego con agua desmineralizada durante 10 días y luego riego con agua salina;
- t2 = riego con agua salina desde el inicio;
- t3 = riego con agua salina desde el inicio, diluida a un tercio de su concentración original.

Para el procesamiento estadístico de los datos, estos tratamientos fueron manejados como un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

Para evitar en lo posible la lixiviación, la cantidad de agua aplicada en cada riego correspondió, en forma aproximada, a la evaporación medida en una tina de igual diámetro que los lisímetros.

Como en el tratamiento más salino (t2) la evapotranspiración resultaría menor que la ocurrida en el testigo (t0), la cantidad aplicada varió según el tratamiento; es decir, cuando un tratamiento producía algo de lixiviación, el riego siguiente en él se realizaba con un volumen de agua igual a la diferencia entre lo evaporado en el intervalo y lo lixiviado en el riego anterior.

Los riegos se efectuaron cada 3 y 4 días en forma alternativa (2 por semana). Con las diferencias de volumen entre el agua aplicada y la drenada en cada lisímetro se estimó la evapotranspiración. Después de las 16 semanas de la siembra, final del período de riego, la mitad del total de lisímetros (4 por tratamiento) se desmontaron, dividiendo cada columna de suelo en 4 estratos de 12 cm cada uno.

De cada estrato se tomaron tanto muestras de suelo no alteradas como muestras alteradas. En las no alteradas se determinó conductividad hidráulica, densidad aparente y porosidad total, y en las alteradas,

salinidad y sodicidad en extractos de pastas saturadas, además de una evaluación simple de dispersión por sodio, utilizando el procedimiento desarrollado por Villafañe (2000) y resumido en los pasos siguientes:

1. Agitación manual de una suspensión suelo-agua 1:10 durante 30 segundos, apreciando a la hora de reposo el grado de turbidez del sobrenadante.
2. Si en el paso 1 el suelo muestra dispersión y además $4,65\text{CEe} - \text{RASE}$ resulta menor que 2,69, entonces la dispersión se atribuye al sodio.

La humedad del suelo también fue medida durante el desmontaje de los lisímetros. Con estos valores y con los de salinidad se estimó el potencial osmótico utilizando la siguiente expresión aquí deducida:

$$\text{PO} = - 36 \text{CEe} \cdot \text{Ws} \cdot \text{W}^{-1}$$

donde:

- PO = potencial osmótico del suelo al momento del desmontaje de los lisímetros, en Kpa;
- CEe = conductividad eléctrica del extracto de la pasta del suelo saturado, en dS m^{-1} ;
- Ws = humedad gravimétrica de la pasta del suelo saturado, en porcentaje;
- W = humedad gravimétrica del suelo al momento del desmontaje de los lisímetros, en %.

Durante el desmontaje de las columnas se realizaron también observaciones sobre el grado de desarrollo de las raíces en cada uno de los tratamientos.

Los lisímetros restantes se mantuvieron por 16 semanas más (período de lavado), aplicándole agua desmineralizada, cada 3 y 4 días en forma sucesiva, para simular el efecto de la lluvia tanto en el desplazamiento como en el lavado de sales. En este caso se aplicó alternativamente una lámina equivalente al 70% de la evaporación y otra de mayor magnitud, igualando la suma de ambas 50 mm de lámina, valor promedio de la lluvia calculada por semana para los meses más lluviosos del lugar de origen del suelo.

Culminado el período de lavado se desmontaron los lisímetros de igual manera que en el caso anterior, para realizarle al suelo las mismas determinaciones físicas y químicas, así como la observación de raíces. También aquí se estimó la evapotranspiración por diferencia entre el volumen de agua aplicado y el drenado en cada lisímetro.

Con los valores de CE del agua de riego, expresados en dS m^{-1} , se calculó la cantidad de sal agregada a cada tratamiento durante el período de riego, utilizando en este caso la relación: g L^{-1} de sal = $0,5707\text{CE} - 0,1648$. Esta relación fue deducida de las curvas de CE - g L^{-1} de sal correspondientes a las sales de cloruro de calcio y cloruro de sodio, contenidas en el USSLS (1954). El cálculo se realizó con estas sales por ser ellas las predominantes en el agua de producción. El volumen de agua lixiviada de cada lisímetro fue medido después de cada aplicación de lavado, determinando en cada oportunidad la conductividad eléctrica y el pH.

La cantidad de sal removida de las columnas de suelo con el lavado se obtuvo por diferencia entre la conductividad eléctrica del extracto al final del período de riego respecto de la conductividad eléctrica del extracto al final del período de lavado, utilizando la relación antes señalada. Los cálculos se realizaron por estrato, considerando además de los valores de conductividad eléctrica del extracto, los de humedad de la pasta y los de densidad aparente.

El corte del pasto se realizó cada 8 semanas, es decir, dos cortes en el período de riego y dos en el período de lavado, midiendo en cada corte la producción de materia seca, y determinando los contenidos de sodio y cloruro en el follaje (tallos y hojas en conjunto). La determinación química de estos iones se realizó en el segundo, tercero y cuarto corte, siguiendo la metodología del USSLS (1954).

Durante el desarrollo del experimento sólo se aplicó nitrógeno y en forma de urea. La primera aplicación se realizó un mes después de la siembra, $0,4 \text{ g}$ de urea por lisímetro, equivalente a 100 kg ha^{-1} . La segunda aplicación se realizó 2 semanas después del primer corte. Después del segundo corte no se aplicó el fertilizante; pero luego del tercero se realizaron 2 aplicaciones, una a las 2 y otra a las 4 semanas después del corte, ambas con $0,3 \text{ g}$ de urea por lisímetro. Todas las aplicaciones se realizaron diluyendo el fertilizante en el agua de riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos de riego sobre el suelo

Durante el desmontaje de los lisímetros hubo un desarrollo profuso de raíces en toda la columna de suelo del t0 y t3, mientras en los otros dos tratamientos (los más salinos) el desarrollo de las raíces se limitó al primer estrato básicamente.

Al agrupar por estratos las variables físicas determinadas en las muestras no alteradas de suelo (Cuadro 4) se apreció concordancia de los valores con la clasificación textural: a mayor contenido de arcilla, menor conductividad hidráulica, menor densidad aparente y mayor porosidad.

El análisis de las mismas variables agrupadas por tratamiento (Cuadro 4) no indica diferencias estadísticas de significación en la conductividad hidráulica y en la densidad aparente, pero sí en la porosidad, aunque los valores medios de esta última variable se muestran muy similares.

CUADRO 4. Comportamiento de las variables físicas en cada uno de los estratos de las columnas de suelo al final del período de riego, agrupados los datos por estratos y tratamientos.

Estrato	Conductividad hifráulica (cm h ⁻¹)	Densidad aparente (Mg m ⁻³)	Porosidad (%)
1	5,07 a	1,49 a	34,14 ab
2	4,73 a	1,53 a	33,91 b
3	4,89 a	1,49 a	33,66 b
4	2,54 b	1,41 b	36,29 a
Tratamiento			
t0	3,82 a	1,51 a	34,64 ab
t3	4,55 a	1,46 a	35,23 a
t1	4,69 a	1,48 a	34,93 ab
t2	4,17 a	1,48 a	33,22 b

Nota: Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas altamente significativas para estratos (P<0,01) y significativas para tratamientos (P<0,05).

No obstante, en este caso el t3, que mostró abundantes raíces en toda la columna de suelo, presentó la mayor porosidad, mientras el t2, con menor desarrollo de raíces, mostró la menor porosidad. En el t0 la dispersión del suelo, evidenciada en la turbidez del agua de percolación de este tratamiento, generada por la conductividad eléctrica baja del suelo original y del agua de riego (agua desmineralizada), debió interferir con el efecto favorable de las raíces sobre esta variable.

En cuanto a las variables químicas asociadas a la salinidad, en las Figuras 2 y 3 se ilustra el efecto de los tratamientos sobre el comportamiento de las mismas. La acumulación de sales en el tratamiento correspondiente al agua diluida (t3) fue prácticamente uniforme en el perfil, con una ligera tendencia a acumularse más en el fondo.

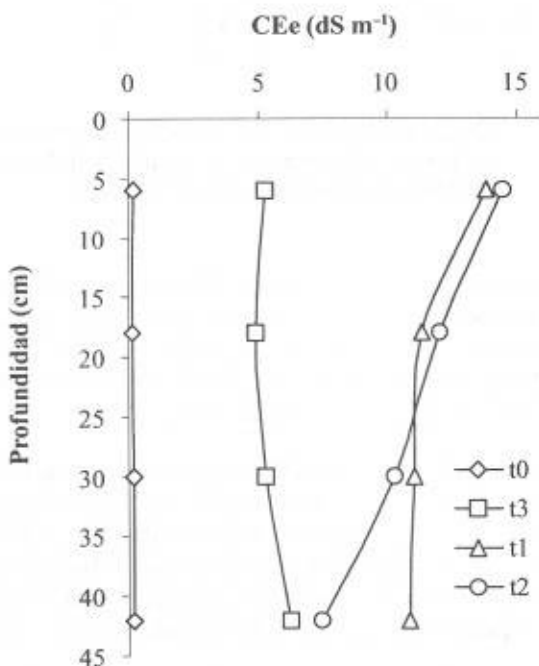


FIGURA 2. Distribución de los valores de conductividad eléctrica del extracto de la pasta del suelo saturado (CEe), al final del período de riego.

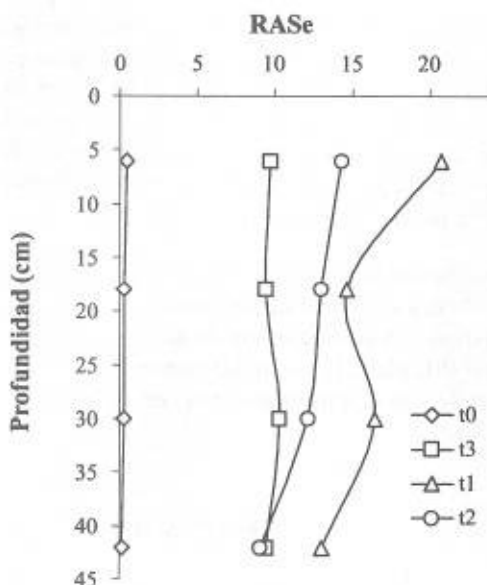


FIGURA 3. Distribución de los valores de relación de adsorción de sodio en el extracto de la pasta del suelo saturado (RASE), al final del período de riego.

Esta distribución indica que las plantas debieron tomar humedad en toda la columna de suelo, que luego fue repuesta en el riego siguiente. La magnitud de la salinidad alcanzada, superior a 4 dS m^{-1} , evidencia que el suelo quedó afectado por sales, de acuerdo con las consideraciones de USSLS (1954); Chhabra (1996); Villafañe (2000).

En los tratamientos donde se utilizó el agua salina sin diluir (t1 y t2), la salinidad en el primer estrato alcanzó valores superiores a 12 dS m^{-1} , que caracterizan al suelo como muy salino (Villafañe, 2000). Es posible que las plantas hayan tomado más agua de ese estrato porque en él se concentraron más las raíces. En consecuencia, mayor cantidad de agua debió quedar retenida allí en cada riego, y con ello más sales.

La adsorción de sodio (Figura 3) mostró valores elevados en todos los tratamientos salinos (t1, t2 y t3). Sin embargo, dichos valores estuvieron acompañados con valores altos de conductividad eléctrica (Figura 2) que evitaron la dispersión por sodio del suelo (Villafañe, 2000).

Por lo general, los efectos dispersivos se manifiestan cuando el sodio está asociado a los iones carbonato y bicarbonato (USSLS, 1954), y éste no es el caso del experimento, ya que el ion carbonato no está presente y el bicarbonato se encuentra en cantidades muy pequeñas. Por el contrario, en el tratamiento t0 la combinación de valores bajos de RASe y CEe promovieron la dispersión del suelo y por ello los lixiviados de este tratamiento resultaron siempre turbios.

Los contenidos de humedad en el suelo, alcanzados al final del período de riego, se ilustran en la Figura 4. El mayor contenido de humedad en el tratamiento t0 y t2 era previsible, ya que estos tratamientos constituyeron los controles del riego y por esta razón en ellos ocurrió algo de drenaje (Cuadro 5). En consecuencia, la aplicación del agua en t0 y t2 debió superar la evapotranspiración. En los tratamientos restantes (t1 y t3), aunque no ocurrió drenaje, las plantas no agotaron la humedad fácilmente aprovechable en las columnas de suelo, debido probablemente al potencial osmótico generado por las sales aportadas con el agua de riego.

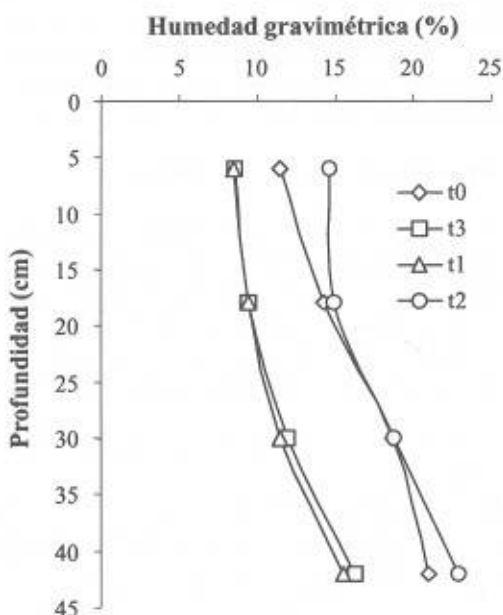


FIGURA 4. Humedad promedio de las columnas de suelo al final del período de riego.

CUADRO 5. Cantidades de agua aplicada y drenada durante el período de riego.

Tratamiento	Lámina aplicada	Lámina drenada	Diferencia (mm)	FI	Lámina evaporada en tina (mm)
t0	510	14	496	0,03	411
t3	445	0	445	0,00	411
t1	387 (*)	0	387	0,00	411
t2	327	18	309	0,06	411

(*) 53 mm correspondieron a agua desmineralizada aplicada durante los tres primeros riegos.

Al momento del corte del pasto el potencial mátrico estimado resultó superior a los -50 KPa en todos los tratamientos (Figuras 1 y 4), pero el osmótico resultó inferior a -400 KPa en el t3 y a -650 KPa en el t1 y t2. Las magnitudes de estos últimos obviamente pudieron haber restringido la toma de agua por las plantas. Al hacer un estimado de la evapotranspiración a través de la diferencia entre la lámina aplicada y la lámina drenada, el tratamiento más salino (t2) evapotranspiró $2,8$ mm día⁻¹, mientras el testigo (t0) evapotranspiró $4,4$ mm día⁻¹.

Efecto del lavado en la recuperación del suelo

En el Cuadro 6 se muestra el comportamiento general de la lixiviación durante el período de lavado de sales. La magnitud del lavado no fue igual en cada tratamiento; los salinos drenaron menos agua que el testigo, pero en ellos la disminución de la salinidad fue considerable. Eso era de esperar ya que para una misma magnitud de drenaje, la lixiviación de sales del suelo aumenta con la salinidad del mismo (Abrol *et al.*, 1988).

Las cantidades promedio de sal agregada y sal removida en los tratamientos salinos se presentan en el Cuadro 7. Los valores reflejan el efecto favorable que podría tener el agua de lluvia en el desplazamiento y lavado de sales. Sin embargo, por los valores de salinidad obtenidos al final del período de lavado (Figura 5) y por los porcentajes de remoción obtenidos (Cuadro 7), el lavado producido con el agua desmineralizada, que simuló el efecto de la lluvia, no resultó suficiente para remover las sales aportadas con el riego, requiriéndose la consideración del lavado con el agua de riego en las magnitudes calculadas anteriormente.

CUADRO 6. Lixiviación alcanzada en los lisímetros durante el período de lavado.

Tratamiento	Lámina aplicada (mm)	Lámina drenada (mm)	Diferencia (mm)	Fracción drenada	CEd (dS m-1)		pH	
					Inicial	Final	Inicial	Final
t0	743	117	625	0,16	0,3	0,1	6,6	7,09
t3	743	96	647	0,13	13,8	2,4	5,17	7,31
t1	743	95	648	0,13	20,8	5,4	4,79	6,36
t2	743	87	656	0,12	19,5	6,1	5,03	4,95

CEd = Conductividad eléctrica del agua de drenaje.

CUADRO 7. Cantidades promedios por lisímetro de sal agregada con el riego y removida con el lavado.

Tratamiento	Volumen aplicado de agua (cc)	Sal agregada (g)	Sal removida (g)	Remoción (%)
t3	20 160	22,48	12,18	54,18
t1	15 120	52,68	39,41	74,81
t2	14 800	51,56	33,44	64,85

La sal removida durante el período de lavado, expresada en kilogramos de sal por hectárea se elevó a los valores siguientes: 2 692 kg en el t3, 8 712 kg en el t1 y 7 392 kg en el t2.

Las cantidades de sales acumuladas en el ciclo de riego, expresadas en kilogramos de sal por hectárea, resultaron ser 4 969 k para el t3, 11 645 kg para el t1 y 11 397 kg para el t2. Las cantidades indicadas reflejan la magnitud de los impactos que provocarían estos tratamientos de riego en el campo si no se prevé lavado con el agua de riego.

Los tratamientos salinos mostraron un pH inicial en el agua de drenaje menor que el del testigo (t0), posiblemente por reemplazo de parte de la acidez intercambiable (Cuadro 6). Al final del lavado, el tratamiento t3 mostró un marcado aumento del pH. Coincidentalmente este tratamiento fue el que recibió menos sales y, en consecuencia, menos bases, durante el período de riego (Cuadro 7).

El Cuadro 8 muestra la condición física del suelo al final del período de lavado, agrupados los datos por estrato y por tratamiento. En el agrupamiento por estrato los valores de conductividad hidráulica resultaron sustancialmente mayores que los obtenidos al final del período de riego (Cuadro 4), posiblemente por la presencia de vías preferenciales generadas por las raíces, más evidente en el primer estrato.

El estrato 4 mantuvo sus valores proporcionalmente menores debido a su textura arcillo arenosa. En cuanto a la densidad aparente, la diferencia altamente significativa entre los dos primeros estratos, que por cierto son de igual textura, puede estar asociada a la mayor cantidad de raíces observada en el primero. En cuanto a la porosidad, ella guarda relación con la textura fundamentalmente.

En el agrupamiento por tratamiento no se apreció diferencia estadística en la conductividad hidráulica debido a la varianza elevada dentro de tratamientos, causada por las vías preferenciales generadas por las raíces en todos los tratamientos. La densidad aparente que se esperaba mayor en el tratamiento t0, por la dispersión observada en la superficie de las columnas y por la turbidez de los lixiviados, se vio favorecida por el desarrollo abundante de raíces en este tratamiento.

En el caso del tratamiento t2, el valor bajo de densidad aparente pudo estar asociado a la mayor agregación promovida por la salinidad alta. En cuanto a la porosidad total, la mayor densidad de raíces en toda la columna de suelo del tratamiento t0 debió ser la causa de su mayor porosidad.

CUADRO 8. Comportamiento de las variables físicas en cada uno de los estratos de las columnas de suelo al final del período de lavado, agrupados los datos por estratos y tratamientos.

Estrato	Conductividad hidráulica (cm h ⁻¹)	Densidad aparente (Mg m ⁻³)	Porosidad (%)
1	29,69 a	1,42 b	35,48 b
2	21,43 a	1,48 a	34,97 b
3	17,85 ab	1,44 ab	35,62 b
4	5,19 b	1,47 ab	37,63 a
Tratamiento			
Tratamiento t0	29,91 a	1,46 ab	37,01 a
Tratamiento t3	19,97 a	1,45 ab	34,83 b
Tratamiento t1	15,48 a	1,48 a	35,97 ab
Tratamiento t2	17,82 a	1,42 b	35,88 ab

Nota: Letras iguales indican ausencia de diferencias estadísticas altamente significativas para estratos ($P \leq 0,01$) y significativas para tratamientos ($P \leq 0,05$).

En las Figuras 5 y 6 se ilustra la condición química del suelo al final del período de lavado, asociada a la salinidad y a la sodicidad. El aumento de la conductividad eléctrica con la profundidad (Figura 5), en especial en los tratamientos más salinos, revela el proceso de desplazamiento de las sales en el perfil.

En cuanto a la relación de adsorción de sodio (Figura 6), los valores guardan proporcionalidad con los tratamientos de riego; es decir, al ser el agua de riego más salina, mayor es el valor de relación de adsorción de sodio. Aun cuando en general sus valores no descendieron de manera marcada como lo hizo la conductividad eléctrica, no se evidencia afectación del suelo por sodio.

De hecho, ningún tratamiento salino produjo lixiviados turbios y la prueba de dispersión resultó negativa. Sólo el tratamiento t0 mostró una turbidez acentuada, particularmente en el estrato 4, precisamente el más arcilloso, pero la causa puede ser atribuida a la baja conductividad eléctrica y su efecto sobre la ampliación de la doble capa difusa en la interfase arcilla-agua.

Comportamiento del pasto durante el riego y el lavado

Doce días después de la siembra se encontró, en promedio, 6 plantas por lisímetro en el testigo (t0), 5 en el t1 y t3, y 3 plantas en el tratamiento más salino (t2). Las plantas de este último tratamiento resultaron de menor altura y con hojas cloróticas. Algunas plantas que lograron emerger en las columnas de suelo de este tratamiento se marchitaron. Esto condujo a la necesidad de realizar una resiembra para asegurar suficientes plantas en todos los lisímetros.

Una semana después del primero y segundo corte, las plantas de los tratamientos más salinos (t1 y t2) mostraron plantas con la lámina de las hojas necrosadas y contraídas en su parte media y apical. Tal sintomatología fue desapareciendo durante el período de lavado de sales con el agua desmineralizada.

Durante el desarrollo del experimento también se observó que el fenómeno de gutación (expulsión del agua en forma de gotas por los hidátodos localizados en el borde de las hojas) fue distinto en cada tratamiento. En el t2 las plantas no gutaron durante el período de riego. En el tratamiento t1 las plantas dejaron de hacerlo a los pocos días después de iniciado el riego con agua salina, y en el t3 dejaron de hacerlo al final del período de riego.

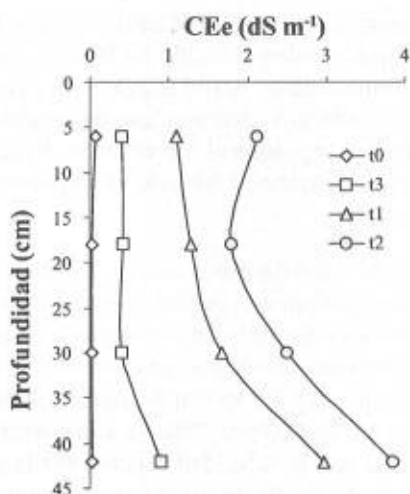


FIGURA 5. Distribución de la conductividad eléctrica del extracto de la pasta del suelo saturado (CEe), al final del período de lavado.

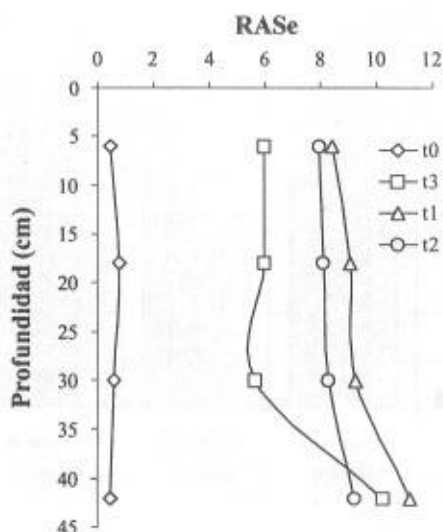


FIGURA 6. Distribución de los valores de relación de adsorción de sodio en el extracto de la pasta del suelo saturado (RASe), al final del período de lavado.

Evidentemente, el descenso del potencial osmótico redujo el agua fácilmente disponible, y esto pudo haber influido en la gutación. Durante el período de lavado el fenómeno de gutación se reactivó; primero en el t3, antes de la realización del corte tres (primera fase del período de lavado) y luego en el t1 en los brotes seguidos al tercer corte. El t2 que no gutó durante el período de riego, comenzó a hacerlo en el período de lavado, un mes antes del último corte.

La Figura 7 ilustra la producción de materia seca del pasto en cada uno de los tratamientos y cortes. Durante el período de riego con agua salina, los tratamientos menos salinos consumieron más agua de riego (Cuadro 5), lo que pudo favorecer la producción de mayor cantidad de materia seca. Se observa, por otro lado, que la producción de materia seca en los tratamientos más salinos aumentó en el segundo corte aún cuando la salinidad iba en ascenso. Ello indica que la salinidad afectó más la germinación, emergencia y establecimiento del pasto que el crecimiento y desarrollo del mismo.

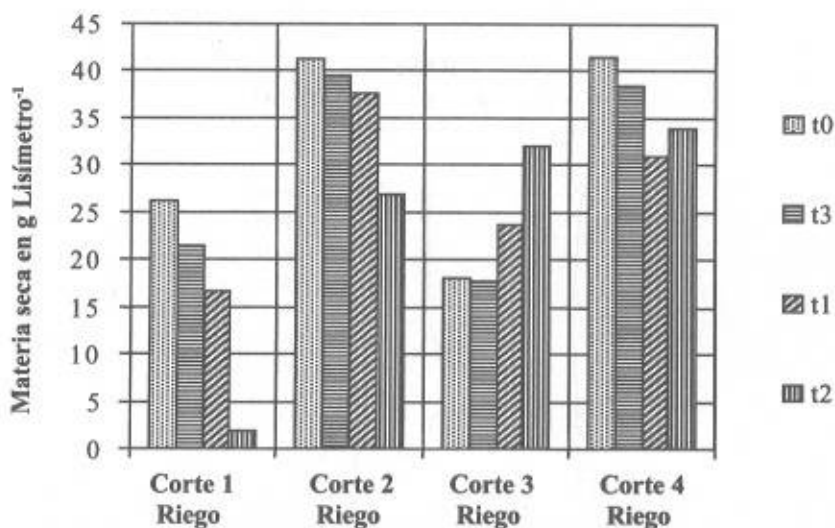


FIGURA 7. Producción de materia seca en cada uno de los tratamientos. Las medias fueron ajustadas según el número de plantas por lisímetro.

En consecuencia, este pasto parece mostrar mucha sensibilidad a la salinidad durante su fase inicial y una tolerancia aceptable durante el crecimiento y desarrollo.

En la primera fase del período de lavado (corte tres), el tratamiento más rendidor fue el más salino; es decir el t2, seguido de t1. Este comportamiento pudo deberse al proceso de recuperación del suelo y a la mejor condición de fertilidad de los tratamientos más salinos, por los aportes de calcio y potasio con el agua de producción durante el período de riego. Después del segundo corte no se aplicó nitrógeno y ello es lo que explica el descenso en los rendimientos ocurrido en el corte tres, excepto en el t2.

La mayor producción de materia seca de los tratamientos más salinos durante la primera fase del período de lavado (corte tres) muestra la efectividad del lavado en la recuperación del suelo. La recuperación ocurrió además sin el uso de enmienda, ya que las sales predominantes en el agua de producción son cloruro de sodio y cloruro de calcio, garantizándose la presencia de calcio en la solución del suelo que evita el proceso de sodificación.

El cambio de comportamiento del pasto en el t0, respecto de los tratamientos salinos en la última fase del período de lavado (corte cuatro), obedece a la fuerte fertilización nitrogenada realizada después del tercer corte. Esto muestra claramente que la ausencia de fertilización nitrogenada afectó más la producción de materia seca que la salinidad.

Otro aspecto de consideración es el contenido de sodio en el agua de riego, ya que su cantidad y proporción no pareciera influir de manera importante en el crecimiento del pasto (Figuras 7). Por otro lado, los contenidos de sodio en el tejido vegetal (Figura 8) no guardan relación de proporcionalidad con los tratamientos de riego.

El sodio como tal no es un elemento esencial para las plantas, pero puede influir en el balance nutricional cuando domina el complejo de intercambio al limitar la absorción de potasio y calcio. En este caso el agua de riego contiene calcio y potasio que pareció evitar esa posibilidad en las condiciones en que se condujo el experimento.

El contenido de cloruro en el material vegetal (Figura 9) sí muestra una relación de proporcionalidad con el contenido de cloruro en el extracto de la pasta del suelo saturado.

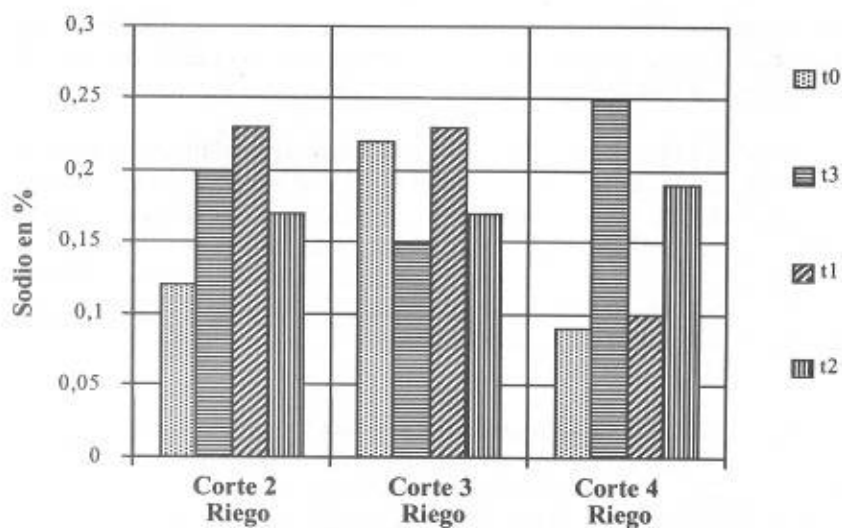


FIGURA 8. Contenido de sodio en el tejido vegetal (hojas y tallos).

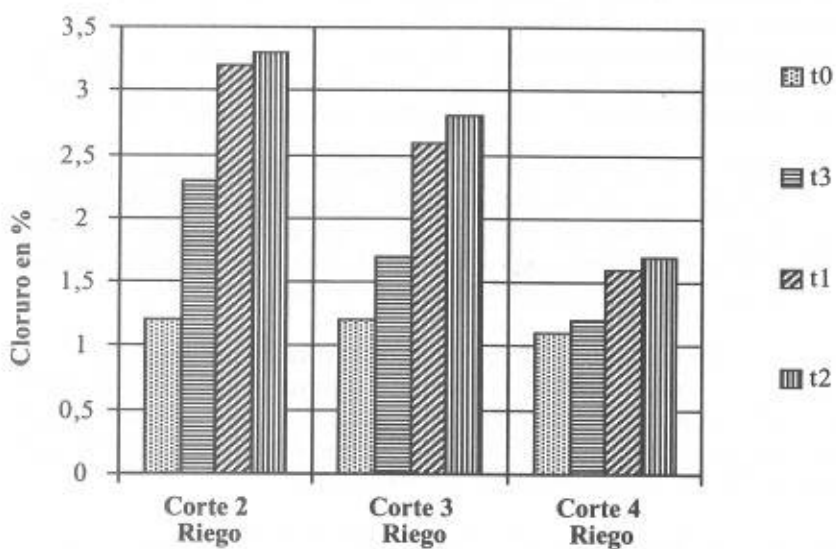


FIGURA 9. Contenido de cloruro en el tejido vegetal (hojas y tallos).

CONCLUSIONES

- El riego con agua de producción sin lixiviación condujo a una acumulación de sales en el suelo en un solo ciclo de riego, cuya magnitud se incrementó con el grado de salinidad del agua aplicada.
- No se apreciaron efectos adversos del agua salina sobre las propiedades físicas del suelo, coincidiendo esto con el análisis predictivo del agua. Por el contrario, el agua desmineralizada utilizada en el tratamiento testigo durante todo el desarrollo del experimento generó dispersión, resultando mayor su efecto evidentemente en el estrato más arcilloso de dicho tratamiento.
- La producción de materia seca del pasto *Brachiaria dictyoneura* se afectó cuando se regó con agua de producción sin diluir, concordando esto con lo previsto en el análisis predictivo del agua. Aunque la salinidad del agua afectó la producción de materia seca, el efecto mayor fue sobre la germinación, emergencia y establecimiento del pasto.
- El fenómeno de gutación del pasto se comportó de manera distinta en cada tratamiento de riego, lo que hace presumir que la salinidad del suelo afecta este proceso.
- El tratamiento menos salino y el testigo se vieron afectados en su rendimiento durante la primera fase del período de lavado, por la pobre fertilidad natural del suelo, ya agotada durante el período de riego.
- Si se hubiese practicado lavado con el agua de riego para minimizar la acumulación en el suelo, aumenta el aporte de sal hacia el agua subterránea, puesto que la cantidad de sal removida durante el período de lavado, aumentó considerablemente.
- El riego con agua de producción diluida a un tercio de su concentración original (t3) podría garantizar el desarrollo de *Brachiaria dictyoneura* y cualquier otra planta de tolerancia similar, sin efectos adversos sobre el suelo, siempre que se garantizara la percolación necesaria para evitar la acumulación de sales en el perfil.
- El impacto que el agua de percolación pudiera producir sobre el agua subterránea dependería de la extensión y transmisibilidad del acuífero, de allí la necesidad de estudiar los acuíferos de la localidad para precisar la factibilidad de riego con esta agua de producción, sin impactos sobre las aguas subterráneas de la zona.

AGRADECIMIENTO

Se reconoce la participación del PDVSA-INTEVEP en el financiamiento de la investigación.

SUMMARY

A greenhouse experiment was designed to study the processes of accumulation and leaching of salts in soil columns irrigated with saline water coming from an oil well located in San Silvestre, Barinas State, Venezuela ($EC = 6,7 \text{ dS m}^{-1}$ and $pH = 7,44$). The experiment was managed with 32 lysimeters planted with *Brachiaria dictyoneura* grass, applying irrigation with saline water without leaching for the initial 16 weeks and leaching with desmineralized water for the remaining 16 weeks. During the irrigation period, 4 treatments were implemented: t0) Irrigation with desmineralized water, t1) Irrigation with desmineralized water the firsts 10 days and then irrigation with saline water, t2) Irrigation with saline water from the beginning and t3) Irrigation with saline water from the beginning, diluted to a third of its original concentration. At the end of the irrigation period, 16 lysimeters (4 per treatment) were dismantled and their soil columns divided in 4 strata, collecting unaltered and altered samples in each one; in the unaltered samples hydraulic conductivity, bulk density and porosity were determined and in the altered samples, salinity, sodicity and dispersion. At the end of the leaching period the 16 remaining lysimeters were dismantled, following the same procedure of collection and analysis of samples. Grass was cut every 8 weeks, determining dry matter at each cut, and sodium and chloride contents during the last 3 cuts. Nitrogen was applied as urea after planting and after the first and third cuts. The saline treatments brought about an increase of salinity in the soil due to scarce first and third cuts. The saline treatments brought about an increase of salinity in the soil due to scarce leaching or no leaching during the irrigation period. Subsequent leaching with desmineralized water led an important descent of the salinity in soil columns although not a total removal. However, the use of water of production in its different treatments and the posterior leaching with desmineralized water did not cause adverse effects on the soil's physical properties. The yield of grass dry matter was affected when saline water was used without diluting. Moreover, an effect of saline water on germination, emergency and establishment of the plants was observed.

Key Words: Salinization; sodification; saline water of an oil well; *Brachiaria*.

BIBLIOGRAFÍA

- ABROL, I., J. YADAV and F. MASSOUD. 1988. Salt-affected soils and their management. Rome. FAO. Soil Bulletin 39.131 p.
- AYERS, R. y D. WESTCOT. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Roma. Estudio FAO Riego y Drenaje 29.174 p.
- COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. 1996. Future of irrigated agriculture. USA. Task Force report. N° 127. 76 p.
- CHHABRA, D. 1996. Soil salinity and water quality. Brookfield, USA A. A. Balkema Publishers. 284 p.
- KUMAR, A. and I. ABROL. 1986. Grasses in alkali soils. Karnal, India. Central Soil Salinity Research Institute. Bulletin N° 11. 95 p.
- LANDON, J. 1991. Booker tropical soil manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. New York, USA. 474 p. Longman Scientific and Technical.
- MAAS, E. 1990. Crop salt tolerance. **In:** Agricultural Salinity Assessment and Management. K. K. Tanji (Ed.). New York. ASCE. 262-304.
- PAGE, A. 1982. Methods of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties. Agronomy N° 9. Madison, Wisconsin. ASA, SSSA. 1159 p.
- PLA, I. 1969. Metodología de laboratorio recomendada para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad en suelos, aguas y plantas. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. 117 p.
- RHOADES, J. 1984. Using saline waters for irrigation. **In:** Proceeding International Workshop on salt-affected soils in Latin America. Pla, I. and A. Florentino (Ed.). Maracay, Ven. Facultad de Agronomía. Universidad Central. 22-52.
- RHOADES, J., A. KANDIAH and A. MASHALI. 1992. The use of saline waters for crop production. Rome. FAO irrigation and Drainage Paper 48.133 p.

UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF (USSLS). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaly soil. Washington, D.C. United States Department of Agriculture. Handbook 60. 160 p.

VILLAFANE, R. 1989. Evaluación de cuatro gramíneas forrajeras como recuperadoras de un suelo salino-sódico. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 15:173-184.

VILLAFANE, R. 2000. Calificación de los suelos y dispersión por sodio y su aplicación en la evaluación de tierras. Agronomía Trop. 50:645-658.

VILLAFANE, R. e I. PLA. 1994. Efectos del riego y la lluvia sobre el desplazamiento vertical de sales en un suelo arcilloso de Venezuela. Agronomía Trop. 44:707-729.

VILLAFANE, R. y R. GUARISMA. 1998. Propuesta para calificar y manejar el agua de riego según su salinidad. Agronomía Trop. 48:251-273.

AGRONOMIA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

Instrucciones para los Autores

Agronomía Tropical publica trabajos originales producto de la investigación en el área de la agronomía. Se reconocen por trabajos originales aquellos que son producto de la investigación o experimentación, que tienen como objetivo concreto desarrollar nuevos conceptos o tecnologías y adaptar las existentes a las condiciones locales.

El envío de trabajos a **Agronomía Tropical** implica que no han sido presentados para su publicación en otra revista.

Los trabajos cortos, que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, o especies nuevas, serán publicados en la revista como notas. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

Manuscritos

Se requieren un original y tres copias legibles, mecanografiadas a doble espacio en papel blanco tamaño carta (28,0 x 21,5 cm), utilizando una sola cara con márgenes de 2 cm en la parte superior y 3 cm en los demás lados. Las páginas deben ser numeradas consecutivamente. La versión final del trabajo, en la cual se han acogido las observaciones de los revisores, deberá remitirse tanto en un original mecanografiado como en un disquette transcrito en MS Word 6,0 o superiores.

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), palabras clave, resumen, introducción la cual debe incluir la revisión de literatura, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones (si las hubiere), resumen (summary) y título en inglés, agradecimiento (si hubiere), bibliografía.

Los títulos de cada una de las partes del trabajo deben insertarse en el texto en letras mayúsculas y en el centro de la página.

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias.

Título. Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

Autor(es). Primer nombre completo, inicial del 2^{do} y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos para identificar al pie de página el cargo, la institución y dirección postal donde trabajan. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

Resumen. Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, porqué son relevantes, y la conclusión. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

Palabras Clave. Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto y que faciliten la elaboración del índice de materias, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos.

Introducción. Debe estar formada por una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; igualmente debe incluir la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del trabajo. También incluirá el objetivo del mismo. Para las referencias bibliográficas se usará el sistema de apellidos del primer autor y el año de publicación.

Materiales y Métodos. La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deben ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

Resultados y Discusión. Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

Agradecimiento. Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación.

Cuadros. Cada cuadro se presentará en hoja separada, colocada a continuación del texto donde se haga alusión a él por primera vez, y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001 (***); los asteriscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo.

Figuras. Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). Estas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Las figuras pueden dibujarse a mano alzada con tinta china en papel albanene, o elaboradas con un software y reproducidas en impresora láser. De ser posible, use figuras de 1/2 página (9 x 11 cm). No es deseable usar letras mayúsculas en el título el cual debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán en hoja aparte, con el respectivo número de la figura. Se requieren los negativos o diapositivas, marcadas por detrás con lápiz suave, con el número de la figura y el título del artículo.

Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato TIFF (cmyk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar Harward Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente gráficos tridimensionales.

Debe evitar el uso del color en los gráficos y demás figuras, ya que esto encarece la edición de la revista. De requerirse el uso del color en las fotografías, agrúpelas y numérelas secuencialmente.

Bibliografía. Sólo deben ser incluidas publicaciones que estén disponibles en las bibliotecas; las comunicaciones personales serán citadas en el texto al pie de página indicando el nombre completo y la dirección del autor de la comunicación, el año en que se produjo. Las citas bibliográficas deben ser ordenadas alfabéticamente siguiendo el siguiente esquema:

- Artículos de revistas: autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.

- Libros y folletos: autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.
- Artículos en una publicación colectiva: autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.
- Tesis: autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

Dos o más artículos del mismo autor(es) deben ser ordenados cronológicamente, en caso de ser del mismo año debe usarse letras minúsculas a, b, c, d, etc.

Revisión de los Manuscritos. La revista garantiza la confidencialidad en el proceso de revisión de los trabajos por parte de especialistas reconocidos.

Estilo.

Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título (cuando se requiera así como en el resumen, summary y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.

Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilícelo seguido del símbolo®.

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el summary y en el cuerpo del artículo.

Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.

Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

Para más detalles de estilo y presentación obsérvese los últimos números de la revista.

Los símbolos a usar son:

	Símbolo/abrev,	reemplaza
metro,	m,	
kilómetro,	km (10^3m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10^{-2}m)	
milímetro,	mm (10^{-3}m)	
micra	μ	
micromilímetro,	μm (10^{-6}m),	microm
nanómetro,	nm (10^{-9}m),	Angstrom
metro cuadrado,	m^2	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	m^3	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg (10^{-3}g)	
microgramo,	μg (10^{-6}g)	
nanogramo,	ng (10^{-9}g)	
kilogramo/hectárea,	kg ha^{-1}	
toneladas/hectárea,	t ha^{-1}	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	$^{\circ}\text{C}$	
grado Joule,	J,	caloría
grado Kelvin	$^{\circ}\text{K}$	
centimole por kilogramo,	c mol kg^{-1} ,	meq por 100g
gramo por kilogramo,	g kg^{-1}	
miligramo por kilogramo,	mg kg^{-1} ,	ppm
metro sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	

La revista proporcionará gratis a los autores 25 separatas de sus trabajos.

Para reproducir un material o parte de él, deberá obtenerse el permiso de la revista.

Los manuscritos deben ser enviados al Editor de **Agronomía Tropical**, INIA, Apdo. 2103, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela, acompañados de una comunicación en la cual se señale el autor a quién deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio y la firma de cada uno de los autores del trabajo.

Composición: Carmen Elena Solórzano
Montaje: Nury Castillo
Fotolito: Mario Pino
Impresión: Juan Salas

Composición: Carmen Elena Solórzano
Montaje: Nury Castillo
Fotografía: Mario Pino
Impresión: Juan Salas

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Julio 2004

