

Agromomía ***Tropical***

Vol. 54 N° 3, 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>

FUNDADORES

Dr. Rafael Ponté Videla, Dr. Luis Medina Díaz, Bruno Mazzoni, W. S. Iltis, Jean Silya Calvo, Gino Malaguti, Giuseppe Ravanello, Luis A. Salas, E. S. Horowitz, P. Ortegón, Don M. de Souza

EDITORIAL

EDITOR: Adolfo Cabrita de Orosco
EDITOR ASOCIADO: Ricardo Ramírez
EDITOR ASISTENTE: Mijangos Fernández

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Rafael Ponté Videla, Dr. Luis Medina Díaz, Bruno Mazzoni, W. S. Iltis, Jean Silya Calvo, Gino Malaguti, Giuseppe Ravanello, Luis A. Salas, E. S. Horowitz, P. Ortegón, Don M. de Souza

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela

FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzani, W. S. Iljin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Gino Malagutti, Guiseppe 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

Aydée Cabrera de Green

Félix San Vicente
Klaus Jaffé

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. CINECAFÉ. 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 Layrisse. 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

Nota de Redacción

Artículos:

Pág.

- A. ORTIZ DOMÍNGUEZ, O. GÓMEZ y C. RAMIS. Caracterización bioquímica de poblaciones del complejo de maleza arroz rojo en Venezuela..... 257
 Biochemical characterization of populations of red rice weed complex in Venezuela.
- O. SILVA. El modelo SWAT en una cuenca pequeña de altas pendientes: Simulación de la producción de agua..... 275
 The SWAT model in a sloped small watershed: Simulation of water production.
- A. ORTIZ DOMÍNGUEZ, D. TORREALBA y S. FAZIO. El tiempo de interferencia de arroz rojo sobre el rendimiento de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1..... 293
 Effect of inteference time of red rice on yield of rice varieties Cimarrón and FONAIAP 1.
- B. I. LOZADA GARCÍA, A. PRELA y P. C. SENTELHAS. Influencia del fenómeno ENOS (El Niño y La Niña) en la disponibilidad de grados-día..... 309
 Influence of ENOS (El Niño and La Niña) on degree-days.
- A. ORTIZ DOMÍNGUEZ y S. TORRES. La densidad de arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes de la variedad de arroz ZETA 15..... 321
 Red rice density effect of yield and yield components of rice variety ZETA 15.

Artículos:

Pág.

- N. MEZA y D. BAUTISTA. Efecto de remojo y escarificación sobre la germinación de semillas y emergencia de plántulas en guanábana..... 331
- Effect of soaking and scarification on germination and emergence of *Annona muricata*.

Instrucciones a los autores

CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE POBLACIONES DEL COMPLEJO DE MALEZA ARROZ ROJO EN VENEZUELA¹

Aída Ortiz Domínguez*, Osvaldo Gómez** y Catalina Ramis*

RESUMEN

En Venezuela el complejo de maleza denominado arroz rojo (AR) está conformado por 3 especies del género *Oryza*, *Oryza sativa* L. (60%), *O. rufipogon* Griff (39%) y *O. latifolia* Desv. (1%). Este trabajo de investigación tuvo como objetivo comparar 15 poblaciones de AR a través de la técnica de la electroforesis en geles de almidón y acrilamida. De semillas colectadas en fincas arroceras de los estados Portuguesa, Calabozo, Cojedes y Barinas se obtuvieron extractos crudos de plúmulas de semillas entre 5 y 14 días después de la siembra, a fin de evaluar 5 isoenzimas: isocitrato deshidrogenasa (IDH), fosfoglucoasa isomerasa (PGI), α y β esterasa (EST). Se realizaron 5 repeticiones para cada isoenzima. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis multivariado de árbol jerarquizado, utilizando la distancia Euclidiana con un criterio de agregación UPGMA en el programa CIRAD, que generó dendrogramas para cada isoenzima y uno con todas en conjunto. Los resultados mostraron que la especie *O. latifolia* es diferente de las demás poblaciones y/o especies bajo estudio en todas las isoenzimas evaluadas, mientras que las especies *O. sativa* y *O. rufipogon* indican una alta afinidad filogenética, por lo que algunas poblaciones de AR de estas dos especies presentan patrones de bandas similares.

Palabras Clave: Arroz rojo; *Oryza sativa* L.; *O. rufipogon* Griff; *O. latifolia* Desv.; electroforesis; isoenzimas.

1 Trabajo financiado por la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología del estado Aragua (FUNDACITE) y Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Genética, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (FAGRO).

* Profesoras Agregadas, Universidad Central de Venezuela, FAGRO, Departamento de Agronomía y Dpto. de Genética, respectivamente. Apdo. 4579, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve / dasilram@telcel.net.ve

** Ingeniero Agrónomo, Ejercicio privado. E-mail: ogomez@hotmail.com

RECIBIDO: julio 16, 2003.

INTRODUCCIÓN

El arroz rojo (AR) es una maleza de importancia económica, se estima que incrementa en un 15% los costos de producción del cultivo de arroz; además, compete con el arroz y causa un efecto negativo en su calidad molinera. En Venezuela todas las zonas arroceras están contaminadas. La población promedio de AR oscila entre 12 a 17 pl m⁻², sin embargo, se han detectado fincas con más de 350 pl m⁻² en arroz de cosecha y 800 plántulas antes de preparar el suelo. Se estima que densidades 70 pl m⁻² de AR pueden reducir hasta un 70% el rendimiento de las variedades FONAIAP 1 y Cimarrón (Ortiz, 1997; Ortiz y Budowski, 1998; Toro, 2003; Torrealba, 2001).

El análisis electroforético en la identificación varietal se ha utilizado, por la ventaja de obtener una alta resolución en la separación de proteínas, isoenzimas y otros marcadores moleculares de ADN, lo cual permite diferenciar a los cultivares de acuerdo a las fracciones del marcador molecular utilizado (Ramírez *et al.*, 1991). La caracterización bioquímica, aplicando marcadores moleculares, ha sido usada para estudiar la afinidad filogenética en arroz (Glaszmann *et al.*, 1988).

Existen técnicas electroforéticas que permiten diferenciar taxas, especies, subespecies, ecotipos o genotipos dependiendo del interés del investigador. Igualmente ha sido una herramienta útil para el mejorador de plantas. En lo que a producción de semilla se refiere, esta técnica también ha servido para medir el flujo de genes entre especies cultivadas y malezas (Geal *et al.*, 2003).

En arroz se ha empleado la técnica de la electroforesis para evaluar el germoplasma del género *Oryza* del IRRI, usando extractos crudos de plúmulas de arroz, lo cual permitió monitorear la variación de 24 loci distribuidos en 8 cromosomas e identificar 76 alelos (Glaszmann *et al.*, 1988).

Igualmente, esta técnica diferenció a las subespecie de arroz indica (Grupo I) de la japónica (Grupo VI); sin embargo, la javánica se incluyó en el Grupo VI; el autor señala que la agrupación de estas dos últimas razas, indicaría que la raza javánica pudiera considerarse como la forma tropical de japónica, correspondiendo esta última a la zona templada de Asia. Por otra parte, se encontraron grupos intermedios (II, III, IV, V), los cuales correspondieron con el germoplasma evaluado de los Himalayas (Glaszmann, 1987).

Iglesias *et al.* (1991) encontraron que la altura de planta estaba relacionada con la isoenzima peroxidasa y los granos llenos por panícula y el peso de 1 000 granos con la esterasa radicular del arroz, por lo que estos autores sugieren que los sistemas enzimáticos pueden utilizarse en programas de mejoramiento genético para seleccionar líneas semienanas y con alta producción de granos pesados en las panículas.

El estudio de la hibridación entre AR y variedades de arroz de Louisiana, EE.UU., utilizando la técnica de electroforesis de isoenzimas en geles de almidón para evaluar los cruzamientos permitieron comprobar los inter cruzamientos naturales e inducidos los cuales fueron la catalasa (CAT A), isocitrato deshidrogenasa (IDH) y la fosfogluco isomerasa (PGI), tal como lo reseñan Lagevin *et al.* (1990)

Por otra parte, en Venezuela Rodríguez en el 2001 determinó los patrones electroforéticos de las semillas genética, registrada y fundación, certificada y no certificada, de arroz del estado Portuguesa para las isoenzimas fosfogluco isomerasa (PGI), isocitrato deshidrogenasa (IDH) y malato deshidrogenasa (MDH). Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que la semilla registrada de la variedad Araure 4 y la semilla no certificada de FONAIAP 1 presentaron 28 y 8 % de contaminación con AR, respectivamente, cuando se compararon los patrones de bandas de estas categorías de semilla con los zimogramas de la semilla genética original. Esta contaminación puede haber sido por una mezcla de variedades, lo cual descartó el efecto de erosión genética en la calidad de semilla de las variedades evaluadas (Rodríguez, 2001).

El objetivo de esta investigación fue caracterizar quimiotaquímicamente algunas poblaciones de AR colectadas en siembras de arroz en Venezuela, para conocer similitudes y diferencias entre los materiales cultivados y las especies del complejo de AR.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron semillas de diferentes poblaciones de AR en fincas arroceras de los estados Portuguesa, Cojedes, Guárico y Barinas, cuando éstas se encontraban en el estadio de madurez fisiológica. Las diásporas se colocaron en sobres, almacenándose a temperatura ambiente en el laboratorio: 28 ± 2 °C en el día y 20 ± 2 °C en la noche.

La selección de las poblaciones de AR en campo se basó en estudios anteriores realizados por Ortiz (1997); Ortiz y Budowski (1997); Peña y Ortiz (2001). En el Cuadro se muestra la procedencia de cada colección.

CUADRO. Especies colectadas y lugar de colección de las poblaciones de arroz rojo en las zonas arroceras de Venezuela, 2000-2001.

Muestra	Especie	Lugar de Colección
C1	Cojedes 1	<i>Oryza sativa</i> L.
C2	Cojedes 2	<i>Oryza sativa</i> L.
C3	Cojedes 3	<i>Oryza sativa</i> L.
P4	Portuguesa 4	<i>Oryza latifolia</i> Desv.
P5	Portuguesa 5	<i>Oryza sativa</i> L.
P6	Portuguesa 6	<i>Oryza sativa</i> L.
P7	Portuguesa 7	<i>Oryza sativa</i> L.
P8	Portuguesa 8	<i>Oryza sativa</i> L.
P9	Portuguesa 9	<i>Oryza sativa</i> L.
B10	Barinas 10	<i>Oryza rufipogon</i> Griff.
B11	Barinas 11	<i>Oryza rufipogon</i> Griff.
B12	Barinas 12	<i>Oryza sativa</i> L.
G13	Guárico 13	<i>Oryza sativa</i> L.
G14	Guárico 14	<i>Oryza sativa</i> L.
G15	Guárico 15	<i>Oryza rufipogon</i> Griff.
F1	FONAIAP 1	<i>Oryza sativa</i> L.
A4	Araure 4	<i>Oryza sativa</i> L.

Alrededor de 100 semillas de cada población de AR y variedades de arroz testigo se colocaron en recipientes plásticos con papel filtro húmedo y tapa, para crear un efecto de cámara húmeda e inducir la germinación. Después de 15 d se cortaron las plúmulas, para luego ser macerados en un cuarto frío a 4 °C, utilizando una relación 1:2 (p/v) del tampón de extracción para cada soporte.

Se emplearon dos tipos de soporte para la electroforesis: almidón y geles discontinuos de poliacrilamina. En el caso de estos últimos se siguió el procedimiento descrito por Velásquez (2001), con un gradiente de concentración de 10% para el gel inferior y de 6% para el gel superior, usando una cámara doble Sigma, modelo 5889 y una cámara doble Bio-rad. Se usó tris glicina a pH 8,3 como tampón de corrida. La corrida se realizó en frío, con un voltaje constante de 80 v.

Las muestras maceradas se colocaron en un microtubo, para ser centrifugadas a 4 °C, a 5 000 revoluciones por minuto, durante 5 min. Se extrajeron 88 µl de cada muestra, añadiéndosele 12 µl de Glicerol al 85% y 1 µl de azul de bromofenol al 1%. Se tomó luego una alícuota de 20 µl por cada muestra para la corrida electroforética.

A diferencia de los geles de poliacrilamida, en el gel de almidón se impregnaron pequeños trozos de papel filtro con las muestras frías, siguiendo la metodología de Glaszmann *et al.* (1988) y las modificaciones realizadas por Boskovic *et al.* (1993) y Ortiz (1997). La concentración de los geles de almidón de papa utilizada fue 12%, las soluciones buffer fueron histidina/citrato para IDH y PGD y morfolina para α y β -EST y PGI.

Para evaluar las poblaciones de AR se utilizaron los sistema isoenzimáticos siguientes: 1) isocitrato deshidrogenasa (IDH, E.C. 1.1.1.42), 2) fosfoglucosa deshidrogenasa (PGD, E.C. 1.1.1.44), 3) β -esterasa (EST, E.C. 3.1.1), 4) α -esterasa (EST, E.C. 3.1.1), 5) fosfogluco isomerasa (PGI, E.C. 5.3.1.9.).

La electroforesis en almidón se realizó a 4 °C. Se hizo una precorrida por 20 min, a 180 v, 40 m.a. y 7 watts. Posteriormente se retiraron del gel los portamuestras para continuar la corrida electroforética durante 3 a 4 h, a 180 v constante y no más de 7 watts para histidina/citrato; para la morfolina fueron 5 h, a 35 miliamperios constante y no más de 7 watts.

Finalizada la electroforesis, se descartó 3 cm del gel correspondiente al ánodo y los 5 cm del cátodo. Se procedió en seccionar el gel en capas de 2 mm de espesor, las cuales se sumergieron en la solución de revelación correspondiente a cada isoenzima (IDH, PGD, α y β -EST y PGI) según el protocolo utilizado por Glaszmann *et al.* (1988). Al cabo de 1 h de incubación del gel en la solución de revelación (37 °C en oscuridad), aparecieron bandas correspondientes a la presencia de actividad enzimática y seguidamente se determinaron los patrones electroforéticos para cada isoenzima y muestra.

A partir de los patrones electroforéticos de cada isoenzima y muestra se realizó un análisis estadístico de conglomerados de árbol jerarquizado, usando la distancia Euclidiana, con un criterio de agregación UPGMA en el paquete estadístico WinStat-IC, versión 1.0-2 Copyright IT CF/CIRAD. En este caso los valores en centímetros expresan movilidad relativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra que la isoenzima α -esterasa en geles de poliacrilamida produjo polimorfismos tanto entre las tres especies bajo estudio como también entre las poblaciones de AR y variedades de arroz comerciales utilizadas como testigo, pertenecientes a la misma especie (*O. sativa*). En ellos, se observó que la especie *O. Latifolia*, representada por Portuguesa 4, se distinguió de las otras poblaciones de *O. sativa* y *O. rufipogon* por dos bandas que presentó a los 1,8 y 2,0 cm del cátodo, respectivamente.

De acuerdo con el zimmograma para la isoenzima α -esterasa observado en la Figura 1, las poblaciones de AR que mostraron el mismo patrón de bandas fueron: Cojedes 1 y 2; Portuguesa 5, 6, 7, 8 y 9; Barinas 10 (*O. rufipogon*) y 12; Guárico 13 y 14. Las poblaciones Cojedes 3, Portuguesa 4 (*O. latifolia*), Guárico 15 (*O. rufipogon*) y Barinas 11 (*O. rufipogon*) mostraron un único patrón de bandas para esta isoenzima. Así mismo, las variedades testigo FONAIAP 1 y Araure 4, presentaron idéntico zimmograma. Un dato interesante que se evidenció en esta corrida fue que las poblaciones de AR de las especies *O. sativa* y *O. rufipogon* no mostraron la banda de 2,9 cm que sí la exhibieron las variedades evaluadas y *O. latifolia*. Esta banda quizás pudiera utilizarse para discriminar AR en lotes de semillas usando la α -esterasa.

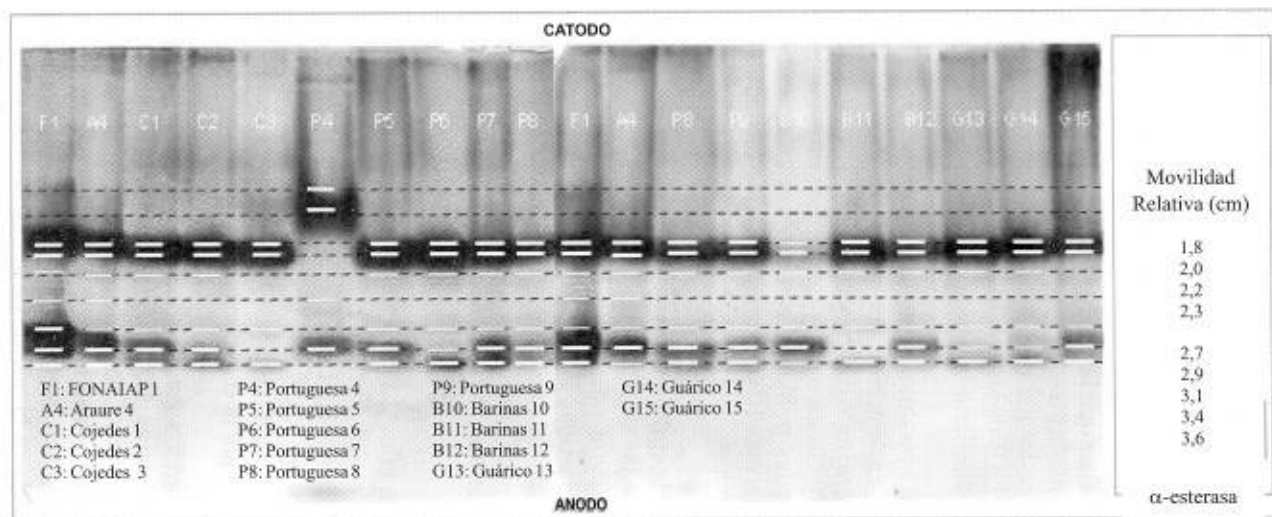


FIGURA 1. Zinmograma de la isoenzima α -esterasa en geles de poliacrilamida, de poblaciones de arroz rojo colectadas en las zonas arroceras de Venezuela.

En la Figura 2 se observa que las poblaciones de AR que mostraron similar patrón de bandas con β -esterasa fueron: Cojedes 1 y 2; Portuguesa 6 y 7; Barinas 11 y 12 y Guárico 13, 14 y 15, así mismo, Portuguesa 8 y 9. Los AR Barinas 10, Portuguesa 5, Portuguesa 4 y Cojedes 3, y las variedades FONAIAP 1 y Araure 4 formaron zimmogramas únicos.

Es importante resaltar que la banda ubicada a los 3,6 cm de la isoenzima β -esterasa solamente la presentaron las poblaciones de AR con excepción de *O. latifolia*, por lo que podría utilizarse como marcador molecular para diferenciar el AR de las variedades en la certificación de semilla de arroz, de manera similar a la banda de 2,9 cm de la α -esterasa.

La isoenzima PGD produjo 4 grupos de patrones de bandas (Figura 3), en el primero se encontraron las variedades FONAIAP 1 y Araure 4 conjuntamente con los AR Cojedes 1, 2 y 3; Portuguesa 6, 7, 8 y 9; Barinas 11 y 12, y Guárico 13, 14 y 15. Los otros 3 grupos estuvieron conformados por las poblaciones de AR: Portuguesa 4 (*O. latifolia*), Portuguesa 5 y Barinas 10 (*O. rufipogon*) que formaron un patrón único de bandas cada una.

La isoenzima IDH produjo polimorfismos donde se distinguieron claramente las variedades de arroz de las poblaciones de AR (Figura 4). Exhibieron el mismo patrón de bandas los AR Cojedes 1, 2 y 3; Portuguesa 5 y 6; Barinas 10 y Guárico 13 y 15. Igualmente, Portuguesa 7, 8 y 9 exhibieron el mismo zimmograma; también Barinas 12 y Guárico 14 tuvieron igual patrón de bandas. La población de Portuguesa 4 (*O. latifolia*) y Barinas 11 (*O. rufipogon*) mostraron un patrón de banda único.

La banda ubicada a los 2,1 cm estuvo presente en los AR y ausente en las variedades y el AR Portuguesa 4 (*O. latifolia*), por lo que pudiera utilizarse la isoenzima IDH como marcador molecular en el control de calidad genético en la certificación de semilla de arroz cuando se encuentra contaminada con los AR de las especies *O. sativa* y *O. rufipogon* al igual que la α y β -esterasa.

Resultados similares a éstos, obtuvieron Ortiz *et al.* (2002), cuando utilizando esta misma IDH lograron diferenciar a las variedades FONAIAP 1, Araure 4 y Zeta 15 de los AR, con una banda que se presentó a los 2,2 cm en las variedades y a los 2,5 cm en los AR. No hubo separación entre Araure 1 y Cimarrón y los AR con esta isoenzima, pues mostraron la banda en la misma posición.

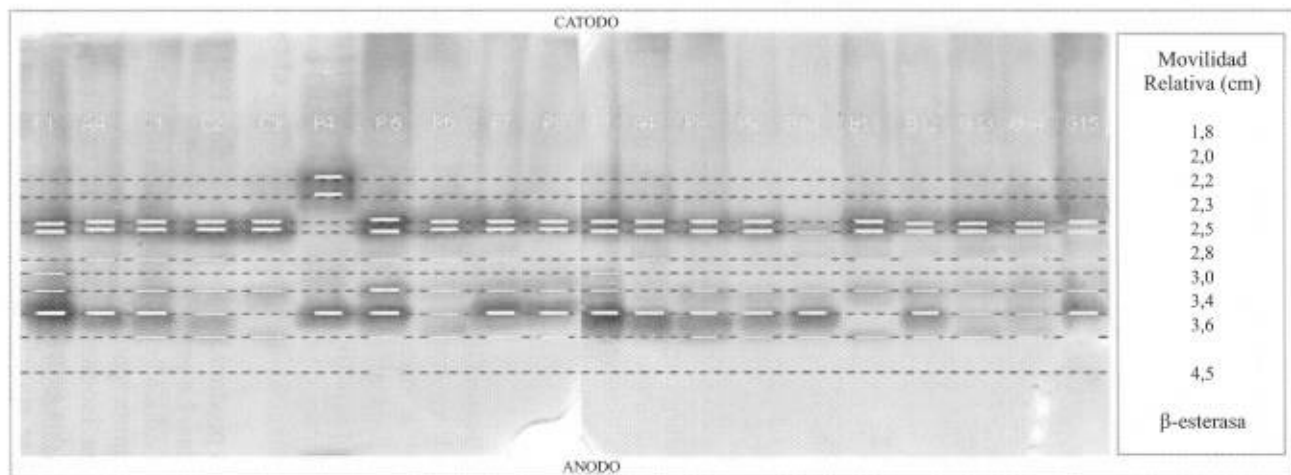


FIGURA 2. Zinmograma de la isoenzima β -esterasa en geles de poliacrilamida de variedades de arroz y poblaciones de arroz rojo colectadas en las zonas arroceras de Venezuela.

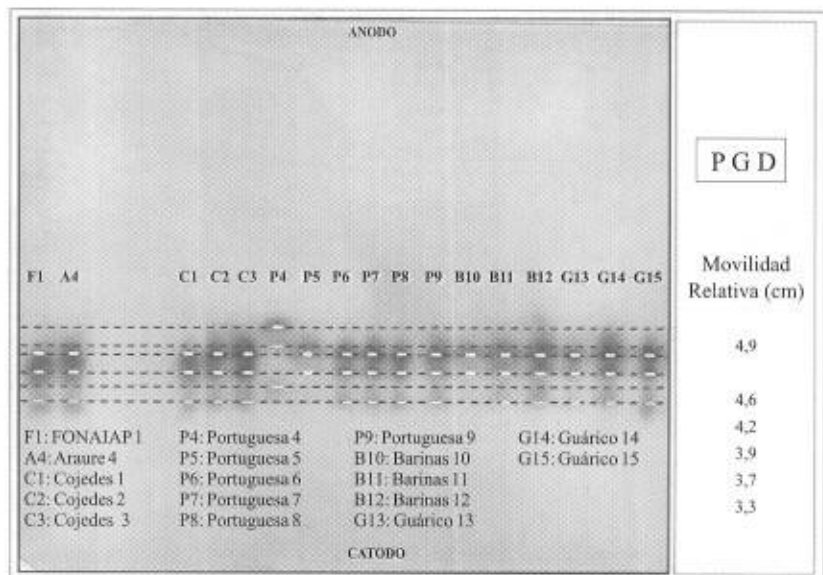


FIGURA 3. Zimograma de la isoenzima fosfogluconato deshidrogenasa en gel de almidón de variedades de arroz y poblaciones de arroz rojo colectadas en las zonas arroceras de Venezuela.

La isoenzima IDH, según Glaszman *et al.* (1988) es monomérica, por lo cual se espera que los genotipos evaluados produzcan una sola banda; sin embargo, las poblaciones de AR Portuguesa 4, 7, 8 y 9; Barinas 11 y 12, y Guárico 14 presentaron 2 bandas, probablemente debido a la presencia de diferentes individuos homocigotas en la muestra (se maceraron diferentes plantas de cada población de AR) o a la presencia de plantas heterocigotas, producto de hibridación en el campo.

Los polimorfismos producidos por la isoenzima PGI (Figura 5) presentaron de 5 a 6 bandas. La presencia de 5 bandas puede interpretarse por la presencia de individuos heterocigotas para uno de los loci o a la mezcla de dos genotipos homocigotas distintos. Según el trabajo de Glaszmann *et al.* (1988), esta isoenzima en arroz es dimérica y controlada genéticamente por dos genes (Pgi-1 y Pgi-2), de manera que en un individuo homocigota se apreciaría la presencia de dos bandas correspon-

dientes a las enzimas formadas por cadenas polipeptídicas similares y una tercera banda en el punto intermedio entre las otras dos, perteneciente a una enzima formada por las cadenas polipeptídicas diferentes, producto de cada gen.

En este orden de ideas, para el gen Pgi-1 se observaron 3 alelos diferentes correspondientes a las bandas de 2,6; 3,3 y 3,7 cm de movilidad relativa, este último sólo se apreció en la especie *O. latifolia*. Para el gen Pgi-2 también se observaron 3 alelos, concernientes a las bandas de 0,9; 1,2 y 1,8 cm de movilidad relativa; la banda de 1,2 cm no se presentó en los cultivares, tal como observaron Ortiz *et al.* (2002); la banda de 1,8 cm apareció solamente en *O. latifolia*.

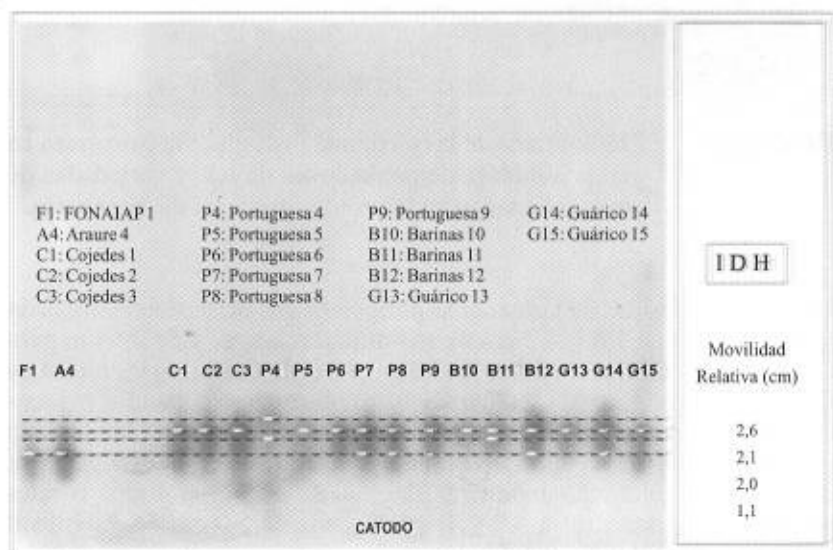


FIGURA 4. Zinmograma de la isoenzima isocitrato deshidrogenasa en gel de almidón, de variedades de arroz y poblaciones de arroz rojo colectadas en las zonas arroceras de Venezuela.

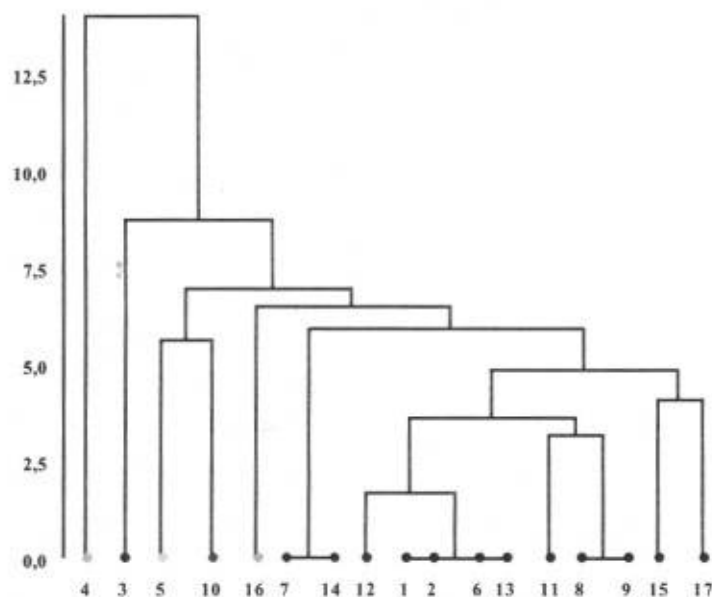
Ortiz *et al.* (2002) encontraron que la PGI produjo mayor polimorfismo en las variedades de arroz y AR que las enzimas EST, IDH, PGD y SDH. Así mismo, hallaron que el patrón de bandas Cimarrón, FONAIAP 1 y Araure 1 fueron similares y mostraron 3 bandas a 1, 1,9 y 3,3 cm, respectivamente. Sin embargo, Araure 4 y Zeta 15 exhibieron 3 bandas a 1, 2,4 y 4 cm, respectivamente. Los AR mostraron patrones diferentes a las variedades de arroz, con excepción de Cojedes, el cual mostró un polimorfismo similar a Cimarrón, FONAIAP 1 y Araure 1. Estos autores señalaron que las poblaciones de AR Portuguesa 3 y Portuguesa 2 pudieron haber sido heterocigotas o contener una mezcla de 2 genotipos ya que presentaron 5 y 7 bandas, respectivamente.

En el dendograma conjunto de todas las isoenzimas evaluadas, mostrado en la Figura 6, se aprecia la separación de la especie *O. latifolia*, representada por el AR Portuguesa 4, del resto de las poblaciones, tal como se había observado en los análisis individuales. *O. latifolia* se separó con la mayor distancia euclidiana, lo que la ubicó como la de menor afinidad filogenética con las otras poblaciones de AR y variedades de arroz.

La misma figura (Figura 6) muestra que con una distancia euclidiana de aproximadamente 2,4 las poblaciones de AR y variedades de arroz formaron los siguientes grupos: 1) Portuguesa 4; 2) Cojedes 3; 3) Portuguesa 5; 4) Barinas 10; 5) FONAIAP-1; 6) Portuguesa 7 y Guárico 14; 7) Barinas 12 (*O. rufipogon*); 8) Cojedes 1 y 2, Portuguesa 6 y Guárico 13; 9) Barinas 11 (*O. rufipogon*); 10) Portuguesa 8 y 9; 11) Guárico 15 (*O. rufipogon*) y 12) Araure 4.

La presencia de individuos heterogéneos en el campo con una base genética amplia, confieren a estas poblaciones una mayor resistencia a condiciones adversas, así como a los medios de control existentes. Además, la siembra de semillas provenientes de individuos de este tipo traerá como consecuencia la diseminación de los genes responsables del color rojo del pericarpio del grano, completamente indeseable en el arroz de mesa, ya que esta asociado al quebrado del mismo y pérdida del grado del producto final.

La afinidad filogenética mostrada entre los AR y variedades resulta en una limitante para la liberación de arroces transgénicos ya que los genes insertados en el genoma del arroz pueden pasar al AR a través del flujo de genes intra e inter especies dando como consecuencia la pérdida de las bondades agronómicas conferidas a estos cultivares (Olofsdotter *et al.*, 1999).



Leyenda		
Muestra	Especie	Identificación
Cojedes 1	<i>Oryza sativa</i>	1*
Cojedes 2	<i>Oryza sativa</i>	2*
Cojedes 3	<i>Oryza sativa</i>	3*
Portuguesa 4	<i>Oryza rufipogon</i>	4 ^o
Portuguesa 5	<i>Oryza sativa</i>	5*
Portuguesa 6	<i>Oryza sativa</i>	6*
Portuguesa 7	<i>Oryza sativa</i>	7*
Portuguesa 8	<i>Oryza sativa</i>	8*
Portuguesa 9	<i>Oryza sativa</i>	9*
Barinas 10	<i>Oryza rufipogon</i>	10*
Barinas 11	<i>Oryza rufipogon</i>	11*
Barinas 12	<i>Oryza sativa</i>	12*
Guárico 13	<i>Oryza sativa</i>	13*
Guárico 14	<i>Oryza sativa</i>	14*
Guárico 15	<i>Oryza rufipogon</i>	15*
FONAIAP 1	<i>Oryza sativa</i>	16 ^o
Araure 4	<i>Oryza sativa</i>	17*

FIGURA 6. Dendrograma de los patrones electroforéticos de las isoenzimas α y β EST, PGD, IDH y PGI, de variedades de arroz y de poblaciones de arroz rojo colectadas en las zonas arroceras de Venezuela.

CONCLUSIONES

- Las isoenzimas α y β EST, PGD, IDH y PGI permitieron separar a la especie *O. latifolia*, de *O. sativa* y *O. rufipogon*, y definieron una distancia filogenética cercana entre las poblaciones de AR de las especies *O. sativa* y *O. rufipogon* y las variedades FONAIAP 1 y Araure 4.
- Las bandas detectadas con α -esterasa, a 2,9 cm y con β -esterasa a 3,6 cm, pudieran utilizarse como marcadores moleculares para ser usados en la producción de semilla certificada, con el fin de discriminar lotes con presencia de AR.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a los productores de arroz, por permitido colectar las muestras de semillas en sus fincas para esta investigación. Así mismo, se agradece al Ing. Carlos Marín (INIA) por su asesoría en los análisis estadísticos.

SUMMARY

In Venezuela, the red rice weed complex is composed of three species of the gender *Oryza*, *Oryza sativa* L. (60%), *O. rufipogon* Griff (39%) and *O. latifolia* Desv. (1%). The objective of this research was to compare 15 red rice populations using electrophoretic techniques in starch and polyacrylamide gel. Crude extracts of seed plumules, aged 14 days after sowing, obtained from seed collected in rice farms of Portuguesa, Calabozo, Cojedes and Barinas, were used to evaluate 5 isoenzymatic systems (IDH, PGD, PGI, K and 2 EST). Five repetitions of each isoenzyme were made. Data were submitted to a multivariate analysis of hierarchical tree using Euclidian distance with a criterion of aggregation UPGMA in the program CIRAD, which generated a dendrogram. Results showed that the specie *O. latifolia* was different from the other populations and/or species in this study, for all the isoenzymatic systems, whereas species *O. sativa* and *O. rufipogon*, showed a high phylogenic affinity, with similar band patterns for certain populations.

Keys Words: Red rice; *Oryza sativa* L.; *O. rufipogon* Griff y *O. latifolia* Desv.; electrophresis; isoenzyme

BIBLIOGRAFÍA

- BOSKOVIC, R., K., P. TOBUTT, P. ARÚS and R. MESSEGUER. 1993. Methods of molecular marker analysis in prunes. First meeting of the prunes mapping project. Cabrils, November 15 th to 19 th. 26 p.
- ENDO, T. and H. MORISHIMA. 1987. Rice. **In:** Tanksley S. D. and Orton, TJ (Ed.). Isozymes in plant genetics and breeding. Part B. 2nd edic. Elsevier Science Publishers. p. 129-146.
- GLASZMANN, J. 1987. Isozymes and classification of Asian rice varieties. *Theor. Appl. Genet.* 74:21-30.
- GLASZMANN, J., B. DE LOS REYES and G. KHUSH. 1988. Electrophoretic variation of isozymes in plumules of rice (*Oryza sativa* L.)- A key to the identification of 76 alleles at 24 loci. *Irrs.* N° 134. 1-14 p.
- IGLESIAS, L., N. PÉREZ, E. SIMON y M. GONZÁLEZ. 1991. Asociación entre los caracteres morfoagronómicos y bioquímicos en arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos tropicales* 12(2):53-55.
- LANGEVIN, S., K. CLAY and J. GRACE. 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.). *Evolution* 44(4):1 000-1 008.
- OLOFSDOTTER, M., B. VALVERDE and K. MADSEN. 1999. Herbicide resistant rice (*Oryza sativa* L.) a threat or a solution. **In:** Global workshop on red rice control. Plant Production and Protection Division. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Varadero, Cuba. Report. 59-66 p.
- ORTIZ, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 117 p.
- ORTIZ, A. y T. BUDOWSKI. 1998. Estudio preliminar de la incidencia de arroz rojo y otras malezas en el arrozal venezolano. *Revista Investigación Agrícola* 3:13.
- ORTIZ, A., C. RAMIS, P. PARRA, A. DÍAZ y L. LÓPEZ. 2002. Patrones isoenzimáticos de variedades de arroz y arroces rojos en Venezuela. *Rev. Fac. Agr. (Maracay)* 28:117-130.

PEÑA J. y A. ORTIZ. 2001. Determinación de las especies involucradas en el complejo de maleza denominado arroz rojo de las zonas arroceras de Venezuela. *Agronomía Trop.* 51(3):439-451.

RODRÍGUEZ, N. 2001. Evaluación de la erosión cualitativa de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) en el sistema de producción de semillas certificadas en Portuguesa. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. Postgrado de Agronomía. 65 p.

TORO, L. 2003. Efecto de algunos herbicidas sobre el arroz rojo. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 53 p.

TORREALBA, D. 2000. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en el cultivo de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía.

VELÁSQUEZ, R. 2001. Control genético de tres sistemas isoenzimáticos en arroz (*Oryza sativa* L.). Trabajo de ascenso a Asistente. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 57 p.

EL MODELO SWAT EN UNA CUENCA PEQUEÑA DE ALTAS PENDIENTES: SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA¹

Oscar Silva

RESUMEN

En la simulación de producción de agua en una cuenca montañosa pequeña de Venezuela se evaluó el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Los valores diarios simulados se compararon con los medidos en un canal de aforo según índices de regresión y de diferencia. SWAT sobrestimó los valores diarios de escurrimiento superficial y subestimó los de caudal de base. No obstante, la cantidad total de agua producida en el periodo del experimento se simuló con precisión, lo cual sugiere que para mejorar el funcionamiento de SWAT deben realizarse ajustes simultáneos al valor de número de curva y a los factores de agua subterránea. Se concluye: a) la evaluación y calibración de SWAT es poco transferible debido a la gran cantidad de variables que pueden ser modificadas, por lo que es conveniente contar con información que permita ajustar las simulaciones particulares, y b) la coincidencia de valores acumulados medidos y simulados no implica buen funcionamiento del modelo en cuanto a lapsos parciales, podría existir compensación de errores en tendencias inconsistentes.

Palabras Clave: Cuenca hidrográfica; simulación hidrológica; escurrimiento; producción de agua.

1 Trabajo financiado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV).

* Profesor Asistente. UCV. Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía. Conservación de Suelos y Aguas. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.
E-mail: silvao@agr.ucv.ve

RECIBIDO: marzo 15, 2004.

INTRODUCCIÓN

La producción de agua es uno de los procesos más importantes en la evaluación de la sostenibilidad de cuencas hidrográficas. Al respecto, se han desarrollado diversos modelos de simulación para su evaluación y predicción cuantitativa en múltiples escenarios de suelo, clima, relieve, uso y manejo de la tierra.

Por su parte, Tim (1996), emplea la expresión “modelos hidrológicos y de calidad de agua”, para referirse a los modelos que permiten evaluar el impacto de las actividades humanas sobre la cantidad y calidad del agua, donde el escurrimiento es uno más de los componentes considerados.

El modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT; Arnold *et al.*, 1999; USDA-ARS-BRC, 2002) se diseñó para ser aplicado en cuencas hidrográficas, desde cientos de hectáreas a miles de kilómetros cuadrados, con fines de evaluar el efecto del uso y manejo de la tierra sobre la calidad y régimen de las producciones de agua y sedimento.

Aunque sea imposible establecer la calidad de las simulaciones en la gran cantidad de escenarios de ambiente y uso, es necesario que los modelos de simulación sean evaluados como paso previo a la transferencia de resultados o recomendaciones, bien sea en términos de la precisión, órdenes de magnitud o tendencias de sus estimaciones.

La evaluación de un modelo de simulación es un proceso donde se examina su credibilidad, en el que el usuario busca conocer si éste puede representar adecuadamente el comportamiento del sistema (Negahban, 1991). Una forma común de evaluar los modelos es mediante la validación empírica, es decir, la comparación de los valores producidos por el modelo con los valores reales o medidos (Comerma *et al.*, 1987).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el modelo SWAT en la predicción de la producción de agua en una cuenca pequeña de alta pendiente, ubicada en el área de Macapo, estado Cojedes, Venezuela. Se emplearon estadísticas basadas en diferencia y regresión de valores diarios de producción de agua medidos y simulados; relaciones entre las magnitudes de la producción de agua, de los errores de simulación así como también las relaciones entre la magnitud de las lluvias y los errores de simulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una cuenca de 125 ha en las cercanías del poblado de Macapo, estado Cojedes, Venezuela. La fisiografía es de colinas altas y montañas bajas con pendientes que varían entre 10 y 70%, con un promedio de 35%. Las altitudes comprenden entre 400 y 800 m.s.n.m. Los suelos son bien drenados, con texturas franco-arenosas y franco-arcillosas, de profundidad variable.

La precipitación promedio anual es de 1 400 mm, distribuida estacionalmente, con la época lluviosa entre mayo y octubre. La temperatura promedio varía entre 20 °C (enero) y 26 °C (marzo). La vegetación predominante es de herbazales densos, arbolados en las laderas y bosques de galería densos. Se encuentran áreas de bosque claro y de matorral. El uso de la tierra es disperso, de ganadería extensiva y agricultura de subsistencia con barbechos prolongados.

En este estudio se usó la versión 3.0.4 para Windows del modelo SWAT (USDA-ARS-BRC, 2001) diseñado para operar sobre base diaria y continua en cuencas hidrográficas, desde pequeñas (cientos de hectáreas) a muy grandes (miles de kilómetros cuadrados). SWAT se emplea para evaluar el efecto del manejo de la cuenca sobre la producción de agua y sedimentos, así como en las concentraciones de nutrimentos (N y P), plaguicidas asociadas al suelo, agua y sedimentos.

Con la finalidad de tomar en cuenta la variabilidad espacial de los factores ambientales, las cuencas pueden dividirse en sectores según el clima, los suelos, la vegetación o el relieve. Los componentes principales del modelo son: hidrología, clima, sedimentación, crecimiento del cultivo, nutrimentos, manejo agrícola y plaguicidas.

Variables de entrada empleadas

Clima

Para el estudio de precipitación se emplearon los valores diarios registrados por un pluviógrafo instalado en el área; con el fin de estabilizar la cobertura vegetal en la simulación, la cual se inició cinco años previos a las mediciones. Para ello se utilizaron registros de precipitación procesados por García (1999) con las opciones de estimación de datos faltantes del sistema (Decision Support System for Agrotechnology

Transfer DSSAT; 3.5; Tsuji *et al.*, 1994), sobre la base de datos disponible para la estación Vallecito (ubicada a 7 km del sitio en estudio) del período 1967-1995.

Temperatura y radiación

La versión empleada de SWAT no utiliza registros de radiación diarios y tiene las opciones de generar o leer valores diarios de temperatura máxima y mínima. Para la simulación, debido a la gran cantidad de datos faltantes, se emplearon valores diarios de temperatura (máxima y mínima) generados por el modelo.

El modelo SWAT genera la radiación y temperaturas según los valores promedio de estas variables en cada mes y de las desviaciones típicas mensuales de los valores diarios. Asume una distribución normal de las variables y aplica ajustes según el día sea seco o lluvioso. Las estadísticas mensuales requeridas se obtuvieron de la estación San Carlos - UNELLEZ (ubicada a 25 km), sobre el período de registros diarios 1981 - 1996 para las temperaturas y 1983 - 1996 para radiación.

Para obtener referencias acerca de los niveles de error en la generación de radiación y temperatura, y ante la imposibilidad de evaluarlos directamente de SWAT, ya que este no los produce como salida, se compararon los promedios mensuales simulados por el modelo (Erosión Productivity Impact Calculator EPIC; USDA-ARS-BRC, 1997) con los registros disponibles, debido a que el componente climático de EPIC es muy similar al de SWAT.

Evapotranspiración

La opción Priestley - Taylor fue utilizada para el cálculo de la evapotranspiración. Para la información de suelos se emplearon cuatro perfiles representativos de las unidades de vegetación y manejo (Arteaga y Mantovani, 1999). La retención de humedad (a 33 y 1 500 KPa) y conductividad hidráulica saturada se estimaron mediante el sistema SoilPar V 2.0 (Donatelli y Acutis, 2001) a partir de la distribución del tamaño de partículas y densidad aparente.

En la vegetación y uso de la tierra se empleó información de los tres tipos de cobertura o usos principales: a) sistema de agricultura de subsistencia, que se simuló mediante el cultivo de maíz con preparación del

suelo a entrada de lluvias, b) bosque denso, que se simuló empleando la base de datos correspondiente a pino y c) herbazal arbolado, con empleo de la base de datos de pradera. En estos casos, para que el modelo simulara valores razonables asociados a la cobertura vegetal existente, se adaptaron los valores de altura de los árboles, biomasa, factor C y profundidad de enraizamiento según lo esperado en la localidad.

Configuración espacial.

La cuenca se representó con cuatro subcuencas según las fracciones de cada uno de los tipos de uso o cobertura principal y el flujo entre ellas (Figura 1). A cada sector se le asignaron valores de pendiente y de morfometría del cauce según observaciones de campo y estimaciones cartográficas.

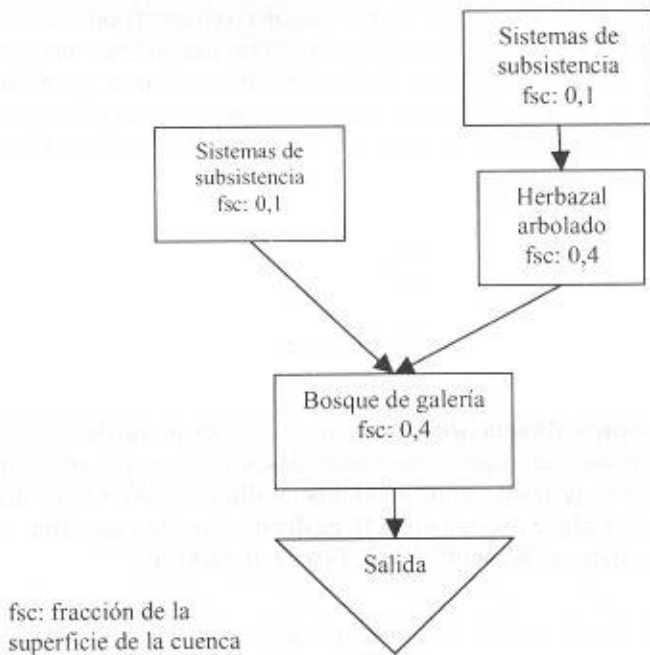


FIGURA 1. Representación de la cuenca en la simulación con SWAT.

Los valores de producción de agua diarios simulados con SWAT se compararon con los medidos mediante un limnógrafo instalado en un canal de aforo. El período de mediciones comprendió entre el 22 de agosto de 1993 y el 7 de junio de 1994 (290 d), con 57 d de precipitación (Silva, 1995, 1996).

La comparación entre valores simulados (E) y medidos (M) se hizo en términos de estadísticas basadas en diferencia y en regresión, las cuales se obtuvieron mediante el empleo del sistema Integrated Resources for Evaluating Numerical Estimates (IRENE; Fila *et al.*, 2001).

Las estadísticas basadas en diferencias empleadas son las siguientes:

Eficiencia de la simulación (EF)

Se basa en diferencias cuadradas, empleándose como una variación (o extensión) del coeficiente de determinación r^2 (Greenwood *et al.*, 1985). El límite superior que alcanza es 1, cuando no hay diferencias entre los valores medidos y simulados. Su límite inferior teórico es el infinito negativo. Los valores menores a 0 indican que existe un peor ajuste del modelo a los valores medidos que el valor promedio de éstos (Fila *et al.*, 2001).

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2}$$

Índice de concordancia (d): Es una medida descriptiva, de tipo relativo y acotado, basada en diferencias cuadradas, con la cual pueden hacerse comparaciones cruzadas entre modelos (Willmott y Wicks, 1980). Los valores que produce oscilan entre 0, es decir, ninguna concordancia y 1 total concordancia (Willmott, 1982; Fila *et al.*, 2001).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{M}| + |M_i - \bar{M}|)^2}$$

La interpretación de EF y d es muy similar, y no obstante, pueden producir resultados contradictorios entre sí. Por tal razón se consideró conveniente emplear ambos, ya que coherencia entre ellos indicaría mejor comportamiento de los modelos.

Error medio absoluto (MAE):

Es un índice de tipo absoluto y simple, que resume la diferencia promedio entre los valores medidos y simulados en sus propias unidades. Debe tenerse presente que MAE es menos sensible a los extremos que la raíz del error medio cuadrado ($RMSE$), otro índice de uso frecuente, y además, es de interpretación más intuitiva (Willmott, 1982).

$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{E_i - M_i}{n}$$

Además, se emplearon la diferencia de simulación ($D_s = E - M$) y la relación de simulación ($R_s = E/M$).

Los índices basados en regresión empleados son el coeficiente de regresión de Pearson y las probabilidades de que la pendiente y el intercepto valgan 1 y 0, respectivamente, tanto independientemente (prueba de t) como simultáneamente (prueba F). Las ecuaciones de regresión de los valores medidos y simulados se obtuvieron por el método de los mínimos cuadrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticas básicas

En cuanto a la cantidad total de agua producida en el período de mediciones, SWAT tuvo muy buen ajuste, con una diferencia tan solo de 1,3 mm. El promedio de los valores simulados de producción diaria de agua fue el mismo que el de los medidos. No obstante, las distribuciones fueron sumamente distintas.

En general, según lo indican la mediana y la moda, la producción de agua simulada presentó la mayoría de los valores considerablemente más bajos que la medida. Adicionalmente, la dispersión de valores es

mayor en los simulados, aunque con semejante sesgo positivo, es decir, con similar predominio de valores bajos que los medidos y con menor concentración con respecto a la media (Cuadro 1).

CUADRO 1. Estadísticas básicas de la producción de agua medida y simulada.

	Producción de agua medida	Producción de agua simulada
Número de datos	290	290
Suma (mm)	153	154,3
Promedio (mm)	0,53	0,53
Mediana (mm)	0,52	0,02
Moda (mm)	0,62	0,01
Desviación típica (mm)	0,76	3,18
Sesgo	11,05	9,32
Curtosis	148,3	96,3

La buena estimación de valores totales, pero la falta de ajuste en la distribución y magnitudes de valores diarios, indica que SWAT, como se verá más adelante, dentro del año compensa las subestimaciones del caudal de estiaje con sobrestimaciones del escurrimiento superficial en los eventos de lluvia.

Evaluación de correlación y tendencias

Aunque el valor acumulado de producción de agua simulado por SWAT fue similar al medido, se observa falta de correspondencia a lo largo del período de mediciones (Figura 2). Destaca que los incrementos en la producción de agua medida son mayores y más continuos que en la simulada. Ello se debe a los flujos medidos durante los días sin lluvia (es decir, de base y estiaje), los cuales fueron notablemente subestimados por SWAT. También se observan bruscos incrementos en el agua producida simulada, debido a sobrestimaciones en las crecidas durante los días con lluvia (Figura 3).

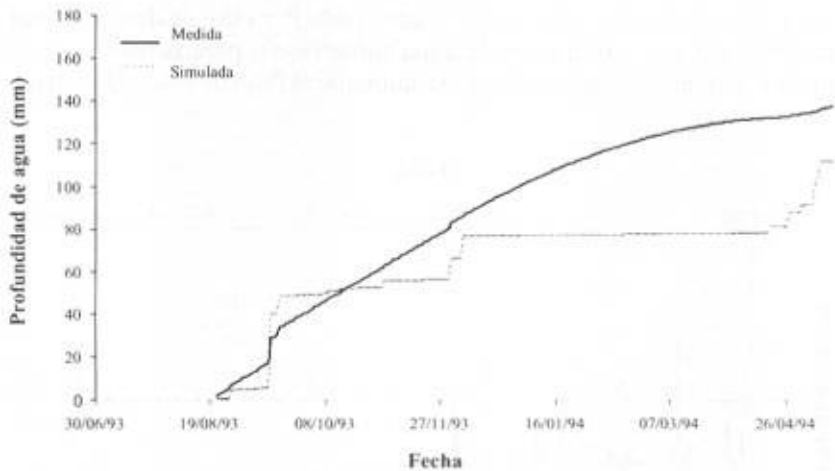


FIGURA 2. Producción de agua medida y simulada acumuladas en el tiempo.

La correspondencia entre valores diarios medidos y simulados fue poca. Los valores simulados por encima del umbral de flujo de base fueron sobrestimados, independientemente de su magnitud, mientras que los valores por debajo de dicho umbral se subestimaron, con valores cercanos a 0.

Aunque el coeficiente de correlación entre los valores medidos y simulados resultó relativamente alto y con ninguna probabilidad de tomar el valor de 0, las probabilidades de que, conjunta o independientemente el intercepto y la pendiente tengan valores de 0 y 1, respectivamente, son nulas (Cuadro 2). No obstante, exista buena asociación en las tendencias de los valores medidos y simulados, no puede afirmarse que la línea ajustada de sus valores se corresponde con la línea 1:1, es decir, establecer correspondencia entre sus magnitudes.

Para corregir las discrepancias en la producción de agua por exceso (en los días de lluvia) y por defecto (en los días sin lluvia o de estiaje), sería necesario ajustar simultáneamente los valores de número de curva y factores de agua subterránea. La disminución del número de curva, aunque reduce el escurrimiento superficial sobrestimado, conduce a una menor producción de agua, ya que aumenta la infiltración y consecuen-

temente, la retención en el suelo y acuíferos. Por ello, se deben ajustar también algunos parámetros de agua subterránea, para permitir que el modelo simule su movimiento, y así, aumente el flujo de base y de estiaje.

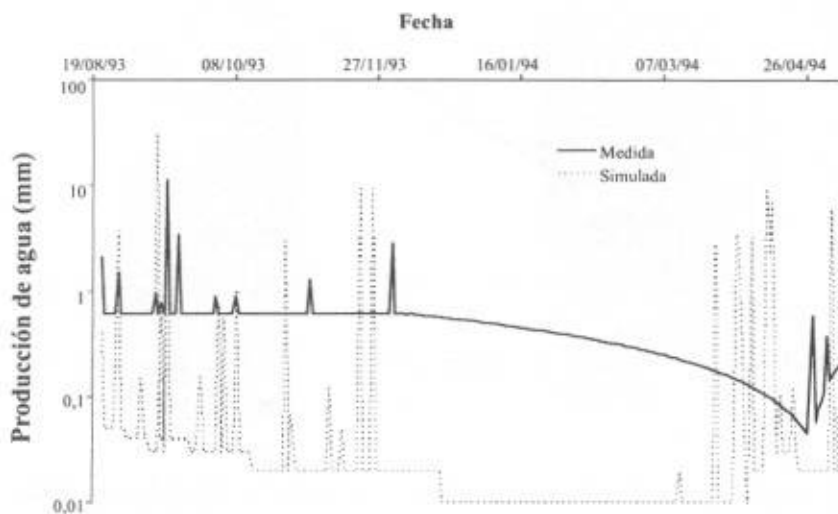


FIGURA 3. Producción de agua medida y simulada diarias en el tiempo.

Evaluación de diferencias de simulación

En general, los índices de diferencia fueron poco favorables en la simulación de la producción de agua. La eficiencia de simulación resultó negativa, es decir, el promedio de los valores medidos representaría mejor la magnitud de la producción de agua que los valores simulados; el índice de concordancia se consideraría como medio. El error medio absoluto, aunque su magnitud sea baja (0,80 mm), sería desfavorable, debido a que es superior a la mayoría de los valores diarios, que representan al flujo de base o estiaje (flujo de agua durante días sin lluvia).

Las diferencias de simulación, en general, fueron mayores en la medida en que aumentó la producción de agua. Tal como se indicó anteriormente, los valores subestimados se corresponden sólo con valores de producción de agua bajos (inferiores a 1 mm), asociados a los días sin lluvia. Las

relaciones de simulación, y consiguientemente, los errores relativos, presentaron correspondencia con la magnitud del agua medida. Cuando los valores de agua producida son bajos, la variación de la relación de simulación es alta, con valores que oscilan entre 0,05 y 100, lo cual representa, en términos de diferencia, entre -1,72 y 10 mm. En la medida que aumentan los valores de producción de agua, disminuye la variación de las relaciones de simulación, con valores entre 2 y 8, lo que equivale a diferencias entre 5 y 30 mm.

CUADRO 2. Estadísticos de regresión de la producción de agua medida y simulada.

Índice	Valor	P(t) = 0	P(t) = 1
r	0,82	0,00	
Intercepto (b0)	-1,30	0,00	
Pendiente (b1)	3,45	0,00	0,00
P _{b0=0; b1=1}	0,00		

Relaciones con la precipitación

Los valores de producción de agua se subestimaron en su mayoría por debajo de un umbral de 17 mm de precipitación, mientras que por encima, siempre se sobrestimaron, con incrementos de las diferencias en la medida en que aumentó el valor de la precipitación.

CUADRO 3. Estadísticas basadas en diferencia para la producción de agua simulada.

Índice	Valor
Eficiencia de simulación (<i>EF</i>)	-10,76
Índice de concordancia (<i>d</i>)	0,55
Error medio absoluto (<i>MAE</i>)	0,80

Los valores subestimados tienen diverso origen según el valor de la precipitación. Para un valor 0 de precipitación (días sin lluvia) se presentó gran cantidad de valores subestimados (mayores a -1 mm), los cuales se corresponden con los flujos de base y estiaje. Para precipitaciones inferiores a 9 mm, se observó un grupo de diferencias de simulación alrededor de $-0,6$ mm distribuido casi linealmente, correspondiéndose con días lluviosos, con ausencia de escurrimiento directo, real y simulado. Hasta precipitaciones de 17 mm se presentaron algunas diferencias muy cercanas a 0, que se corresponden con las simulaciones de producción de agua cercanas al flujo medido, independientemente de que el balance de flujos (superficial y subterráneo) sea correcto. Finalmente, las diferencias de simulación sobre 17 mm de precipitación tienden al aumento (Cuadro 4).

CUADRO 4. Proporciones de valores de producción de agua sobrestimados y subestimados según la precipitación.

		Precipitación		
		0 mm	0 - 17 mm	Más de 17 mm
Valores de producción de agua:	Subestimados	100%	95%	0%
	Sobrestimados	0%	5%	100%

Consideraciones sobre datos de entrada estimados previamente al uso del modelo.

Debe tenerse presente que debido a la carencia de la totalidad de los datos requeridos por el modelo fue necesario recurrir a la estimación de los mismos. Las incertidumbres o imprecisiones asociadas a estos datos pueden colaborar, en diferente medida, en el funcionamiento del modelo.

Las imprecisiones de los valores generados de temperatura y radiación pudieron haber alterado los valores de evapotranspiración, afectando el balance hídrico y la producción de agua. La versión de SWAT empleada no produce salidas de temperaturas y radiación, impidiendo de esta manera establecer el grado de error en la estimación de estas variables.

Con fines de referencia, al comparar los valores de temperaturas y radiación de los registros existentes (1981 a 1995) de la estación climato-lógica más cercana con los generados por el modelo EPIC, se obtuvieron diferencias entre los promedios mensuales de 1 a 3% para las tempe-raturas y de 0 a 19% en radiación.

Como se mencionó anteriormente, aunque la producción total de agua se simuló adecuadamente, el escurrimiento superficial (flujo en días de lluvia) fue sobrestimado, mientras que el flujo de base (flujo en días sin lluvia) subestimado, por lo tanto, habría que apuntar hacia errores en variables cuyos incrementos se correspondan con aumentos en el escurrimiento superficial y con disminuciones del flujo de base.

El escurrimiento superficial y el flujo de base son poco sensibles a la temperatura, pues al aumentar arbitrariamente hasta un 20% los promedios de temperatura máxima y mínima (con los que el modelo SWAT genera los valores diarios), el escurrimiento superficial disminuye sólo 4% y el flujo de base en 8%. Esta baja sensibilidad, junto a las pequeñas diferencias en los promedios de temperaturas generadas por EPIC con respecto a registros, hace suponer que los posibles errores en la estimación previa de las temperaturas factores afectaron poco la calidad de la simulación.

Tanto el escurrimiento superficial como el flujo de base resultaron moderadamente sensibles a la radiación. Al introducir aumentos en la radiación hasta de 20%, el escurrimiento superficial disminuye en 17% y el flujo de base en 14%. Esta sensibilidad apreciable, y las diferencias en los promedios de radiación registrados y simulados por EPIC, hacen suponer que los posibles errores de estimación previa de la radiación influenciarían en la calidad de la simulación de la producción de agua.

Los errores en la estimación previa de características de suelo (agua aprovechable y conductividad hidráulica saturada), influyen en los errores de simulación del agua producida. Los posibles errores en estas caracte-rísticas parecen estar afectando de manera consistente a los flujos super-ficial y de base. Si los valores de suelo conllevan a mayor retención de humedad (es decir, mayores valores de agua aprovechable y menores de conductividad hidráulica), el escurrimiento superficial tendería a ser sobrestimado, mientras que el flujo de base sería subestimado, tal como ocurrió en este trabajo.

El escurrimiento superficial y el flujo de base resultaron sensibles a la conductividad hidráulica. En el caso de estudio, donde los valores de conductividad hidráulica asumidos para la mayoría de la cuenca fueron de medios a bajos (menores a 4 mm h^{-1}), pareciera ser, según el comportamiento de estos flujos, que la conductividad hidráulica hubiese sido subestimada, con lo que se sobrestimaron las condiciones de retención de agua en el suelo. Al afectarla por un incremento sustancial (200%) el escurrimiento superficial disminuye (14%) y el flujo de base aumenta (15%), es decir, se disminuye la retención de agua en el suelo, mejorando el ajuste de los valores diarios de producción de agua simulados.

En cuanto a los valores de agua aprovechable estimados previamente al uso del modelo, tienen valores entre 0,1 y $0,14 \text{ mm mm h}^{-1}$, pertenecientes a las texturas predominantes en el área (francas y franco-gruesas). Para simular condiciones de menor retención agua, habría que asumir valores más bajos, que no sería esperables en los suelos del área. Por lo tanto, pareciera que los posibles errores de estimación en el agua aprovechable no tengan mayor influencia en la calidad de la simulación de la producción de agua diaria.

CONCLUSIONES

- El modelo SWAT es difícil de validar y calibrar sistemáticamente, debido a la cantidad de procesos que considera, las diversas variables modificadas permiten ajustar una salida final, como la producción de agua, sin que exista una correcta representación de procesos intermedios.
- Los requerimientos de información para el empleo de SWAT pueden ser satisfechos con dificultades sorteables. Siempre será necesario recurrir a funciones de transferencia y criterios de experto, como en los casos de la información de suelo, crecimiento de cultivo y labores de manejo. Debe tenerse presente que las estimaciones de datos de entrada pueden afectar la calidad de las simulaciones, y por lo tanto, es conveniente efectuar análisis de sensibilidad ante ellas para obtener aproximaciones al efecto que causarían errores en su estimación sobre el comportamiento de las salidas de interés.
- La radiación solar afecta sensiblemente a los valores de escurrimiento superficial y flujo de base. Como SWAT no tiene la opción de leer

directamente esta información, siempre los errores en la generación de radiación afectarán la calidad de la simulación diaria de la producción de agua.

- SWAT tendió a sobrestimar los valores de producción de agua en los días de lluvia, es decir, sobrestimó el escurrimiento superficial, mientras que subestimó los flujos de base y estiaje.
- Para ajustar tanto los valores de escurrimiento superficial como los de escurrimiento subsuperficial es necesario realizar modificaciones simultáneas al valor de número de curva y a los parámetros de agua subterránea.
- La conductividad hidráulica afecta sensiblemente al escurrimiento superficial y al flujo de base, por lo que su determinación o estimación debe ser lo más cuidadosa posible.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento a Familia Reyes en Macapo, por el apoyo en campo y al profesor Oscar Rodríguez, por sus orientaciones.

SUMMARY

A water yield simulation from SWAT model was evaluated in a sloped small watershed in Venezuela. Simulated daily values were compared with measured values obtained from a gauge channel by the use of difference and regression based indices. Results indicated that SWAT overestimated the daily surface runoff values and underestimated the base flow values. In spite of that, total water yield for the whole experiment period was simulated accurately; it is therefore suggested that simultaneous fine-tunes of curve number values and underground water parameters should be done. It was concluded that a) transfer of SWAT calibration and validation may be difficult, because of the great amount of values that can be modified, and, consequently, it is convenient to have available sufficient information that allows proper adjustment of particular simulations and b) similarities in the cumulative simulated

and measured values do not imply a proper model performance related with short or partial lapses, because error balances can occur for inconsistent value trends.

Key Words: Watershed; hydrologic simulation; runoff; water yield.

BIBLIOGRAFÍA

ARNOLD, J. G., J. R. WILLIAMS, R. SRINIVASAN and K. KING. 1999. Soil and Water Assessment Tool. USDA-ARS and the Texas A&M University Agricultural Experimental Station, Temple, Texas. 98 p.

ARTEAGA, C. y L. MANTOVANI. 1999. Evaluación de tierras en sistemas agrícolas de subsistencia en áreas montañosas. Caso Macapo, estado Cojedes. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 194 p.

COMERMA, J., L. GUENNI y G. MEDINA. 1987. Validación del balance hídrico del modelo CERES-Maíz en la zona de Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 35(4-6):115-132.

DONATELLI, M. and M. ACUTIS. 2001. SOILPAR: Soil Parameter Estimate. V 2.0 alpha. Software. ISCI. Bologna, Italy. <http://www.isci.it/tools>.

FILA, G., G. BELLOCHI, M. ACUTIS and M. DONATELLI. 2001. IRENE: Integrated Resources for Evaluating Numerical Estimates. ISCI, Bologna, Italy. <http://www.isci.it/tools>.

GARCÍA, V. 1999. Evaluación de diferentes estrategias de plantación para el cultivo de yuca en dos zonas del estado Cojedes mediante el uso de un modelo de simulación. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 123 p.

GREENWOOD, D. J., J. J. NEETESON and A. DRAYCOTT. 1985. Response of potatoes to N fertilizer: dynamic model. *Plant Soil*. 85:185-203.

NEGAHBAN, B. 1991. Estimating models parameters and validation. Lab Report 1. AGE5646. 2-25-91. Mimeo. 7 p.

SILVA, O. 1995. Validación del modelo de simulación hidrológica SWRRB en una cuenca pequeña, de altas pendientes y lluvia estacional. Caso Macapo, estado Cojedes. Trabajo de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. Postgrado en Ciencia del Suelo. 106 p.

SILVA, O. 1996. Validación del modelo SWRRB en una quebrada de altas pendientes; II: componente de producción de agua. Rev. Fac. Agronomía Maracay. 22:99-112.

TIM, U. S. 1996. Emerging technologies for hydrologic and water quality modeling research. Transactions of ASAE. 39(2):465-476.

TSUJI, G. Y., G. UEHARA and S. BALAS. 1994. DSSAT version 3. Volume 1. International Benchmark Sites for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 164 p.

USDA-ARS-BRC. 1997. EPIC. Software. <http://www.brc.tamus.edu/epic>.

USDA-ARS-BRC. 2001. SWAT: Soil and Water Assessment Tool. Windows Interface. Software. <http://www.brc.tamus.edu/swat/swat992.html>.

USDA-ARS-BRC. 2002. SWAT: Soil and Water Assessment Tool. <http://www.brc.tamus.edu/swat/>

WILLMOTT, C. J. and D. E. WICKS. 1980. An empirical method for the spatial interpolation of monthly precipitation within California. Phys. Geogr. 1:59-73.

WILLMOTT, C. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin American Meteorological Society. 63(11):1309-1313.

EL TIEMPO DE INTERFERENCIA DEL ARROZ ROJO SOBRE EL RENDIMIENTO DE LAS VARIEDADES CIMARRÓN Y FONAIAP¹

Aída Ortiz Domínguez*, Don Torrealba** y Stefania Fazio***

RESUMEN

El arroz rojo (AR) es una maleza importante en el arrozal venezolano y su control incrementa los costos de producción debido a que es difícil de combatir con los herbicidas gramínicidas utilizados en el cultivo del arroz, *Oryza sativa* L. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la duración de la interferencia del AR marrón arestado sobre el rendimiento, y sus componentes, de las variedades de arroz Cimarrón y FONAIAP 1. Se establecieron dos ensayos en la época de sequía en los años 2000 y 2001 en el municipio Anzoátegui, estado Cojedes, Venezuela. El diseño experimental fue de bloques al azar con un arreglo de parcela divididas con 3 repeticiones, donde la parcela principal fueron las variedades y la secundaria la duración de la interferencia (0, 15, 30, 45, 60 y 130 días después de la emergencia. Se sembraron 130 plantas m⁻² de las variedades y 77 plantas m⁻² de AR. Las variables evaluadas fueron: rendimiento y sus componentes (número de panículas m⁻², NPm⁻², granos panículas⁻¹, NGP⁻¹, porcentaje de fertilidad y peso de 1 000 granos). Se realizó un análisis de varianza y se aplicó la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5%. Los resultados mostraron que el AR ocasionó; en el caso de Cimarrón, reducciones en el rendimiento de 31 y 27%; en el NPm⁻² de 37 y 26% y en el NGP⁻¹ de 22 y 47%; en FONAIAP 1, de 27 y 36%; 39 y 55; 51 y 26%, durante los años 2000 y 2001, respectivamente. El rendimiento relativo total para las variedades estuvo por el orden de 0,36 y 0,41 en Cimarrón y 0,46 y 0,37 en FONAIAP 1, en el 2000 y 2001, respectivamente, lo cual indica que se estableció una relación antagónica entre las variedades y el AR.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; arroz rojo; variedades de arroz; duración de interferencia.

1 Trabajo financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela y Fundacite Aragua (UCV - FUNDACITE - Aragua).

* Profesora Agregada. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve

** Ingeniero Agrónomo. Ejercicio privado. Caracas. E-mail: donftr@hotmail.com

*** Ingeniero Agrónomo. Ejercicio privado. Italia. E-mail: donftr@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El arroz rojo (AR) es una maleza de importancia económica en la mayoría de los arrozales del mundo, su manejo incrementa sustancialmente los costos de producción debido al uso de herbicidas y prácticas culturales que no son usuales en el control de las otras especies poaceae que interfieren con el arroz, *Oryza sativa* L. La dificultad de controlar eficazmente el AR se debe principalmente a que está emparentado con los cultivares de arroz y esta similitud genética le proporciona los mismos mecanismos de degradación de herbicidas que posee el cultivo.

La interferencia de malezas con el cultivo puede definirse como las distintas interacciones negativas que surgen entre las plantas, tales como competencia (alelospolía) y alelopatía o parasitismo (Fischer y Ramírez, 1993). La competencia entre el cultivo y las malezas en interacción se establece por la toma de luz, agua, nutrimentos, espacio y CO₂ disponible en un lugar determinado; así mismo, existen diferencias varietales entre las especies que las hacen más competitiva que otras (Doll, 1986).

El arroz es muy afectado por la competencia por luz con las malezas que tienen mayor altura de planta, área foliar, número de macollos y hojas intermedias u horizontales (Fischer, 1997). La sombra en un arrozal es particularmente nociva en dos etapas del cultivo, estas son: 1) durante el establecimiento de las plántulas y 2) en el período comprendido entre los 10 días antes y 20 días después de la floración. Después de la floración, el arroz fotosintetiza la mayor parte de los carbohidratos del grano; si el sombreado que producen las malezas afecta el tercio superior del follaje de las plantas de arroz durante esta etapa crítica, se esperaría una reducción drástica del rendimiento (Kwon *et al.*, 1991).

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la duración de la interferencia del AR marrón aristado sobre el rendimiento y sus componentes en las variedades Cimarrón y FONAIAP 1, durante dos años de evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la finca "Tierra Rica" ubicada en el municipio Anzoátegui, sector Santa Teresa, carretera vía Mata Oscura, estado Cojedes, siguiendo las prácticas agronómicas para las siembras comerciales y la fertilización sobre la base del análisis de suelo y las formulaciones recomendadas para el cultivo (120N-90P₂O₅-90K₂O).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, donde la parcela principal correspondió a las variedades (Cimarrón y FONAIAP 1) y las parcelas secundarias a la duración de la interferencia: 0, 15, 30, 45, 60 y 130 días después de la emergencia (DDE).

El área de cada parcela o unidad experimental fue de 3,3 m² (Kwon *et al.*, 1991). El AR utilizado fue el glumas de color marrón aristado (Cojedes 2), cosechado en la misma finca donde se realizó el ensayo.

Cada tratamiento se sembró a chorro corrido con una densidad de 12 g m⁻² en las variedades y 6 g m⁻² en el AR, separados a una distancia entre hilera de 0,18 m; esta relación originó una densidad de 130 plantas variedad m⁻² y 77 plantas de AR m⁻² de. Entre las hileras de la variedad se sembraron 6 hilos del AR con excepción del testigo (T1). Se sacaron manualmente los hilos de AR (parte aérea y raíces) según la duración de interferencia de los tratamientos establecidos.

El control de las otras malezas presentes en el cultivo, diferentes al AR, fue realizado con los mismos herbicidas que usó el productor en la finca, estos fueron: propanil [N-(3',4'-dichlorophenyl) propanamide], 2,4 D [(2,4-dihlorophenoxy) ácido acético] y pyrasulfuron [5-[[[(4,6-dimethoxy-2-pyrimidinyl)amino]carbonyl]amino]sulfonyl]-1-methyl-1H-pyrazole-4-carboxylic acid] a razón de 2280 g i.a. ha⁻¹, 192 g i.a. ha⁻¹ y 25 g i.a. ha⁻¹, respectivamente. Los escapes de malezas al control químico se realizó manualmente.

Los ensayos se regaron artificialmente con agua de pozo profundo, manteniéndose una lámina constante en el cultivo desde el estadio fisiológico de máximo macollamiento hasta granos pastoso.

El control de *Spodoptera frugiperda* y *Bipolaris oryzae* se realizó con Lambdacihalotrina (Carboxilato de alfa-ciano-3-fenoxibencil-3-(2-cloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enil)-2,2-dimetilciclopropano) y Edifenfos (O-ethyl S,S-diphenyl ester), a razón de 1,41 g i.a ha⁻¹ y 750 g i.a. ha⁻¹, respectivamente.

La precipitación y temperatura promedio anual de la zona es de 1 340 ± 23,5 mm y 28,2 ± 8,8 °C en el ciclo del cultivo la precipitación total caída fue de aproximadamente 161 mm, información registrada por la Estación San Carlos-Unellez, estado Cojedes, Ministerio del

Ambiente y Recursos Naturales, ubicada en una latitud 094151, longitud 683 343 y altitud de 245 m.s.n.m. La temperatura media de la zona anual es de $28,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8,1$; la temperatura máxima promedio es de $33,2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8,6$ y la mínima $21,4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 7,7$.

VARIABLES DETERMINADAS

- Rendimiento del arroz paddy ajustado al 12% de contenido de humedad; para ello se cosecharon $2,5\text{ m}^2$ de cada parcela; desgranando las panículas y posteriormente determinando su peso.
- Número de panículas por metro cuadrado (NPM^{-2}) presentes en los $2,5\text{ m}^2$ cosechados, para determinar rendimiento paddy.
- Número de granos llenos por panículas (NGP^{-1}) en cada tratamiento, contando el NGP^{-1} en una muestra de 30 panículas seleccionadas aleatoriamente en cada tratamiento.
- Porcentaje de esterilidad, determinando los granos llenos y vanos en una muestra de 30 panículas por tratamiento y relacionando los granos vanos entre la suma de los llenos más los vanos.
- Peso de 1 000 de grano ($P_{1000}\text{G}$) con un contador electrónico, de 4 muestras de cada tratamiento, expresándolo en gramos.

Rendimiento relativo total (RRT), determinado con la fórmula siguiente (Radosevich *et al.*, 1996):

$$\text{RRT} = \frac{\text{Variedad en competencia} + \text{Arroz rojo en competencia}}{\text{Variedad sola} + \text{Arroz rojo sólo}}$$

Se realizó un análisis de varianza adecuado para bloques al azar con un arreglo en parcela dividida y a los datos de las variables estudiadas que cumplieron con los supuestos estadísticos se les aplicó la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5%. El efecto de la duración de la interferencia del AR sobre las variedades, en los dos años, se analizó por separado debido a que sus varianzas no fueron homogéneas cuando se estudiaron conjuntamente. Se realizó un análisis de regresión entre rendimiento, NPM^{-2} y NGP^{-1} contra la duración de la interferencia de las variedades en los dos años evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis estadístico utilizado, en el año 2000, la parcela principal (variedad) mostró significación estadística en todas las variables evaluadas con excepción de NGP^{-1} . La duración de la interferencia (parcela secundaria) en este mismo año no mostró diferencias para porcentaje de esterilidad y $P_{1000}G$. La interacción entre variedades y duración de la interferencia en el primer año de evaluación no fue significativa para las variables estudiadas (Cuadro 1).

En el año 2001, para variedades, se encontró significación estadística para las variables NGP^{-1} , $P_{1000}G$ y NPM^{-2} . La parcela secundaria (duración de la interferencia) no mostró diferencias significativas para la variable esterilidad en este año. La interacción variedad por duración de la interferencia fue significativa para rendimiento en este año (Cuadro 2).

En el Cuadros 1 se observa un efecto diferencial de las variedades de arroz bajo la interferencia del AR; Cimarrón presentó mayor rendimiento de arroz paddy que FONAIAP 1 en el año 2000, mientras que en el año 2001 hubo una interacción significativa entre variedades e interferencia, (Cuadro 2), Cimarrón sufrió menor reducción del rendimiento que FONAIAP 1 después de los 45 d de interferencia con AR.

En el primer año de evaluación (Cuadro 1) la duración de la interferencia (parcela secundaria) mostró menor rendimiento después de los 60 d de interferencia, alcanzando un máximo detrimento a los 130 DDE, mientras que en el año 2001 se observó una interacción entre variedades e interferencia explicada en el párrafo anterior.

En cuanto al NPM^{-2} , hubo diferencias entre variedades y duración de la interferencia (Cuadros 1 y 3). El NPM^{-2} fue mayor en Cimarrón que en FONAIAP 1 en ambos años. Semejante al caso del rendimiento, el NPM^{-2} mostró en el primer año de evaluación una disminución a partir de los 60 DDE, mientras que en el segundo año la disminución ocurrió a partir de los 45 DDE y en el máximo período de interferencia se redujo drásticamente este atributo.

El NGP^{-1} en el año 2000 no presentó diferencias estadísticas entre variedades, pero, sí en los períodos de interferencia; sin embargo, en el año 2001 sí se observaron diferencias para variedad, FONAIAP 1 mostró

CUADRO 1. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes para las variedades Cimarrón y FONAIAP 1, en el año 2000.

Variedades	Rendimiento kg ha ⁻¹	Nº de panícula m ⁻²	Nº de granos panícula ⁻¹	Porcentaje de esterilidad	Peso de 1 000 granos (g)
Cimarrón	5 078,8 a	267,81 a	104,40	3,71 b	26,28 b
FONAIAP 1	4 129,7 b	175,39 b	109,19	10,99 a	29,44 a
F (variedad)	0,0016**	0,0001**	0,34 N.S.	0,0001**	0,0001**
Duración interferencia					
0 DDE (testigo)	4 755,4 ab	236,48 ab	105,87 a	9,51 a	27,95
15 DDE	5 211,5 ab	244,78 ab	119,13 a	8,65 ab	27,70
30 DDE	5 741,6 a	266,95 a	101,1 ab	6,31 c	27,88
45 DDE	5 020,9 ab	226,95 ab	110,28 a	8,38 b	27,86
60 DDE	4 446,5 b	202,65 bc	119,83 a	4,13 d	27,77
130 DDE	2 449,8 c	152,43 c	84,53 b	7,13 c	28,00
F (duración)	0,0001**	0,0026**	0,0051**	0,78 N.S.	0,99 N.S.
F (V x D)	0,86 N.S.	0,50 N.S.	0,50 N.S.	0,99 N.S.	0,24 N.S.
CV (%)	13,43	12,54	13,85	9,99	3,30

DDE: días después de la emergencia. V: variedad, D: duración de la interferencia. CV: Coeficiente de variación. Promedio en columnas seguidos de letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

mayor NGP^{-1} que Cimarrón; también hubo diferencias entre la duración de la competencia. En ambos años el tratamiento de máxima interferencia (130 DDE) tuvo mayor reducción del NGP^{-1} que a los 0, 15, 45 y 60 DDE.

El porcentaje de esterilidad mostró diferencias en el año 2000, tanto en las variedades como en los periodos de interferencia, resultando FONAIAP 1 con más esterilidad de las panículas y el testigo presentó mayor esterilidad que los tratamientos bajo interferencia con AR; sin embargo, este valor se considera dentro del rango normal para las variedades de arroz (<10%). En el año 2001 no se observaron diferencias estadísticas entre el porcentaje de esterilidad de variedades ni en la duración de la interferencia.

El $P_{1,000}G$ fue mayor en la FONAIAP 1 en los dos años de evaluación, mientras que en la duración de interferencia sólo se observaron diferencias en el año 2001, donde el tratamiento de máxima interferencia (130 DDE) mostró menor peso en los granos que a los 0, 15, 30, 45 y 60 DDE.

CUADRO 2. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1 en el año 2001.

Duración de la interferencia	Cimarrón		FONAIAP 1	
	Rendimiento $kg\ ha^{-1}$	Desviación estándar	Rendimiento $kg\ ha^{-1}$	Desviación estándar
0 DDE (Testigo)	6 430,14	845,45	7 207,98	735,74
15 DDE	6 787,73	500,99	7 787,22	700,76
30 DDE	6 010,67	567,53	5 794,91	294,04
45 DDE	5 732,32	1 234,06	5 407,93	963,34
60 DDE	5 800,63	361,93	4 137,81	1 371,61
130 DDE	3 407,53	1 177,17	2 548,42	671,05
F (V x D)	0,06*			
CV (%)	13,43			

DDE: días después de la emergencia

CUADRO 3. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo sobre los componentes de rendimiento de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1, en el año 2001.

Variedades	Nº de panículas m ⁻²	Nº de granos panícula ⁻¹	Porcentaje de esterilidad	Peso de 1 000 granos (g)
Cimarrón	459,56 a	71,14 b	12,71	26,84 b
FONAIAP 1	369,71 b	81,29 a	13,61	28,63 a
F (variedad)	0,07*	0,0045**	0,94 N.S.	0,0036**
Duración de la interferencia				
0 DDE (Testigo)	482,06 a	78,63 a	9,30	28,44 ab
15 DDE	509,06 a	81,19 a	10,09	27,16 bc
30 DDE	462,48 a	81,02 a	8,93	27,91 ab
45 DDE	410,70 ab	79,63 a	11,50	29,38 a
60 DDE	336,08 c	78,58 a	7,37	28,56 ab
130 DDE	279,28 c	59,64 b	31,62	25,39 c
F(duración)	0,012*	0,0041**	0,29 N.S.	0,0098**
F (V x D)	0,23 N.S.	0,88 N.S.	0,52 N.S.	0,98 N.S.
C.V. (%)	21,65	11,99	146,99	5,76

DDE: días después de la emergencia. V: variedad. D: duración de la interferencia. CV: Coeficiente de variación. Promedio en columnas seguidos de letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

Rendimiento Paddy

La Figura 1 muestra la curva de regresión entre el rendimiento de las variedades de arroz evaluadas y la duración de la interferencia con AR. La reducción del rendimiento en las variedades por efecto de 130 d interferencia fue para el caso de Cimarrón, de 5 523,00 a 2 701,11 en el 2000 6 430,00 a 3 407,50 kg ha⁻¹ en el 2001, que corresponden a detrimientos de 51 y 47%, respectivamente. La disminución de la productividad en FONAIAP 1 fue de 4 849 a 2 198,50 en el 2000 y de 7 208,40 a 2 548,30 kg ha⁻¹ en el 2001, concernientes a mermas de 55 y 65%, respectivamente.

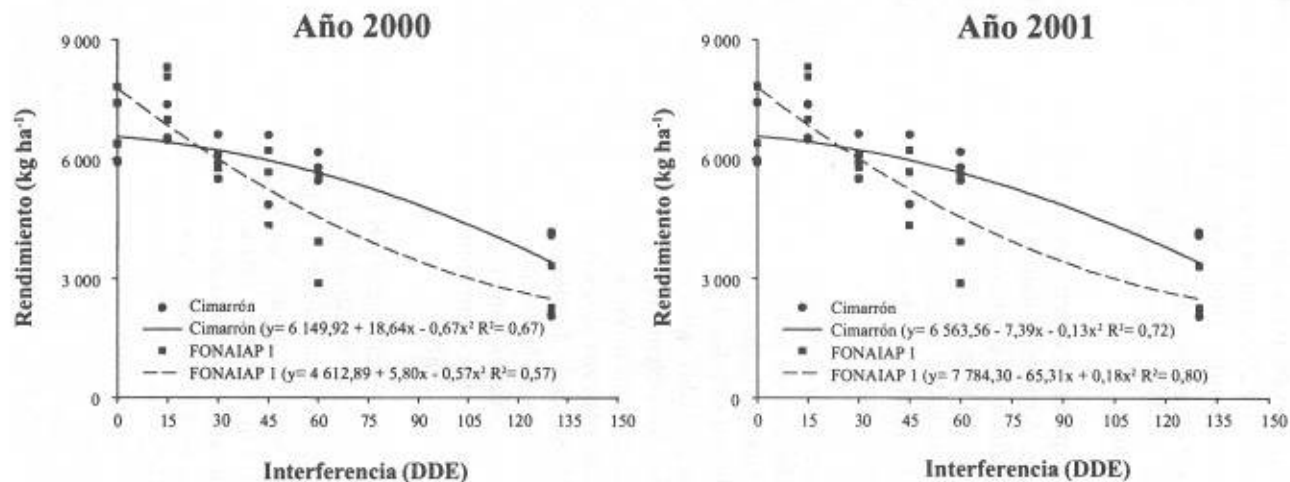


FIGURA 1. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo sobre el rendimiento de las variedades de arroz Cimarrón y FONAIAP 1, años 2000 y 2001.

Otras malezas han ocasionado reducciones del rendimiento del arroz en el orden del 49, 40, 19, 9 y 3% cuando estuvieron bajo interferencia de *Echinochloa crusgalli* (Smith, 1968; Smith 1974); *Sesbania exaltata* (Smith, 1968), *Aeschenomene virginica* (Smith, 1968); *Leptochloa fascicularis* (Smith, 1983) y *Urochloa platyphylla* (McGregor *et al.*, 1988), respectivamente.

Smith (1988), al comparar el efecto de las malezas gramíneas, señala que el AR es de mayor reducción más el rendimiento, seguida en orden descendente por *Echinochloa crusgalli*, *Leptochloa fascicularis* y *Aschenomene virginica*. Kwon *et al.* (1991) refieren que la interferencia de 120 del AR, a una densidad de 20 pl m⁻², redujo el rendimiento en las variedades de arroz Lemont y Newbonnet en 78 y 51%, respectivamente, en condiciones de Arkansas, EE.UU.

La interacción variedad por duración de la interferencia sólo fue significativa en el segundo año de evaluación. El rendimiento decreció de manera cuadrática cuando la duración de la interferencia aumentó. La interferencia del AR antes de los 45 d no disminuyó estadísticamente el rendimiento de las variedades, sino, después de esta fecha. Este comportamiento fue similar a los obtenidos por otros autores en especies como *Commelina diffusa*, *Eclipta alba*, *Sesbania exaltata* y *Aeschenomene virginica*, ya que estas malezas al igual que el AR no sombrean al arroz antes de la mitad de su ciclo fenológico (Smith, 1974; Smith, 1983; Smith, 1988). Sin embargo, *Echinochloa crusgalli*, *Urochloa platyphylla*, *Heteranthera limosa* interfieren con el arroz durante las etapas tempranas del crecimiento del cultivo por competencia por nutrientes (McGregor *et al.*, 1988; Smith, 1974; 1988).

La ecuación de regresión indicó que el AR redujo más el rendimiento de FONAIAP 1 que de Cimarrón durante la mitad del ciclo de cultivo, observándose una pendiente de la curva mayor en la primera que en la segunda variedad. El AR fue más alto que el arroz cultivado después de los 60 DDE (datos no incluidos en este trabajo), por lo cual produjo un sombreado que pudo afectar el período crítico de llenado de granos del arroz, especialmente en FONAIAP 1, variedad más baja que Cimarrón. Al respecto, Yoshida y Parao (1976) consideran que la alta radiación solar durante el período de reproductivo y maduración es esencial para producir rendimientos elevados en arroz. El período reproductivo (diferenciación de la panícula) del arroz por lo general comienza a los 50 y 60 DDE en FONAIAP 1 y Cimarrón, respectivamente.

La relación cuadrática revela que la competencia temprana del AR fue menos perjudicial para el rendimiento del arroz que después de la diferenciación de la panícula. Una ecuación cuadrática para ambos cultivares fue suficiente para describir los datos desde los 0 a 130 DDE, con una densidad de 77 plantas AR m⁻²: reducción del rendimiento en grano de Cimarrón, $Y = 5421,45 + 18,64X - 0,31 X^2$ R²=0,67 e $Y = 6563,56 - 7,39X - 0,13 X^2$ R²=0,72, años 2000 y 2001, respectivamente y de FONAIAP 1, $Y = 4612,89 + 5,80X - 0,19 X^2$ R²=0,57 e $Y = 7784,30 - 65,31X + 0,18 X^2$ R²=0,80, años 2000 y 2001, respectivamente.

Componentes del Rendimiento

A medida que aumentó la duración de la interferencia del AR disminuyeron los componentes del rendimiento NPM⁻² y NGP⁻¹ en Cimarrón y FONAIAP 1. La interacción variedad por duración de la interferencia no fue significativa para los componentes de rendimiento evaluados en este estudio.

El NPM⁻² disminuyó de manera cuadrática con el incremento de la duración de la interferencia (Figura 2) en el primer año de evaluación para Cimarrón y en el segundo para FONAIAP 1, siendo la reducción mayor para esta última. La máxima interferencia del AR (130 DDE) redujo el NPM⁻² de Cimarrón en 37 y 26% en los años 2000 y 2001, respectivamente y en FONAIAP 1 en 39 y 55%, en el 2000 y 2001, respectivamente.

En condiciones de Arkansas, EE.UU., se encontró que el AR causó una disminución del NPM⁻² de los cultivares Lemont y Newbonnet en 48 y 27%, respectivamente, cuando se encontraba interfiriendo en todo el ciclo de cultivo (Kwon *et al.*, 1991).

El número de granos se redujo de manera cuadrática para ambos cultivares sólo en el año 2001 (Figuras 3). Cimarrón mostró más número de granos llenos que FONAIAP 1 en todos los periodos de interferencia, con excepción de 0 y 15 DDE en el año 2001. En el periodo de máxima interferencia (130 DDE) el NGP⁻¹ disminuyó en 22 y 47% en Cimarrón en los años 2000 y 2001, respectivamente, y 51 y 26% en FONAIAP 1 en los años 2000 y 2001, respectivamente.

Kwon *et al.* (1991) encontraron que las flores llenas panícula⁻¹ de las variedades Lemont y Newbonnet se redujeron en 56 y 35%, respectivamente, cuando el AR estuvo presente durante todo el ciclo de cultivo.

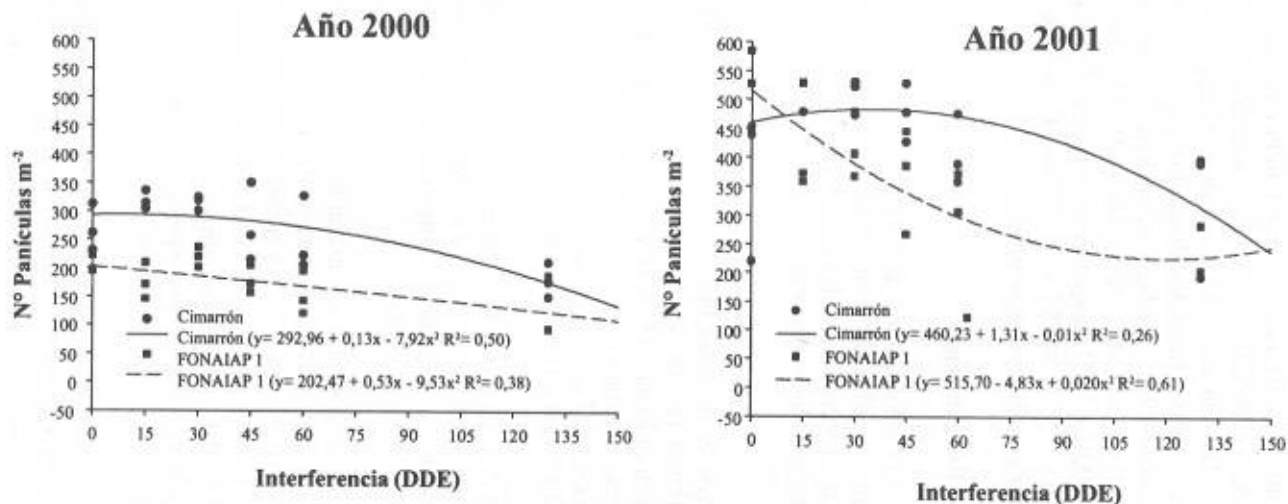


FIGURA 2. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo sobre el número de panículas m⁻² de las variedades de arroz Cimarrón y FONAIAP 1, años 2000 y 2001.

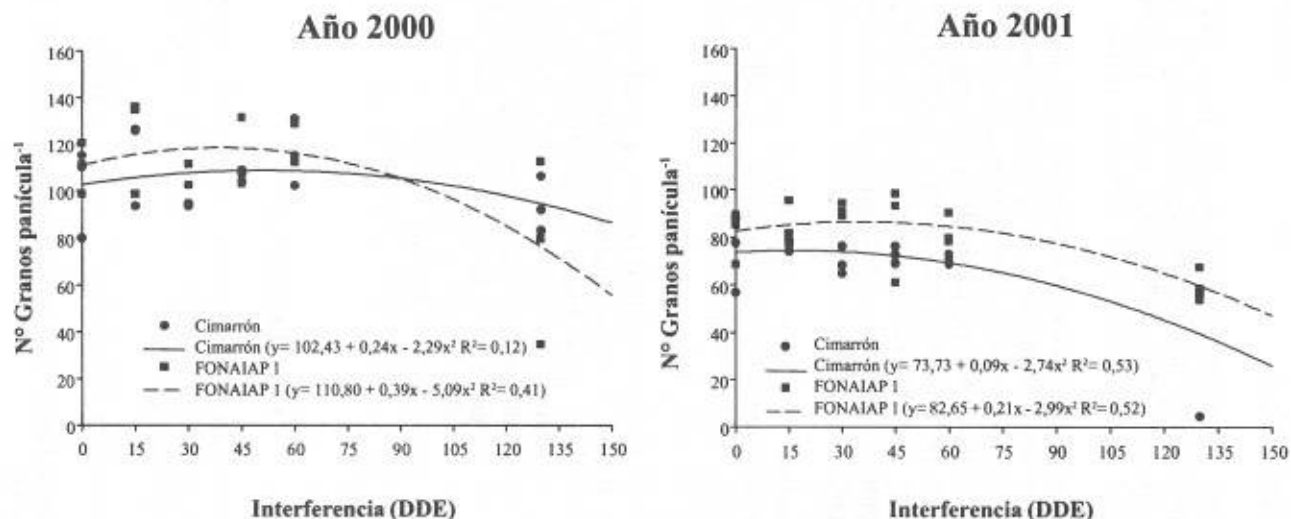


FIGURA 3. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo sobre el número de granos panículas m^{-2} de las variedades de arroz Cimarrón y FONAIAP 1, años 2000 y 2001.

Rendimiento Relativo Total

El rendimiento relativo total de las variedades fue menor a la unidad lo que indica que hubo una relación antagónica entre el AR y los cultivares: 0,36 y 0,41 para Cimarrón, en el 2000 y 2001, respectivamente; 0,46 y 0,37 para FONAIAP 1, en el 2000 y 2001, respectivamente.

Estos resultados muestran que la época más crítica de la interferencia de la maleza AR con el arroz es después de la etapa de iniciación de la panícula, es decir, el daño que causa es mayor en la fase reproductiva y de maduración del cultivo, por lo que pudiera pensarse que existe la oportunidad de controlarla antes de esta etapa; sin embargo, ello no es posible después de la siembra de las variedades (postemergencia) ya que tiene los mismos mecanismos de detoxificación de herbicidas que el cultivo, así que por ello el combate se debe realizar antes de la siembra.

La excepción es cuando se utilizan variedades de arroz transgénicas o mutagénicas que son resistentes a herbicidas no selectivos como glufosinato de amonio y glifosato para el primer caso, e imidazolinonas (imazapic) para el segundo.

En Venezuela se combinan estrategias de control para el control de AR, tales como uso del batido del suelo, quemas químicas con glifosato y aplicaciones de herbicidas preemergentes en lámina de agua como oxadiargyl, pretilacloro, butacloro y oxadiazón (Toro, 2003), todas aplicadas antes de la siembra de los cultivares. Así mismo, se ha probado el uso de hidracida maleica en la etapa de grano maduro en el caso de la variedad precoz FONAIAP 1, cuando la maleza AR se encontraba en estadios fisiológicos de floración o granos pastosos suaves, con esto se logró reducir la viabilidad de la semilla de AR en el banco de semilla del suelo (Ortiz y Páez, 2001).

CONCLUSIONES

- La duración del período de interferencia de más de 45 d del AR redujo drásticamente los rendimientos y los componentes $N\text{Pm}^{-2}$ y NGP^{-1} de las Cimarrón y FONAIAP 1.
- Cimarrón fue más competitiva con el AR que FONAIAP 1.
- Se estableció un relación antagónica entre las variedades de arroz y la población de AR.

- El control del AR debería realizarse antes de los 45 d del ciclo de las variedades de arroz, sin embargo, no existen herbicidas selectivos para éstas, por lo cual, el manejo podría efectuarse antes de la siembra.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al productor Luis Badiali por permitir que en su finca Tierra Rica se realizará esta investigación.

SUMMARY

Red rice (RR), an important weed in Venezuelan rice farms, increases production costs because its presence is difficult to control with grass herbicides used in rice production. The objective of this research was to determine the effect of the duration of interference of brown awn red rice on yield and yield components of Cimarrón and FONAIAP 1 varieties. Two trials were established during the dry seasons of years 2000 and 2001 in Municipio Anzoátegui, Cojedes State, Venezuela. Experimental design was a random block with a split plot arrangement and 3 repetitions, where main plots were cultivars and sub plots duration of interference (0, 15, 30, 45, 60 y 130 days after emergence, dae). Cultivars were sowed at 130 plants m^{-2} and RR at 77 plants m^{-2} . Variables evaluated were: yield and its components (number of panicles m^{-2} , grains per panicle, % sterility and weight of 1 000 grains). A variance analysis and Duncan's Multiple Range Test for 5% were performed. Results showed an overall negative effect of RR on yield and yield components. For Cimarrón, reductions in yield of 31 and 27 % were observed; in number panicle m^{-2} of 37 and 26%; and in number grains per panicle of 22 and 47%; for FONAIAP 1 of 27 and 36%; of 39 and 55; and of 51 and 26% respectively, during years 2000 and 2001. The total relative yield (TRY) of varieties was in the order of 0,36 and 0,41 for Cimarrón and 0,46 and 0,37 for FONAIAP 1, corresponding to years 2000 and 2001, respectively, indicating the establishment of an antagonistic relationship between cultivars and red rice.

Keys Words: *Oryza sativa* L.; red rice; rice cultivars; durations of interference.

BIBLIOGRAFÍA

DOLL, J. 1986. Manejo y control de malezas en el trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 114 p.

FISCHER, A. 1997. Manejo integrado de malezas del arroz. **In:** MIP en Arroz. Caracas Fundación Polar, FEDEARROZ, CIAT. p. 31-49.

FISCHER, A. and A. RAMÍREZ. 1993. Red rice (*Oryza sativa* L.): Competition studies for management decisions. *Int. J. Pest Manage.* 39:133-138.

KWON, S., R. SMITH Jr. and R. TALBERT. 1991. Interference durations of red rice (*Oryza sativa*) in rice (*O. sativa*). *Weed Sc.* 39:363-368.

McGREGOR Jr., J., R. SMITH Jr. and R. TALBERT. 1988. Interspecific and intraspecific interference of broadleaf signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) in rice (*Oryza sativa*). *Weed Sci.* 36:589-593.

ORTIZ, A. y G. PÁEZ. 2001. Efectos de la hidracida maleica en la germinación del arroz rojo y componentes del rendimiento de la variedad FONAIAP I. *Agronomía Trop.* 51(1):133-146.

RADOSEVICH, S., R. HOLT and C. GHERSA. 1996. *Weed ecology, implications for management.* Second edition. New York, John and Sons 589 p.

SMITH Jr., R. 1968. Weed competition in rice. *Weed Sci.* 16:252-255.

SMITH Jr., R. 1974. Competition of barnyardgrass with rice cultivars. *Weed Sci.* 22:423-426.

SMITH Jr., R. 1983. Competition of bearded sprangletop (*Leptochloa fascicularis*) with rice (*O. sativa*). *Weed Sci.* 22:423-426.

SMITH Jr., R. 1988. Weed threshold in Southern U.S. rice, *Oryza sativa*. *Weed Technol.* 2:232-241.

TORO, L. 2003. Efecto de algunos herbicidas sobre el arroz rojo. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. 51 p.

YOSHIDA, S. and F. PARAO. 1976. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. **In:** IRRI. *Climate and rice.* Los Baños, Philippines. 471-497 p.

INFLUENCIA DEL FENÓMENO ENOS (EL NIÑO Y LA NIÑA) EN LA DISPONIBILIDAD DE GRADOS-DÍA

Beatriz I. Lozada García*, Angélica Praela**
y Paulo C. Sentelhas***

RESUMEN

Se evaluó la influencia del fenómeno ENOS (El Niño y La Niña) sobre la disponibilidad de calor, en 8 localidades, ubicadas en la región centro-occidental de Venezuela, utilizando concepto de grados-día (GD). Los cambios de la temperatura, representados por las variaciones en los GD, afectarían directamente el ciclo fenológico de los cultivos, generando un incremento o reducción en función de desvíos positivos o negativos, respectivamente. Los GD estimados fueron agrupados según el evento predominante en GD de desarrollo (GDD) GDD-El Niño, GDD-La Niña y GDD-Neutro, conformando grupos independientes. El estudio comparativo de las medias de los GD para cada situación se efectuó mediante la prueba t de "Student". Durante los eventos El Niño, los GD aumentan en la mayoría de las localidades en estudio, con excepción de Sanare en donde principalmente se produce una reducción; en el caso de La Niña, el efecto es contrario, se presenta una disminución de GD, y para el caso de Bramón resulta altamente significativa durante 11 meses del año.

Palabras Clave: Temperatura; ciclo fenológico; climatología; grados-día.

* Investigador. INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira. Carretera vía Delicias, Bramón. Venezuela. Actualmente haciendo el doctorado en ESALQ-USP. E-mail: beatrizloz@hotmail.com / bilgarci@eslaq.usp.br

** Investigador. ESALQ-USP. Física do Ambiente Agrícola. Departamento de Ciência Exatas. Av. Pádua Díaz, 11. Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: aprela@esalq.usp.br

*** Profesor. ESALQ-USP. Setor de Agrometeorologia. Departamento de Ciência Exatas. Av. Pádua Díaz, 11. Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: pcsentel@esalq.usp.br

RECIBIDO: marzo 16, 2003.

INTRODUCCIÓN

Las plantas requieren de la acumulación de cierta suma de calor para completar cada período fenológico comúnmente conocida como grados-día (GD). Este concepto se basa en la relación existente entre la tasa de desarrollo de la planta y la temperatura del ambiente, asumiendo la existencia de una temperatura base bajo la cual la planta no se desarrolla. (Pereira *et al.*, 2002).

Se considera que la relación existente entre la temperatura y la tasa de desarrollo relativo de la planta es lineal, siempre que no existan otros factores limitantes como déficit hídrico o temperaturas extremas (Lozada *et al.*, 1997). Los GD y la temperatura base son usados para prever la duración del ciclo fenológico de los cultivos, siendo éstos la medida de la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura base de la especie. De lo anterior se desprende que la temperatura es uno de los factores más importantes en el control del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otro lado, es conocido que los fenómenos El Niño y La Niña influyen diferentes elementos del clima, se asume por tanto que la temperatura también estaría siendo afectada. En ese sentido, Alonso *et al.* (2002) señalan que producto de la influencia del fenómeno El Niño se registran temperaturas medias mayores a las normales para las condiciones de Brasil, influenciando los procesos metabólicos durante el ciclo de la planta.

Marín *et al.* (1999) menciona que en un 56% de los años con evento El Niño, las temperaturas anuales media de Piracicaba, Brasil, estuvieron sobre el valor normal. Mello *et al.* (1999), Ferreira *et al.* (2002) y Pinto *et al.* (2002) mencionan que las temperaturas medias mensuales tienden a ser elevadas durante El Niño y bajas durante La Niña, en diferentes regiones de Brasil, en relación con los valores normales.

Cordeiro *et al.* (2002) también indican que las temperaturas medias mensuales tienden a ser elevadas durante los eventos El Niño, en la región de Belém, Brasil. Dettinger *et al.* (1999) señalan que los años en que se presenta El Niño están asociados a temperaturas cálidas en Canadá, oeste de los Estados Unidos, Centro América y la mayor parte tropical de América del Sur; a ambos lados de los Andes, así como Paraguay, Uruguay, Patagonia y sureste de Brasil. Por otro lado al sureste de los Estados Unidos y este de la cuenca Amazónica las temperaturas son frías.

El régimen de temperatura de Venezuela se caracteriza por presentar los valores mínimos o los meses más fríos del año en diciembre y enero, los más cálidos marzo y abril, con la excepción de la zona de los llanos, donde a menudo los meses más fríos son julio a septiembre, producto de las elevadas precipitaciones. Las temperaturas medias varían entre 23 °C y 29 °C, siendo el principal factor modificador de la temperatura la altitud.

En las zonas montañosas del país se presentan gradientes muy fuertes de temperatura, como se observa en el caso de las estaciones El Vigía (130 m.s.n.m.) y Mucubají (3 560 m.s.n.m.), donde las temperaturas del mes más frío varían de 26,3 °C a 5,4 °C, en una distancia horizontal menor de 100 km.

La amplitud térmica anual (diferencia entre el mes más frío y el más cálido) es menor que 5 °C, clasificando el clima del país en isotermo. La amplitud térmica diaria o termoperíodo (diferencia entre las temperaturas máximas y mínima medias) está por el orden de 9 °C a 12 °C, excepto en las zonas costeras, donde disminuye a unos 6 °C (D'Ambrosio, 1999).

Considerando las características del régimen de temperaturas de esta región, las posibles variaciones en los GD producirían efectos directos de disminución o aumento en el ciclo fenológico del cultivo, dependiendo si ésta es positiva o negativa, respectivamente. Estas alteraciones del ciclo estarían finalmente afectando la producción y fecha de cosecha, siendo que en algunas regiones es de importancia para el mejor posicionamiento del producto en el mercado.

Los estudios relativos a las consecuencias climáticas del fenómeno El Niño en Venezuela son relativamente recientes y demuestran que su influencia probablemente depende de la región y otras condiciones ambientales. Así se tiene que en la región sudeste se puede presentar sequía, hacia el occidente se observa un patrón de caudales bajos en los ríos y fechas tardías en la entrada de las lluvias, a diferencia de la región centro-oriental donde a la fecha no se ha observado un patrón definido, existiendo aparentemente una mayor relación con La Niña (Martelo, 1998; CVG, 1998; CONICIT, 1998).

Se puede citar el impacto de El Niño 1997-1998, en el cual se observaron cambios en la precipitación, especialmente en la región sudeste (Cuenca del Caroní) que trajeron como consecuencia un déficit de 40% en el mes de diciembre en el caudal que llega al embalse Guri, y para enero alcanzó un déficit de 55% menos que la medida histórica (CVG, 1998).

Surge entonces la necesidad de dar continuidad a estudios que permitan evidenciar las particularidades nacionales y/o regionales de sus posibles efectos y a su vez comparar con los resultados obtenidos por otros autores en localidades próximas al país.

Este estudio se realizó con el objetivo determinar la posible influencia de los fenómenos El Niño y La Niña sobre la disponibilidad de calor, mediante el concepto de GD, de manera de establecer en próximos trabajos una relación directa con los cultivos predominantes en cada localidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las localidades consideradas en el estudio se encuentran distribuidas en la región centro-occidental de Venezuela, siendo ellas: Bramón, Maracay, Sanare, Mucuchíes, Bancos de San Pedro (BS Pedro), Ocumare de la Costa (O. Costa), Caucagua y Yaritagua (ver Figura). En el estudio se hará referencia a las zonas por el nombre de las estaciones climatológicas consideradas en el análisis (Cuadro 1) las cuales pertenecen al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), presentadas en la Cuadro 1.

Los grados-día de desarrollo (GDD) fueron calculados mediante la siguiente ecuación:

$$GDD = Tm - Tb$$

Donde Tm representa la temperatura media mensual y Tb la temperatura base, para la cual se asumió un valor de 6 °C, como una temperatura base mínima, considerando lo señalado por Mota *et al.* (1981). La información sobre la serie de eventos El Niño y La Niña se obtuvo del Climate Prediction Center de la NOAA (http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_1877-present.html), considerando sólo los eventos moderados y fuertes (Cuadro 2).

El análisis se realizó mediante la metodología utilizada por Lozada (2002) para la precipitación de esta misma región, agrupando en este caso los GD estimados según el evento predominante en GDD-El Niño, GDD-La Niña y GDD-Neutro, conformando grupos independientes. El estudio comparativo de las medias de los GD para cada situación se efectuó mediante la prueba t de "Student".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general, se encontró que en los años El Niño ocasiona un aumento en los GD en los meses de enero, abril y noviembre en 7 de las 8 localidades, en 6 de ellas en los meses de febrero, marzo, mayo, junio, julio y agosto, y para 5 en el mes de septiembre. Este incremento afectaría el ciclo fenológico del cultivo de forma negativa, presentándose la reducción del mismo.

En Sanare a diferencia del resto de las localidades se observó una reducción en 9 meses. En el caso de los eventos La Niña para 6 de las 8 localidades los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre y diciembre presentan desvíos negativos o reducción de los GD, y en 4 a 5 localidades en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y noviembre (ver Figura). En este caso la disminución de los GD produce que se alargue el ciclo fenológico, afectando por tanto las fechas de cosecha de los cultivos.



FIGURA. Ubicación de las estaciones climatológicas consideradas en este estudio.

CUADRO 1. Ubicación de las Estaciones Climatológicas.

Estaciones	Período años	Latitud N	Longitud W	Altitud m.s.n.m.
Bramón	41-93	7°39'	72°24'	1 105
BS Pedro	73-93	8°45'	67°32'	100
CENIAP	59-93	10°17'	67°37'	455
Caucagua	60-93	10°17'	66°22'	60
Mucuchies	72-93	8°46'	70°54'	3 100
O. Costa	64-97	10°28'	67°46'	15
Sanare	65-92	9°44'	69°39'	1 350
Yaritagua	59-93	10°04'	69°17'	375

Estos resultados presentan tendencia semejante a la encontrada para la temperatura y su relación con el ENOS, por diversos autores en distintas localidades de Brasil y los Estados Unidos (Alonso *et al.*, 2002; Marín *et al.*, 1999; Mello *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2002; Pinto *et al.*, 2002; Júnior *et al.*, 2002 y Dettinger *et al.*, 1999). Estas condiciones más cálidas en los eventos El Niño estarían asociadas a las temperaturas más cálidas de la superficie del océano (SSTs) y las condiciones de sequía (Dettinger *et al.*, 1999). En ese sentido Lozada (2002) encontró que para años de eventos El Niño la precipitación de estas localidades disminuye durante el período de diciembre a abril, estando el incremento de los GD asociado a esa situación, como señala Dettinger *et al.* (1999).

En los Cuadros 3 y 4 se presenta el análisis de los GD para los años El Niño y La Niña, respectivamente. Para los eventos El Niño se observa que en la mayoría de las localidades los desvíos son pequeños, entorno de valores menores a 10% y no significativos al 1% y 5%. A excepción de Caucagua que presenta desvíos positivos altamente significativos (1%) en el período de septiembre a diciembre y al 3% en el mes de agosto, Yaritagua con aumentos significativos (5%) en los meses de enero y diciembre y altamente (1%) en julio y CENIAP con aumento significativo al 5% en el mes de julio.

CUADRO 2. Lista de años de eventos El Niño y La Niña moderados y fuertes.

Años	Evento	Intensidad
1939-1941	El Niño	Fuerte
1946-1947	El Niño	Moderado
1949-1951	La Niña	Fuerte
1954-1956	La Niña	Fuerte
1957-1959	El Niño	Fuerte
1964-1965	La Niña	Moderada
1965-1966	El Niño	Moderado
1968-1970	El Niño	Moderado
1970-1971	La Niña	Moderada
1972-1973	El Niño	Fuerte
1973-1976	La Niña	Fuerte
1982-1983	El Niño	Fuerte
1986-1988	El Niño	Moderado
1988-1989	La Niña	Fuerte
1990-1993	El Niño	Fuerte
1994-1995	El Niño	Moderado
1997-1998	El Niño	Fuerte
1998-2001	La Niña	Fuerte/Moderada

Para los eventos La Niña los desvíos alcanzan porcentajes superiores a 10%. Semejantes a los resultados obtenidos en los eventos El Niño, los desvíos de los GDD-La Niña en relación con los años neutros no son estadísticamente significativos al 1% y 5%, con la excepción de Bramón que presenta desvíos negativos significativos tanto al 1% y 5 % en 11 de los meses del año. Otras localidades que presentan desvíos significativos son O. Costa, en el período de diciembre a mayo con excepción de marzo, Sanare en los meses de septiembre, octubre y enero y Mucuchíes en el mes de octubre. Aún cuando los desvíos en los GD no son significativos estadísticamente, esto no es indicativo de la inexistencia de la influencia del fenómeno, ya que ésta puede estar enmascarada en el análisis de medias, y estarían ocurriendo tanto desvíos positivos como negativos

CUADRO 3. Desvío porcentuales de los grados-día medio mensual de los años El Niño comparado con los Neutros y sus niveles de significación.

	Bramón		BS Pedro		CENIAP		Caucagua		Mucuchies		O. Costa		Sanare		Yaritagua	
	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig
Ene.	0,1	0,9452	-1,2	0,5293	1,7	0,2031	3,1	0,1253	9,8	0,1439	1,0	0,3690	0,6	0,8760	4,2	0,0429
Feb.	0,5	0,7156	7,1	0,4778	2,8	0,1074	0,9	0,6627	-0,2	0,9743	0,3	0,7980	-1,2	0,7223	1,8	0,3181
Mar.	1,5	0,3143	0,1	0,9692	1,8	0,3559	2,4	0,2367	-0,2	0,9726	1,1	0,4523	-0,5	0,8729	2,7	0,0627
Abr.	2,6	0,1213	1,5	0,5067	2,7	0,1432	-10,2	0,2933	5,1	0,2664	1,8	0,1584	6,8	0,4811	2,4	0,1996
May.	0,7	0,6723	1,9	0,4508	1,9	0,1701	-3,7	0,5947	5,0	0,1179	0,9	0,4592	-0,3	0,9372	2,7	0,1206
Jun.	1,1	0,4603	1,4	0,4680	1,3	0,3316	-4,3	0,5292	8,0	0,0923	2,0	0,0556	-1,4	0,6882	2,0	0,0916
Jul.	0,4	0,7637	1,5	0,4065	2,6	0,0451	-1,5	0,8222	2,6	0,4779	1,4	0,0607	-1,5	0,6297	3,0	0,0165
Ago.	-0,3	0,7579	0,8	0,6187	2,1	0,0712	2,2	0,0315	-1,4	0,6420	0,7	0,4357	0,0	0,9855	2,4	0,0649
Sep.	-0,5	0,5881	-0,8	0,5849	1,6	0,1865	2,7	0,0080	1,8	0,5568	0,3	0,7538	-1,7	0,5072	1,7	0,2016
Oct.	0,1	0,9461	0,5	0,6476	1,6	0,1810	3,6	0,0002	-3,9	0,1710	0,9	0,3002	-1,2	0,6659	1,6	0,2234
Nov.	0,2	0,7998	-0,5	0,6640	1,3	0,3476	3,4	0,0089	2,6	0,5016	0,4	0,7101	-3,4	0,3111	1,2	0,2883
Dic.	1,0	0,3526	-0,2	0,8379	0,9	0,5383	4,5	0,0167	-2,1	0,6462	-0,4	0,7417	-1,5	0,6776	2,4	0,0543

CUADRO 4. Desvíos porcentuales de los grados-día medio mensual para los años La Niña comparados con los Neutros y sus niveles de significación.

	Bramón		BS Pedro		CENIAP		Caucagua		Mucuchíes		O. Costa		Sanare		Yaritagua	
	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig	D %	p sig
Ene.	-5,3	0,0078	-3,2	0,0707	-1,0	0,4204	-0,9	0,7357	-1,5	0,8538	-3,3	0,0464	-7,9	0,0336	-1,3	0,6402
Feb.	-7,1	0,0014	4,4	0,7907	-0,8	0,5985	-3,0	0,4022	-13,9	0,0948	-4,5	0,0224	-19,7	0,0975	-4,7	0,0659
Mar.	-7,3	0,0015	-3,7	0,1737	-1,1	0,4986	-2,5	0,3653	-11,4	0,0954	-3,0	0,0864	-5,1	0,1802	-3,6	0,0994
Abr.	-5,6	0,0014	-1,7	0,5943	-0,1	0,9130	-4,9	0,1362	-2,5	0,6221	-3,1	0,0241	4,4	0,7274	-3,7	0,1614
May.	-3,9	0,0097	2,6	0,4636	1,5	0,1894	-1,3	0,6360	-3,7	0,2820	-3,1	0,0146	-2,3	0,5274	-3,8	0,1242
Jun.	-2,9	0,0816	5,1	0,1151	0,1	0,9617	0,9	0,6377	-5,0	0,3474	-1,7	0,1722	-2,3	0,4958	-1,5	0,4417
Jul.	-3,8	0,0383	1,9	0,4715	1,1	0,4146	2,9	0,0676	2,6	0,6148	-0,8	0,4165	-2,5	0,3830	-1,9	0,3944
Ago.	-4,9	0,0021	2,4	0,2524	0,7	0,5942	2,7	0,2261	-3,1	0,4770	-0,5	0,6265	-3,8	0,1452	-0,3	0,8928
Sep.	-4,7	0,0044	0,8	0,4999	0,4	0,6689	3,0	0,1358	-6,0	0,0728	-0,9	0,5120	-6,9	0,0224	-0,2	0,9077
Oct.	-5,7	0,0015	0,9	0,4866	-1,7	0,0737	0,8	0,5669	-8,1	0,0296*	-1,3	0,2081	-6,3	0,0237	-1,9	0,3558
Nov.	-6,3	0,0004	1,0	0,4714	-0,2	0,8734	2,2	0,1999	1,4	0,7826	-0,7	0,5571	-4,5	0,1298	-2,2	0,3102
Dic.	-4,7	0,0205	-1,0	0,4897	-0,3	0,8212	1,1	0,5917	-9,2	0,1037	-4,1	0,0115	-5,1	0,1518	-3,2	0,1013

para un mismo fenómeno en años diferentes. En este sentido Alonso *et al.* (1999) consideran que la comparación con años particulares de la ocurrencia del fenómeno permite un mejor análisis.

En el caso de Bramón la disminución en la disponibilidad de GD, puede representar en media 273,4 GD/año, lo cual afecta el desarrollo del café, cultivo predominante de la región.

Los resultados de este estudio permitirán establecer líneas de investigación, en las cuales se determinen las relaciones entre los efectos de los fenómenos El Niño y La Niña con el ciclo fenológico y la producción de los cultivos predominantes en cada región, especialmente el caso de Bramón con el cultivo de café y Yaritagua con el cultivo de maíz.

CONCLUSIONES

- Durante los eventos El Niño se presenta, en general, un aumento en los GD en las localidades en estudio, con la excepción de Sanare donde ocurren desvíos negativos.
- El fenómeno La Niña afecta de manera negativa los GD, reduciendo su disponibilidad en la mayoría de las localidades en estudio.
- Se confirma a escala regional los resultados señalados en la literatura, en relación con los efectos del fenómeno ENOS sobre la temperatura del país.

SUMMARY

The influence of the phenomenon ENOS (El Niño and La Niña) on heat availability, was evaluated by means of the use of the degree-days concept, for 8 sites of Venezuela. Temperature changes, represented by variations in the degree-days, directly affect the crop's phenological cycle, generating a longer or shorter duration of the cycle in response to negative or positive deviations, respectively. In El Niño events degree-days increase in the majority of the sites, except in Sanare where mainly a reduction is encountered; in La Niña years, the effect is the opposite, a decrease is exhibited, that for the case of Bramón is highly significant in 11 months of the year.

Key Words: Temperature; phenology; climatology.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, M. F. e S. V. Assis. 2001. Estudo teórico sobre a variação de graus-dia em anos de fenómeno El Niño. **In:** SBA/FUNCENE. XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. III Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. Anais. Fortaleza.CE. p. 211-212.

CONICIT. 1998. El fenómeno El Niño y su posible influencia sobre el territorio de Venezuela. Caracas: CNMeH. 25 p.

CORDEIRO J. B. G., K. C. LIMA et A. H. CARDIM. 2002. Comportamento da temperatura média e umidade relativa em anos de ocorrência do fenómeno El Niño para o período de janeiro de 1995 a dezembro de 1999 na cidade de Belém-PA. **In:** Congresso Brasileiro de Meteorologia, XII, Foz de Iguaçu-PR. 2002. Anais. Foz de Iguaçu. Soc. Bras. de Meteorologia/SBMET. CD-ROM.

CVG-EDELCA. 1997. El Niño y la oscilación sur (ENSO). Principales definiciones. Influencia sobre el comportamiento de los caudales en la cuenca del Río Caroní, Caracas: EDELCA 38 p.

D'AMBROSIO, S. 1999. El clima. Monografias. com. (www.monografias.com/rabajos4/elclima/elclima.shtml). Acceso en: 23/03/2002.

DETTINGER, M. D., D. S. BATTISTI, G. J. MCCABE e C. M. BITZ. 1999. Interhemispheric effects of interannual and decadal ENSO-Like climate variations on the Americas. **In:** V.Markgraf. Academic Press. Present and Past Interhemispheric climate linkages in the Americas and the societal effects. (in press). Disponible en: <http://tenaya.ucsd.edu/~dettinge/pepl.pdf> Acceso en: 20/01/2003.

FERREIRA, D. B., E. C. LIMA, M. C. F. de OLIVEIRA et M. S. F. DA LUZ. 2002. Variação espacial da temperatura e precipitação e sua associação aos eventos El Niño e La Niña em Tucuruí-PA. **In:** Congresso Brasileiro de Meteorologia, XII, Foz de Iguaçu-PR. 2002. Anais. Foz de Iguaçu. Soc. Bras. de Meteorologia/SBMET. CD-ROM.

LOZADA G, B. I. 2002. Estudio de la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en la precipitación de la región Centro-Occidental de Venezuela. Rev. Bras. Agrometeorologia. 10(2): (imprenta)

MARÍN, F. R., P. C. SENTELHAS et N. A. VILLA NOVA. 2000. Influencia dos fenômenos El Niño y La Niña no clima de Piracicaba, SP. *Rev Bras. Meteorologia*. 15(1):123-129.

MARTELO, M. T. 1998. Estudio sobre la posible influencia del fenómeno El Niño – Oscilación del sur (ENOS) sobre el clima de los llanos de Venezuela. **In:** Fenómeno Climático de El Niño. Seminario Experiencias para la prevención de daños y la reconstrucción de zonas afectadas en la agricultura. Resúmenes. Papis: IICA/CAF. p. 138-146.

MELLO, M. H. A., M. B. P. CAMARGO et R. R. ALFONSI. 1999. Contribuição ao estudo dos efeitos das oscilações sul no comportamento térmico, em localidades tropicais. **In:** SBA/EPAGRI. XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. II Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. Anais. Florianópolis. SC. CD-ROM

PEREIRA, A. R., L. R., ANGELOCCI e P. C. SENTELHAS. 2002. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Ed. Agropecuária. p. 478.

PINTO, L. B., J. D. TATSCH, D. V. NOBLE, L. L. MENDES, R. ACOSTA et C. R. L. CAMPOS. 2002. Um estudo sobre o impacto do evento La Niña 1999/2001 em Pelotas, RS. **In:** Congresso Brasileiro de Meteorologia, XII, Foz de Iguaçu-PR. 2002. Anais. Foz de Iguaçu. Soc. Bras. de Meteorologia/SBMET. CD-ROM.

LA DENSIDAD DE ARROZ ROJO SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES DE LA VARIEDAD DE ARROZ ZETA 15¹

Aída Ortiz Domínguez* y Sandra Torres**

RESUMEN

En Venezuela los agricultores arroceros desconocen el valor real de las pérdidas que la interferencia del arroz rojo (AR) causa a sus cosechas. En este trabajo de investigación se planteó evaluar el efecto de la interferencia de diferentes densidades de AR, *Oryza sativa* L., sobre el rendimiento de la variedad de arroz ZETA 15. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y 11 tratamientos cada uno con una superficie de 4 m², los cuales estuvieron conformados por densidades de AR que variaron desde 0 a 50 pl m⁻² con intervalos de 5 pl m⁻². En la cosecha se evaluaron las variables siguientes: rendimiento de arroz ajustado al 12% de contenido de humedad y sus componentes: número de panículas m⁻² (NPM⁻²), número de granos por panícula, porcentaje de fertilidad y peso de 1 000 granos. A los datos obtenidos se les realizó el análisis de varianza y la prueba de medias Tukey al 5%. El rendimiento paddy de ZETA 15 disminuyó proporcionalmente a la densidad del AR alcanzando la máxima reducción (62%) cuando la población de éste fue la más alta. El NPM⁻² se redujo en la medida que aumentaba el número de plantas de AR en la parcela, presentándose una merma de 53,13% entre el testigo y el tratamiento de 50 pl m⁻² de AR.

Palabras Clave: *Oryza sativa*; arroz rojo; interferencia; densidad; ZETA 15.

1 Trabajo financiado por la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología del Estado Aragua (FUNDACITE Aragua), Vicerrectorado Académico y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela.

* Profesoras Agregado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Agronomía. Apdo. 4579. Maracay 2101. Venezuela.
E-mail: ortiza@agr.ucv.ve / dasilram@telcel.net.ve

** Ingeniero Agrónomo. Ejercicio privado. E-mail: sandratorr@hotmail.com

RECIBIDO: octubre 29, 2003.

INTRODUCCIÓN

La interferencia se define como el conjunto de interacciones negativas que se establecen entre las plantas de una comunidad tal como alelospolía (competencia), alelopatía o parasitismo. En la mayoría de los casos es difícil distinguir el tipo de interacción predominante y por ello se utiliza el término global interferencia (Fischer, 1998).

La competencia existe entre las plantas de una comunidad cuando la demanda colectiva por uno o más de los recursos que requiere se sobrepasa la oferta que hace de ellos el medio ambiente. La alelopatía se define como el efecto negativo ejercido en una planta por las sustancias tóxicas liberadas por otras plantas, las cuales interfieren así en el crecimiento de la primera (Fischer, 1998).

La luz del sol regula muchos aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como la vida latencia y la germinación de la semilla, el fototropismo, fotomorfogénesis y el florecimiento. Igualmente, la luz, en los ecosistemas agrícolas regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y competencia de la maleza y del cultivo (Radosevich *et al.*, 1997).

El agua, al parecer, ha sido el factor primario en la determinación de la competencia entre las malezas y los cultivos de secano en muchos estudios de competencia. La competencia por el agua entre la maleza y los cultivos de secano reduce la disponibilidad de humedad del suelo, lo que puede causar tensión por el agua y finalmente reducciones tanto en el crecimiento de la maleza como en el producto del cultivo (Mejias *et al.*, 1993; Radosevich *et al.*, 1997).

Basados en experiencias en las que ciertos cultivos y malezas crecieron en asociación y sus niveles de nutrimentos eran determinados, Radosevich *et al.* (1997) concluyeron que la maleza hace un severo drenaje de la fertilidad del suelo y priva a los cultivos de nutrición mineral considerable.

Kwon *et al.* (1991) encontraron que la interferencia de 40 pl m⁻² de arroz rojo (AR), *Oryza sativa* L., en los cultivares de arroz Newbonnet y Lemont, redujeron el rendimiento paddy en 178 y 272 kg ha⁻¹ por planta, respectivamente. Esta disminución del rendimiento se debió a la reducción del número de panículas m⁻² (NPm⁻²) longitud de la panícula y número de granos por panícula (NGP).

En Crowley se evaluó mediante un análisis multivariado la interacción competitiva entre el AR y el arroz cultivado Mars. El análisis cuantificó directamente los efectos de las densidades de AR y del arroz cultivado en cuanto al rendimiento y sus componentes, evidenciando que el NPM² por plantas y de NGP fueron los más afectados de los componentes de rendimiento (Pantone *et al.*, 1992).

Otras investigaciones realizadas sobre la interferencia del AR determinaron que densidades de 5, 105 y 215 plantas de AR por metro cuadrado de la variedad Mars, redujeron el rendimiento agrícola en 22, 77 y 82%, respectivamente (Antigua, s/f).

La competencia de las malezas provoca reducciones económicas significativas en los rendimientos cuando la cantidad de ellas o densidad de población alcanza un cierto nivel (Mejías *et al.*, 1993). Por todo lo antes expuesto, el propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de interferencia producida por diferentes densidades de población del AR sobre el rendimiento paddy, y sus componentes, de la variedad de arroz ZETA 15.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante los meses de mayo a septiembre del 2002 en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, localizado en el municipio Mario Briceño Iragorry, en Maracay, estado Aragua, latitud 10° 11" N y longitud 67° 30" O, una altitud de 442 m.s.n.m, precipitación media anual de 953 mm y una temperatura media anual de 24 °C.

El suelo utilizado pertenece a la serie Maracay, Fluventic Haplustolf, Francosa gruesa isohipertermica (Perdomo, 1994), donde la textura del terreno es Franca, con bajo contenido de materia orgánica (1,32%) y altos contenidos de fósforo y calcio y bajo potasio; pH 7,2 y una conductividad eléctrica de 0,200 (ds m⁻¹).

El ensayo se estableció en un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y 11 tratamientos los cuales estuvieron conformados por la densidad de población del AR (negro sin arista) que varió desde 0 hasta 50 pl m⁻² con intervalos de 5 pl m⁻². El área ocupada por la parcela fue de 4 m².

Para la siembra del ensayo se utilizó la variedad de la clase registrada ZETA 15 suministrada por la empresa Agroservicios MIDA Calabozo (Guárico), y la semilla de AR (negro sin arista) proveniente de la Finca Tierra Rica, municipio Anzoátegui, estado Cojedes.

Se utilizaron 3 semilleros de 16,4 m² donde se colocó 1,5 kg de ZETA 15 y 800 g de AR negro sin arista, a chorro corrido en 1 m de ancho y 10 cm entre hilera.

Durante la fase de semillero se aplicó el herbicida preemergente (pretilacloro+quinclorac) a dosis de 2 l ha⁻¹ pretilacloro y 1 l ha⁻¹ de quinclorac para controlar gramíneas y algunas hojas anchas. En el campo el control de maleza se realizó con glyphosato trimesio a razón de 4 l ha⁻¹, además se hizo una aplicación en lámina de pretilacloro + 2,4D + metacloro + oxadiazon en dosis de 3 l ha⁻¹, 1 ha⁻¹, 2 l ha⁻¹, y 4 l ha⁻¹, respectivamente, antes de la siembra (1,5 mes).

Después de 20 d en el semillero, cuando la ZETA 15 y el AR (negro sin arista) se encontraban en el punto 1 T (cuando iba a salir el primer macollo) fueron transplantados al campo.

En el campo se colocaron 45 plantas/hilo de la variedad, conformando 6 hilos de 4 m de largo por tratamiento en un área de 4 m². El AR fue trasplantado entre los hilos de la variedad de arroz según cada tratamiento en las densidades desde 0 hasta 50 pl m⁻², con incrementos de 5 pl m⁻².

La fertilización se realizó según las recomendaciones del análisis de suelo, que fueron: 120 N, 90 P₂O₅ y 90 K₂O, distribuyendo el abono en básico a los 28 días después de la siembra (DDS) con la fórmula completa 10-26-26/2 CP. El primer reabono se aplicó a los 40 DDS con urea + KCl y el segundo a los 50 DDS con urea solamente.

Se presentaron al finalizar el ciclo del cultivo dos enfermedades: *Rhizoctonia solani* y *Bipolaris oryzae* a los cuales no se le aplicó ningún control porque los síntomas comenzaron después de la etapa de grano lechoso del cultivo.

Cada parcela fue cosechada con 21% de contenido humedad dentro de un área efectiva de 2,83 m², dejando una bordura de 10 cm. El arroz y el AR fueron cosechados separadamente y el producto colocado dentro de sacos de polietileno de 50 kg. Luego fue realizado el desgrane manual

de ambos materiales y puesto en bolsas de papel de 10 kg para ser pesado en una balanza electrónica; de allí se tomaron 100 g para la determinación del contenido de humedad al 12%.

De cada saco de polietileno que contenía el arroz y el AR, se procedió a contar la totalidad de panículas de cada parcela (panículas m^{-2}).

Para determinar el número total de granos por panícula se tomaron 60 panículas de cada tratamiento (variedad y AR), colocándose en bolsas de papel previamente identificadas; luego se desgranaron en forma manual, contando sus granos por medio de un contador electrónico.

Las mismas 60 panículas fueron desgranadas y los granos separados en llenos y vacíos, pesados para posteriormente obtener el porcentaje de esterilidad.

Se contaron 1 000 semillas por cada tratamiento con un contador electrónico y luego se pesaron en una balanza digital de 3 decimales.

A los datos obtenidos se le aplicó las pruebas de normalidad y a los resultados que cumplieron con la prueba y que tuvieron significación estadística en el ANAVAR se les realizó la prueba de media de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observa una progresiva reducción del rendimiento total de la parcela a medida que aumentó la población de AR. Estadísticamente hubo diferencias a partir del tratamiento de 10 pl m^{-2} . El testigo sin AR mostró el mayor rendimiento paddy por unidad de área (11 450,80 kg ha^{-1}). Cuando se comparó el testigo con el tratamiento de máxima densidad 50 pl m^{-2} , se encontró una reducción del 36% en los rendimientos de la parcela.

Los rendimientos de Zeta 15 presentaron la misma tendencia del rendimiento total de la parcela (Figura 1), con una marcada disminución de la productividad a medida que aumentaba la densidad de interferencia de la maleza. Esta variedad mostró una reducción de 62% en su rendimiento cuando se encontraron 50 pl m^{-2} de AR.

El AR contribuyó al rendimiento total de la parcela de manera proporcional a la densidad de arroz sembrada (Figura 1), así se observa en el

tratamiento con la máxima densidad de la maleza, 50 pl m^{-2} , un aporte de $2\,926 \text{ kg ha}^{-1}$ que representan el 36% del área cosechada. Esto podría afectar la recepción del producto por parte de la agroindustria, ya que valores por encima de 9,5% reduce drásticamente el valor comercial del producto.

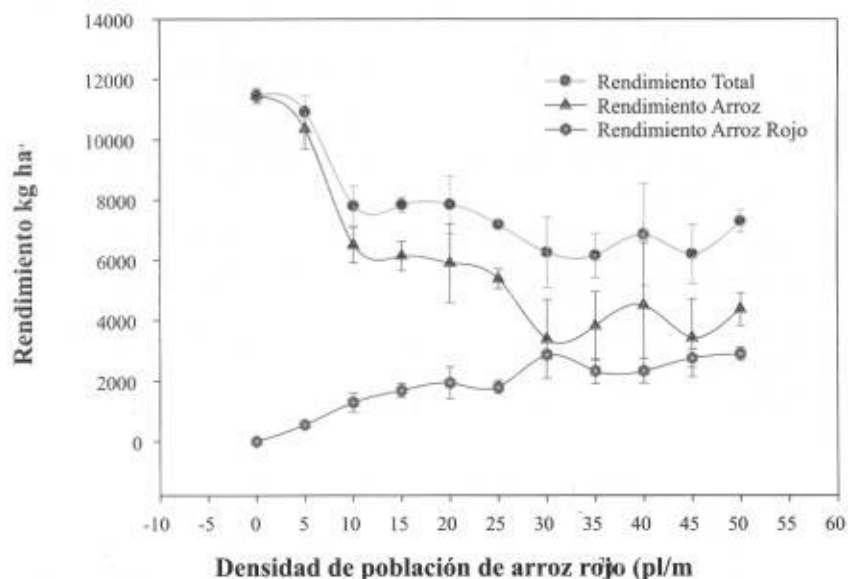


FIGURA 1. La densidad de población del arroz rojo sobre el rendimiento paddy de la variedad ZETA 15.

El número de panículas de ZETA 15 se redujo proporcionalmente al incremento de la densidad del AR, desde $400,58 \text{ panículas m}^{-2}$ en el tratamiento testigo hasta $187,75 \text{ panículas m}^{-2}$ en la densidad de 50 pl m^{-2} de AR (Figura 2). Hubo una alta correlación entre el NPM^{-2} de la variedad y el rendimiento total ($r=0,91$ $P<0,01$), además se encontró una asociación negativa entre el rendimiento de la variedad y el NPM^{-2} del AR ($r=-0,85$ $P<0,01$).

A pesar de que la suma de panículas de la variedad y AR se incrementó 10%, desde 400,58 panículas m^{-2} en el testigo hasta 439,8 en la parcela con 50 pl m^{-2} de AR, este último tratamiento rindió 36,5% menos que el primero, por lo que pudiera decirse que el aumento del NPM^{-2} debido al AR no promovió un incremento del rendimiento de la misma y que quizás la reducción de la productividad observada se deba a la disminución del NPM^{-2} de la variedad.

Cabe mencionar que al igual que en la variable rendimiento, el NPM^{-2} de la maleza se incrementó proporcionalmente a la densidad del AR, desde 40,28 panículas m^{-2} con una densidad de 5 pl AR m^{-2} del AR hasta 253,06 panículas m^{-2} a 50 pl m^{-2} del AR.

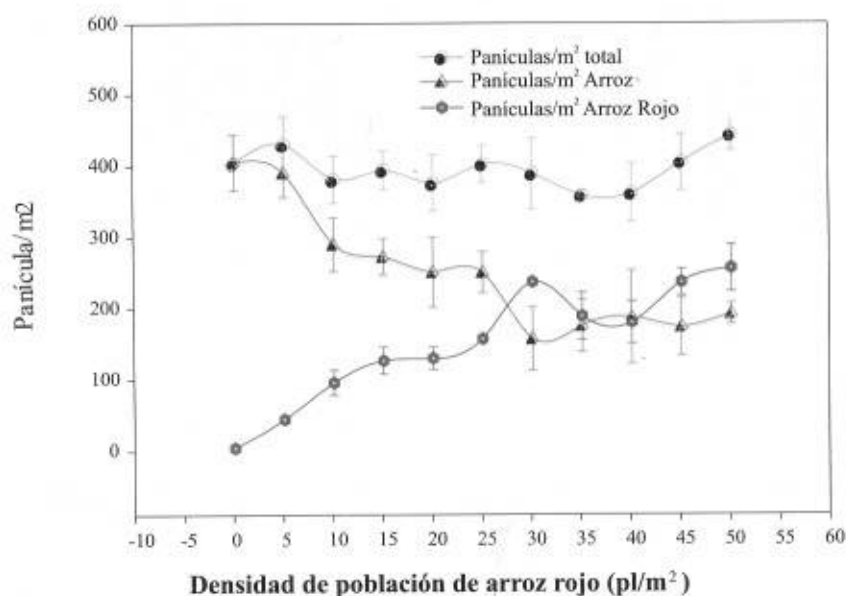


FIGURA 2. La densidad de población del AR sobre el número de panículas m^{-2} de la variedad ZETA 15.

Cuando se analizó el NGP del AR se encontró que hubo una gran variación entre los tratamientos (Figura 3) quizás debido al desgrane de la maleza en campo, característica que incrementa la cantidad de diásporas con diferentes grados de latencia en el banco de semilla de AR del suelo. Los resultados no arrojaron diferencias estadísticas; sin embargo, se observó una disminución de 6% entre el testigo y la máxima densidad de AR.

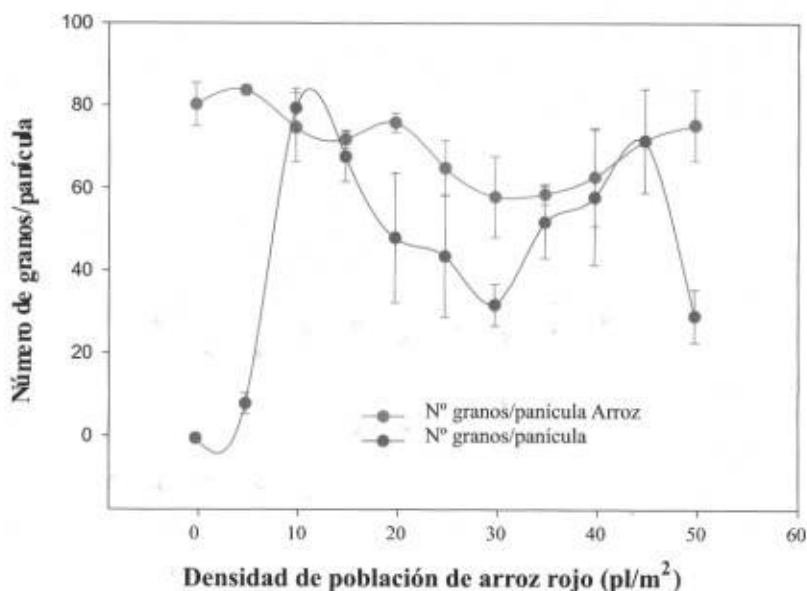


FIGURA 3. La densidad de población del arroz rojo sobre el número de granos panícula m⁻² de la variedad ZETA 15.

CONCLUSIONES

- La variedad ZETA 15 redujo su rendimiento proporcionalmente al incremento del número de plantas de AR.
- El componente de rendimiento de la variedad ZETA 15 más afectado por la interferencia del AR fue el NPm⁻², el cual disminuyó progresivamente en la medida que se incrementaba el número de plantas de AR.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación resaltan la importancia de los estudios de determinaron de la densidad crítica de interferencia del AR así como de los períodos de la misma para estimar el detrimento que esta maleza causa al cultivo del arroz.

SUMMARY

Real values of losses caused on harvests by the interference of red rice (RR) are unknown to Venezuelan rice farmers. In this research work, an evaluation was performed of the effect of interference of different densities of populations of RR, *Oryza sativa* L., on grain yields and their components for rice cultivar ZETA 15. An experimental random block design with three replicates and 11 treatments was used, each one with an area of 4 m², witch were composed by densities of red rice that oscillated between 0 at 50 pl m⁻² with intervals of 5 pl m⁻². At harvest, the following variables were determined: rice grain yields at 12% humidity content and their components (number panicles m⁻², grain per panicle, % fertility and weight of 1 000 grains). A variance analysis and Tukey mean test at 5% were carried out. Grains yields of cultivar ZETA 15 decreased proportionately with density of RR achieving their maxim reduction (62%) at the highest level of RR population. Number of panicle m⁻² decreased as the number of RR plants in the plot increased, exhibiting a reduction of 53,13% between test (control) and treatment with 50 pl m⁻² of RR.

Keys Words: Rice; *Oryza sativa*; red rice; interference; densities; ZETA 15.

BIBLIOGRAFÍA

ANTIGUA, G. (s/f). Interferencia del arroz rojo. Material mimeografiado. Instituto de investigaciones del Arroz. Habana, Cuba. s p.

FISCHER, A. 1998. Manejo integrado de malezas del arroz. **In:** Manejo integrado de plagas del arroz. CIAT- FLAR- Fundación Polar. p. 31-49.

KWON S., SMITH and R. TALBERT. 1991. Interference of red rice (*Oryza sativa*). Densities in rice (*O. sativa*). Weed Science 39:169-174.

MEJIAS, J., R. MENDT y T. GONZÁLEZ. 1993. Introducción a la fisiología de acción de herbicidas y control de malezas en Venezuela. Material mimeografiado. Maracay, Ven. Universidad Central. Facultad de Agronomía. sin p. (mimeo).

PANTONE, D., J. BAKER and P. JORDAN. 1992. Path analysis of red rice (*Oryza sativa* L.) competition with cultivated rice. *Weed Science* 40:313-319.

RADOSEVICH, S., J. HOLT and C. GHERSA. 1997. *Weed Ecology*. 2^{da} Edición. Casa Editorial New York. 589 p.

EFECTO DE REMOJO Y ESCARIFICACIÓN SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y EMERGENCIA DE PLÁNTULAS EN GUANÁBANA

Norkys Meza* y Dámaso Bautista**

RESUMEN

El trabajo se realizó con la finalidad de evaluar los efectos de remojo en agua normal y escarificación química con ácido sulfúrico, sobre la germinación de las semillas y emergencia de la plántula de guanábana, *Annona muricata*. El remojo en agua, que duró 24 horas, y 48 h, a 90 °C durante 2 y 4 min, respectivamente, y el testigo (sin remojo) iniciaron simultáneamente la emergencia a los 17, 66 d, mientras que la iniciación tardía ocurrió con el tratamiento de remojo en ácido sulfúrico a los 19,33 d, de 2 a 1 min diario. Los dos tratamientos de remojo en agua caliente a 90 °C fueron letales para la semilla por cuanto no hubo germinación. La emergencia total promedio presentó diferencias significativas, variando su valor entre 77,33% para el tratamiento de escarificación en ácido sulfúrico durante 1 min y el remojo de agua de 24 h, mientras que el testigo mostró un 70,66%. Las semillas de la guanábana alcanzaron de 70 al 77% de la emergencia total en aproximadamente 30 d, el $T_{10} - T_{90}$ presentó una variación entre 25 a 32 d, por lo que se considera que estas semillas no presentan el fenómeno de latencia. El T_{50} se ubicó entre los 23 y los 30 d según los tratamientos. La germinación y emergencia se caracterizó a lo largo de 6 estados secuenciales, por ser epígea y criptocotilar, por cuanto las envolturas seminales se levantan junto con los cotiledones al momento de la emergencia.

Palabras Clave: *Annona muricata*; emergencia; remojo; semilla; latencia.

* Profesora. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Luis Beltrán Prieto Figueroa. Departamento de Educación Técnica. E-mail: norkisme@yahoo.com

** Profesor. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Postgrado de Horticultura. Decanato de Agronomía. Lara, Venezuela. E-mail: damasoba@ucla.uedu.ve

RECIBIDO: agosto 08, 2003.

INTRODUCCIÓN

El guanábano, *Annona muricata* L., es un frutal perenne de la familia Annonaceae, a la cual pertenecen alrededor de 130 géneros y 2 000 especies (Chatrou, 1999); el género *Annona* cuenta con aproximadamente 100 especies de árboles y arbustos cuya mayoría son de origen americano tropical y subtropical (Bailey y Bailey, 1978; Grau *et al.*, 1992). Dentro de esta familia hay especies cultivadas de las cuales, las más comerciales son la chirimoya, *A. cherimola* Mill, el anón, *A. reticulata* L. y el riñon *A. squamosa* L.

Al guanábano se le considera originario de los pie de montes y zonas calientes de Sur y Centro América (Popenoe, 1974; Morton, 1986); actualmente se le cultiva en todas las zonas tropicales del mundo (Grau *et al.*, 1992).

Las semillas del guanábano son lisas, de color marrón o crema y de forma elipsoidal a ovoide; presentan un arilo rudimentario y un hilo circular y estrecho (Grau *et al.*, 1992), el cual rodea externamente al micropilo (Heijden y Bouman, 1988). Las semillas de la guanábana se caracterizan por tener una longitud de 14,5 mm, espesor de 1,98 mm y un peso de 33,6 g/100 semillas.

Las envolturas seminales son medianamente gruesas, con paredes fibrosas, resistentes y duras. El endospermo es blanquecino, de textura medianamente dura y ligeramente aceitoso; en la medida que éste se va desarrollando llena toda la cavidad seminal, tornándose ruminado de tipo espiniformes, cuyas ramificaciones penetran de adentro hacia fuera, el integumento interior (Grau *et al.*, 1992; Heijden y Bouman, 1988).

El embrión es relativamente pequeño en relación al tamaño de la semilla y ocupa sólo la quinta o sexta parte de la longitud de ésta, característica muy frecuente en la familia Annonaceae (Hayat, 1963; Hayat y Canright, 1965; Finneseth *et al.*, 1998).

La propagación por semilla de la guanábana y otras especies de Annonaceae resulta difícil y errática por cuanto la germinación y emergencia ocurre de manera desigual e irregular a la largo de un período de tiempo prolongado. Este patrón de germinación es atribuido a la presencia de latencia, mediante la cual, las semillas van a germinar bajo condiciones medioambientales óptimas, garantizándoles a las plántulas protección natural y mayores oportunidades de supervivencia (Baskin y Baskin, 1998).

Esta latencia se encuentra en las cubiertas seminales, de forma ser embrionica o ambas a la vez. En el primer caso se pueden aplicar tratamientos de escarificación, mientras que para el segundo, sería conveniente el de remojo en agua así como también el uso de reguladores de crecimiento (ácido giberélico), para extraer u oxidar probables inhibidores de la germinación (De Smet *et al.*, 1999).

El objetivo de este trabajo consistió en estudiar los efectos del remojo en agua y la escarificación con ácido sulfúrico en semillas de guanábana en relación a la germinación y la emergencia, estableciendo un esquema de desarrollo morfológico y cronológico desde la semilla hasta la completa formación de la plántula.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en las instalaciones del Postgrado de Horticultura de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA), en Tarabana, estado Lara (10° 05' LN; 69° 16'; 510 m.s.n.m.). Las semillas se obtuvieron de frutas maduras de plantas francas de guanábano, ubicadas en la localidad de Caja Seca, zona Sur del Lago de Maracaibo. Extraídas las semillas de frutos de formas elipsoidales y ovoides, éstas se lavaron y secaron al aire a temperatura ambiente, para luego ser utilizadas como material experimental. Los tratamientos fueron los siguientes: T₁= remojo en agua normal durante 24 h, T₂= remojo en agua normal durante 48 h, T₃= Escarificación con ácido sulfúrico, 2 min, T₄= Escarificación con ácido sulfúrico, 1 min, T₅= Remojo con agua caliente a 90 °C, 2 min, T₆= Remojo con agua caliente a 90 °C, 4 min, T₇= Testigo (sin remojo).

El ensayo se estableció bajo un diseño completamente aleatorizado de 7 tratamientos con 4 repeticiones de 25 semillas cada una. La prueba de germinación se llevó a cabo en cápsulas de Petri con papel absorbente esterilizado y humedecido, colocándose 25 semillas por cápsula las cuales se dejaron en ambiente de laboratorio (26 ± 2 °C; 64 ± 10 HR).

Las pruebas de emergencia se llevaron a cabo en recipientes plásticos contentivos de un sustrato formado por la mezcla de fibra molida de coco, arena y cáscara de arroz, en una proporción en volumen de 1:1:1. Al momento de la siembra las semillas fueron soterradas a 2 cm de profundidad aproximadamente. Los recipientes con las semillas se colocaron

sobre mesones dentro de un cobertizo, el cual consiste de una estructura abierta con techo de fibra de vidrio transparente, con temperatura promedio de 26 °C y los recipientes plásticos recibieron riegos diarios para mantener el sustrato constantemente húmedo.

Las semillas se consideraron germinadas cuando la radícula emergió por el micrópilo y alcanzó 4 mm de longitud y, la plántula emergida cuando el hipocótilo se elevó por sobre la superficie del sustrato. Diariamente y hasta los 34 días después de la siembra, se realizaron observaciones sobre las variables: tiempo de inicio de la emergencia (IE), tiempo en alcanzar el 50% de la emergencia (T_{50}), el porcentaje de emergencia total (ET) y el lapso durante el cual ocurrió del 10 al 90% ($T_{10}-T_{90}$), la ET, basado sobre los datos promedios de las 4 repeticiones, siguiendo la metodología establecida por Furatani *et al.* (1985). Los resultados fueron procesados estadísticamente utilizando el programa Cohort II para computadora personal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Remojo y escarificación

Los tratamientos de remojo y escarificación no presentaron diferencias significativas para la variable IE (Cuadro 1). El remojo en agua por 24 h y el testigo (sin remojo) iniciaron de primero y simultáneamente, la emergencia a los 17,66 d; mientras que el inicio más tardío ocurrió con el tratamiento de escarificación en ácido sulfúrico durante 2 min (19,33 d), por lo que la diferencia entre el más temprano y el más tardío fue sólo de 1,67 d.

Se debe destacar que los tratamientos de remojo en agua caliente a 90 °C por 2 y 4 min no arrojaron resultados visibles de germinación probablemente debido a daños letales al embrión. El tratamiento de remojo en agua caliente ha resultado beneficioso en algunas especies como es el caso de *Sesbania speciosa* (Weerakon *et al.*, 1992) y en *Stylosanthes hamatu* (Chen, 1993); pero ha resultado negativo en el caso de la guanábana (Ram *et al.*, 1990) y en *Leucaena leucocephala* (Arabat, 1983).

La ET promedio presentó diferencias significativas (Cuadro 2) al nivel de $P \leq 0,05$ variando su valor entre 77,33% para los tratamientos de escarificación en ácido sulfúrico durante 1 min y el remojo en agua por 24 h y

el testigo con un 70,66%, observándose que las diferencias entre los tratamientos son en la práctica, muy estrechas.

CUADRO 1. Tiempo en días para el inicio de la emergencia (IE) de semillas de *Annona muricata* sometidas a diferentes métodos de remojo y escarificación.

Tratamientos	IE (días)
T1 = Remojo en agua fría durante 24 horas	17,66
T2 = Remojo en agua fría durante 48 horas	18,33
T3 = Escarificación con ácido sulfúrico durante 1 min	18,66
T4 = Escarificación con ácido sulfúrico durante 2 min	19,33
T5 = Remojo en agua caliente durante 2 min	---
T6 = Remojo en agua caliente durante 4 min	---
T7 = Testigo	17,66
Significancia	N.S.

Prueba de medias: rangos múltiples de Duncan $P < 0,05$; N.S.: no significativo.

En el caso de estudios con semillas de chirimoya, sometidas a diferentes tratamientos de remojo, escarificación química y ácido giberélico, la emergencia ha presentado una amplia variación que osciló entre 59,0 y 77,0%, a lo largo de un período de hasta 90 d (De Smet *et al.*, 1999), haciendo que el proceso sea prolongado y casi heterogéneo, característico de semillas con latencia. Resultados similares al de la chirimoya han sido señalado para *Annona diversifolia* (Campbell y Popenoe, 1968) y *Asimina triloba* (Finneseth *et al.*, 1998), según los cuales la germinación, emergencia y establecimiento de la plántula tuvo una duración promedio de 70 d, por lo que los autores le atribuyen latencia morfológica debido al escaso desarrollo de los cotiledones.

Dado que la semilla de la guanábana alcanza una ET de 70 al 77% (Cuadro 2), en aproximadamente 30 d y por no hallarse diferencias significativas entre los tratamientos de remojo y escarificación, ha conllevado a la presunción de que estas semillas no presentan fenómenos de latencia.

CUADRO 2. Efecto del remojo a las semillas sobre la emergencia en *Annona muricata*.

Tratamientos	T ₅₀ días	T ₁₀₋₉₀ días	ET %
Remojo en agua fría (24 h)	23 b	30	70,66 b
Remojo en agua fría (48 horas)	20 b	25	73,66 b
Escarificación con ác. sulfúrico (1 min)	23 b	28	77,33 a
Escarificación con ác. sulfúrico (2 min)	22 b	29	74,66 ab
Remojo en agua caliente (1 min)	---	---	---
Remojo en agua caliente (4 min)	---	---	---
Testigo (sin remojar)	30 a	32	70,66
Significancia	**	N.S.	*

*P < 0,05; ** P < 0,01; N.S.: no significativo; Prueba de medias; rangos múltiples de Duncan P < 0,05; T₅₀: Lapso en días para alcanzar el 50% de la ET; T₁₀₋₉₀: Lapso en días para alcanzar el 50% de la ET; ET: Porcentaje de la emergencia total.

El lapso entre el 10 y el 90% de la ET (T₁₀ - T₉₀) varió de 25 a 32 d (Cuadro 2), según los tratamientos, sin que se observaran diferencias significativas entre éstos. La rápida germinación y emergencia para alcanzar el T₅₀ y estrecha diferencia de tiempo para el T₁₀ - T₉₀, conlleva a la presunción de que la germinación y emergencia de la guanábana es temprana, regular y uniforme, en comparación con la *A. chirimola* y la *A. triloba*, las cuales son tardías, irregulares y desiguales. Los resultados de estas variables también contribuyen a favorecer el criterio, según el cual, las semillas de la guanábana no presentan latencia.

Germinación y emergencia

Las observaciones diarias sobre la germinación y la emergencia se prolongaron hasta los 34 d, pero los análisis de los datos sólo cubrieron 30, dado que no se registraron nuevas emergencias a partir de ese día. Los resultados de la ET se presentan en la Figura 1, cuyas curvas representativas de los tratamientos fueron sigmoidales y similares entre sí, observándose el IE a partir de los 16 d, extendiéndose hasta los 30, cuando se alcanzó el máximo porcentaje de ET, después de la siembra. El T₅₀ se ubicó entre los 23 y 30 d, según los tratamientos (Cuadro 2).

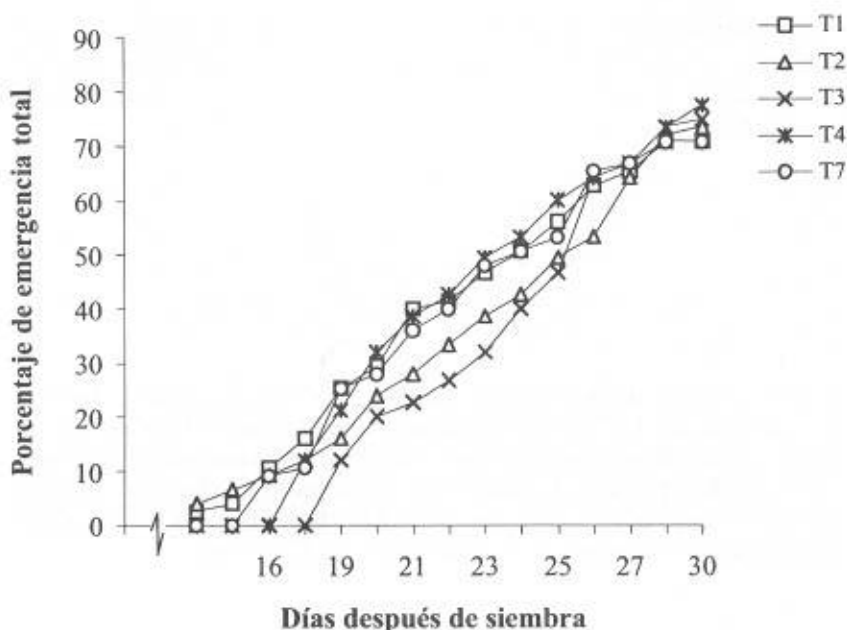


FIGURA 1. Porcentaje de emergencia acumulativo en semillas de guanábana, sometidas a remojo y tratamientos pregerminativos.

La germinación y emergencia pudo ser caracterizada a lo largo de seis estados secuenciales (Cuadro 3; Figura 2). En el primero (estado A) la germinación ocurrió aproximadamente a los 4 d, caracterizándose por el brote de la radícula hasta alcanzar 4 mm de longitud. El segundo (estado B) se distinguió por un acelerado crecimiento de la radícula hasta alcanzar cerca de 40 mm, apareció el hipocótilo lo que ocurrió a los 7 d e inicio su alargamiento. En el tercero (estado C) la radícula continuó su elongación hasta alcanzar de 80 a 90 mm e inició la ramificación formando raíces laterales; mientras tanto el hipocótilo alcanzó aproximadamente 80 mm y presentó el estado de “cuello de cisne”, lo que ocurrió alrededor de los 10 d.

En consecuencia en el cuarto (estado D), la radícula se mostró plenamente ramificada con una longitud mayor a los 100 mm y el hipocótilo IE, elevando consigo a la semilla con sus envolturas, lo que ocurrió a partir de los 14 d. El quinto (estado E) se caracterizó por la caída de las

envolturas seminales, liberación de los cotiledones y la aparición del epicotilo, lo que ocurrió entre los 19 y 20 d. El sexto estado de plántula completamente formada, con radícula, hipocótilo, apertura cotiledones y epicotilo, lo que ocurrió a partir de los 21 d (Cuadro 3).

Un estudio sobre germinación y emergencia en *Asimina triloba* (Annonaceae) realizado por Finneseth *et al.* (1998) describieron el desarrollo de la plántula en cuatro estados sucesivos: emergencia de la radícula, aparición del hipocótilo, emergencia del hipocótilo y caída de las envolturas seminales, quedando la plántula completamente formada a lo largo de un lapso de 70 d.

La prolongada duración para quedar formada la plántula, llevó a Finneseth *et al.* (1998) a la postulación de una probable presencia de latencia morfológica por presentar la semilla madura cotiledones subdesarrollados. En el caso de la guanábana, la plántula quedó completamente formada entre los 17 y 19 d, sin que se advirtieran diferencias significativas entre los tratamientos de remojo y escarificación.

CUADRO 3. Germinación y emergencia de la semilla y evolución del desarrollo de plántulas en guanábana.

Fases	Características	Longitud alcanzada	Tiempo desde siembra (días)
A	Protrusión de la radícula.	Radic.: 4 mm	04
B	Continuación crecimiento radícula. Aparece el hipocótilo.	Radic.: 40 mm Hipoc.: apenas visible	07
C	Aparición de ramificación, radícula, hipocótilo, continua creciendo. Aparece cuello de cisne.	Radic.: 80-90 mm Hipoc.: 80 mm	10-12
D	Radícula ramificada. Inició de la emergencia del hipocótilo con las semillas en sus envolturas.	Radic.: > 100 mm Hipoc.: 90-100 mm	13-14
E	Inicio de caída de cubierta seminales y erguimiento del epicotilo.	-----	19-20
F	Plántula completamente formada (apertura de cotiledones y muestra de la plúmula viable).	-----	> 21

La germinación se caracterizó como epigea por cuanto el hipocótilo se erigió por sobre el sustrato, atendiendo a la clasificación de Duke (1969) y a la plántula como criptocotilar por cuanto la semilla y sus envolturas se levantaron al momento de la emergencia del hipocótilo, según el criterio de De Vogel (1980). Este patrón de germinación y de formación de la plántula ha sido hallado también en *Annona squamosa* (Hayat, 1963; 1965) y *A. triloba* (Finneseth *et al.*, 1998); mientras que la germinación de la *A. chirimola* ha sido descrita como epigea y fanerocotilar por cuanto las envolturas y otros residuos seminales quedan dentro del sustrato, al erigirse el hipocótilo (Hayat, 1963; De Smet *et al.*, 1999).

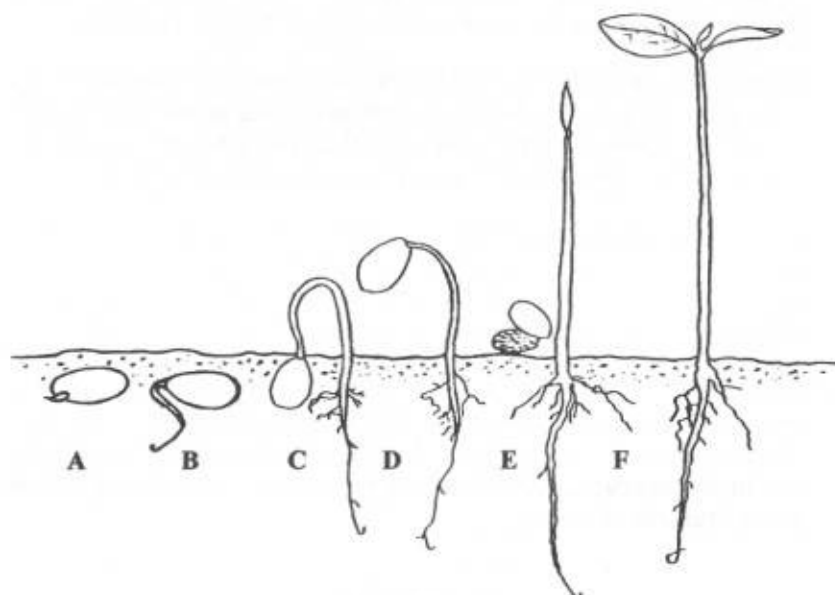


FIGURA 2. Estados de desarrollo desde germinación de la semilla hasta la formación completa de la plántula en guanábana (*A. muricata*): **A:** Germinación 7 días; **B:** Aparición del hipocótilo, 7 días; **C:** Hipocótilo cuello de cisne, 10 días; **D:** Emergencia del hipocótilo y envolturas seminales, 14 días; **E:** Caída de envolturas seminales, 17 días; **F:** Plántula completamente formada, 23 o más días.

En sus investigaciones Heijden y Bouman (1988) reconocieron, después de realizar algunos estudios, que las especies de Annonaceae presentan variados tipos de germinación, intercambiándose las condiciones epígea e hipógea con los tipos fanerocotilares o criptocotilares. Hayat (1963) sugirió que la condición criptocotilar en algunas especies de Annonaceae, se debe a un mayor grado de ruminado del endospermo, mientras que en fanerocotilares presentan un menor grado.

CONCLUSIÓN

- La germinación fue epígea y la emergencia de la plántula criptocotilar, proceso que se inicia a los 4 d se puede completar a partir de los 21, lo que conlleva a la presunción de la inexistencia de lactancia.
- El porcentaje promedio de ET fue de 70,6% para testigo y remojo en agua por 24 h y de 77,3% por escarificación con ácido sulfúrico por 1 min, variación con diferencias significativas, pero de escaso valor práctico, dado que se debe manejar una sustancia peligrosa.
- El tiempo promedio (T_{50}) para alcanzar el 50% de la ET varió entre 22 y 30 d; mientras que el lapso entre el 10 y el 90% de la ET ($T_{10} - T_{90}$) varió entre 25 a 32 d, dando pie a establecer que los procesos de germinación y emergencia son tempranos, regulares y uniformes.
- El proceso de germinación y emergencia pudo esquematizarse en seis estados a saber, germinación, aparición del hipocótilo, hipocótilo "cuello de cisne", emergencia del hipocótilo, caída de envolturas seminales, aperturas cotiledonares y presencia de plúmula y plántula completamente formada.

SUMMARY

Effects of soaking in normal water during 24 and 48 hours, at 90°C during 2 and 4 minutes and of chemical stratification with sulfuric acid during 2 and 1 minute on the germination of seeds and emergence of *Annona muricata* seedlings were evaluated. Seeds soaked in water for 24 hours and the witness (without soaking) began the emergence simultaneously at 17, 66 days, while the latest initiation occurred with the treatment soaked with sulfuric acid at 19,33 days. The two soaking treatments in

hot water at 90 °C were lethal to seed since there was no germination. Average total emergency presented significant differences, varying its values between 77,33% for the stratification treatment in sulfuric acid during 1 minute and the soaking of water of 24 hours, while the witness showed 70,66%. Seeds reached from 70 to 77% of total emergency in approximately 30 days, T_{10} - T_{90} presented variations between 25 to 32 days, thus it is considered that these seeds don't present the phenomenon of latency. T50 was located between 23 and 30 days according to the treatments. Germination and emergency were characterized along 6 sequential states. Germination was characterized to be epigeal and cryptocotylar, since seminal covers rise together with cotyledons at emergence.

Key Words: *Annona muricata*; emergency; soaking; seed; latency.

BIBLIOGRAFÍA

ARABAT, R. 1983. Respuestas de las semillas de cinco especies de leguminosas forrajeras a tratamientos para la germinación. Resumen analítico sobre los pastos tropicales. CIAT. Vol 2. p. 24.

BAILEY, H. and E. BAILEY. 1978. Hortus Third. Cornell University Mcmillan. N.Y. 790 p.

BASKIN, C. and J. M. BASKIN. 1998. Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. San Diego Academic Press, p. 666.

CAMPBELL, C. W. and J. POPENOE. 1968. Effect of gibberellic acid on seed dormancy of *Annona diversifolia* saff. Proceeding of the Tropical Region American Society for Horticultural Science Vol. 11:33-36.

CHATROU, L. 1999. Annonaceae and the Annonaceae Project: A brief overview of the state of affairs. Acta Hort. 497:43-49.

CHEN, S. 1993. A preliminary study on dormancy and treatment of four tropical forage seeds. CAB Abstracts 1993. 795 p.

DE SMET, S., P. VAN DAMME, X. SCHELDEMAN and J. ROMERO. 1999. Seed structure and germination of chirimoya (*Annona chirimola* Mill). Acta Hort. 497:269-278.

DE VOGEL, E. F. 1980. Annonaceae. In: Seedlings of dicotyledons.

The Netherlands Centre for Agric. Publishing and Documentation, Puderwaigen, p. 168-181.

DUKE, J. A. 1969. On tropical tree seedlings. I. Seeds, seedlings, systems and systematic. *Ann. Missouri Bot. Garden* 56(2):154-161.

FINNESETH, C., D. LAYNE and R. GENEVE. 1998. Morphological development of the North American pawpaw during germination and seedling emergence. *Hort Science* 33(5):802-805.

FURATANI, S. C., B. H. ZANDSTRA and M. C. PRICE. 1985. Low temperature germination of celery seeds for fluid drilling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:153-156.

GRAU J., P. HIEPKO and P. LEINS. 1992. Fruits and seeds of Annonaceae morphology and its significance for classification and identification. Heft 142. *Biblioteca Botanica, Stuttgart* 101 p.

HAYAT, M. 1963. Morphology of seed germination on seedling of *Annona squamosa*. *Bot. Gaz.* 124:360-362.

HAYAT, M. and J. CANRIGHT. 1965. The developmental anatomy of the Anonáceas. I. Embryo and early seedling structure. *Amer. J. Botany* 52:228-237.

HEIJDEN, E. and F. BOUMAN. 1988. Studies in Annonaceae. X. Seed anatomy of the Annona group. *Bot. Jahrb. Syst.* 110(1):117-135.

MORTON, J. 1986. Fruits of warm climates. Miami FL. J. Morton 505 p.

POPENOE, W. 1974. Manual of tropical and subtropical fruits. New York Hajner Press. (Reprinted from Mc Millan Press, New York. 1920) 474 p.

RAM, CH., G. SHEO, R. CHANDRA and S. GROVIND. 1990. Gibberellic acid, thiourea, Ethrel and acid treatments in relation to seed germination and seedling growth in guava (*Psidium guajava* L.). *CAB Abstracts* 1993-7/95.

WEERAKON, W., G. SENEVIRATME and A. SENEVIRATNE. 1992. Flowering, seed production and germination of use *Sesbania speciosa* as green manure for lowland rice in Sri Lanka. *CAB Abstracts* 1993-7/95.

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 asteriscos 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 utilicelo 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

Corporación Carmen Elena Solórzano
Montaje: Nury Castillo
Fotografía: Esteban Pino
Impresión: Juan Sáez

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

