

 **INSTITUTO DE
INVESTIGACION
AGROPECUARIA DE PANAMA**

ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA Nº 15

PANAMÁ, 2004



ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA N° 15

PANAMÁ, 2004

Revista Ciencia Agropecuaria. Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá. Unidad de Información
y Comunicación. Departamento de Publicaciones.

no. 15 (2004) Anual

142 p .ilus.

ISSN: 0258-6452

1. INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS - PANAMÁ
2. INVESTIGACIONES PECUARIAS - PANAMÁ

Agradecemos Canje

Wir bitten um Austausch - Exchange requested

On demande l'échange - Gradiremmo cambio

JUNTA DIRECTIVA

Licda. Lynette M. Stanziola
Ministra de Desarrollo Agropecuario

Sr. Abelardo Amos
Gerente General del Banco
de Desarrollo Agropecuario
Miembro

Dr. Juan M. Osorio
Decano de la Facultad
Ciencias Agropecuarias
Miembro

Dr. David Berroa Pinzón
Director General del IDIAP
Secretario

CUERPO DIRECTIVO

Dr. David Berroa Pinzón
Director General del IDIAP

Dr. Jaime Moscoso Ponce
Sub-Director General del IDIAP

Ing. Anais Vargas
Secretaria General

Dr. Reinaldo de Armas
Director Nacional de
Investigación Pecuaria

M.Sc. José A. Yau
Director Nacional de
Investigación Agrícola

M.G.A. Luis Pinto
Director Nacional de Productos
y Servicios

Lic. Iván Samaniego
Director Nacional de
Administración y Finanzas

M.S. Franklin Becerra
Director Nacional de
Planificación y Socioeconomía

Ing. Luis Ramos
Director del CIA-Recursos
Genéticos

Dr. Vicente Beros
Director del CIA-Occidental

Ing. Virginia de Rodríguez
Directora del CIA-Central

Ing. Domiciano Herrera
Director del CIA-Azuero

Ing. Gumercindo Frías
Director del CIA-Oriental

Ing. Arturo Fuentes
Director del CIA-Trópico Húmedo

EDITORIA

Elizabeth S. De Freitas G., Ph.D.

COEDITORAS

Sandra A. de Millán, Ing. Agr.

Neysa G. de Rojas, Ing. Agr.

COMITÉ DE REVISIÓN TÉCNICA

Vicente Beros, Dr. Química Industrial

Ismael Camargo, Dr. Genética y Mejoramiento de Plantas

Kilmer von Chong, Ph.D. Fitopatología

Pedro Guerra, M.Sc. Mejoramiento Genético Animal

Román Gordón, M.Sc. Entomología

Pedro Him, Dr. Genética y Mejoramiento de Plantas

José A. Lezcano, M.Sc. Parasitología Agrícola

Rodrigo A. Morales, M.Sc. Fitopatología

Benjamín Name, M.Sc. Edafología

Bolívar Pinzón, M.Sc. Edafología

Juana Ramos Chué, Ph.D. Química Analítica

Esteban Sánchez, Ing. Agr. Fitotecnista

Ciencia Agropecuaria se distribuye a un costo de B/.3.50 (\$3.50) por ejemplar.

La correspondencia relativa a la distribución y canje de ***Ciencia Agropecuaria*** debe dirigirse a Centro de Información Documental Agropecuaria del IDIAP.

Las cartas relacionadas con el contenido editorial deben enviarse al Departamento de Publicaciones a la siguiente dirección:

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Unidad de Información y Comunicación

Departamento de Publicaciones

Apartado 6-4391. El Dorado, Panamá

Tel. 3170519-22 / 7755250 / Fax: 7742607

idiap_pan@cwpanama.net

idiap_dav@cwpanama.net

NORMAS PARA AUTORES

A. NORMAS GENERALES

La revista *Ciencia Agropecuaria* publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de la Ciencia Agrícolas y Pecuarias. Los escritos deben ser enviados a la Directora de la Revista redactados en español. La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con la Directora de la Revista.

Los trabajos aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos presentados. Además, los autores deberán solicitar, cuando sea necesario, los permisos para la publicación de los datos ya reportados.

Los trabajos deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector. Los trabajos deben entregarse en disquetes de computadora 3 1/2". Se debe entregar un original y una copia.

Se recomienda emplear la nomenclatura y simbología recomendada en "Conference of Biological Editors. Committee on Form and Style. Style Manual for Biological Journals". Todas las unidades utilizadas en el escrito deben expresarse en el Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Decimal).

Las fotografías deben de muy buena calidad; deben mostrar con claridad el área de interés para el lector y tomadas con criterio científico, tamaño 10 x 12.5 cm. En algunos casos, la editora solicitará los datos originales para la elaboración de la figura. Los cuadros y leyendas de figuras y fotografías deben ser numerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

B. NORMAS ESPECÍFICAS

1. **ARTÍCULO CIENTÍFICO:** Se estructurará de la siguiente forma. Título (español), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima: Veinte páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.
 - a. **Título:** En mayúsculas, debe expresar en no más de 20 palabras el contenidos, las materias y conceptos claves. Se proporcionara en español e inglés.

- b. **Autores:** Centrado, después del título, se indicaran en orden, primer autor y co-autores. Los títulos, grados académicos, cargos, nombre del (los) autor (es), lugar donde se realizó el trabajo se indicarán el pie de página.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y no exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. Incluye el método experimental, el objetivo de la investigación, los resultados más importante y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.
- d. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes, relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento.
- e. **Materiales y Métodos:** Se expondrán de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología aplicada. Se deberá presentar los detalles necesarios para que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de los datos agrometeorológicos, diseño y métodos de análisis estadístico empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.
- f. **Resultados y Discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada.

En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, sus efectos y sus implicaciones.
- g. **Conclusiones :** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente ordenadas. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
- h. **Recomendaciones:** Esta sección puede estar o no presente en el artículo. En caso de que el autor presente sugerencias, las mismas deberán presentarse en esta sección.

- i. **Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomada en cuenta las recomendaciones del documento sobre Redacción de Referencias Bibliográficas del IICA, 4ª edición.
- j. **Agradecimiento:** Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito deberán presentarse en esta sección.

2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

a. **Notas Científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales o investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso o con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.

b. **Notas Técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa; (4) Temas de interés, científico y tecnológico.

Las notas científicas y técnicas no requieren de separación de acápites ni de subtítulos, deben contener en el texto los antecedentes y deben resaltar claramente el objetivo del trabajo, metodología con énfasis en los procedimientos. Las conclusiones y las recomendaciones deben aparecer en el curso de la discusión de resultados (totales o parciales) alcanzados al tratar el problema.

Las notas deben llevar el título en español e inglés, nombres y dirección de autores e instituciones se anotarán en pie de página. El escrito no debe exceder cinco páginas (21.2 cm x 27.5 cm) incluyendo referencias, cuadros y figuras. Los cuadros no deberán ser más de tres.

3. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

Se estructurarán de la siguiente forma: Título, nombre del autor (es), introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con la Directora de la Revista. Debe tener una extensión máxima de 20 páginas, incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

CONTENIDO

-
- | | |
|---------|---|
| 1-16 | DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA FÍSICA Y ECONÓMICA DE NITRÓGENO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ CONTRA TRES MODELOS DE RESPUESTA, AZUERO, PANAMÁ, 2000-2002.
<i>Román Gordón; Jorge Franco; Andrés González</i> |
| <hr/> | |
| 17-36 | DETERMINACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ, UTILIZANDO EL ANÁLISIS BIPLLOT GGE, EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ, 2002.
<i>Román Gordón; Ismael Camargo; Jorge Franco; Andrés González</i> |
| <hr/> | |
| 37-54 | SUSCEPTIBILIDAD DE GUSANOS CORTADORES (<i>Agrotis ipsilon</i>) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A DOSIS DE INSECTICIDAS DE DIFERENTES GRUPOS TOXICOLÓGICOS EN CERRO PUNTA, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, PANAMÁ, 2003.
<i>José A. Lezcano B.; Marcelino A. Hurtado R.</i> |
| <hr/> | |
| 55-70 | CULTIVARES DE TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill.) BAJO CONDICIONES DE CASAS DE VEGETACIÓN EN LAS LOCALIDADES DE SAN RAMÓN, VOLCANCITO Y ALTO QUIEL, BOQUETE, CHIRIQUÍ, 2000-2001.
<i>Neysa Garrido de Rojas; Campo Serrano</i> |
| <hr/> | |
| 71-88 | EFFECTO DEL CLORURO DE CALCIO SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES.
<i>Omar Chacón P.; Pedro Guerra M.; Ricaurte Quiel; Emigdio Sáenz</i> |
| <hr/> | |
| 89-104 | EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NUTRIMENTOS Y BIOESTIMULANTES SOBRE LA INCIDENCIA DE LA SIGATOKA NEGRA (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) Y LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO AAB, BARÚ, PANAMÁ, 2001-2002.
<i>Leonardo Marcelino; Vilma González</i> |
| <hr/> | |
| 105-124 | EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, LA ADAPTABILIDAD Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ, BAJO CONDICIONES DE SECAÑO Y RIEGO, PANAMÁ, 2002-2003.
<i>Ismael Camargo; Luisa Martínez; Nerys García; Eric Batista; Eduardo Rivera; Rubén Rodríguez; Pedro Him; Eric Quirós; Benjamín Name; Rubén Samaniego; Luis Muñoz; Gabriel Montero</i> |
-

-
- 125-133** EFECTO DE LA SOMATOTROPINA BOVINA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS, BAJO PASTOREO ROTACIONAL EN ÉPOCALLUVIOSA. VOLCÁN, PANAMÁ. 1997.
David Berroa; Luis Wong H.; Eliécer Agudo; Florentino Vega
-

NOTAS TÉCNICAS

- 134** ENSAYO DE OBSERVACIÓN DE HÍBRIDOS Y CULTIVARES DE BERENJENA. DIVISA, PANAMÁ. 1999-2000.
Pedro V. Him H.
-
- 135-143** CONSIDERACIONES SOBRE EL RIESGO ASOCIADO A RECOMENDACIONES DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN.
Florentino Vega B.
-

DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA FÍSICA Y ECONÓMICA DE NITRÓGENO PARA EL CULTIVO DE MAÍZ CON TRES MODELOS DE RESPUESTA, AZUERO, PANAMÁ, 2000-2002.

Román Gordón¹; Jorge Franco²; Andrés González²

RESUMEN

Se estableció un experimento en el cultivo de maíz en 15 localidades de la Región de Azuero en el periodo comprendido entre los años 2000 al 2002. El objetivo del mismo fue el de determinar la dosis óptima de N con una densidad de 6.25 plantas/m² y una distribución del N de 10% a la siembra, 40% a los 20 días después de la siembra (dds) y 50% a los 37 dds. El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron dosis de N desde 0 hasta 350 kg N/ha; la parcela experimental contó de cinco surcos de 5.2 m de largo. Para el cálculo de la dosis económica se consideró una Tasa Mínima de Retorno del 15%, un precio de B/.0.187/kg de maíz y un costo de B/.0.65/kg de N (incluyendo el costo de aplicación). Se evaluaron tres métodos (Linear-Plateau, Cuadrático-Plateau y Cuadrático) para estimar la dosis óptima económica en cada una de las localidades. El modelo Linear-Plateau al sobrestimar los rendimientos cercanos a la dosis de cambio tendió a calcular dosis muy bajas. Por el contrario, el modelo cuadrático estimó dosis de N muy altas. El modelo Cuadrático-Plateau resultó ser el que más se ajustó a los resultados en campo; por consiguiente, identificó la dosis económica más adecuada del nitrógeno. La respuesta a la aplicación de este elemento fue muy variada, en donde se encontraron localidades donde no hubo respuesta y localidades en donde la dosis óptima económica fue alrededor de los 200 kg N/ha.

PALABRAS CLAVES: Maíz; *zea mays*; aplicación de abonos; nitrógeno; dosis de aplicación; Cuadrático-Plateau; Panamá.

¹ Ing Agrónomo, M.Sc. Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panamá. e-mail: rgordon@idiap.gob.pa

² Agrónomo. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panamá. IDIAP.

DETERMINATION OF THE ECONOMIC AND PHYSIC OPTIMAL NITROGEN RATES FOR THE CORN CROP WITH THREE RESPONSE MODEL, AZUERO, PANAMA, 2000-2002.

A corn plantation experiment was carried out on 15 sites of the Azuero Region during 2000 to 2002. The objective of this experiment was to determinate the optimal nitrogen level, with a density of 6.25 plants/m² and a Nitrogen distribution of 10% at the planting date, 40% at 20 days after planting (dap) and 50% at 37 dap. A Complete Randomized Block Design with four replications was used. The evaluated treatments were nitrogen rates from 0 to 350 kg N/ha, the experimental plots counted by five rows of 5.2 m of length. For the calculation of optimal Nitrogen rate, it was considered the Minimal Return Rate of 15%, a price of B/.0.187/kg of corn and a cost of B/.0.65/kg of N (application cost was included). Three methods were evaluated to estimate the economic optimal linear in each one of the sites (Linear-Plateau, Quadratic-Plateau and Quadratic model). The Line-Plateau model when overestimating the near yields to the N quantity of change it spread to calculate very low rates. On the contrary, the Quadratic Model estimated very high rates. The Quadratic-Plateau Model it turned out to be the one that but it was adjusted to the results in field; consequently, it was identified as the most appropriate economic Nitrogen rate. The response to the application of this element was very varied where were sites where there were not response and sites where the best economic rates were around the 200 kg N.

KEY WORDS: Corn; *zea mays*; nitrogen; application doses; optimal nitrogen rate; Panama.

INTRODUCCIÓN

El uso del nitrógeno es considerado como esencial en la producción del cultivo de maíz. A través de muchos estudios se ha podido documentar la importancia de este elemento (Mehdi y col., 1999; Ma y col., 1999; Raun y Johnson, 1999), así como su respuesta positiva a la aplicación de diferentes fuentes que contienen este elemento (Schmidt y col., 2002; Vetsch y Randall, 2000).

Para la producción de maíz en la Región de Azuero se realizan aplicaciones de nitrógeno (en forma de urea), que oscilan entre 70 y 165 kg N/ha, en

uno o dos fraccionamientos. Estudios realizados anteriormente indican que el nivel óptimo económico de la aplicación de N varió de 118 a 197 kg/ha (Jaramillo y col., 1992; Gordón y col., 1992). Todos estos trabajos fueron realizados aplicando 50% de la dosis al momento de la siembra y el otro 50% a los 30 días después de siembra (dds), con una densidad de planta de 5.33 plantas/m² en un arreglo de 75 cm entre hileras y 50 cm entre golpes, dejando dos plantas en cada golpe.

Una gran proporción del N utilizado por los productores en Azuero es aplicado a la superficie del suelo al voleo o por bandas. Estas formas superfi-

ciales de aplicación de fuentes de N amoniacales pueden conducir a pérdidas considerables por volatilización directa o por escorrentía y así contribuir a la baja eficiencia de su uso y, por consiguiente, una mayor contaminación de las aguas subterráneas (Nyamangara y col., 2003; Dinnes y col., 2002; Huggins y col., 2001; Lehrs, 2000).

Trabajos realizados recientemente por Gordón y col. (2000) indican una eficiencia de absorción cercana al 30% cuando la aplicación se fraccionó en dos partes (siembra y 30 dds). Esta eficiencia de uso mejoró cuando se varió el fraccionamiento del nitrógeno en proporciones de 10, 40 y 50% del N a los 0, 20 y 37 dds, respectivamente.

Por otro lado, la selección del modelo o método de análisis de los datos para seleccionar la dosis óptima es muy importante. Un número variable de modelos de respuesta han sido utilizados para identificar la dosis óptima de distintos nutrientes; la literatura presenta numerosos ejemplos que indican que estos modelos difieren en la identificación de la dosis óptima, es decir, cada uno reconoce una dosis óptima diferente (Barreto y Westerman, 1987; Cerrato y Blackmer, 1990). Recientemente, estos últimos autores demostraron que la selección del mejor modelo, sobre otros, merece más atención por parte de los investigadores. Esta decisión puede relacionarse a la

dosis más económica del nutrimento a nivel de campo. Estos mismos autores concluyeron que el modelo Cuadrático-Plateau fue el modelo que mejor describió la respuesta de campo y determinó la dosis económica más aprovechable.

El objetivo de este trabajo fue el de determinar el modelo más adecuado para establecer la dosis que optimiza el rendimiento de grano del cultivo de maíz, a una densidad de 6.25 plantas/m² y una distribución de 10% del N al momento de la siembra, 40% a los 20 dds y el 50% restante a los 37 dds.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron 15 ensayos en distintas localidades de la Región de Azuero en la segunda época de siembra (septiembre-diciembre) durante los años 2000, 2001 y 2002 (Cuadro 1).

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental consistió de cinco surcos de 5.2 m de largo a una densidad teórica de 6.25 plantas/m². Esta población se obtuvo con una distancia de siembra de 80 cm entre hileras y 20 cm entre posturas, dejando una planta por golpe. La parcela efectiva consistió de los tres surcos centrales de la parcela experimental. El ensayo del

año 2000 incluyó 10 tratamientos partiendo de una dosis de 0 kg hasta 280 kg/ha con incrementos de 35 kg/ha; el décimo tratamiento consistió de una parcela adicional sin aplicación de N. En los años 2001 y 2002 se evaluaron nueve tratamientos iniciando con una dosis de 0 kg hasta 350 kg/ha con incrementos de 50 kg/ha; el noveno tratamiento consistió de una segunda parcela sin aplicación de N.

El cultivar utilizado durante los tres años del estudio fue el híbrido de la Pioneer X-1358K. Este fue tratado con el insecticida thiodicarb a razón de 7.0 g i.a./kg de semilla. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimetalina, a razón de 1.5 + 1.5 kg i.a./ha en algunas localidades y de la misma mezcla (atrazina y pendimetalina) más el herbicida glifosato, a razón de 1.64 kg i.a./ha en otras. Todos los ensayos recibieron una fertilización base al momento de la siembra de 60 kg de P_2O_5 /ha utilizando como fuente el Super Fosfato Triple. También se aplicaron 20 kg de S/ha y 10 kg de K/ha, mediante la aplicación de sulfato de potasio. Todos estos nutrimentos fueron aplicados al momento de la siembra en forma de banda continua a 5 cm de la semilla. El nitrógeno, tomando como fuente la urea, se aplicó con el siguiente fraccionamiento: 10% a la siembra, 40% a los 20 dds y 50% a los 37 dds.

Previo al establecimiento de los ensayos, se tomó una muestra de suelo compuesta de 0 a 20 cm de profundidad en cada uno de los bloques para el análisis físico-químico. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del IDIAP y se realizó el análisis según Díaz-Romeu y Hunter (1978).

El análisis de suelo por localidad se observa en el Cuadro 2. Al momento de la cosecha, se tomaron datos de peso de campo de las mazorcas, número de plantas y mazorcas cosechadas, porcentaje de humedad del grano, rendimiento de rastrojo, número de plantas acamadas y altura de planta. Se calcularon los componentes del rendimiento estándares (Bolaños y Barreto, 1991) y se hizo un análisis de varianza combinado por año y a través de años.

Para el análisis de los datos de cada localidad y año fueron evaluados los modelos Linear-Plateau, Cuadrático-Plateau y Cuadrático.

El modelo Linear-Plateau está definido por las ecuaciones [1] y [2]:

$$Y = B_0 + B_1 X \quad \text{sí } X < C \quad [1]$$

$$Y = P \quad \text{sí } X > C \quad [2]$$

En donde Y es rendimiento de grano (t/ha); X la dosis de N aplicada

CUADRO 1. UBICACIÓN Y FECHA DE SIEMBRA DE LAS 15 LOCALIDADES DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE MAÍZ, AZUERO, PANAMÁ, 2002.

Localidades	Latitud	Longitud	Fecha de siembra
2000			
San José-1	7°40.90'	80°14.10'	04-Sep
Paraíso	7°40.45'	80°09.09'	05-Sep
Tablas Abajo	7°47.28'	80°15.23'	06-Sep
Guararé	7°47.70'	80°16.40'	07-Sep
Portobelillo-1	8°02.51'	80°33.60'	14-Sep
2001			
Manantial	7°48.03'	80°13.41'	06-Sep
Paraíso	7°40.45'	80°09.09'	07-Sep
Portobelillo-2	8°02.59'	80°33.78'	11-Sep
San José-2	7°41.90'	80°13.57'	13-Sep
Los Castillos	7°58.36'	80°36.83'	14-Sep
2002			
San José-2	7°41.90'	80°13.57'	03-Sep
Paraíso	7°40.50'	80°09.09'	05-Sep
Tablas Abajo	7°47.28'	80°15.23'	09-Sep
Los Castillos	7°58.29'	80°36.86'	12-Sep
Agua Buena	7°50.07'	80°24.31'	20-Sep

(kg/ha); B_0 el intercepto; B_1 el coeficiente lineal; C la dosis crítica de cambio y P , el rendimiento Plateau.

El Modelo Cuadrático-Plateau es realizado utilizando regresiones no lineales y está definido por las ecuaciones [3] y [4]:

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2 \quad \text{si } X < C \quad [3]$$

$$Y = P \quad \text{si } X > C \quad [4]$$

En donde Y es rendimiento de grano (t/ha); X la dosis de N aplicada (kg/ha); B_0 el intercepto; B_1 el coeficiente lineal, B_2 el coeficiente cuadrático; C la dosis crítica de cambio y P el rendimiento Plateau.

El modelo Cuadrático está definido por la ecuación [5]:

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2 \quad [5]$$

En donde Y es rendimiento de grano (t/ha); X la dosis de N aplicada

CUADRO 2. LOCALIDADES Y ANÁLISIS DE SUELO EN DONDE SE EJECUTARON LOS ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE NITRÓGENO, PANAMÁ, 2002.

Localidades 2000	pH	P mg/kg	K mg/kg	Ca	Mg	Al Cmol/kg	Mn	Fe	M.O. %	Text. %
1. Tablas Abajo	5.4	tr	51	1.19	0.41	0.3	20	21	4.69	26-20-54
2. San José-1	5.1	tr	122	1.32	0.48	0.8	14	29	4.69	26-24-40
3. Paraíso	5.2	2	149	1.13	0.43	0.4	33	28	2.01	30-20-50
4. Portobello-1	5.2	4	82	0.41	0.08	0.5	42	21	4.15	50-44-16
5. Guararé	5.4	tr	71	0.97	0.20	0.4	23	24		40-22-38
2001										
6. Manantial	5.2	20	200	0.70	1.10	0.1	22	22	4.82	28-28-44
7. Paraíso	5.2	12	224	0.84	1.15	0.3	29	29	5.23	26-26-48
8. Portobello-2	5.2	5	78	0.43	0.11	0.2	19	19	4.15	54-32-14
9. San José-2	5.2	11	149	1.29	1.15	0.5	31	31	4.96	30-24-46
10. Los Castillos	5.9	5	71	3.54	1.23	0.1	21	21	3.89	50-36-14
2002										
11. San José-2	4.2	5	121	1.30	0.83	1.6	52	45	4.42	34-26-40
12. Paraíso	4.9	5	86	0.92	0.84	0.3	42	40	4.15	26-26-48
13. Tablas Abajo	5.1	6	59	1.36	1.67	0.2	58	24	2.01	26-24-50
14. Los Castillos	6.0	4	43	3.22	1.99	0.2	*21	26	2.81	48-30-22
15. Agua Buena	6.5	8	141	2.99	1.82	0.2	74	45	2.68	42-28-30

(kg/ha); B_0 el intercepto; B_1 el coeficiente linear, B_2 el coeficiente cuadrático.

El cálculo de la dosis que maximiza los rendimientos (X_0) varía según cada modelo. Para los modelos Cuadrático y Cuadrático-Plateau, la predicción de esta dosis se realizó igualando la primera derivada de las ecuaciones [3] y [5] a cero (ecuación [6]).

En el modelo Linear-Plateau esta dosis óptima, se obtiene en donde ocurre la intersección de la respuesta linear y la línea Plateau (Waugh y col., 1973; Ihnen Goodnight, 1985, citados por Cerrato y Blackmer, 1990).

$$X_0 = -B_1 / 2B_2 \quad [6]$$

Para el modelo Cuadrático-Plateau, el rendimiento Plateau (P) es considerado el rendimiento máximo físico y se calculó de acuerdo a la ecuación [7]:

$$P = B_1 - (B_1^2 / 4B_2) \quad [7]$$

Para los modelos Cuadrático-Plateau y Cuadrático, el cálculo del rendimiento máximo económico fue realizado igualando la primera derivada de las ecuaciones [3] y [5] a la relación de precios relevantes (ecuación [8] y [9]).

$$Rp = P_N(1 + R) / P_M \quad [8]$$

$$N_{eco} = (Rp - B_1) / 2B_2 \quad [9]$$

En donde Rp es la relación de precios; P_N es el precio de 1 kg de N más su costo de aplicación; R es la Tasa Marginal de Retorno; P_M es el precio de campo de 1 kg de maíz. Para este cálculo se consideró una Tasa Mínima de Retorno del 15%, un precio de B/.0.187/kg de maíz y un costo de B/.0.65/kg de N, incluyendo su costo de aplicación (Jauregui y Saín, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Suelo

El análisis de suelo de los sitios muestra la gran variabilidad natural que se puede encontrar en la región maicera de Azuero, en donde los suelos varían de muy ácidos (pH 4.2) a poco ácidos (pH 6.5), con texturas que van de arenoso hasta arcilloso, con algunas localidades consideradas de suelo franco.

En cuanto a la fertilidad, todos los suelos son bajos en fósforo y contenido medio en potasio. Son bajos en aluminio con un porcentaje de materia orgánica de 2.01 a 4.82%. El calcio y el magnesio se encuentran en niveles relativamente bajos, pero no deficitarios o limitantes. Según Jaramillo (1991), los suelos de la región de Azuero están clasificados en el orden Alfisol y se han desarrollado bajo un régimen de humedad ústico.

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA POR AÑO DE LOS ENSAYOS DE RESPUESTA DEL MAÍZ A DISTINTAS DOSIS DE NITRÓGENO, AZUERO PANAMÁ, 2002.

F de V	g.l.	Cuadrados Medios							
		Altura planta	Planta /m ²	Maz/m ²	Maz/planta	Peso maz	Rend	Rend forraje	Acame
2000									
Loc	4	8488.58**	1.54 ^{ns}	1.41*	0.0073*	6788.24**	24.08**	13.15**	68.82*
Rep (loc)	15	391.75	0.27	0.31	0.0012	47.79	0.34	0.96	7.18
N	9	1569.63**	0.12	0.51**	0.0079**	1949.82**	9.37**	7.45**	8.77 ^{ns}
Loc x N	36	445.47**	0.08 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.0017 ^{ns}	274.97**	0.97**	1.34 ^{ns}	4.34 ^{ns}
Error	136	132.28	0.08 ^{ns}	0.12	0.0020	83.64	0.38	1.01	4.82
2001									
Loc	4	20917.23**	0.32**	3.82**	0.12**	9330.74**	21.79**	103.14**	235.69 ^{ns}
Rep (Loc)	15	917.07	0.06	0.52	0.01	265.43	2.11	4.70	138.25
N	8	1255.67**	0.06 ^{ns}	0.87**	0.02**	1937.95**	9.40**	26.71**	142.54**
Loc x N	32	415.04**	0.05 ^{ns}	0.55**	0.01**	893.66**	4.13**	13.59**	41.06 ^{ns}
Error	120	133.80	0.04	0.12	0.003	95.91	0.31	0.68	37.01
2002									
Loc	4	6496.39**	0.85**	2.21**	0.02**	25739.38**	98.87**	328.51**	2588.16**
Rep (loc)	15	409.81	0.09	0.08	0.002	227.12	0.89	3.52	156.07
N	8	3405.56**	0.04 ^{ns}	1.77**	0.04**	5361.84**	24.12**	18.79**	154.81**
Loc x N	32	615.45**	0.03 ^{ns}	0.31**	0.01**	259.27**	1.06**	1.50 ^{ns}	192.65**
Error	120	107.73	0.03	0.16	0.003	76.17	0.33	1.06	63.83

* P<0.05; ** P<0.01; ns = no significativo.

Análisis de Varianza

El análisis de varianza indicó que todas las variables estudiadas presentaron efectos significativos para las fuentes de variación Localidad, Nitrógeno y la interacción Localidad-N (Cuadro 3). Esto indica que las respuestas al N de las variables entre localidades son diferentes, pero las diferencias entre localidades no son explicadas por tendencias paralelas, es decir, hay localidades en donde se encuentra mayor respuesta al N que otras. Para la variable densidad de plantas, muchos de los efectos no son significativos estadísticamente. Esto sugiere un buen manejo de ensayos y que esta variable no tuvo ningún efecto sobre los resultados encontrados.

Análisis de Regresión

El Cuadro 4 presenta los coeficientes obtenidos al correr cada uno de los tres modelos, así como el coeficiente de regresión (R^2) para cada modelo y sitio por año. En este se puede apreciar que todos los modelos poseen R^2 muy parecidos, lo que indica que es muy difícil seleccionar el modelo si se toma en cuenta este parámetro. Resultados similares obtuvieron Cerrato y Blackmer (1990) en el estudio realizado por ellos. La limitante de seleccionar el modelo utilizando el R^2 se puede apreciar en la Figura 1 en donde se observa como ajusta cada uno de los modelos a los datos de una de las locali-

dades estudiadas (Los Castillos, 2001).

El análisis realizado a los datos obtenidos de la localidad de Portobelillo-1 en el 2000 indicó que no hubo respuesta significativa del maíz a la aplicación del N. Resultados similares se encontraron para los ensayos sembrados en las localidades de San José-2 y Manantial del año 2001. La localidad Portobelillo-2 presentó una respuesta lineal a la aplicación de N durante el año 2001. Para el resto de las localidades se encontró respuesta significativa a la aplicación de este elemento (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 se muestra el rendimiento máximo económico predicho de acuerdo a los tres modelos. Se puede observar que los tres modelos logran predecir rendimientos máximos muy similares entre sí, con ligeras diferencias entre los mismos. Por el contrario, la dosis que optimizó el rendimiento de cada modelo difiere significativamente entre cada uno. En todas las localidades la dosis económica es menor (media de 111 kg/ha) cuando se utilizó el modelo Linear-Plateau y la misma es mucho más alta cuando se utilizó el modelo Cuadrático (promedio de 196 kg/ha). El modelo Cuadrático Plateau calculó una dosis intermedia entre los dos modelos anteriores (147 kg/ha). La magnitud de estas diferencias sugiere la necesidad de justificar la selección de un modelo

CUADRO 4. COEFICIENTES DE LAS ECUACIONES DE RESPUESTA Y COEFICIENTES DE REGRESIÓN DE CADA UNO DE LOS TRES MODELOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE LA RESPUESTA DEL MAÍZ A LA APLICACIÓN DE DISTINTAS DOSIS DE N, AZUERO PANAMÁ, 2002.

Localidades	Cuadrático			Lineal Plateau			Cuadrático-Plateau				Cuad		L-Plat	
	B ₀	B ₁	B ₂	B ₀	B ₁	C	Plat	B ₀	B ₁	B ₂	C	Plat	R ²	R ²
1. San José-1	7.02	0.0117	0.000028	6.842	0.02	56	8.10	6.85	0.0262	-0.00013	100.0	8.17	0.40	0.46
2. Paraiso	2.67	0.0288	0.000061	2.794	0.02	157	5.98	2.76	0.0276	-0.00006	230.0	5.93	0.77	0.75
3. Tablas Abajo	3.67	0.0325	0.000066	3.742	0.02	152	7.48	3.66	0.0344	-0.00008	215.0	7.36	0.91	0.90
4. Guararé	4.45	0.0287	0.000075	4.318	0.03	81	6.89	4.32	0.0415	-0.00017	122.0	6.85	0.81	0.83
5. Portobello-1	Sin respuesta a la N			aplicación de N									0.00	0.00
6. Manantial	Sin respuesta a la N			aplicación de N									0.12	0.15
7. Paraiso	4.71	0.0113	0.000022	4.617	0.02	81	5.95	4.84	0.0092	-0.00002	230.0	5.88	0.52	0.51
8. Portobello-2	4.88	0.027	Presentó respuesta lineal	aplicación de N									0.25	0.30
9. San José-2	Sin respuesta a la N			aplicación de N									0.03	0.00
10. Los Castillos	1.97	0.0452	0.000088	1.606	0.06	91	7.03	1.65	0.0675	-0.00021	160.0	7.07	0.91	0.93
11. San José-2	6.90	0.0050	0.000007	6.896	0.01	92	7.62	6.97	0.0057	-0.00001	285.0	7.78	0.53	0.47
12. Paraiso	4.48	0.0188	0.000032	4.563	0.02	146	7.11	4.54	0.0234	-0.00005	235.0	7.28	0.81	0.82
13. Tablas Abajo	4.89	0.0203	0.000039	4.691	0.03	79	7.34	4.91	0.034	-0.00012	140.0	7.32	0.67	0.66
14. Los Castillos	1.90	0.0262	0.000044	1.977	0.03	137	5.61	1.89	0.0379	-0.00001	190.0	5.48	0.80	0.83
15. Agua Buena	1.30	0.0205	0.000031	1.371	0.02	153	4.49	1.27	0.0293	-0.00007	210.0	4.34	0.85	0.89

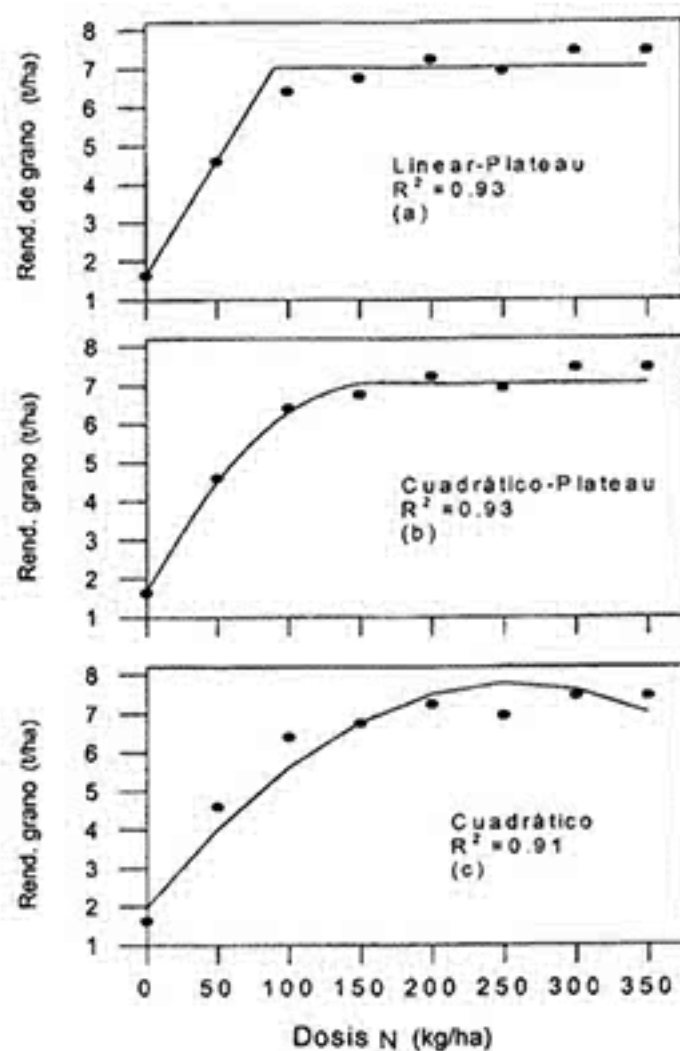


FIGURA 1. EJEMPLO DE COMO CADA MODELO SE AJUSTA A LOS DATOS DE LA LOCALIDAD DE LOS CASTILLOS (2001).

CUADRO 5. RENDIMIENTO MÁXIMO ECONÓMICO Y DOSIS RECOMENDADA.

Localidades	Rend Máx. Eco. (t/ha)			N Máx. Eco. (kg/ha)		
	L-Plat.	C-Plat.	Cuad	L-Plat.	C-Plat.	Cuad
San José-1	8.10	8.14	8.12	56	85	140
Paraíso	5.98	5.87	6.01	157	197	204
Tablas Abajo	7.48	7.31	7.58	152	190	215
Guararé	6.89	6.83	7.15	81	110	165
Portobelillo-1		6.14*				
Manantial		7.22*				
Paraíso	5.95	5.70	5.96	81	130	164
Portobelillo-2		5.26*				
San José-2		5.44*				
Los Castillos	7.03	7.06	7.69	91	151	233
San José-2	7.62	7.38	7.20	92	85	67
Paraíso	7.11	7.20	7.16	146	194	235
Tablas Abajo	7.34	7.29	7.46	79	125	212
Los Castillos	5.61	5.44	5.75	137	170	255
Agua Buena	4.49	4.28	4.58	153	181	268
Promedio	6.69	6.59	6.79	111	147	196

* El valor representa el rendimiento promedio de la localidad.

sobre otro. Hasta el momento, ni el coeficiente de regresión ni los rendimientos máximos estimados por cada uno de los modelos parece ser la clave para determinar el modelo que más se ajusta a los rendimientos obtenidos en campo.

Las Figuras 2 (a) (b) (c) muestran la relación entre la desviación de las dosis de N aplicadas con respecto a la dosis óptima económica estimada por el modelo y los residuos. Estos residuos son calculados al restar del rendimiento obtenido en campo, el rendimiento predicho por el modelo. Valores positivos (encima de la línea hori-

zontal) indican que el modelo subestimó el rendimiento, mientras que, valores negativos (por debajo de la línea horizontal) significan que el modelo sobrestimó el rendimiento calculado.

La Figura 2c muestra como el modelo Cuadrático tiende a sobrestimar el rendimiento cerca de la dosis óptima económica. Debido a la agudeza del modelo Cuadrático las pendientes que están entre el punto en donde se encuentra la dosis económica y de la dosis que maximiza el rendimiento son muy parecidas o varían muy poco. Debido a esto, el modelo usualmente identifica valores inalcanzables para el ren-

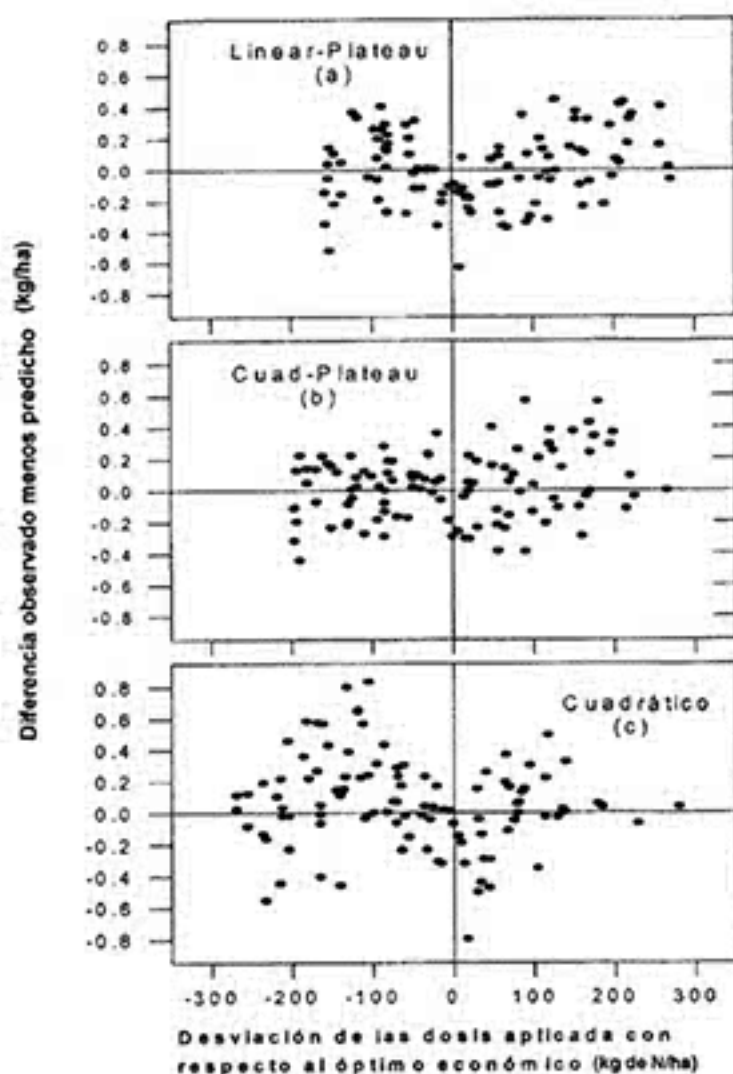


FIGURA 2. RELACIÓN ENTRE LA DIFERENCIA ENTRE LOS VALORES OBSERVADOS Y PREDICHOS POR LOS MODELOS CON LA DESVIACIÓN DE LAS DOSIS UTILIZADAS Y LAS DOSIS DE N QUE OPTIMIZA EL RENDIMIENTO, POR CADA LOCALIDAD. AZUERO, PANAMÁ, 2000-2003.

dimiento óptimo. Esta figura también muestra la tendencia del modelo Cuadrático de sobrestimar las pendientes de la curva de respuesta en las dosis del fertilizante cercanas a la dosis óptima económica. Esta tendencia fue confirmada por el análisis de correlación lineal, el cual muestra una pendiente significativa para los puntos entre -180 y 10 kg/N ha ($r = 0.39$, $P < 0.01$). Cuando se calculó el promedio de las diferencias de los 16 valores para los puntos comprendidos entre -30 y 30 kg N/ha, se obtuvo un media de -149 kg/ha. Esta tendencia es muy importante porque la obtención de la dosis óptima económica utiliza el valor de la pendiente de la curva para su estimado (Cerrato y Blackmer, 1990). Estos datos indican que el modelo Cuadrático tuvo una tendencia de calcular un valor muy alto de la dosis óptima económica para cada una de las localidades estudiadas.

En relación al modelo Linear-Plateau (Figura 2a) los datos indican que este modelo también tiende a sobrestimar los rendimientos predichos cercanos a donde está la dosis óptima económica. Esta tendencia se observó cuando al calcular el promedio de los 16 valores entre la diferencia de las dosis de -30 a 30 kg N/ha el mismo fue de -176 kg/ha. Cerrato y Blackmer (1990) señalan que esta sobrestimación es consistente con la naturaleza de este modelo, el cual tiene una discontinuidad abrupta en el punto identificado

como máximo económico. Dicha discontinuidad abrupta es difícil de aceptar desde un punto de vista biológico. La sobrestimación del rendimiento en esta discontinuidad es causal de identificar dosis óptimas económicas muy bajas.

Al analizar el modelo Cuadrático-Plateau, el cual se observa en la Figura 2b, se observa que los puntos cercanos a la dosis óptima económica están menos dispersos sobre la línea central de la gráfica (dosis óptima económica). El promedio de estos valores fue de -16 kg/ha (promedio obtenido de 18 valores entre los puntos -30 y 30 kg N/ha), este valor fue el menor de los tres modelos evaluados. Estos resultados indican claramente que este modelo es el que más se ajusta a los datos obtenidos en campo. Por lo tanto, el cálculo de la dosis óptima económica resultará el más adecuado. De acuerdo a este modelo las dosis que optimizan el rendimiento en estas localidades osciló entre 85 y 195 kg N/ha, con una media general de 147 kg N/ha. De acuerdo a los datos obtenidos de estos experimentos, hay que tener cuidado al recomendar una dosis general o única para toda la región dada la alta variación encontrada. El pequeño incremento del rendimiento por la aplicación de N en las localidades de Paraíso (2001) y San José (2002) quizás no justificarían la inversión en la aplicación de N.

El rendimiento de grano en las parcelas sin aplicación de N osciló a través de las distintas localidades entre 1.27 y 6.97 t/ha, mientras que el rendimiento máximo o Plateau varió de 4.58 a 8.12 t/ha (Cuadro 4).

CONCLUSIONES

- ❖ De acuerdo a lo observado en este ensayo, la selección del método para estimar el óptimo económico debe ser analizada detalladamente para tomar la mejor decisión y así evitar aplicaciones excesivas o deficitarias de los nutrimentos.
- ❖ El modelo Cuadrático-Plateau resultó ser el de mejor precisión para estimar la dosis económica a recomendar.
- ❖ Se encontró una alta variabilidad en cuanto a la respuesta de la aplicación del N en la producción del cultivo de maíz en la Región de Azuero, con localidades que no respondieron a la aplicación a otras en donde el óptimo económico fue de 197 kg N/ha.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Jot Smyth de la Universidad de Carolina del Norte por su desinteresado aporte en el análisis y discusión de los datos de este experimento.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRETO, H.J.; WESTERMAN, R.L. 1987. YIELDFIT: A computer program for determining economic fertilization rates. *Agron. J.* 16:11-14.
- BOLAÑOS, J.; BARRETO, H. 1991. Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz de 1990. En *Análisis de los Resultados Experimentales del PRM 1990*, Vol. 2. pp. 9-27.
- CERRATO, M. E.; BLACKMERA, M., 1990. Comparison of models for describing corn yield response to Nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 82:138-143.
- DÍAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos y tejidos vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- DINNES, D.L.; KARLEN, D.L.; JAYNES, D.B.; KASPAR, T.C.; HATFIELD, J.L.; COLVIN, T.S.; CAMBARDELLA, C.A. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agron. J.* 94:153-171.
- GORDÓN, R.; DE GRACIA, N.; GONZÁLEZ, A.; FRANCO, J.; PEREIRA, A.de; JARAMILLO, S. 1992. Evaluación de la respuesta física y económica al nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de maíz en la Región de Azuero, Panamá,

1991. *En* Síntesis de los Resultados Experimentales del Programa de Maíz. Panamá, 1991-1992. pp. 135-141.
- GORDÓN, R.; GONZÁLEZ, A.; FRANCO, J. 2000. Manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz. Azuero, Panamá, 1996-1998, 1991. *Ciencia Agropecuaria* (10): 123-134.
- HUGGINS, D.R.; RANDALL, G.W.; RUSSELLE, M.P. 2001. Sub-surface drain losses of water and Nitrate following conversion of perennials to row crops. *Agron. J.* 93: 477-486.
- JARAMILLO, S. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Boletín Técnico No. 38. 70 p.
- JARAMILLO, S.; RUIZ, J.; GONZÁLEZ, A.; PALOMINO, B.; CARRANZA, L.; MORENO, M.; DE GRACIA, N.; DÍAZ, F.; QUIRÓS, E.; HERNÁNDEZ, R.; HERRERA, C.; MIRANDA, C.; FRANCO, J. 1992. Dosis óptimas de N P K para maíz de secano en base a zonas edafoclimáticas y disponibilidad de P y K en el suelo. 17 p. (manuscrito).
- JAUREGUI, M.A.; SAÍN, G. 1990. Continuous economic analysis of crop response to fertilizer in on farm research. CIMMYT. México, D.F. 125 p.
- LEHRSCHE, G.A.; SOJKA, R.E.; WESTERMANN, D.T. 2000. Nitrogen placement, row spacing, and furrow irrigation water positioning effects on corn yield. *Agron. J.* 92: 1266-1275.
- MA, B.L.; DWYER, L.M.; GREGORICH, E.G. 1999. Soil Nitrogen amendment effects on Nitrogen uptake and grain yield of maize. *Agron. J.* 91: 650-656.
- MEHDI, B.B.; MADRAMOOTOO, C.A.; MEHUY, G.R. 1999. Yield and Nitrogen content of corn under different tillage practices *Agron. J.* 91: 631-636.
- NYAMANGARA, J.; BERGSTRÖM, L.F.; PIHA, M. I.; GILLER, K. E. FERTILIZER. 2003. Use efficiency and Nitrate leaching in a tropical sandy soil. *Journal of Environmental Quality* 32: 599-606.
- RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V. 1999. Improving Nitrogen use efficiency for cereal production. *Agron. J.* 91: 357-363.
- SCHMIDT J. P.; DE JOIA, A.J.; FERGUSON, R.B.; TAYLOR, R.K.; YOUNG, R.K.; HAVLIN, J.L. 2002. Corn yield response to Nitrogen at multiple in-field locations. *Agron. J.* 94: 798-806.
- VETSCH J.A.; RANDALL, G.W. 2000. Enhancing no-tillage systems for corn with starter fertilizers, row cleaners, and Nitrogen placement methods. *Agron. J.* 92: 309-331.

DETERMINACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ, UTILIZANDO EL ANÁLISIS BILOT GGE, EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ. 2002.

Román Gordón ¹; Ismael Camargo ²; Jorge Franco ³; Andrés González ³

RESUMEN

Con el objetivo de recomendar el registro de los cultivares de maíz más sobresalientes en el país se sembró un ensayo utilizando 11 ambientes contrastantes de la Región de Azuero. El material genético de este ensayo consistió de 16 híbridos blancos y amarillos experimentales del IDIAP, PRM y de las compañías Pioneer, Monsanto y Cristiani Burkard. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones; las parcelas experimentales consistieron de dos surcos de 5.2 m de largo, separadas a 0.8 m. A los datos se les realizó un análisis de varianza combinado y las medias se separaron mediante las diferencias mínimas significativas (DMS). Para estimar la adaptabilidad y estabilidad de híbridos a los ambientes, se usó el modelo de Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI) y la técnica Biplot GGE (Genotipo + interacción Genotipo-Ambiente). Los análisis estadísticos indicaron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre genotipos, ambientes y la interacción Genotipo-Ambiente, indicando la respuesta diferencial de los híbridos ante los diferentes ambientes. El grupo conformado por C-8007, X-1358K, 30K-75 y P-0102 sobresalieron por su alto rendimiento y buenas características agronómicas a través de todos los ambientes. El análisis de estabilidad identificó a C-8007, X-1358K y P-0102 como los más estables. Este mismo análisis identificó tres grupos-ambientales asociados principalmente a la época de siembra y al número de plantas cosechadas. El primer grupo ambiental estuvo formado por la localidad de El Ejido. El segundo incluyó las cinco localidades sembradas antes del 10 de septiembre y el tercero por las localidades que fueron sembradas después de esta fecha. En el segundo grupo se observó un alto rendimiento (media de 6.8 t/ha), superando significativamente al tercer grupo ambiental (media de 4.38 t/ha). Dada la escasez de lluvia en los meses de noviembre y diciembre, los ensayos sembrados antes del 10 de septiembre, durante el proceso de llenado del grano, no fueron afectados por el estrés hídrico del presente año. El ensayo de El Ejido, a pesar de ser sembrado en agosto, el rendimiento (5.48 t/ha) se vio afectado por la baja población de plantas a la cosecha (media de 4.83 plantas/m²). De acuerdo al análisis de estabilidad este ambiente fue totalmente diferente a los dos grupos-ambientales mencionados anteriormente.

PALABRAS CLAVES: Maíz; *Zea mays*; Biplot GGE; híbridos; evaluación de cultivares; híbridos; análisis de estabilidad; Panamá.

¹ Ing Agrónomo, M.Sc. Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panamá. e-mail: rgordon@idiap.gob.pa

² Ph.D. Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos. Río Hato, Panamá. e-mail: icamargo@idiap.gob.pa

³ Agrónomo. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panamá. IDIAP.

DETERMINATION OF CORN HYBRIDS ADAPTABILITY USING GGE BIPLLOT ANALYSES. AZUERO, PANAMA, 2002.

With the objective of recommending the outstanding corn cultivars in the country was carried out an experiment throughout 11 contrasting environments in the Azuero Region. The genetic materials of this trial consisted of 16 experimental white and yellow hybrids of the IDIAP, PRM and of the companies Pioneer, Monsanto and Cristiani Burkard. A Complete Randomized Block Design with three replications was used. The experimental plots consisted of two rows of 5.2 m of length, separates by 0.8 m. A combined analysis of variances was done and the means was separated by the Least Significant Differences (LSD). To estimate adaptability and stability of hybrids to the environments, it was used the Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI) and Biplot GGE technique (Genotype plus Genotype-Environment interaction). The statistical analysis indicated significant differences ($P < 0.01$) among genotypes, environments and the genotype-environment interaction, indicating the differential response of hybrids at different environments. The hybrid group formatted by C-8007, X-1358K, 30K-75 and P-0102 outstanding by its high yield and well agronomics characteristics throughout all environments. The stability analysis identified at C-8007, X-1358K and P-0102 like to most stables. The same analysis identified three environments groups associated mainly to planting date and the number of harvested plants. The first environmental group was formed by the El Ejido site. The second group included the five sites planted before September 10 and the third by the sites planted after this date. In the second group, a high yield was observed (mean of 6.8 t/ha), overcoming significantly to the third environmental group (mean of 4.38 t/ha). Due to the rainfall scarcity on November and December, the trials planted before September 10, escaped during the grain filling process to the hydric stress at the present year. The El Ejido experiment, in spite of it was sowed on August the yield (5.48 t/ha) was affected by the low number of harvested plants (mean of 4.83 plants/m²). According to stability analyses this site was completely different to the both environmental groups mentioned previously.

KEY WORDS: Corn; *Zea mays*; Biplot GGE; hybrids; evaluation of cultivars; stability analysis; Panama.

INTRODUCCIÓN

La interacción genotipo-ambiente es un fenómeno que afecta el comportamiento de los genotipos cuando son evaluados a través de ambientes contrastantes (localidades, épocas, años, etc.), dificultando la identificación y selección de los genotipos superiores. El análisis de varianza y regresión conjunta, es una metodología empleada ampliamente para explicar la

interacción $G \times A$ (Finlay y Wilkinson 1963; Eberhart y Russell 1966; Perkins y Jinks, 1968).

Técnicas multivariadas también han sido usadas para estudiar los efectos de la interacción Genotipo-Ambiente; por ejemplo, el análisis de componentes principales (ACP), análisis de coordenadas principales, análisis de cluster (Crossa, 1990; Westcott, 1986). El desarrollo del modelo AMMI (Efectos

principales aditivos e interacción multiplicativa), que integra análisis de varianza y de componentes principales (Zobel y col., 1988), ha mostrado su eficiencia para explicar una proporción de la suma de cuadrados de la interacción, superior a la obtenida con el análisis de varianza y regresión conjunta (Gauch y Zobel, 1988; 1989; Zobel y col., 1988; Crossa, 1988; 1990; Crossa y col., 1990; 1991). Por otro lado, independientemente de la metodología empleada para estimar la interacción Genotipo-Ambiente, hay que tener claro a cual concepto de estabilidad se refiere. Becker (1981), Lin y col. (1986), Becker y León (1988) definen conceptos de estabilidad fenotípica que se complementan desde el punto de vista estadístico, biológico y agronómico.

Yan y col. (2000) desarrollaron la metodología Biplot GGE, en la cual se efectúa el análisis gráfico de datos obtenidos en ensayos a través de múltiples ambientes. El término GGE se refiere al efecto principal del Genotipo (G) más la interacción Genotipo-Ambiente (GE), las cuales son dos fuentes de variación muy importantes en la evaluación de cultivares. En una gráfica Biplot (Gabriel, 1971) se muestran simultáneamente tanto los efectos del genotipo como el de los ambientes. En la gráfica Biplot GGE se muestra la interacción Genotipo-Ambiente de datos de ensayos a través de múltiples

ambientes. Esta es construida utilizando los dos primeros ejes de los componentes principales (PCA 1 y PCA 2, los cuales también son referidos como efectos primarios y secundarios, respectivamente), derivados de la descomposición de la interacción Genotipo-Ambiente del análisis de varianza de los ensayos en múltiples ambientes.

La gráfica Biplot GGE muestra el comportamiento de cada genotipo a través de todos los ambientes más el comportamiento de cada genotipo en cada uno de los ambientes evaluados, utilizando para ello un polígono en donde se destacan los mejores cultivares en los vértices del mismo, así como la formación de grupos ambientales llamados en algunos casos Mega o Microambientes.

El presente trabajo tuvo como objetivos: Determinar la adaptabilidad y estabilidad de híbridos de grano amarillo y blanco generados por IDIAP, PRM, CIMMYT y compañías privadas; identificar genotipos promisorios con buena estabilidad de rendimiento y características agronómicas deseables, bajo diversos ambientes de Panamá y utilizar la metodología Biplot GGE para la toma de decisiones en relación a la selección y recomendación de híbridos para siembras comerciales en campos de los productores de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en 11 localidades de la Región de Azuero, en parcelas facilitadas por productores de maíz de las provincias de Herrera y Los Santos, durante la segunda época de siembra (coa) del año 2002 (Cuadro 1).

El grupo de cultivares evaluados provino de diferentes fuentes. Las compañías privadas suministraron 10 genotipos, mientras que el sector oficial contribuyó con seis híbridos. El ensayo incluyó dentro de sus materiales tres genotipos con grano de color blanco y el resto de color amarillo (Cuadro 2).

Todos los experimentos fueron sembrados en el sistema de preparación convencional del suelo. Este consistió en efectuar de dos a tres pases de semi-roma hasta dejar el suelo desmenuzado. La densidad inicial de siembra utilizada fue de 6.25 plantas/m²; esto se logró sembrando surcos separados a 0.80 m y dejando una planta cada 0.20 m. La fertilización consistió en la aplicación de 227 kg/ha de la fórmula química 13-26-6-7 al momento de la siembra, en forma de banda continua a 4 cm de la línea de siembra. Posterior a esta fertilización se realizaron dos aplicaciones suplementarias de urea; la primera, a los 20 días después de siembra (dds), a razón de 114 kg/ha y, una segunda, a los 37 dds a razón de 136 kg/ha.

El control de malezas consistió en la aplicación en pre-emergencia de la mezcla de atrazina y pendimetalina a razón de 1.5 y 1.65 kg i.a./ha. En algunas localidades se añadió a la mezcla el herbicida glifosato a razón de 1.84 kg i.a./ha, debido a que al momento de la siembra había malezas presentes. En las localidades de Guararé y Paraiso se tuvo que realizar una aplicación suplementaria a los 12 dds del herbicida halosulfurón metil, a razón de 60 g i.a./ha, para el control del *Cyperus rotundus*.

Los datos tomados incluyeron caracteres cuantitativos, que son altamente influenciados por el ambiente como: altura de planta y mazorca, rendimiento de grano y caracteres cualitativos, que son pocos influenciados por el ambiente como: días a floración femenina, número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha, porcentaje de plantas acamadas, porcentaje de mazorcas podridas, humedad del grano, aspecto de planta y mazorca y la evaluación de las principales enfermedades al follaje (*Curvularia* sp. y *Physoderma maydis*).

Se tomaron datos de precipitación pluvial en ocho pluviómetros ubicados en zonas adyacentes a los ensayos. Los datos obtenidos en Pedasí, Pocrí, Las Cocobolas, Tablas Abajo y Regadío fueron suministrados por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y los otros tres por colaboradores del IDIAP (Ciénega Larga, El Ejido y París).

CUADRO 1. UBICACIÓN, FECHA DE SIEMBRA Y COSECHA DE LAS 11 LOCALIDADES DEL ENSAYO DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ, AZUERO, PANAMÁ, 2002.

	Localidad	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
1.	Portobellillo	Herrera	Parita	8°02.540'	80°34.089'	11-Sep-02	11-Ene-03
2.	Los Castillos	Herrera	Parita	7°58.276'	80°36.846'	12-Sep-02	13-Ene-03
3.	El Ejido	Los Santos	Los Santos	7°54.488'	80°22.307'	29-Ago-02	28-Ene-03
4.	Agua Buena	Los Santos	Los Santos	7°50.066'	80°24.307'	20-Sep-02	20-Ene-03
5.	Regadio	Los Santos	Guararé	7°49.149'	80°17.436'	02-Sep-02	3-Ene-03
6.	La Enea	Los Santos	Guararé	7°51.082'	80°16.467'	17-Sep-02	17-Ene-03
7.	Tablas Abajo	Los Santos	Las Tablas	7°47.271'	80°15.209'	09-Sep-02	9-Ene-03
8.	San José	Los Santos	Las Tablas	7°41.814'	80°13.586'	04-Sep-02	4-Ene-03
9.	Paraíso	Los Santos	Pocri	7°40.403'	80°09.043'	05-Sep-02	5-Ene-03
10.	La Yeguada	Los Santos	Pocri	7°40.110'	80°05.783'	10-Sep-02	10-Ene-03
11.	Mariabé	Los Santos	Pedasi	7°33.304'	80°02.523'	24-Sep-02	24-Ene-03

El tamaño de las parcelas experimentales consistió de dos surcos de 5.2 m. Para la ejecución en campo se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$X_{ijl} = \mu + G_i + B_{j/L} + A_L + (GA)_{il} + e_{ijk}$$

en donde:

- X_{ijl} = Valor del carácter estudiado
 μ = Media general
 G_i = Efecto de genotipo
 $B_{j/L}$ = Efecto de bloques dentro de repetición
 A_L = Efecto de ambiente
 $(GA)_{il}$ = Efecto de la interacción Genotipo Ambiente
 e_{ijk} = Error experimental

Se realizó un análisis de varianza combinado, considerando un modelo mixto (ambiente aleatorio y genotipo fijo). Para la separación de medias se utilizó el análisis de separación de medias de rendimiento, a través de las diferencias mínimas significativas (DMS). Para el análisis estadístico de las variables, porcentaje de plantas acamadas y porcentaje de mazorcas podridas, se realizó el análisis de la variable transformada por el método de la raíz cuadrada más un medio:

$$(\sqrt{x+0.5}).$$

Para el análisis de estabilidad se utilizó el modelo Efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), que integra el análisis de varianza y el de componentes principales (Zobel y col., 1988; Yan y col., 2000). El modelo matemático es:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum^N \lambda_n Y_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

en donde:

- Y_{ge} = Rendimiento medio de un genotipo g en un ambiente e
 μ = Media general
 α_g = Efecto de las desviaciones de las medias de los genotipos
 β_e = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente
 N = Número de PCA retenidos en el modelo
 λ_n = Es el valor singular para el PCA
 Y_{gn} = Son los valores de vectores de los genotipos (PCA)
 δ_{en} = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)
 ρ_{ge} = Residual

CUADRO 2. NOMBRE Y ORIGEN DE HÍBRIDOS EVALUADOS EN LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ, 2002.

	Cultivar	Color del grano	Origen
1.	X-1358K	Amarillo	Pioneer
2.	3041	Amarillo	Pioneer
3.	3031	Amarillo	Pioneer
4.	3018	Amarillo	Pioneer
5.	P-0106	Amarillo	IDIAP
6.	P-0108	Amarillo	IDIAP
7.	PB-0105	Blanco	IDIAP
8.	C-806	Amarillo	Monsanto
9.	C-8007	Amarillo	Monsanto
10.	P-0104	Amarillo	IDIAP
11.	PB-0109	Blanco	IDIAP
12.	P-0102	Amarillo	IDIAP
13.	HS-10	Amarillo	Cristiani Burkard
14.	HS-21	Blanco	Cristiani Burkard
15.	30F-80	Amarillo	Pioneer
16.	30K-75	Amarillo	Pioneer

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza combinado del rendimiento y algunas características agronómicas se puede observar en el Cuadro 3. El mismo indica una alta diferencia entre ambientes y cultivares para todas las variables estudiadas. La interacción genotipo-ambiente resultó altamente significativa ($P < 0.01$) para todas las variables estudiadas con excepción de la variable relación de la al-

tura de la mazorca con respecto a la altura de planta (Almz/Alpt). Las variables aspecto de planta y mazorcas no presentaron diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación que comprendía el modelo estudiado.

Efecto de Ambientes

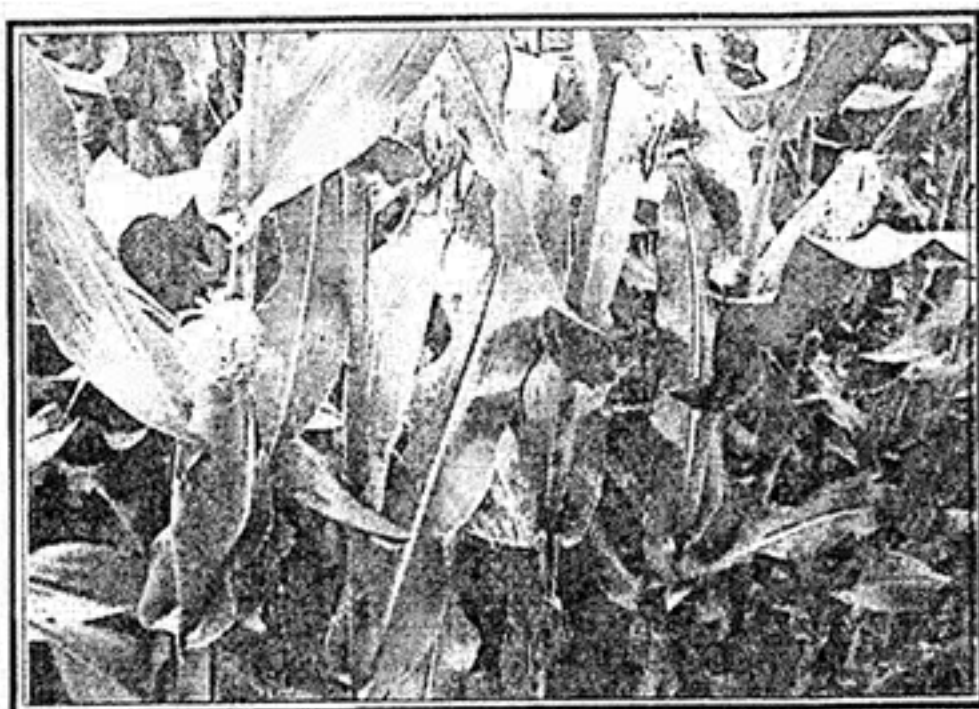
El año 2002 se caracterizó por tener una precipitación de 587.7 mm

en los meses anteriores a la siembra de los ensayos (abril-agosto); ésta se puede considerar dentro de los valores promedios de la precipitación del período 1995-2002 (601.5 mm de precipitación en dicho período). En relación a los meses de ejecución de los ensayos se observó una baja precipitación en el mes de septiembre en los distritos de Los Santos y Guararé, mientras que en Parita y Pedasí se observaron las mayores precipitaciones. El mes de octubre registró lluvias dentro los parámetros normales en la mayoría de las localidades, con excepción del Regadío de Guararé. Los meses de noviembre y diciembre se caracterizaron por una escasa precipitación, muy por debajo de los registros promedios para estos meses en la Región. De acuerdo al análisis de varianza, el ambiente capturó el 68% de la suma de cuadrados total del experimento, lo que sugiere que la mayor variabilidad del experimento se debió al efecto de los distintos ambientes. El Cuadro 4 presenta el rendimiento de grano y algunas de las variables medidas por localidad. El rendimiento promedio a través de las once localidades muestreadas fue de 5.57 t/ha, pero el mismo se vio afectado por la época de siembra de los ensayos.

Se pueden identificar tres grupos ambientales o dominios de recomendación de acuerdo a la fecha de siembra y al número de plantas cosechadas. El primer grupo (Grupo ambiental

A) lo conformó la localidad de El Ejido (sembrado el 29 de agosto y una densidad de 4.83 plantas/m² a la cosecha); el segundo grupo (Grupo ambiental B) lo conforman las localidades de Guararé, San José, Paraíso, Tablas Abajo y La Yeguada; este grupo tiene en común que todos los ensayos fueron sembrados entre el 2 al 10 de septiembre y densidad próxima a 6.00 plantas/m² a la cosecha. El tercer grupo (Grupo ambiental C) lo formaron las localidades de Portobelillo, Los Castillos, La Enea, Agua Buena y Mariabé, sembrados del 11 de septiembre en adelante y densidades de plantas similar al grupo B.

La baja precipitación pluvial de los meses de noviembre y diciembre afectó de manera significativa gran parte de la fase de llenado del grano. En especial, a la etapa que comprende de la antesis (50 dds) al estado R4 o Estado de Masa (80 dds). En cuatro de las cinco localidades del Grupo C se registró una precipitación menor a los 50 mm de lluvia (promedio de 44.7 mm) durante ese período (50-80 dds), lo que se tradujo en rendimientos menores de 5.23 t/ha y pesos de mazorcas menores de 90 g. Al observar la precipitación acumulada en esta fase crítica del desarrollo del cultivo en las localidades del Grupo B, se puede observar que en todas la lluvia sobrepasó los 100 mm (promedio de 218.1 mm). Esta situación se tradujo en que todas las localidades presentaron un rendimiento



CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS Y GRADOS DE LIBERTAD DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DEL RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL ENSAYO DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ. AZUERO, 2002.

F. de V	g.l.	Rend	Alpt	ptm ²	mzm ²	mz/pt	Pmz	Aca	Pud	Almz/ Alpt	Curv	Phys
Ambiente	10	83.75**	4700.3**	7.09**	4.94**	0.059**	21024.4**	0.45**	0.009**	0.023**	9.51**	3.21**
Rep (Amb)	22	2.10	531.9	0.35	0.50	0.003	313.6	0.02	0.001	0.007	0.31	0.15
Genotipo	15	8.14**	2448.1**	0.28**	0.61**	0.005**	1674.6**	0.14**	0.005**	0.014**	1.94**	0.23**
Gen x Amb	150	0.71**	146.8*	0.12**	0.22**	0.003**	201.1**	0.01**	0.001**	0.001 ^{n.s.}	0.14**	0.10**
Error	330	0.37	111.7	0.08	0.12	0.002	108.5	0.01	0.001	0.001	0.001	0.05
C.V. (%)		10.9	4.7	4.7	6.0	4.9	10.7	9.0	3.1	6.1	11.2	9.8

** = diferencias estadísticas $P < 0.01$ y $P < 0.05$, respectivamente. ^{n.s.} = no hay diferencias significativas

Rend = Rendimiento de grano, Alpt = Altura de planta, Ptm² = Plantas por metro cuadrado, Mzm² = Mazorcas por metro cuadrado, Mz/Pt = Mazorcas por planta, Pmz = Peso de mazorcas, Aca = % plantas acamadas, Pud = % mazorcas podridas, Curv = Curvatura, Phys = Physodermia, Almz/Alpt = relación altura de mazorca y altura de planta.

CUADRO 4. FECHA DE SIEMBRA, PROMEDIO DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ SEGÚN LOCALIDADES. AZUERO, PANAMÁ, 2002.

	Fecha. Siembra	ppt 50-80 dds	Rend (t/ha)	ptm ²	Alpt (cm)	Mz/Pt	Pmz (g)	Acame (%)	Pud (%)	Almz/ Alpt	Curv (1-5)	Phys (1-5)
Grupo A												
Prom. 11 Localidades			5.57	5.87	227	0.98	97.2	33.3	5.9	0.54	2.6	2.4
Grupo B (Localidades sin estrés hídrico)												
El Ejido	29 Ago	139.0	5.48	4.83	212	1.05	108.5	42.2	8.6	0.55	2.6	
Regadio	2 Sep	109.3	7.71	6.15	232	0.99	126.2	36.8	2.7	0.54	3.3	2.7
San José	4 Sep	202.3	7.02	6.08	235	0.98	117.9	23.6	6.3	0.54	3.2	2.8
Paraiso	5 Sep	332.3	6.09	6.12	239	0.98	101.8	59.9	8.6	0.51	2.4	2.2
Tablas Abajo	9 Sep	165.5	6.46	5.96	230	0.96	112.8	17.6	2.3	0.56	3.0	2.5
La Yeguada	10 Sep	281.3	6.62	5.95	237	0.99	113.4	27.8	6.9	0.52	2.2	2.2
Promedio		218.1	6.78	6.05	235	0.98	114.4	33.2	5.4	0.53	2.8	2.5
Grupo C (Localidades con estrés hídrico)												
Portobello	11 Sep	74.0	3.74	6.09	217	0.97	63.5	29.9	4.9	0.55	2.7	2.1
Los Castillos	13 Sep	44.0	5.23	5.90	218	1.00	89.2	13.9	7.1	0.55	2.6	2.3
La Enea	17 Sep	40.0	4.80	5.55	228	0.97	89.3	36.8	5.8	0.54	2.0	2.2
Agua Buena	20 Sep	30.0	3.95	6.06	235	0.96	68.2	67.7	5.9	0.52	2.1	2.5
Mariabé	24 Sep	35.7	4.20	5.93	214	0.90	78.5	9.7	5.5	0.59	2.2	2.0
Promedio		44.7	4.38	5.90	223	0.96	77.7	31.6	5.8	0.55	2.3	2.2

ppt = precipitación, dds = días después de siembra.

superior a las 6.00 t/ha (media general de 6.78 t/ha) y pesos de mazorcas superiores a los 100 g. Este efecto se puede apreciar mejor al comparar las dos localidades del distrito de Guararé, cuya diferencia en época de siembra fue de 15 días (2 y 17 de septiembre).

Las diferencias en la época de siembra significó una diferencia de 70 mm de lluvia en la etapa de antesis-estado de masa; lo que se tradujo en una diferencia en rendimiento de aproximadamente 3.0 t/ha, con poblaciones de plantas al momento de la cosecha similares estadísticamente entre sí.

La localidad de El Ejido se comportó distinta a estos dos grupos. A pesar de escapar del estrés de agua y producir mazorcas con buen peso (media de 108 g), el rendimiento fue menor de 6.00 t/ha, debido principalmente a la baja población de plantas al momento de la cosecha (4.83 plantas/m²). Otra variable afectada por esta situación, se observó en el número de mazorcas por planta, las localidades del grupo B presentaron valores mayores (0.98 mz/planta) que las localidades del grupo C (media de 0.96). Las variables porcentaje de plantas acamadas, mazorcas por plantas, porcentaje de mazorcas podridas, enfermedades foliares y la posición de la mazorca con respecto al tamaño de plantas no difirieron significativamente entre los tres grupos.

El alto porcentaje de acame que se observó en localidades de Paraíso, Agua Buena y La Enea (59.9, 67.7 y 36.8%) se debió a que las mismas fueron afectadas por fuertes vientos en el desarrollo del cultivo. En la localidad de El Ejido el factor que incidió en el alto porcentaje de acame fue la cosecha de manera tardía, es decir, se cosechó a los 152 días después de la siembra. Las localidades con el menor porcentaje de plantas acamadas fueron Mariabé, Los Castillos y Tablas Abajo con 9.7, 13.9 y 17.6%, respectivamente.

Efecto de Genotipos

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano, logrando capturar el 10% de la suma de cuadrados del análisis de varianza de esta variable. El Cuadro 5 muestra la media de rendimiento de las 11 localidades, así como el comportamiento de los cultivares en los tres grupos ambientales definidos.

De los cultivares evaluados, 10 sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa el híbrido C-8007 con una media de 6.71 t/ha. Le siguió a este híbrido el grupo de cultivares formado por los híbridos de Pioneer X-1358K y 30K-75 y el híbrido nacional P-0102 con medias de

rendimiento de 6.09, 5.95 y 5.87 t/ha, respectivamente. A estos cultivares le siguió un segundo grupo conformado por los híbridos nacionales PB-0109, PB-0105, P-0104 y los híbridos importados 3041, HS-21 y 30F-80. En cuanto a la población de plantas al momento de la cosecha, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre ninguno de los cultivares mencionados, lo que sugiere que las diferencias en rendimientos se deben al potencial de rendimiento y adaptabilidad de cada uno de ellos y no de la cantidad de plantas cosechadas.

En relación a las otras características evaluadas se puede apreciar en el Cuadro 6, los promedios obtenidos para cada una de las variables medidas a través de las 11 localidades. Todos los cultivares son muy similares en su precocidad, es decir, el rango de valores de la floración osciló entre 53 a 55 dds. Con respecto a la altura de las plantas, el híbrido de menor estatura fue el 30K-75 (204 cm), seguido por los híbridos HS-10, C-806 y 30F-80. Las medidas de la altura de la mazorca variaron entre 114 a 133 cm, siendo los híbridos C-806 y X-1358K los cultivares con la posición más baja en este componente.

En cuanto a las principales enfermedades foliares (*Curvularia* sp. y *Physoderma maydis*), no se observó diferencias significativas entre los

cultivares evaluados. De acuerdo a la evaluación en campo, ninguno de los híbridos presentó una calificación superior a 3.0, lo que sugiere que este año, ambas enfermedades no se presentaron en intensidades suficientes para ser una limitante en el desarrollo del cultivo. La baja precipitación en los meses de noviembre y diciembre pudo haber sido el factor que indujo a esta baja incidencia de estos hongos. La otra enfermedad causante de pérdidas en el cultivo, lo es el complejo de hongos que ataca la mazorca (*Diplodia maydis* y *Fusarium* sp.). Al igual que las enfermedades foliares, el porcentaje de mazorcas podridas fue relativamente bajo. Los cultivares 30F-80, HS-21 y HS-10 presentaron los valores más bajos (3.2, 3.4 y 3.8%, respectivamente), mientras que los porcentajes más altos se obtuvieron con los cultivares C-806 y 3041.

En la evaluación del porcentaje de plantas acamadas se encontró diferencias altamente significativas entre los cultivares evaluados. Los altos porcentajes registrados este año, pueden estar estrechamente relacionados con la falta de humedad en las etapas finales del cultivo. Los cultivares de la casa Pioneer 30F-80, X-1358K y 30K-75 sobresalieron por presentar los valores más bajos (menos de 20% de acame). Este resultado puede estar asociado con la baja estatura de los mismos, así como la baja altura de la mazorca.

CUADRO 5. RENDIMIENTO POBLACIÓN DE PLANTAS Y PESO DE MAZORCA DE LOS HÍBRIDOS EVALUADOS. PANAMÁ, 2002.

Cultivares	Rend (t/ha)				ptm ²				Pmz (gr)			
	11 loc.	A	B	C	11 loc.	A	B	C	11 loc.	A	B	C
1. C-8007	6.71	5.76	8.34	5.27	5.94	4.77	6.03	6.07	114.4	111.4	140.2	89.3
2. X-1358K	6.09	5.22	7.59	4.75	5.89	4.41	5.99	6.08	104.6	113.9	128.0	79.4
3. 30K-75	5.95	5.12	7.23	4.84	5.94	4.77	6.11	6.02	100.3	97.4	118.5	82.8
4. P-0102	5.87	4.96	7.57	4.35	5.82	4.29	6.07	5.87	102.4	112.1	124.5	78.3
5. PB-0109	5.79	6.27	6.96	4.52	5.93	5.25	5.99	6.00	100.5	112.3	119.5	79.1
6. PB-0105	5.75	6.58	6.97	4.37	5.97	5.17	6.13	5.96	99.1	122.0	116.3	77.3
7. P-0104	5.73	6.59	6.91	4.38	5.91	4.93	6.05	5.96	102.1	134.1	118.8	79.1
8. 3041	5.67	6.04	7.01	4.26	5.97	5.37	6.09	5.96	95.5	103.7	115.7	73.7
9. HS-21	5.67	6.00	6.99	4.27	5.95	4.97	6.12	5.98	98.1	119.9	118.1	73.8
10. 30F-80	5.63	5.54	6.83	4.44	5.94	5.13	6.11	5.94	96.4	96.5	115.2	77.6
11. 3031	5.25	5.33	6.35	4.14	5.77	4.85	5.96	5.77	94.5	107.5	109.4	76.9
12. HS-10	5.24	5.83	6.02	4.34	5.95	4.61	6.13	6.03	91.0	120.0	99.7	76.6
13. P-0106	5.10	4.74	6.21	4.06	5.77	4.85	6.01	5.71	89.6	91.4	103.4	75.5
14. P-0108	5.09	5.22	6.02	4.13	5.72	5.21	5.88	5.65	91.5	95.5	105.3	76.9
15. 3018	4.88	4.45	5.64	4.21	5.73	3.97	6.03	5.78	89.6	110.6	98.1	76.9
16. C-806	4.78	4.12	5.87	3.81	5.77	4.69	6.11	5.65	85.5	87.2	100.2	70.6
Promedio	5.57	5.48	6.78	4.38	5.87	4.83	6.05	5.90	97.2	108.5	114.4	77.7
DMS	0.29	0.93	0.45	0.41	0.13	0.68	0.13	0.19	5.04	24.1	7.6	6.9

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ SEGÚN CULTIVARES. PANAMÁ, 2002.

	Flor días	Alpt cm	Almz cm	Maz/m ²	Maz/pt	Aca (%)	Mz pod (%)	Curv (1-5)	Phys (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	Almz/ Almp
1. C-8007	53	228	123	5.87	0.99	47.5	5.8	2.6	2.6	3.2	2.4	0.54
2. X-1358K	54	231	115	5.81	0.99	16.0	4.4	2.3	2.4	3.0	3.2	0.50
3. 30K-75	53	204	116	5.93	1.00	16.0	7.7	2.5	2.5	2.8	2.9	0.57
4. P-0102	55	239	133	5.70	0.98	34.1	5.7	2.4	2.3	3.3	3.1	0.56
5. PB-0109	54	222	124	5.78	0.98	33.4	5.7	2.4	2.2	3.1	2.9	0.56
6. PB-0105	54	231	129	5.79	0.97	48.7	4.6	2.6	2.3	3.3	2.9	0.56
7. P-0104	53	230	127	5.64	0.95	43.7	4.4	2.7	2.3	3.3	2.9	0.55
8. 3041	54	230	121	5.93	0.99	25.2	8.8	2.5	2.3	2.9	3.3	0.53
9. HS-21	53	224	120	5.79	0.97	41.0	3.4	3.0	2.4	2.8	2.8	0.53
10. 30F-80	55	221	121	5.80	0.98	9.8	3.2	2.3	2.5	2.8	3.1	0.55
11. 3031	54	231	119	5.56	0.96	32.0	7.0	2.4	2.3	3.1	3.1	0.52
12. HS-10	53	219	125	5.78	0.97	43.4	3.8	2.5	2.3	3.2	3.2	0.57
13. P-0105	54	234	128	5.64	0.98	47.0	7.8	2.9	2.4	3.5	3.2	0.55
14. P-0106	54	238	129	5.56	0.97	35.5	5.9	3.0	2.4	3.4	3.0	0.54
15. 3018	54	230	118	5.49	0.96	31.2	7.2	2.6	2.4	3.1	3.2	0.51
16. C-806	53	220	114	5.58	0.97	27.8	8.8	2.4	2.4	3.1	3.3	0.52
Promedio	54	227	123	5.73	0.98	33.3	5.9	2.6	2.4	3.1	3.0	0.54
DMS		5	3.6	0.17	0.02	7.5	1.7	0.1	0.1			0.01

Los cultivares como el PB-0105, C-8007, P-0106, P-0104, HS-10 y HS-21 presentaron porcentajes de plantas acamadas superiores al 40%.

Interacción Genotipo-Ambiente

Para la interpretación de la interacción genotipo-ambiente se utilizó el modelo efectos principales aditivos e interacción multiplicativa conocido como AMMI (Cuadro 7). El resultado de este análisis indicó que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 52% de la interacción genotipo-ambiente con tan sólo el 31% de los grados de libertad. El PCA-1 explicó el 30%, mientras que el PCA-2 fue responsable del 22% con el 16 y 15% de los grados de libertad, respectivamente.

En el Cuadro 8 se presentan las puntuaciones o valores AMMI, tanto de los 16 cultivares como de las 11 localidades, los mismos presentan diferentes patrones de interacción. De acuerdo a las puntuaciones de ambos ejes (PCA-1 y PCA-2) los cultivares más estables y con mejor rendimiento fueron el C-8007, X-1358K y P-0102.

De acuerdo a Yan y col. (2000), al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales (PCA1 y PCA2), se puede formar un polígono con los cultivares que quedan en la parte externa de la figura (C-8007, HS-21, P-0104, HS-10, 3018, P-0106, 30K-75 y X-

1358K). Los cultivares localizados en los vértices son considerados los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación. En la Figura 1 se pueden identificar claramente tres grupos ambientales; el primer grupo (Grupo Ambiental A) lo forma la localidad de El Ejido (EJ), el segundo (Grupo Ambiental B) lo constituyeron las localidades de Regadío (GU), San José (SJ), Tablas Abajo (TA), Paraíso (PA) y La Yeguada (LY); este grupo de localidades se destacó por su alto potencial de rendimiento. El tercer grupo (Grupo Ambiental C) lo conforman las localidades de Portobelillo (PO), Los Castillos (LC), La Enea (LE), Agua Buena (AB) y Mariabé (MA), con un bajo potencial de rendimiento.

Con relación a la interacción de los genotipos y el ambiente, la Figura 1 muestra los cultivares que se comportaron mejor en cada uno, es decir, según los datos obtenidos, los híbridos C-8007, X-1358K, P-0102 y 30K-75 tuvieron muy buen comportamiento en las localidades de San José, Paraíso y Tablas Abajo. Esto se visualiza por estar en la misma dirección y cuadrante de estas localidades. Por otra parte, se puede observar que los cultivares 3031, P-0108, HS-10, 3018, C-806 y P-0106 tuvieron un mejor comportamiento en las localidades del Grupo Ambiental C. En la localidad de El Ejido se destacaron los cultivares PB-0109, PB-0105 y P-0104.

CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ, 2002.

F de V.	g.l.	SC	C. M.	F	P > F
Rep	2	14.267	7.134	16.13	0.0001
Amb	10	837.527	83.753	189.37	0.0001
Gen	15	122.115	8.141	18.41	0.0001
Gen x Amb	150	106.673	0.711	1.61	0.0002
PCA-1	24	32.151	1.340	3.03	0.0000
PCA-2	22	23.873	1.085	2.45	0.0004
PCA-3	20	17.185	0.859	1.94	0.0094
Residuo	84	33.465	1.340	0.90	
Error	350	154.794	0.442		

CONCLUSIONES

Se logró identificar que el grupo de híbridos formado por C-8007, X-1358K, P-0102 y 30K-75 presenta una buena adaptabilidad y buen rendimiento de grano.

Bajo las condiciones climáticas del presente año se observó un efecto significativo en la época de siembra sobre el rendimiento de grano, siendo la siembra antes del 10 de septiembre la más recomendable para obtener buenos rendimientos.

Los híbridos nacionales PB-0109, PB-0105, P-0104 y los híbridos importados 3041, HS-21 y 30F-80 superaron la media de rendimiento de todas las localidades.

RECOMENDACIONES

Dado los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda la inscripción de los nuevos híbridos C-8007, P-0102, 30K-75, PB-0105, PB-0109 y 30F-80.

CUADRO 8. PUNTUACIONES DE LOS DOS EJES CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO SEGÚN CULTIVAR Y LOCALIDAD. AZUERO, PANAMÁ, 2002.

Híbrido	Rend (t/ha)	Puntuación PCA-1	Puntuación PCA-2	Localidad	Rend (t/ha)	Puntuación PCA-1	Puntuación PCA-2	
C-8007	(D07)	6.71	0.856	-0.100	El Ejido	5.48	-0.807	1.061
X-1358K	(58K)	6.09	0.645	-0.343	Regadio	7.71	0.695	0.550
30K-75	(K75)	5.95	0.226	-0.550	San José	7.02	0.564	0.081
P-0102	(P02)	5.87	0.766	-0.271	Paraiso	6.09	0.646	-0.085
PB-0109	(P09)	5.79	-0.175	0.348	Tablas Abajo	6.46	0.409	-0.708
PB-0105	(P05)	5.75	-0.147	0.464	La Yeguada	6.62	0.413	0.531
P-0104	(P04)	5.73	-0.215	0.725	Portobello	3.74	-0.722	-0.427
C-806	(C06)	4.78	-0.114	-0.212	Los Castillos	5.23	-0.351	-0.534
3041	(X41)	5.67	0.131	0.459	La Enea	4.80	0.053	-0.327
HS-21	(H21)	5.67	0.236	0.433	Agua Buena	3.95	-0.532	-0.143
30F-80	(F80)	5.63	0.115	0.493	Manabé	4.20	-0.369	0.001
3031	(X31)	5.25	-0.232	0.015				
HS-10	(H10)	5.24	-0.765	-0.245				
P-0106	(P06)	5.10	-0.247	-0.635				
P-0108	(P08)	5.09	-0.491	-0.029				
3018	(X18)	4.88	-0.590	-0.552				

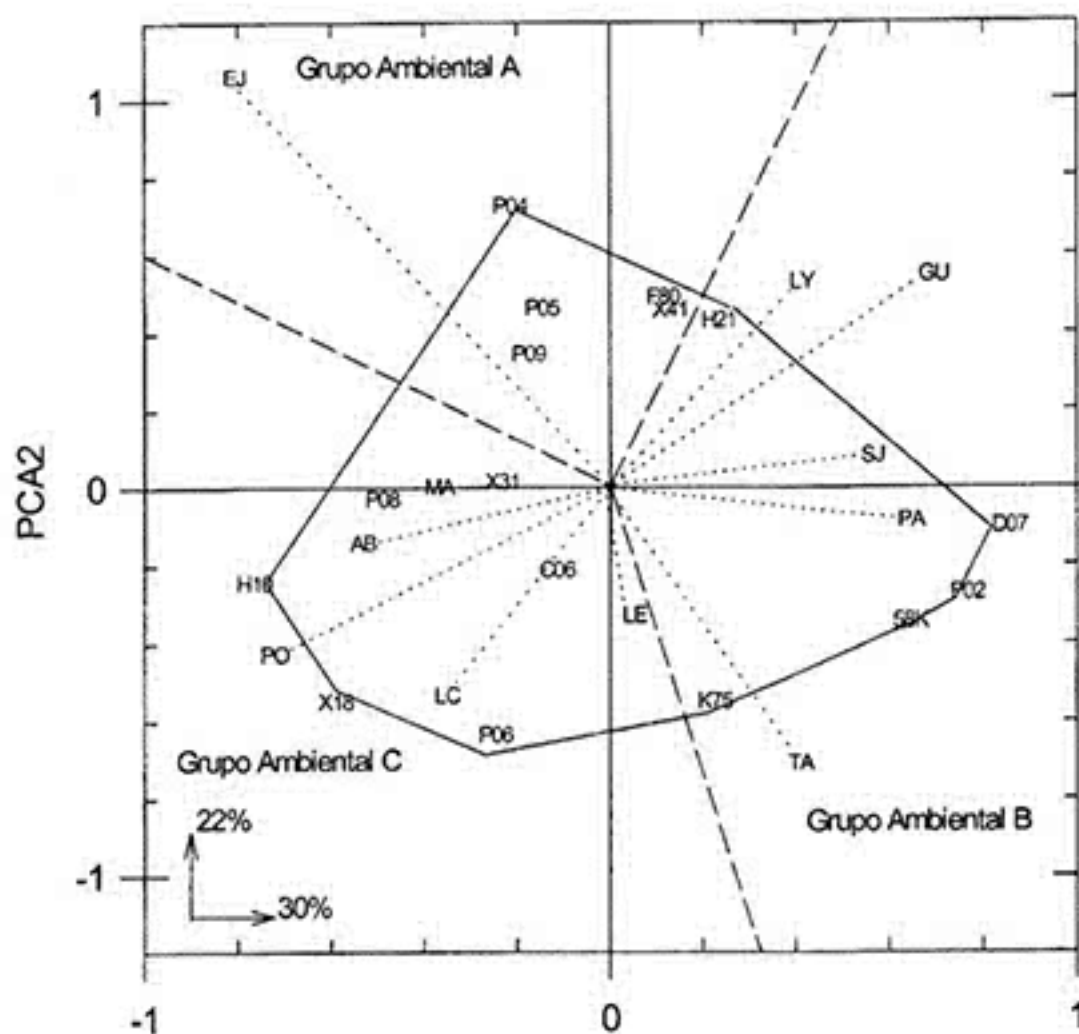


FIGURA 1. PUNTUACIONES DEL PRIMER Y SEGUNDO EJE DEL COMPONENTE PRINCIPAL DE 16 CULTIVARES DE MAÍZ EN 11 AMBIENTES DE PANAMÁ, 2002 (AMMI BIPLLOT).

BIBLIOGRAFÍA

- BECKER, H.C; LEON, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1-23.
- BECKER, H.C. 1981. Correlation among some statistical measure of phenotypic stability. *Euphytica* 30: 835-840.
- CROSSA, J. 1988. A comparison of results obtained with two methods for assessing yield stability. *Theor. Appl. Genet* 75: 460-467.
- CROSSA, J. 1990. Statistical analysis of multi location trials. *Advances in Agronomy* 44: 55-85.
- CROSSA, J.; GAUCH, H.G.; ZOBEL, JR., R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science* 30: 493-500.
- CROSSA, J.; FOX, P.N.; PFEIFFER, W.H.; RAJARAM, S.; GAUCH, JR., H.G. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theor Appl. Genet.* 81: 27-37.
- DÍAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos y tejidos vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- EBERHART, S. A.; W.A. RUSSELL. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36-40.
- FINLAY, K.W., G.N. WILKINSON. 1963. The Analysis of Adaptation in plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- GABRIEL, K. R. 1971. The biplot graphics display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76: 1-10.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITH, L.P. 1986. Stability analysis. Where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894-900.
- PERKINS, J. M.; JINKS, J.L. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. IV Non-linear interactions for multiple inbred lines. *Heredity* 23: 525-535.
- WESTCOTT, B. 1986. Some methods of analyzing genotype environment interaction. *Heredity* 56: 243-253.
- YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. 2000. Cultivar evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.
- ZOBEL R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, JR, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80: 388-393.

**SUSCEPTIBILIDAD DE GUSANOS CORTADORES (*Agrotis ipsilon*)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) A DOSIS DE INSECTICIDAS
DE DIFERENTES GRUPOS TOXICOLÓGICOS EN CERRO PUNTA,
PROVINCIA DE CHIRIQUÍ. PANAMÁ. 2003.**

José A. Lezcano B.¹; Marcelino A. Hurtado R.²

RESUMEN

Con el propósito de determinar los niveles de susceptibilidad de poblaciones de gusanos cortadores a dosis de insecticidas de diferentes grupos toxicológicos utilizados en el cultivo de papa y hortalizas en Cerro Punta, se realizaron bioensayos utilizando la técnica de aplicación tópica. Esta técnica consiste en la aplicación de un microlitro de solución insecticida - acetona sobre el protorax de larvas de *Agrotis ipsilon*. Los datos de mortalidad se tomaron a las 24 horas después de aplicados los tratamientos. Se evaluaron los siguientes insecticidas: indoxacarb, cipermetrina, permetrina, clorpirifos, metamidofos, carbofuran y endosulfan. Los datos de mortalidad se analizaron con el programa computarizado PC-Probit, a través del cual se obtuvieron las DL_{50} y sus límites fiduciales al 95%, DL_{95} , las líneas de respuesta dosis - mortalidad y la ecuación de predicción de la forma $Y = a + bx$. Se realizó el análisis de regresión de los datos de mortalidad, obteniendo un $r^2 = 0.65$ a 0.97 con una significancia $P < 0.05$. El valor de la prueba de Bondad de Ajuste del grupo de datos estuvo entre 0.0404 y 1.073 , siendo menor que la tabulada, ajustándose los datos ($P = 0.05$). El indoxacarb obtuvo la DL_{50} y la DL_{95} más baja, de $1.794 \mu\text{g/g}$ y $5.993 \mu\text{g/g}$, respectivamente, seguido de la cipermetrina con DL_{50} de $4.575 \mu\text{g/g}$ y DL_{95} de $35.522 \mu\text{g/g}$, respectivamente. De acuerdo a estos resultados la población de *Agrotis ipsilon* tratada con indoxacarb fue la más susceptible seguida de la tratada con cipermetrina.

PALABRAS CLAVES: *Agrotis ipsilon*; Lepidóptera; insecticidas; cipermetrin; permetrina; clorpirifos; metamidofos; carbofurano; endosulfan; Panamá.

¹ Ing. Agr., M.Sc. Parasitología Agrícola, Entomólogo. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: jlezcano@idiap.gob.pa

² Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá.

CUTTER WORMS (*Agrotis ipsilon*) SUSCEPTIBILITY (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) TO DOSE OF INSECTICIDE OF DIFFERENT TOXICOLOGICAL GROUPS IN CERRO PUNTA, PROVINCE OF CHIRIQUI. PANAMA. 2003.

With the objective to determine the susceptibility levels of populations of cutter worms to dose of insecticides of different toxicological groups used in the potato and vegetables cultivation in Cerro Punta, were accomplished bioassays using the technique of application topic, the one which consisted of the application of a microlitre of solution insecticide - acetone on the prothorax of larva of *Agrotis ipsilon*. The mortality data were taken to 24 hours after applied the treatments of insecticide. There were evaluated the following insecticides: indoxacarb, cipermethrin, permethrin, clorpirifos, meta-midofos, carbofuran and endosulfan. The mortality data were analyzed by a computerized program PC-Probit, and were obtained the DL_{50} and the 95% fiducial limits, DL_{95} . Response dose - mortality lines and the predictable equation of the form $y = a + bx$. It was accomplished the regression analysis of the mortality data, obtaining an $r^2 = 0.65$ to 0.97 with a significance $P < 0.05$. The value of the test of lack of fit of the group of data was between 0.0404 and 1.073 , being less than the tabular, being adjusted the data ($P = 0.05$). The indoxacarb, obtained the less DL_{50} and DL_{95} , of $1.794 \mu\text{g/g}$ and $5.993 \mu\text{g/g}$, respectively, followed by the cipermethrin with DL_{50} of $4.575 \mu\text{g/g}$ and DL_{95} of $35.522 \mu\text{g/g}$. According to these results the population of *Agrotis ipsilon* treated with indoxacarb was the most susceptible followed by cipermethrin.

KEY WORDS: *Agrotis ipsilon*; Lepidoptera; insecticides; indoxacarb; cipermethrin; permethrin; clorpirifos; metamidofos; carbofuran; endosulfan; Panama.

INTRODUCCIÓN

Pacheco (1994) describe entre los lepidópteros, a la familia Noctuidae como la más numerosa con más de 3,500 especies en América del Norte. La Familia Noctuidae tiene al menos 17 especies (en 12 géneros) que se consideran plagas importantes de cultivos. Entre estos géneros tenemos: *Heliothis*, *Platytena*, *Euxoa*, *Feltia*, *Agrotis*, *Peridroma*, *Pseudaletia*, *Spodoptera*, *Trichoplusia*, *Pseudoplusia*, *Anticarsia* y *Alabama*. Se describen dos especies del género *Agrotis*, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) o *A. ypsilon* (Rottemburg) y *A. malefida* Guenée o *Feltia malefida*

Guenée; y una especie del género *Feltia*, *F. subterranea* o *A. subterranea* (F.).

Agrotis ipsilon (Hufnagel), conocido comúnmente como trozador negro, tierrero, rosquilla, es una especie cosmopolita, polífaga, que afecta la mayoría de los cultivos de hortalizas (Pacheco, 1994; Martínez y col., 1999). Según Rings y col. (1975), esta especie ha sido reportada en 19 países en cinco continentes y en 19 especies de hortalizas.

Las larvas de *A. ipsilon*, en sus primeros instares, son de color café con marcas dorsales de color claro. El color

de las larvas grandes varía de gris a negro brillante, con una banda en el área dorsal más clara y los tubérculos cerdíferos son de color negro. Las larvas maduras llegan a medir de 40 a 50 mm de longitud y alcanzan su máximo desarrollo entre los 20 a 40 días. Durante el día son muy activas y se esconden en el suelo; durante la noche defoliar vorazmente a las plantas en la parte inferior. La pupación ocurre en una celda pupal en el suelo húmedo; las pupas son de color café castaño y brillante y eclosionan en 10 a 20 días (Pacheco, 1994).

Según Martínez y col. (1999) en esta especie de cortadores, el daño lo causan las larvas más desarrolladas al cortar las plántulas a nivel del cuello. Ocasionalmente consumen follaje y dañan tubérculos y raíces. Las poblaciones son más altas en períodos secos y en lotes donde abundan malezas, gramíneas y residuos de cosechas.

Otra especie de importancia económica es la *F. subterranea* (F.) o *A. subterranea* (F.), que se encuentra distribuida desde Estados Unidos de Norte América hasta Sudamérica. Es una especie polífaga que troza a las plántulas en la base. Las palomillas miden de 34 a 42 mm de expansión alar. Las alas anteriores de los machos son de color café-beige, sombreadas con

negro, más oscuras en su área subapical, a lo largo de la base de la vena costa.

La aplicación tópica es una técnica utilizada por investigadores a nivel de bioensayos, para determinar la susceptibilidad a dosis de insecticidas de larvas de especies de lepidópteros y en el cual se aplica un microlitro (μ l) de solución insecticida-acetona (McCaffery y col., 1989; López, 1990; Díaz, 1992; Bloomquist y Miller, 1985; Magaro y Edelson, 1991).

En Panamá, en las tierras altas de Chiriquí, se aplica una gran cantidad de insecticidas, individual o en mezcla, para el control químico de los gusanos cortadores, obteniendo, en la mayoría de los casos, un control nulo o bajo control, sin que se conozca a que se debe, atribuyéndolo a la pérdida de efectividad del insecticida, mala aplicación, momento de la aplicación y otros factores. Se estableció la necesidad de conocer el efecto de los insecticidas que actualmente se utilizan en papa y hortalizas, para el manejo químico de gusanos cortadores y establecer un banco de datos con información actualizada.

En este estudio se estableció como objetivo: Determinar los niveles de susceptibilidad de poblaciones de gusanos cortadores a dosis de insecticidas de diferentes grupos

toxicológicos utilizados en el cultivo de papa y hortalizas en Cerro Punta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área

Se recolectaron larvas de gusanos cortadores durante el período comprendido de enero a junio del 2003, en Cerro Punta, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, Panamá. Las fincas estuvieron ubicadas entre los 8° 51' 90" de latitud Norte y 82° 34' 19" de longitud Oeste a una altitud entre 1,900 y 1,936 msnm, con una precipitación promedio mensual de 72 mm y una temperatura promedio de 16° C. El área de recolecta presenta suelos clasificados como Andepts del Orden Inceptisol (Atlee, 1987) derivados de la actividad volcánica, profundos, de buen drenaje y buena capacidad de absorción, con un alto contenido de materia orgánica (> 7%).

Las larvas de gusanos cortadores se recolectaron en cultivos de lechuga, papa, zanahoria y en malezas (Figuras 1 y 2). Los cultivos en producción fueron tratados con productos a base de cipermetrina, metamidofos, permetrina y lambda cihalotrina durante su desarrollo, cuando se observaron plantas cortadas.

Recolección del material biológico

Las larvas se recolectaron debajo del suelo y de hojas de la lechuga y residuos de cosecha (Figura 1). Se colocaron en envases plásticos con suelo y alimento (hojas de lechuga o papa) y fueron trasladadas al laboratorio de Entomología (Figuras 2 y 3). Se recolectaron larvas de segundo y tercer estadio, clasificadas de acuerdo al tamaño de la cápsula cefálica de 2.5 a 4.5 mm y cuerpo de 15 a 40 mm de longitud (Figura 4).

Preparación de las soluciones madres y diluciones.

Se estableció una ventana biológica, utilizando el metamidofos en concentraciones de 500, 1000, 3000, 5000, 6000, 8000 y 10,000 ppm.

Se prepararon soluciones madres de concentraciones de 10,000 ppm (1%) y 100,000 ppm (10%), para cada uno de los insecticidas evaluados y colocados en frascos de 50 ml color ámbar y bajo refrigeración a temperatura de 5°C (Cuadro 1).

Se utilizó la acetona, debido a que es recomendada por la Sociedad Americana de Entomología (ESA) como disolvente universal para las pruebas de resistencia, por ser de alta volatilidad, fácil adquisición, capacidad para disol-



FIGURA 1. Colecta de larvas de gusanos cortadores en finca de productores de lechuga en Las Nubes, Cerro Punta.



FIGURA 2. Colecta de larvas de gusanos cortadores en finca de productores de papa en Cerro Punta.



FIGURA 3. *Traslado de larvas de gusanos cortadores al Laboratorio de Entomología.*



FIGURA 4. *Individuos de diferentes estados larvales de Agrotis spp. (larvas, prepulas y pupas).*

CUADRO 1. PRODUCTOS UTILIZADOS EN BIOENSAYO SOBRE LARVAS DE GUSANOS CORTADORES (*Agrotis* spp.) EN CERRO PUNTA, BUGABA. 2003.

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Concentración (%)	gramos de i. a.	Grupo Toxicológico
indoxacarb	Avaunt	30 WG	300	Oxadiazina
cipermetrina	Ripcord	20 EC	210	Piretroide
permetrina	Talcord	25 EC	275	Piretroide
metamidofos	Tamaron	60 SL	484	OrganoFosforado
clorpirifos	Vexter	48 EC	480	OrganoFosforado
endosulfan	Thiodan	35 EC	350	OrganoClorado
carbofuran	Furadan	10 GR	100	Carbamato

ver la mayoría de los insecticidas e inocua para los insectos (Lagunes y Vásquez, 1994).

De acuerdo al insecticida utilizado y a su efecto sobre las larvas se prepararon diluciones de concentraciones de 500, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 5,000, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000, 60,000, 70,000, 80,000, y 90,000 ppm. Las diluciones fueron almacenadas en frascos de 25 ml color ámbar.

Aplicación de los Tratamientos (Bioensayo)

Se utilizó la técnica de aplicación tópica (Figuras 5 y 6), la cual consistió en aplicar un μ l de solución insecticida -acetona sobre el protórax de las larvas (Lagunes y Vásquez, 1994), las cuales fueron confinadas en envases plásticos con alimento fresco, evaluando la mortalidad a las 24 horas después de aplicada la dosis. Se utili-

zó una población promedio de 20 larvas por concentración, 120 larvas por bioensayo y se promedió el peso por larva (0.81 g).

Para aplicar la dosis de insecticida-acetona se utilizó un microaplicador digital marca Hamilton con una microjeringa (10 μ l) tipo tuberculina, con émbolo metálico micrométrico (Figura 6).

En aquellos casos en donde se obtuvo mortalidad en el testigo no mayor del 15 %, se corrigió utilizando la fórmula de Abbott (1925):

$$\% MC = \frac{X - Y}{100 - Y} \times 100$$

donde,

% MC = Porcentaje de Mortalidad corregida

X = Porcentaje de Mortalidad del tratamiento



FIGURA 5. Aplicación de las dosis de insecticidas a través del método de aplicación tópica.

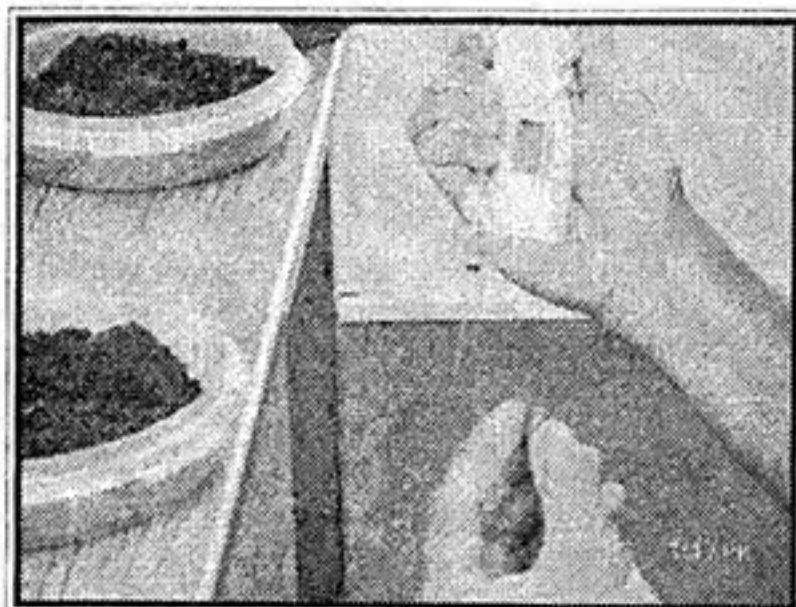


FIGURA 6. Aplicación de 1 μ l de solución insecticida- acetona tópica sobre el protórax de las larvas de Agrotis, utilizando un microaplicador digital.

Y = Porcentaje de Mortalidad del testigo

El criterio de muerte utilizado fue el definido por Champ y Dyte (1976), que consiste en la incapacidad de las larvas de desplazarse al menos una distancia equivalente a la longitud de su cuerpo (Figura 7).

Análisis de los datos de mortalidad

El análisis de los datos de mortalidad se realizó con el Programa Computarizado PC - Probit (Camacho, 1990), del cual se obtuvo las DL_{50} y DL_{95} ; los límites de confian-

za al 95%, las líneas dosis- mortalidad para cada insecticida y la ecuación de predicción de la forma $Y = a + bx$.

Se realizó el análisis de regresión, (Rebolledo, 1999) obteniendo el coeficiente de determinación (r^2) y la significancia de cada prueba. Al grupo de datos obtenido en cada bioensayo se le realizó la prueba de bondad de ajuste (X^2) ($P = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de la alta presión de selección por la cual son sometidos los gusanos cortadores, por las altas poblaciones en campo, se encontraron



FIGURA 7. Larvas con síntomas de toxicidad después de la aplicación tópica del insecticida (Indoxacarb).

niveles de susceptibilidad desde bajo hasta relativamente alto, los que permitió cumplir con los objetivos del estudio, encontrando los niveles más bajos en los organofosforados. En la Figura 8 se observa una vista general de uno de los bioensayos, 24 horas después de aplicados los tratamientos.

En este estudio toxicológico de insecticidas se logró determinar la susceptibilidad de larvas de *Agrotis* spp. a los insecticidas evaluados (Cuadro 2). Se reportan los valores de la dosis letal media (DL_{50}), sus límites fiduciales al 95% y la dosis letal (DL_{95}) de los insecticidas.

Por ser un producto no recomendado o utilizado en este tipo de lepidóptero, el indoxacarb fue el que pre-

sentó la DL_{50} más baja (1.79 $\mu\text{g/g}$), por lo que se presume que el insecto no presenta los niveles enzimáticos suficientes para la degradación o detoxificación del insecticida. En segundo lugar, la larva presentó susceptibilidad a la cipermetrina con una DL_{50} de 4.57 $\mu\text{g/g}$, seguido de la permetrina con 5.3679 $\mu\text{g/g}$, que dentro del grupo de los piretroides, son los más utilizados en el control químico de cortadores, las DL_{50} dieron resultados esperados, ya que hasta este momento es uno de los pocos insecticidas que resultó efectivo en campo en el control de *Agrotis*. Estos valores son bajos si se considera el peso de las larvas, de 0.81 g, lo que indica que no poseen mecanismos de detoxificación muy eficaces con respecto al indoxacarb, cipermetrina y permetrina.

CUADRO 2. VALORES DE DOSIS LETALES, LÍMITES FIDUCIALES DE LOS DIFERENTES INSECTICIDAS UTILIZADOS EN LARVAS DE *Agrotis* spp. EN CERRO PUNTA, 2003.

$\mu\text{g/g}$					
Límites Fiduciales 95 %					
Tratamiento	DL_{50}	Inferior		Superior	DL_{95}
carbofuran	118.439	(103.20	--	143.85)	741.678
endosulfan	39.281	(36.70	--	42.05)	139.500
metamidofos	28.604	(26.47	--	30.96)	101.665
clorpirifos	23.932	(22.27	--	25.78)	98.367
permetrina	5.367	(3.93	--	7.02)	395.150
cipermetrina	4.575	(3.96	--	5.26)	35.522
indoxacarb	1.794	(1.63	--	1.98)	5.993



FIGURA 8. Vista General del bioensayo después de las 24 horas de aplicados los tratamientos.

El indoxacarb presentó una DL_{95} de 5.93 $\mu\text{g/g}$; seguida de la cipermetrina con 35.52 $\mu\text{g/g}$. El clorpirifos presentó una DL_{95} de 98.36 $\mu\text{g/g}$ y el de la permetrina fue de 395.15 $\mu\text{g/g}$. En general, el carbofuran presentó la DL_{95} (741.6786 $\mu\text{g/g}$) más alta, seguido de la permetrina (395.15 $\mu\text{g/g}$) y el endosulfan (139.5 $\mu\text{g/g}$). Esto quiere decir que se necesitaron concentraciones por encima de los 10, 000 ppm, para lograr niveles de mortalidad entre 10 y 99% (Figura 9).

En cuanto la cipermetrina, los resultados coinciden con los encontrados por Guerrero y col. (2001), quienes probaron con la técnica de aplicación tópica sobre larvas del picudo de la yema del manzano (*Amphidees latifrons*), obteniendo DL_{50}

de 29.35 $\mu\text{g/g}$, menor que el clorpirifos, metamidofos, endosulfan y el carbofuran. Estas DL_{50} indican que las larvas de *A. latifrons* mostraron una mayor susceptibilidad a la cipermetrina.

Al comparar la eficiencia de los insecticidas para las DL_{50} (Cuadro 3), se encontró que el indoxacarb fue 66 veces más eficiente que el carbofuran, pero 2.5 veces más eficiente que la cipermetrina y 2.9 veces más que la permetrina. De acuerdo a estos resultados, en la DL_{50} , por grupo, los gusanos cortadores son más susceptibles a oxadiazina, seguido de los piretroides y menos susceptibles a los organofosforados. Esto puede deberse a que este insecto tiene un nivel enzimático más desarrollado para

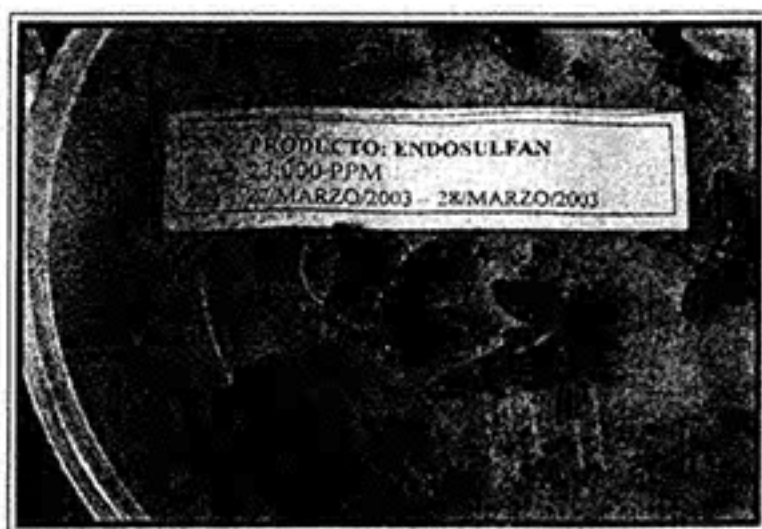


FIGURA 9. Larvas de *Agrotis* después de aplicado tópicamente 23,000 ppm de endosulfan, 24 horas después.

detoxificar a los fosforados que a los piretroides o a la oxadiazina.

En la dosis letal al 95%, la proporción de eficiencia de los insecticidas variaron relativamente. El indoxacarb fue 124 veces más eficiente que el carbofuran y 5.9 veces más eficiente que la cipermetrina. El indoxacarb aumenta su eficiencia a medida que se aumenta la dosis del producto. La cipermetrina se mantiene en un segundo lugar como la más eficiente, pero la permetrina es desplazada por el clorpirifos, metamidofos y el endosulfan (Cuadro 4).

Los resultados de las pruebas más ineficientes en la DL_{50} y DL_{95} se obtienen con el carbofuran, mientras que en la permetrina se obtiene en la DL_{95} .

En la prueba de bondad de ajuste, el valor de la X^2 , osciló entre 0.0404 y 1.0734; sin embargo, estos valores fueron menores que la χ^2 , obtenida de la tabla, lo que indica un ajuste de los datos obtenidos (Cuadro 5). El coeficiente de determinación (r^2) obtenido a través del análisis de regresión de los datos de mortalidad originales, indicó que la mortalidad en los bioensayos estuvo entre 65 a 97% y se deben al efecto de las concentraciones de los insecticidas, con una significancia $P < 0.05$.

De acuerdo a la posición de la línea de respuesta dosis-mortalidad (Figura 10) la población tratada con el indoxacarb presentó la mayor susceptibilidad, seguido de la cipermetrina. La línea obtenida con la permetrina, indica

CUADRO 3. PROPORCIÓN DE EFICIENCIA DE LOS INSECTICIDAS (DL₅₀), UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LARVAS DE *Agrotis* spp. EN CERRO PUNTA, 2003.

	carbofuran	endosulfan	metamidofofos	clorpirifos	permetrina	cipermetrina
indoxacarb	66.00	21.89	15.94	13.34	2.99	2.55
cipermetrina	25.88	8.58	6.25	5.23	1.17	1.00
permetrina	22.06	7.32	5.32	4.45	1.00	
clorpirifos	4.94	1.64	1.19	1.00		
metamidofofos	4.14	1.37	1.00			
endosulfan	3.02	1.00				

CUADRO 4. PROPORCIÓN DE EFICIENCIA DE LOS INSECTICIDAS (DL₅₀), UTILIZADOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LARVAS DE *Agrotis* spp. EN CERRO PUNTA, 2003.

	carbofuran	permetrina	endosulfan	metamidofofos	clorpirifos	cipermetrina
indoxacarb	124.99	66.59	23.50	17.13	16.58	5.98
cipermetrina	20.87	11.12	3.93	2.86	2.77	1.00
clorpirifos	7.54	4.02	1.41	1.03	1.00	
metamidofofos	7.29	3.88	1.37	1.00		
endosulfan	5.31	2.83	1.00			
permetrina	1.87	1.00				

CUADRO 5. CHI CUADRADA, COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN Y LA ECUACIÓN DE PREDICCIÓN, PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LARVAS DE *Agrotis* spp. A INSECTICIDAS. CERRO PUNTA, 2003.

Tratamiento	X ²	r ²	G. L.	Pr > F	Ecuación de Predicción
indoxacarb	0.26933	0.7383	6	0.0030	y = 4.19 + 3.16 x
cipermetrina	0.09815	0.7990	5	0.0066	y = 3.79 + 1.83 x
clorpirifos	1.07347	0.8983	10	0.0001	y = 1.75 + 2.33 x
metamidofos	0.415084	0.6945	7	0.0053	y = 0.74 + 2.91 x
endosulfan	0.78571	0.9145	9	0.0001	y = 0.47 + 2.83 x
permetrina	0.0608	0.6586	4	0.0499	y = 4.36 + 0.87 x
carbofuran	0.0404	0.9729	6	0.0001	y = 0.74 + 2.05 x

una susceptibilidad prolongada a medida que se aumenta la dosis del producto. Las líneas presentadas por el clorpirifos y metamidofos son casi paralelas, lo que indica una similitud en la respuesta de las larvas de cortadores a dosis de estos productos. En el caso del carbofuran, presenta una línea más alejada del origen que indica la baja susceptibilidad de los cortadores a este producto, a pesar de ser un producto recomendado para insectos del suelo.

La respuesta de la población tratada de gusanos cortadores de Cerro Punta al carbofuran mostró una heterogeneidad poblacional, no así a los demás insecticidas, que fue más homogénea. La heterogeneidad de la población tratada con el carbofuran indica que hay un lapso de tiempo relativamente grande entre la última vez que

se utilizó este producto sobre esta plaga y esta prueba. Por otro lado, no se hubiese esperado la verticalidad de la respuesta al indoxacarb, ya que es un producto nuevo que nunca se ha utilizado sobre *Agrotis*, pero esta respuesta se debe a que este producto actúa de manera similar a los piretroides.

La Figura 11 permite visualizar la diferencia entre los insecticidas utilizados, mediante el traslape o no de sus límites fiduciales. En este sentido, la cipermetrina y la permetrina (piretroides) son similares, así como el clorpirifos y el metamidofos (organofosforados), debido al traslape de sus límites fiduciales. Siendo diferentes el indoxacarb, endosulfan y el carbofuran, entre ellos y los demás.

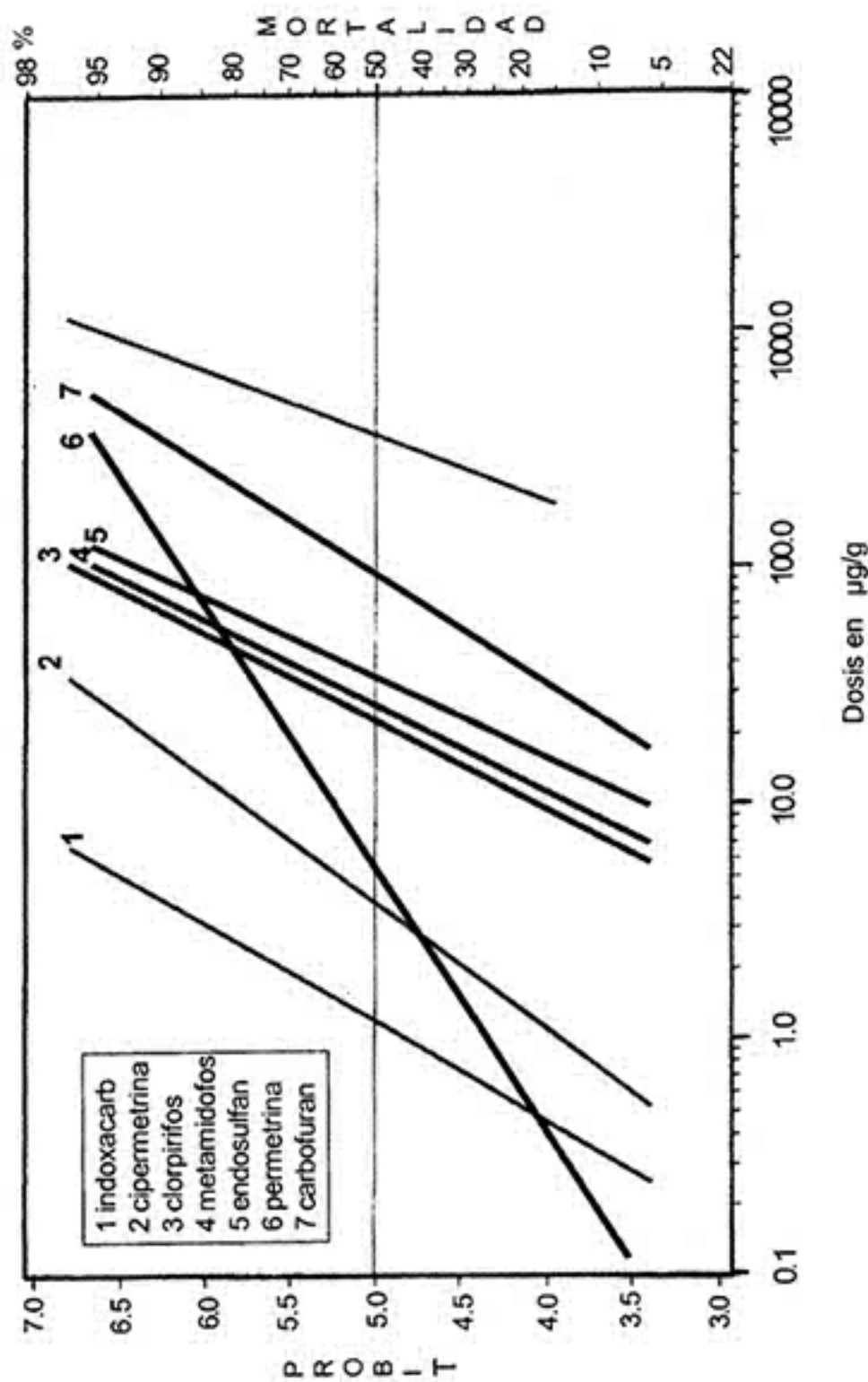


FIGURA 10. LÍNEAS DE RESPUESTA DOSIS - MORTALIDAD EN LARVAS DE *Agrotis* spp. A DOSIS DE INSECTICIDAS DE DIFERENTES GRUPOS TOXICOLÓGICOS. CERRO PUNTA, BUGABA. 2003.

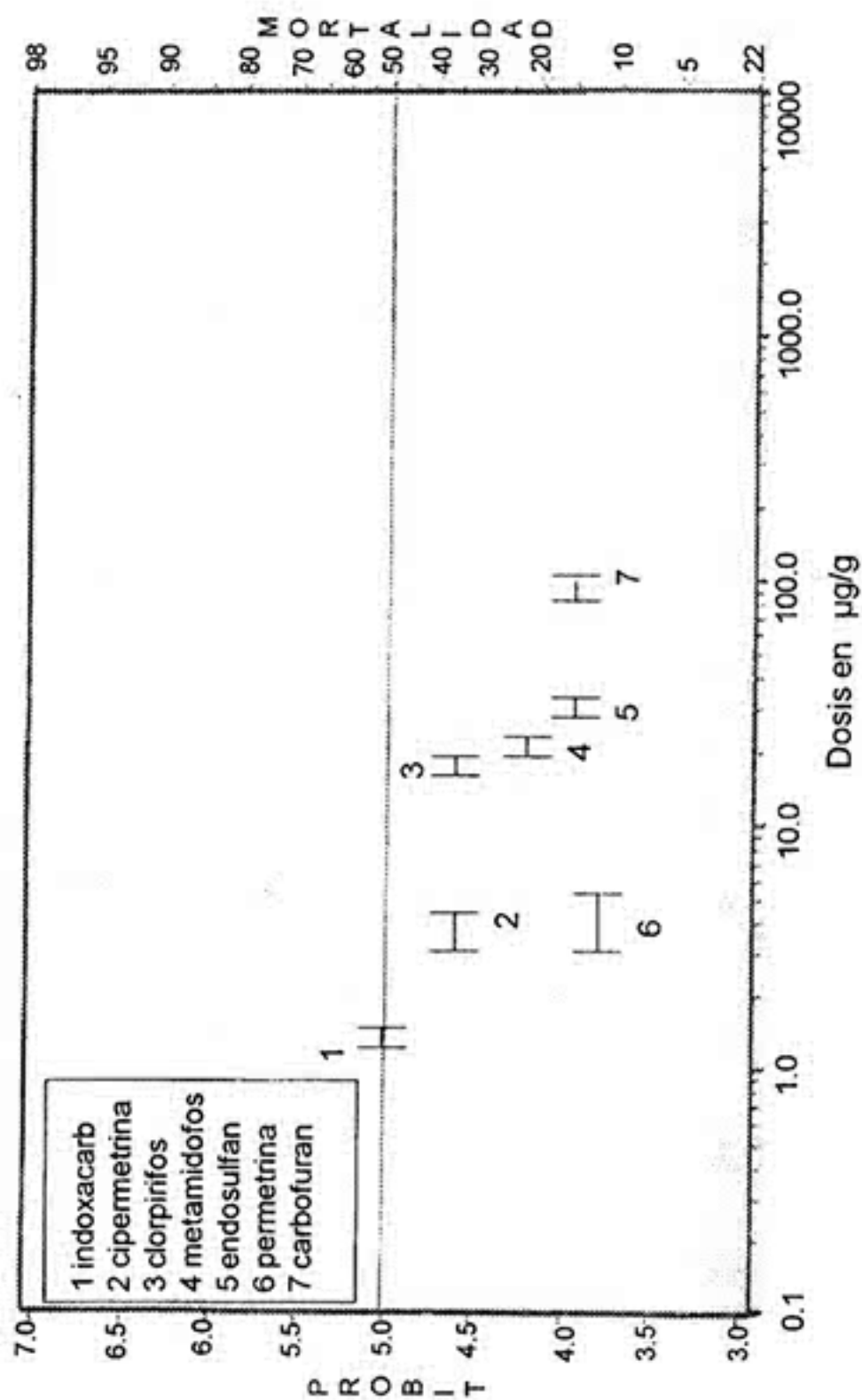


FIGURA 11. COMPARACIÓN DE LOS LÍMITES FIDUCIALES DL_{50} , PARA LOS INSECTICIDAS EVALUADOS. CERRO PUNTA, BUGABA. CHIRIQUÍ. 2003.

CONCLUSIONES

- ★ La población de *Agrotis* spp. tratada con los piretroides, cipermetrina y permetrina presentaron una alta susceptibilidad en el control químico
- ★ En el indoxacarb, por ser un producto nuevo no recomendado para cortadores, *Agrotis* spp. presentó la más alta susceptibilidad entre los insecticidas evaluados.
- ★ El indoxacarb, presentó la DL_{50} y DL_{95} más baja, y el carbofuran las más alta.
- ★ El indoxacarb fue el insecticida más eficiente, mientras que el carbofuran el menos eficiente.
- ★ Se encontró una heterogeneidad en las poblaciones de gusanos cortadores tratadas con la mayoría de los insecticidas, mientras que la tratada con carbofuran presentó homogeneidad.

RECOMENDACIONES

- ☆ Continuar con estas pruebas toxicológicas en más localidades y durante por lo menos tres a cuatro años consecutivos, lo cual permitirá confeccionar un banco de datos y establecer el nivel de susceptibilidad de *Agrotis* spp. que sugiera un menor manejo del insecticida.

- ☆ Realizar pruebas de eficacia biológica con el indoxacarb en diferentes cultivos hortícolas.
- ☆ Realizar estudios biológicos que nos ayuden a determinar cual es el estadio más susceptible de *Agrotis*, a la aplicación de insecticidas.
- ☆ Identificar las especies existentes de gusanos cortadores.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, W. S. 1925. A Method computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265 – 267.
- BLOOMQUIST, J. R.; MILLER, T. A. 1985. A simple bioassay for detecting and characterizing Insecticide Resistance. Pestic. Sci. 16: 611-614.
- CHAMP, B. R.; DYTE, C. E. 1976. Informe de Prospección Mundial de la FAO sobre la Susceptibilidad a los Insecticidas de las Plagas de Granos Almacenados. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal No. 5. p.
- DIAZ G., O. 1992 Susceptibilidad de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) a insecticidas organosintéticos y microbiales. Tesis de Maestría. Centro de

- Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 150 p.
- GUERRERO R., E.; LEZCANO B., J. A.; CORRALES R., J. 2001. Susceptibilidad a insecticidas de larvas de *Amphidees latifrons* (Sharp) (Coleoptera: *Curculionidae*). Memoria XXXVI Congreso Nacional de Entomología. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Queretaro. Ed. Sergio G. Stanford Camargo; Alberto Morales M.; Jorge Padilla Ramirez; Marcela Ibarra G. del 15 al 18 de Julio. México. p. 82.
- LAGUNES T., A.; VÁZQUEZ N., M. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Centro de entomología y Acarología. México. 159 p.
- LOPEZA, M. S. 1990. Susceptibilidad a insecticidas en la Palomilla Dorso de Diamante *Plutella xylostella* (Lepidoptera: *Yponomeutidae*) procedente de Chapingo y de dos localidades de la Región Hortícola del Bajío, Mexico. Tesis de Maestría. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 112 p.
- MAGARO, J. J.; EDELSON, J. V. 1991. Cabagge Looper Topical Bioassay, 1990. In Anónimo. 1991. Insecticide and Acaricide Tests 1991. E. S.A. Vol. 16: 291-292.
- MARTÍNEZ R., P.; RODRÍGUEZ S., D. A.; BORRERO F., F. 1999. Manejo de Plagas en Hortalizas de clima frío. Instituto Colombiano Agropecuario. División de Sanidad Vegetal. Promedios. Colombia. 103 p.
- McCAFFERY, A. R.; KING, A. B. S.; WALKER, A. J.; EL-NAVIR, H. 1989. Resistance to Synthetic Pyrethroids in the Bollworm *Heliothis armigera* from Andhra Pradesh, India. Pestic Sci. 27: 65-76.
- PACHECO M., F. 1994. Plagas de los cultivos oleaginosos en México. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste-CIANO. Lito-Impresiones-Gassos. México. No. 3. 600 p.
- REBOLLEDO R., H. H. 1999. SAS en microcomputadora. Análisis estadístico de datos experimentales. 8a. ed. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 175 p.
- RINGS, R. W.; ARNOLD, F. J.; JOHNSON, B. A. 1975. Host range of black cutworm on vegetables; a bibliography. ESA Bull. 21(41): 229-234.

CULTIVARES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) BAJO CONDICIONES DE CASA DE VEGETACIÓN EN LAS LOCALIDADES DE SAN RAMÓN, VOLCANCITO Y ALTO QUIEL. BOQUETE, CHIRIQUÍ, 2000- 2001.

Neysa Garrido de Rojas ¹; Campo Serrano ²

RESUMEN

Con el propósito de seleccionar nuevos cultivares de tomate por su alto rendimiento y calidad, durante los años 2000 y 2001 se instalaron ensayos bajo el sistema de casa de vegetación en tres localidades: San Ramón, Alto Quiel y Volcancito, en el distrito de Boquete, provincia de Chiriquí. En San Ramón se utilizó un diseño de BCA con tres repeticiones y 10 cultivares de tomate tipo mesa. En Alto Quiel y Volcancito se evaluaron 11 cultivares de tomate tipo mesa y tres tipo pera, utilizando un diseño de parcelas divididas con arreglos de bloques completos al azar y tres repeticiones. Los análisis de varianza en los años de evaluación, mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$), entre los cultivares, para rendimiento total comercial y altamente significativa para el rendimiento 3×3 ($P < 0.01$). En el 2000, en la localidad de San Ramón, todos los cultivares presentaron altos rendimientos totales comerciales, resultando los de mayor rendimiento (3×3) Antilla (68.41 t/ha), ZG-Amanda (29.03 t/ha), Jenna (34.73 t/ha) y Pernod (27.86 t/ha) que superaron las 20 t/ha. En el 2001, en las localidades de Alto Quiel y Volcancito, todos los cultivares presentaron altos rendimientos totales comerciales superando la media nacional de 39 t/ha. El análisis de varianza entre localidades mostró diferencias altamente significativas entre los cultivares en el rendimiento total comercial y en el rendimiento 3×3 . Los cultivares que presentaron rendimientos superiores a las 20 t/ha de 3×3 fueron 1012 (59.22 t/ha) seguido de Antilla (53.15 t/ha), 1013 (42.33 t/ha) y Cronos (32.25 t/ha). En Volcancito, la media de los cultivares fue superior a la producida en Alto Quiel; sin embargo, los resultados indican que existen materiales promisorios para ambas localidades, por lo que en cada localidad se encontraron uno o dos cultivares que pueden evaluarse en una validación.

PALABRAS CLAVES: Tomate; *Lycopersicon esculentum*; ensayos de variedades; invernaderos; rendimiento y selección.

¹ Ing. Agr. IDIAP. Subcentro de Boquete. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).
e-mail: ngarrido@idiap.gob.pa

² Agr. IDIAP. Subcentro de Boquete. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

EVALUATION OF CULTIVATES OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) UNDER HOUSE CONDITIONS OF VEGETATION IN THE LOCALITIES OF SAN RAMON, VOLCANCITO AND ALTO QUIEL. BOQUETE, CHIRIQUI. 2000-2001.

In order to select new cultivates of tomato for high performance and quality, were installed trials during the years 2000 and 2001, under the system of vegetation house in three localities: San Ramon, Alto Quiel and Volcancito; in Boquete, province of Chiriqui. In San Ramon was used a design of RCBD with three repetitions and 10 cultivates of tomato. In Alto Quiel and Volcancito were evaluated 14 cultivates, using a Split Plot Design in a RCBD with three repetitions. The variance analysis in both evaluation years showed meaningful differences ($P < 0.05$) between the cultivates for commercial total yield and highly meaningful ($P < 0.01$), for the 3x3 tomato yield. In 2000 in the locality of San Ramon, all the cultivates presented high performance in total commercial, surpassing the national average of 39 t/ha, while those of greater yield 3x3 were Antilla (68.41 t/ha), Amanda (29.03 t/ha), Jenna (34.73 t/ha) and Pernod (27.86 t/ha) that surpassed 20 t/ha. In 2001, in the localities of Alto Quiel and Volcancito all the cultivates presented total commercial yields above the national average 39 t/ha. The variance analysis between localities showed differences highly meaningful ($P < 0.01$) between the cultivates in the total yield and in the 3x3 tomato yield. The cultivates that they presented yields that surpassed 20 t/ha of 3x3 tomato were 1012 (59.22 t/ha), followed by Antilla (53.15 t/ha), 1013 (43.33 t/ha) and Cronos (32.25 t/ha). In Volcancito the average of the cultivates was superior to the produced in Alto Quiel; however, the results indicate that exist promissory materials depart both localities. Each locality presents one or two promissory cultivates that can be validated.

KEYWORDS: Tomato; *Lycopersicon esculentum*; cultivates trials; system of vegetation house; yield; selection; yield.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) representa más del 30% de la producción hortícola mundial con una superficie de siembra de casi tres millones de hectárea, una producción de 78 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 27 t/ha. Sólo el 10% de esta cifra se produce en América Latina y el Caribe (Nuez, 1995).

El cultivo de tomate en Panamá tiene importancia económica y social, con una superficie de producción de

505.71 ha, de las cuales 314.64 ha corresponden a la provincia de Chiriqui, dividida principalmente entre el distrito de Renacimiento y Boquete. Esto representa el 62.22% de la superficie sembrada en el país, con una producción de 5,311 toneladas (Contraloría General de la República, 2000).

El cultivo emplea gran cantidad de mano de obra no calificada y promueve una considerable actividad económica por el monto de insumos y horas/hombre dedicadas a su producción, mercadeo y agroindustria (Barreyro, 1999).

La comercialización del tomate en el país, se hace según el diámetro del fruto, por lo que se recomienda conocer la estructura del rendimiento de cada cultivar; esto permitirá que se seleccione el mejor y de haber igualdad, se podrá decidir por aquel que posea mayor producción en las categorías 3x3 y 4x4, ya que son los que reciben los mejores precios en el mercado.

La producción es intensiva durante todo el año, por la condición de clima tropical. Las exigencias térmicas del cultivo de tomate son muy estrictas en función del grado de desarrollo del cultivo durante el crecimiento siendo la temperatura nocturna la más importante, alrededor de 15°C; es necesario una diferencia de 6°C entre el día y la noche para un buen crecimiento y calidad del polen. En el estado de floración, la temperatura óptima es de 13-17°C durante el día, temperaturas más elevadas aumentan la precocidad, pero disminuye el rendimiento total. La temperatura óptima para la maduración del fruto está alrededor de 20-24°C (Consuegra y col., 2000).

En la actualidad, el productor tiene acceso a altas tecnologías como la siembra en casa de vegetación, uso de los sistemas de riego, plásticos, lo que brinda nuevas

posibilidades de crecimiento del cultivo durante todo el año. Junto a esto se incorporan nuevas variedades con potenciales de alto rendimiento y buena calidad para los mercados más exigentes.

El sistema de cultivo, bajo casa de vegetación, demanda el empleo de cultivares de tomate de crecimiento indeterminado, para el cultivo vertical, a fin de lograr mayor eficiencia de las instalaciones; éstos permiten la combinación de características tales como alta productividad, calidad del fruto y resistencia simultánea a diversos patógenos. Como el cultivar constituye el elemento de mayor importancia en esta tecnología, es necesario analizar bien su elección (Casanova y col., 2003).

El rendimiento y el comportamiento varietal del tomate es muy variable y depende de numerosos factores tales como fertilidad de suelo, clima, sistema y manejo, periodos de siembra y otros (Consuegra y col., 2000).

La adaptación climática y los sistemas de cultivos, bajo casa de vegetación, es un proceso muy complejo que incluye productividad y calidad. Las diferencias varietales importantes en cuanto a la producción de tomate, bajo ciertas condiciones, se han detectado en algunos cultivares de tomate (Consuegra y col., 2000).

Según el departamento de planificación del MIDA, el rendimiento promedio de tomate de mesa en la provincia de Chiriquí, en los últimos cinco años (1999-2003), es de 39 t/ha, por lo que hay posibilidades de lograr mayores rendimientos, mediante el uso de cultivares adaptados y el empleo de un buen manejo del cultivo que permita una mayor expresión del genotipo, por lo que se hace necesario evaluar los nuevos materiales para su selección y posterior Validación de los mejores cultivares de tomate con alto rendimiento y buena calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2000 y 2001, los ensayos se instalaron bajo el sistema de casa de vegetación, en las localidades de San Ramón, Volcancito y Alto Quiel.

La localización geográfica de San Ramón y Alto Quiel es a 8° 48' latitud Norte y 82° 29' longitud Oeste, a 1,700 msnm, temperatura de 17°C, precipitación promedio anual de 2,247 mm. Volcancito está ubicada a 8° 47' latitud Norte y 82° 27' longitud Oeste, a 1,200 msnm, temperatura media de 20.1°C, precipitación promedio anual de 2,305.8 mm (Contraloría General de la República, 2001).

En San Ramón, la casa de vegetación es de tipo capilla, de confección

artesanal con materiales del área (cañazas), tiene una orientación en sentido a los vientos predominantes (norte) para su máxima aereación, de 20 m de largo y 8 m de ancho sin abertura cenital. La casa de vegetación en Volcancito fue de tipo campana, con estructura de metal, colocada en dirección Este a Oeste, de 20 m de largo y 20 m de ancho. En Alto Quiel, la casa de vegetación es de tipo capilla, estructura de metal, colocada en dirección Oeste a Este, de 50 m de largo y 10 m de ancho, con una abertura cenital de 0.50 m de alto en dirección Sur.

Las casas de vegetación se utilizan en el área para resguardar las plantas de la precipitación, mientras que el resto de los factores climáticos tales como la temperatura y humedad relativa dependen de las condiciones del lugar.

Los suelos de estas áreas son clasificados como andosoles, ya que se derivan de material volcánico. La textura del suelo es franco-arenosa 70-75% de arena, 20-25% de limo y 5-10% de arcilla (alofana) con una densidad aparente promedio de 0.8. Estos suelos son ácidos y con un alto contenido de materia orgánica (De Gracia y col., 1995).

Las parcelas estuvieron formadas por camas de un metro de ancho por el largo de la casa de vegetación; se

utilizó riego por goteo y cubierta plástica gris. La frecuencia de riego fue determinada por medio de tensiómetros que midieron la humedad del suelo a 0.15 y 0.30 m de profundidad.

La fertirrigación se realizó en base a la curva de absorción del cultivo, con aplicaciones semanales a partir de 400 kg/ha de nitrógeno, 200 kg/ha de P_2O_5 y 900 kg/ha de K_2O (Horticulture Division, s/f).

El manejo agronómico del cultivo fue realizado según el criterio del productor colaborador.

Se trasplantó los pilones en el suelo directo; en líneas dobles con distancia entre plantas de 0.40 m y 0.50 m entre hileras, 1.20 m entre las dobles hileras; la parcela efectiva fue de 2.0 m² con 20 plantas.

Se condujo las plantas de tomate a un solo eje y los tallos laterales que aparecen en las axilas de las hojas se podaron manualmente para obtener frutos de máximo calibre.

Se podaron las hojas dejando dos hojas por racimo floral. Después de la cosecha del racimo, se elimi-



naron las hojas que se encontraban debajo del siguiente racimo, lo cual permite una mejor ventilación (BAR - AM, s/f).

En la localidad de San Ramón se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar, con tres repeticiones, donde se evaluaron nueve cultivares de tipo mesa, sin testigo comercial, ya que la tecnología era novedosa, por lo que no había forma de comparación con otro cultivar comercial de crecimiento indeterminado.

Entre los cultivares que se evaluaron estuvieron Antilla, Jenna, Pernod, ZG-Amanda, ZG-1030, Graciela, Shirley y Pik ripe, este último de crecimiento determinado.

En las localidades de Alto Quiel y Volcancito se evaluaron 14 cultivares (Cuadro 1), utilizando un arreglo de parcelas divididas con diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones donde las parcela grande corresponde a las localidades y las parcelas pequeñas a los cultivares.

A los cultivares se le realizaron 14 cosechas, los frutos se clasificaron en 3x3 (6-8 cm de diámetro) y 4x4 (6-4 cm de diámetro).

Las variables de respuesta fueron: número y rendimiento de fruto total comercial, 4x4 y 3x3. Se realizó el análisis de varianza y se compararon las medias mediante la prueba de Rango Múltiple de Duncan ($P < 0.05$).

CUADRO 1. CULTIVARES DE TOMATE EVALUADOS EN LA LOCALIDAD DE ALTO QUIEL Y VOLCANCITO, 2001.

Cultivares	Forma	Tipo	Crecimiento
1004	Alargado	tipo pera	Indeterminado
1005	Alargado	tipo pera	Indeterminado
1006	Alargado	tipo pera	Indeterminado
1011	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
1012	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
1013	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Antilla	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Pernod	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Vicar	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Cronos	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Delphi	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Marimba	Redondeado	tipo mesa	Indeterminado
Shady lady	Redondeado	tipo mesa	Determinado
Show girl	Redondeado	tipo mesa	Determinado

CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CULTIVARES DE TOMATE EN LA LOCALIDAD DE SAN RAMON, 2000.

Variables	gl	CM	Prob.
Rendimiento 3x3	9	729.2592	0.0003**
Número de frutos 3x3	9	274.8319	0.0001**
Rendimiento 4x4	9	5535.20	0.0212*
Número de fruto 4x4	9	479.7388	0.0309*
Rendimiento total comercial	9	685.4437	0.0272*
Número de fruto total comercial	9	5663.8666	0.0272*

*Diferencia significativa ($P < 0.05$).

**Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación del 2000, el análisis de varianza en la localidad de San Ramón (Cuadro 2) mostró diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) en los cultivares para el rendimiento y el número de fruta 3x3, mientras que para el resto de las variables se mostró una diferencia significativa ($P < 0.05$), con un coeficiente de variación de 22.26%.

Al comparar la media de rendimiento entre los cultivares (Cuadro 3), todos los cultivares presentaron rendimiento total comercial por encima de la media nacional de 39 t/ha. Antilla, con 68.41 t/ha, presentó el mayor rendimiento 3x3, seguido de Jenna (34.73 t/ha) y ZG-Amanda (29.03 t/ha). Los híbridos ZG-1030 (138.57 t/ha), ZG-Amanda (136.14 t/ha) presentaron los mayores rendimientos 4x4.

En el rendimiento total comercial Antilla (165.33 t/ha), Amanda (165.18 t/ha) y 1030 (154.90 t/ha) presentaron los rendimientos más altos. El cultivar Antilla con 60 frutos produjo el mayor número de frutos 3x3 y Amanda con 225 frutos el mayor número de frutos 4x4.

En ensayo realizado por Morales y col. (1997) presentaron entre las características cuantitativas, que el diámetro polar entre los cultivares indeterminados fue de 5.9 a 5.2 cm, un promedio de 5.3 cm, coincidiendo con el tamaño de frutos 4x4, lo que indico que estos cultivares en su producción el mayor rendimiento se obtiene en fruto de tamaño entre 6 y 4 cm de diámetro polar (4x4).

En la evaluación de 2001, el análisis de varianza de la localidad de Alto Quiel (Cuadro 4) mostró

CUADRO 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL RENDIMIENTO Y NÚMERO DE FRUTOS DE TOMATE EN LA LOCALIDAD DE SAN RAMÓN, 2000.

Cultivares	Rendimiento 3x3 t/ha	# de Frutos 3x3/ parcela efectiva	Rendimiento 4x4 t/ha	# de Frutos 4x4/parcela efectiva	Rendimiento total comercial t/ha	# de Frutos total comercial/ parcela efectiva
Antilla	68.41 a	60 a	97.16 ab	132 bc	165.33 a	192 ab
Jenna	34.73 b	30 b	94.91 ab	152 abc	129.63 abc	182 abc
Pernod	27.86 bc	26 bc	120.29 a	199 ab	148.14 ab	225 ab
ZG-R-1123	10.75 c	12 bc	103.90 ab	171 ab	114.64 abc	184 abc
Amareto	9.74 c	10 c	94.87 ab	154 abc	104.61 bc	164 bc
ZG-Amanda	29.03 b	31 b	136.14 a	225 a	165.18 a	256 a
ZG-1030	16.32 bc	17 bc	138.57 a	216 ab	154.90 ab	233 ab
Graciela	12.94 bc	14 bc	129.80 a	214 ab	142.75 ab	228 ab
Shirley	8.34 c	9 c	117.16 a	173 ab	125.49 abc	182 abc
Pik ripe	15.09 bc	15 bc	59.53 ab	88 c	74.62 c	103 c

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P > 0.05$), según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

diferencia significativa al ($P < 0.05$) para el rendimiento total comercial 4x4 y número de frutos 4x4, mientras que para el resto de las variables no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$), con un coeficiente de variación de 31.06%. Esto pudo deberse probablemente a factores que no fueron tomados en cuenta entre las fuentes de variación que no fueron considerados en el experimento, o bien el manejo del cultivo en finca de productores en cada localidad.

En la comparación de medias entre cultivares, en la localidad de Alto Quiel (Cuadro 5), todos los cultivares superaron el rendimiento de la media nacional de 39 t/ha. Cronos (60.73 t/ha), 1012 (38.37 t/ha), Antilla (37.30 t/ha), Show Girl (31.72 t/ha), Shady Lady (27.82 t/ha) 1013 (22.70 t/ha) y Marimba

(22.30 t/ha), produjeron los más altos rendimientos 3x3 superando las 20 t/ha.

Entre los cultivares tipo pera, el 1005 mostró el mayor rendimiento total comercial con 127.4 t/ha seguido del 1004 con 98.37 t/ha, sin existir diferencia estadísticas entre ellos, lo que indica que los cultivares reaccionaron de manera similar a las condiciones climáticas de lugar.

El análisis de varianza en la localidad de Volcancito (Cuadro 6), mostró diferencia altamente significativa al ($P < 0.01$) para las variables evaluadas, con coeficientes de variación de 24.54%, lo que indica que por lo menos uno de los cultivares superó en rendimiento y número de frutos al resto de los cultivares evaluados.

CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS CULTIVARES DE TOMATE BAJO CONDICIONES DE CASAS DE VEGETACIÓN EN LA LOCALIDAD DE ALTO QUIEL.

Variables	gl	CM	Prob.
Rendimiento 3x3	13	603.05255548	0.2098 ns
Número de frutos 3x3	13	1462.492674	0.1954 ns
Rendimiento 4x4	13	1677.483407	0.0080 *
Número de fruto 4x4	13	30888.43407	0.0228 *
Rendimiento total comercial	13	3507.661896	0.0067 *
Número de fruto total comercial	13	33054.77267	0.0861 ns

ns = no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$)

*Diferencia significativa ($P < 0.05$)

**Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

CUADRO 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL RENDIMIENTO Y NÚMERO DE FRUTOS DE TOMATE EN LA LOCALIDAD DE ALTO QUIEL, 2001.

Cultivares	Rendimiento 3x3 t/ha	# de Fruto 3x3/parcela efectiva	Rendimiento 4x4 t/ha	# de Fruto 4x4/parcela efectiva	Rendimiento total Comercial t/ha	# de Fruto total comercial/ parcela efectiva
Tomate de mesa de crecimiento indeterminado						
Cronos	60.73 a	98.33 a	99.39 ab	349.67 abc	160.13 a	448.00 ab
1012	38.37 ab	66.00 ab	70.54 abc	201.33 bc	108.92 abcd	267.33 bc
Antilla	37.30 ab	62.67 ab	109.30 ab	373.33 ab	146.60 ab	436.00 ab
Marimba	22.30 ab	41.00 ab	111.00 a	400.33 ab	133.29 abc	441.33 ab
Vicar	16.32 b	37.67 ab	78.43 abc	300.33 bc	94.75 bcde	338.00 abc
1013	22.70 ab	36.67 ab	41.31 c	207.67 bc	64.01 de	237.33 bc
1011	16.72 b	32.00 b	64.07 bc	229.67 bc	80.79 cde	261.67 bc
Pernod	4.93 b	10.67 b	44.03 c	151.67 c	48.97 e	162.33 c
Delphi	9.82 b	24.33 b	50.44 c	212.00 bc	60.24 de	236.33 bc
Tomate de mesa de crecimiento determinado						
Show Girl	31.72 ab	61.00 ab	76.78 abc	253.00 bc	108.50 abcd	314.00 bc
Shady Lady	27.82 ab	44.33 ab	81.94 abc	260.67 bc	109.76 abcd	305.00 bc
Tomate tipo pera de crecimiento indeterminado						
1004	28.11 ab	63.33 ab	70.27 abc	305.00 bc	98.37 bcde	368.33 abc
1006	17.15 b	34.67 b	79.14 abc	409.67 ab	96.29 bcde	444.33 ab
1005	15.39 b	33.00 b	112.01 a	517.33 a	127.4 abc	550.33 a

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P > 0.05$), según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CULTIVARES DE TOMATE BAJO CONDICIONES DE CASAS DE VEGETACIÓN EN LA LOCALIDAD DE VOLCANCITO.

Variables	gl	CM	Prob.
Rendimiento 3x3	13	1762.291554	0.0001 **
Número de frutos 3x3	13	5062.446886	0.0001 **
Rendimiento 4x4	13	1185.196855	0.0005 **
Número de fruto 4x4	13	25524.44872	0.0001 **
Rendimiento total comercial	13	4672.509142	0.0013 **
Número de fruto total comercial	13	39198.28570	0.0007 **

**Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

Al comparar las medias en rendimientos totales, todos los cultivares superaron la media nacional de 39 t/ha (Cuadro 8). El cultivar 1012 (80.09 t/ha) seguido de Antilla (69.01 t/ha) y 1013 (61.97 t/ha) fueron los que mostraron mayor rendimiento 3x3. Entre los cultivares tipo pera, el 1004 presentó el rendimiento total comercial más alto, con 158.09 t/ha y entre los cultivares de crecimiento determinado, el Show Girl obtuvo el mayor rendimiento total comercial con 140.19 t/ha.

El análisis de varianza entre las localidades de Alto Quiel y Volcancito (Cuadro 9) presentó diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre cultivares para las variables eva-luadas (número y rendimiento de frutos 3x3, 4x4 y total comercial). Entre las localidades se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la variable número de fruto 3x3, y

altamente significativa ($P < 0.01$), para el rendimiento de frutos 3x3 y 4x4, con un coeficiente de variación de 29.91%.

En la interacción localidad por cultivar se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la variable peso de tomate 4x4, mientras que para el número de frutos 3x3 y el rendimiento total comercial presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por lo que se puede señalar que por lo menos un cultivar fue superior al resto de los cultivares entre las localidades. Esto se explica por las condiciones climáticas del trópico, que se encuentran tan cerca de los límites de tolerancia del tomate ya que las pequeñas diferencias entre las estaciones frescas y cálidas pueden tener una gran influencia en el comportamiento de la planta (Gooding, 1972, citado por Consuegra y col., 2000).

CUADRO 7. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL RENDIMIENTO Y NÚMERO DE FRUTOS DE TOMATE EN LA LOCALIDAD DE VOLCANCITO, 2001.

Cultivares	Rendimiento 3x3 t/ha	# de Fruto 3x3/parcela efectiva	Rendimiento 4x4 t/ha	# de Fruto 4x4/parcela efectiva	Rendimiento total Comercial t/ha	# de Fruto total comercial/ parcela efectiva
Tomate de mesa de crecimiento indeterminado						
Cronos	3.97 g	6.00 g	69.68 de	261.67 efg	73.64 f	267.67 cd
1012	80.07 a	110.33 ab	107.54 ab	299.33 efg	187.61 ab	379.67 c
Antillas	69.01 a	104.33 b	127.63 a	432.00 abc	196.64 a	536.33 a
Marimba	15.26 efg	27.00 efg	104.33 abc	318.67 cdef	119.59 cde	345.67 cd
Vicar	18.26 defg	32.33 efg	119.08 ab	328.67 cdef	137.35 cd	361.00 c
1013	61.97 ab	95.00 bc	92.59 ab	219.33 fg	154.56 abc	314.33 cd
1011	9.45 fg	17.67 fg	95.51 bcd	303.67 def	104.96 def	321.33 cd
Pernod	30.25 def	50.33 def	74.68 cde	222.33 fg	104.94 def	272.67 cd
Delphi	28.54 def	47.33 ef	123.28 ab	348.67 bcde	151.83 abc	396.00 bc
Tomate de mesa de crecimiento determinado						
Show Girl	40.22 bcd	64.67 cde	99.96 bcde	279.33 defg	140.19 cd	344.00 cd
Shady Lady	17.20 defg	27.33 efg	64.95 e	182.00 g	82.16 ef	209.33 d
Tomate tipo pera de crecimiento indeterminado						
1004	59.21 abc	142.67 a	98.84 abcd	399.00 abcd	158.09 abc	541.67 a
1006	14.07 efg	33.67 efg	119.93 ab	483.00 a	133.99 cd	516.67 ab
1005	37.34 cde	88.00 bcd	111.63 ab	453.33 ab	148.96 bcd	541.33 a

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P>0.05$), según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CULTIVARES DE TOMATE BAJO CONDICIONES DE CASA DE VEGETACIÓN EN LAS LOCALIDADES DE ALTO QUIEL Y VOLCANCITO, 2001.

Variables	gl	CM	Prob.
Número (#) de frutos 3x3	13	3652.0302	0.0001**
Localidades (Loc.)	1	4328.6785	0.0124*
Loc. x cultivares	13	2872.9093	0.0003**
Rendimiento 3x3	13	1333.8661	0.0001**
Loc.	1	1965.3311	0.0067**
Loc. x cultivares	13	1031.4779	0.0004**
# de frutos 4x4	13	48334.787	0.0001**
Loc.	1	11620.761	0.2768ns
Loc. x cultivares	13	8078.0952	0.6039ns
Rendimiento 4x4	13	1697.8319	0.0031**
Loc.	1	11038.960	0.0001**
Loc. x cultivares	13	1164.8482	0.0289*
# de frutos total comercial	13	7589.3324	0.0003**
Loc.	1	30935.047	0.1163ns
Loc. x cultivares	13	15787.970	0.2488ns
Rendimiento total comercial	13	3431.1477	0.0002**
Loc.	1	22356.110	0.0001**
Loc. x cultivares	13	3555.7674	0.0002**

ns = No hay diferencia significativa ($P > 0.05$). *Diferencia significativa ($P < 0.05$).

**Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

Uno de los factores responsables de las diferencias en el comportamiento entre los cultivares en casa de vegetación es la luz. Así, a los cultivares desarrollados especialmente para invernaderos se les exige que tengan aptitud para crecer, florecer, cuajar y desarrollar frutos de calidad en condiciones de baja luminosidad (Stevens y Rich, 1986, citado por Nuez, 1995).

Al comparar medias de rendimiento entre localidades (Cuadro 9), el

cultivar 1012 presentó el rendimiento más alto de frutos 3x3, con 59.22 t/ha, seguido de los cultivares, Antilla (53.15 t/ha), 1004 (43.65 t/ha) y 1013 (42.33 t/ha), mientras que para los frutos 4x4, Antilla con 118.47 t/ha, seguido de 1005 con 111.82 t/ha y Marimba con 107.66 t/ha, presentaron los rendimientos más altos. En cuanto a los cultivares de crecimiento determinado, Show Girl obtuvo el más alto rendimiento total comercial de 124.34 t/ha.

CUADRO 9. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RENDIMIENTO Y NÚMERO DE FRUTOS DE TOMATE ENTRE LOCALIDADES, 2001.

Cultivares	# de Frutos 3x3/parcela efectiva	Rendimiento 3x3 t/ha	# de Frutos 4x4/parcela efectiva	Rendimiento 4x4 t/ha	# de Frutos comercial/ parcela efectiva	Rendimiento total comercial t/ha
Tomate de mesa crecimiento indeterminado						
1012	88.17 ab	59.22 a	235.33 def	89.04 abcde	323.50 cde	148.26 ab
Antilla	83.50 abc	53.15 ab	402.67 abc	118.47 a	486.17 ab	171.62 a
Cronos	52.17 cdef	32.35 cdef	305.67 cdef	84.54 bcde	357.83 bcde	116.89 bcd
Marimba	34.00 def	18.77 ef	359.50 bcd	107.66 abc	393.50 abcd	126.44 bcd
Vicar	35.00 def	17.29 ef	314.50 cdef	98.76 abcd	349.50 bcde	116.05 bcd
1013	65.83 bcd	42.33 abcd	213.50 f	66.95 e	275.83 de	109.28 cde
1011	24.83 f	13.08 f	266.67 def	79.79 cde	291.50 de	92.88 cde
Pernod	30.50 ef	17.59 ef	187.00 f	59.36 e	217.50 e	79.95 e
Delphi	35.83 def	19.18 ef	280.33 cdef	86.86 bcde	316.17 ced	106.03 cde
Tomate de mesa crecimiento determinado						
Show Girl	62.83 bcde	35.97 bcde	266.17 def	88.37 bcde	329.00 cde	124.34 bcd
Shady Lady	35.83 def	22.51 def	221.33 ef	73.45 de	257.17 de	95.96 de
Tomate tipo pera de crecimiento indeterminado						
1004	103.00 a	43.65 abc	352.00 bcde	84.56 bcde	455.00 abc	128.23 bcd
1006	34.17 def	15.60 ef	446.33 ab	99.53 abcd	480.50 ab	115.14 bcd
1005	60.50 bcde	26.36 cdef	485.33 a	111.82 ab	545.83 a	138.18 bc
Localidades						
Volcancito	60.47 a	34.63 a	321.50 a	100.68 a	381.98 a	135.71 a
Alto Quiel	46.11 b	24.95 b	297.98 b	77.76 b	343.60 b	102.71 b

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P>0.05$), según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

En la comparación de medias de rendimiento entre localidades, Volcancito presentó una media mayor en las variables evaluadas; esto se puede explicar porque las condiciones climáticas en cada localidad es diferente y al tipo de casa de vegetación, viéndose favorecidos los cultivares evaluados en Volcancito.

Un ensayo parecido sobre caracterización de un grupo de cultivares de tomate para consumo fresco señalan que la manifestación de altos potenciales de rendimiento son indicadores de tolerancia y adaptabilidad (Morales y col., 1997).

CONCLUSIONES

- * En el 2000, en la localidad de San Ramón, todos los cultivares presentaron altos rendimientos totales superando la media nacional; los cultivares que presentaron los mayores rendimientos comerciales (3x3) fueron Antilla, ZG-Amanda, Jenna y Pernod; los híbridos ZG-1030, ZG-Amanda presentaron los mayores rendimientos 4x4.
- * En el 2001, en las localidades de Alto Quiel y Volcancito, todos los cultivares presentaron altos

rendimientos totales comerciales superando la media nacional, manifestando altos potenciales de rendimiento lo cual es indicador de adaptabilidad a las condiciones de cada localidad.

En la localidad de Alto Quiel, los cultivares Cronos, 1012, Antilla, presentaron los más altos rendimiento 3x3, mientras que en Volcancito, fueron los cultivares 1012, Antilla y 1013. En los cultivares tipo pera, el mayor rendimiento total comercial lo mostró el 1004.

Los cultivares que presentaron rendimientos superiores a los 20 t/ha de 3x3 entre las localidades fueron 1012 seguido de Antilla, 1013 y Cronos.

- * En Volcancito la media de los cultivares fue superior a la producida en Alto Quiel; sin embargo, existen materiales promisorios para ambas localidades.

RECOMENDACIÓN

- * Los resultados indican que en cada localidad donde se realizó el estudio se encontraron uno o dos cultivares con buenas características que pueden evaluarse en una validación.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento para los Señores Pedro Quiel, Maxi Montenegro y Los Hermanos Landau por su colaboración para que fuese posible el desarrollo de estos ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

BARREYRO, H.R. 1999. Análisis de sistemas de producción consumo de hortalizas en Panamá. REDCAHOR. IICA. 78 p.

BAR-AM, Y. (Comp.). s/f. El cultivo en suelo y sustratos de las variedades de Tomate Indeterminados Graciela Yonit y Shirley, bajo condiciones de invernadero. Israel, Seed Growers Company Ltd, Zeraim Gedera. 49 p.

CASANOVA, A.S. y col. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Horticolas Liliana Dimitrova. La Habana. Cuba. pp. 27-50.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate, Editorama, S.A. San José, Costa Rica. pp. 11-16.

CONSUEGRA, O. G.; MORALES, A.C.; LATERROT, H.; ANAIS, G. 2000. Mejora genética y manejo

del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Horticolas "Liliana Dimitrova". Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 59 p.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA. 2000. Sexto Censo Nacional Agropecuario 22 al 29 de abril de 2001. Dirección de Estadística y Censo. Vol.I. Tomo 1. Panamá. pp. 13-281.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA. 2001. Situación Física Meteorología. Dirección de Estadística y Censo. Panamá. 51 p.

DE GRACIA, R.; LEZCANO, J.M.; SERRANO, C.E. 1995. Proyecto de manejo integrado del sistema de producción de Cebolla de tierras altas en la provincia de Chiriquí (sin editar). 131 p.

HORTICULTURE DIVISION. s/f. Soil Fertirrigacion with poly-feed drip. Haifa Chemicals Ltd. Israel. 30 p.

MORALES, C.; SHAGARODSKY, T.; REYNALSO, I.; ALVAREZ, M.; MARTÍNEZ, B.; PÉREZ, S.; RODRÍGUEZ, J. 1997. Caracterización de un grupo de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) para consumo fresco. Cultivos Tropicales 18 (1): 66-70.

NUEZ., F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-prensa, España. 769 p.

EFFECTO DEL CLORURO DE CALCIO SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO CEBÚ Y SUS CRUCES.

Omar Chacón P.¹; Pedro Guerra M.²; Ricaurte Quiel³; Emigdio Sáenz⁴

RESUMEN

La terneza es el componente más importante en la calidad organoléptica de la carne y las soluciones de cloruro de calcio pueden usarse para reducir el período de maduración e incrementar la terneza sin introducir sabor u olores indeseables en la carne. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la aplicación de cloruro de calcio, tiempo de maduración, grupo racial y sistema de ceba sobre la terneza (Warner-Bratzler Shear, WB) de la carne de animales Cebú y sus cruces. Se colectaron muestras de la 12^{ava} costilla del *Longissimus dorsi* de ambas medias canales 24 horas *postmortem*. Se midió el efecto sobre la terneza de tres tratamientos: T0 = 0%, T1 = 5% y T2 = 10% de la solución de CaCl₂ 200 µM/peso de muestra de carne y maduradas por 7, 14, 21 y 28 días. Los grupos raciales usados fueron Cebuínos (Brahman) y Cruzados (50% Simmental x 50% Brahman y 50% Charolais x 50% Brahman) en dos sistemas de ceba: pastoreo con suplementación energético-proteica (PS) y confinados (C). Los datos fueron evaluados a través de un análisis combinado de varianza (modelo lineal fijo) y la comparación de medias ajustadas mediante una prueba "t". No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los dos sistemas de alimentación. En PS, el mayor efecto sobre la terneza se obtuvo al séptimo día de maduración utilizando T1, con un incremento (47.9%) altamente significativo ($P < 0.001$) en el grupo racial Brahman (2.48 Kgf). En el grupo racial Cruzado sólo se alcanzó un incremento de 18.9% (0.81 Kgf). En confinamiento se obtuvieron efectos altamente significativos ($P < 0.001$) en la terneza del T1, y sobre el T0 (30.0%) al día 14 de maduración. No se encontró diferencias ($P > 0.05$) entre los niveles T1 y T2 en los dos grupos raciales. Los valores WB al día 14 de maduración se clasifican como tiernos. La carga bacteriológica cuantificada en este estudio está lejos de la zona de alteración y no representa riesgos para la salud pública.

PALABRAS CLAVES: Carne de res; terneza; cloruro de calcio; *Longissimus dorsi*; *postmortem*; propiedades organolépticas.

¹ Lic. Química, M.Sc. Ciencia de la Carne. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: ochacon@idiap.gob.pa

² Ing. Agr., M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. Gerente de Proyecto. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: pguerra@idiap.gob.pa

³ Ing. Agr. Zoot. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: rquiel@idiap.gob.pa

⁴ Ing. Agr. Zoot. Estudiante graduado. FCA-UP. Chiriquí, Chiriquí.

CALCIUM CHLORIDE EFFECT ON BEEF TENDERNESS OF ZEBU CATTLE AND ITS CROSSES.

Tenderness is the most important component of organoleptic quality of the beef and solutions of calcium chloride (CaCl_2) can be used to reduce aging time and increase tenderness without introducing undesirable flavors and odors. The objective of this research was to determine the effect of the application of calcium chloride, aging time, breed and feeding system on the beef tenderness (Warner-Bratzler Shear, WB) of Zebu and its crosses. Samples were collected from the 12th rib of the *Longissimus dorsi* from both half-carcass 24 h post mortem. A solution of CaCl_2 μM was evaluated using three treatments: T0=0%; T1=5% and T2=10% of the weight sample and aging for 7, 14, 21 and 28 days. Breeds were: Brahman and Crossbred (50% Charolais x 50% Brahman and 50% Simmental x 50% Brahman) and the feeding systems were: pasture plus energy-protein supplement (PS) and feedlot (F). Data were analyzed through combined analysis of variance (fixed linear model) and adjusted least-squared means comparisons by t-test. There were no significant differences ($P>0.05$) between treatments T1 and T2 in both feeding systems. In PS, the highest effect on tenderness was obtained at 7 day of aging using T1 with a highly significant effect (47.9%) on the Brahman group (2.48 kgf). In the crossbred group the improvement was of 18.9% (0.81 kgf). In feedlot, highly significant effect ($P<0.01$) on tenderness was obtained with T1 over T0 (30.1%) at day 14 of aging. There was no significant difference between T1 and T2 in both breeds. Values of WB at day 14 of aging are classified as tender. Bacteriological charge of the present study was far from the critical zone and does not represent any risk to public health.

Key words: Beef tenderness; calcium chloride; *Longissimus dorsi*; post mortem; organoleptic characteristics of beef.

INTRODUCCIÓN

Los consumidores de carne bovina han identificado a la terneza, sabor y jugosidad (Byrne y col., 2000) como las características más importante que determinan su palatabilidad; y de ellas, se considera que la terneza es el componente más importante de la calidad organoléptica de la carne (Brooks y col., 2000).

Por otra parte, el consumidor panameño tiene criterios variables en este aspecto, dependiendo si reside en la capital de las cabeceras de provin-

cias, ya que considera otras características como el color de la carne, color de la grasa y terneza entre las más importantes (Santiago, 2003). Esta percepción se debe a que el método de cocción preferido por el consumidor en Panamá es con calor húmedo, situación que contrasta con las formas de preparación de la carne en otros países de mayor consumo, los cuales prefieren el cocinado en seco (asado y a la plancha).

Se ha encontrado que la terneza de la carne bovina disminuye y su variabilidad aumenta cuando razas *Bos*

indicus están involucradas en sistemas de cruzamiento (Wheeler y col., 1990); sin embargo, en Panamá, la base de la ganadería es Cebuina con una terneza intermedia (Chacón y col., 2004) en bovinos clasificados como tipo A (MIDA, 2001), condición que merma la calidad de la carne y limita la posibilidad de incursionar en mercados internacionales.

Para mejorar la terneza de la carne bovina se han estudiado varios procedimientos *postmortem*, logrando buenos resultados en la reducción del valor Warner-Bratzler (Koochmaraie y col., 1990; Wulf y col., 1996) mediante la aplicación de infusiones de cloruro de calcio a diversas muestras cárnicas.

El ablandamiento *postmortem* de la carne se debe a la proteólisis de ciertas proteínas miofibrilares: tropomina-T, desmina, nebulina, titina y vimentina. Cuando las calpaínas son activadas, la proteólisis ocurre más rápido (Pérez y Guerrero, 1999). Estas sólo pueden ser activadas mediante la adición de CaCl_2 , ya sea por inyección o marinación.

Las soluciones de CaCl_2 reducen el período de maduración e incrementan la terneza sin introducir sabor u olores indeseables en el músculo estudiado (González y col., 2001). Morgan y col. (1991), citado por Pérez y Guerrero (1999), aseguran que el calcio in-

yectado en la carne puede servir como una fuente adicional de calcio en la dieta diaria de los consumidores.

Debido a que la terneza, es uno de los factores que merman la calidad de la carne bovina en Panamá (Guerra, 2001), aunado a la apertura de los mercados a través de Tratados de Libre Comercio (TLC), se hace necesario darle mayor valor agregado al rubro carne bovina con la finalidad de elevar su competitividad tanto en el mercado local como internacional; razón por la cual el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la aplicación de cloruro de calcio, tiempo de maduración, grupo racial y sistema de ceba sobre la terneza de la carne de animales Cebú y sus cruces.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el IDIAP, Región Occidental y las muestras fueron tomadas en el Matadero Chiriquí, S.A., 24 horas después del sacrificio. En esta instalación se midió la temperatura (termómetro digital para carne), pH_0 y pH_{24} (potenciómetro con electrodo de punta de lanza para carne) de la canal. Los análisis de terneza se realizaron en el Laboratorio de calidad de carne del IDIAP.

Para las pruebas se utilizaron muestras del *Longissimus dorsi* (12^{ava} costilla), de ambos lados de la canal, provenientes de 11 animales

machos enteros, cebados en pastoreo con suplementación energética-proteica (etapa I) y 22 confinados (etapa II), con una edad promedio de 26 ± 3 meses al sacrificio.

Aplicación de la solución de Cloruro de Calcio 200 μ M

Se probaron tres tratamientos: T0= 0%, T1= 5% y T2= 10% de solución de CaCl_2 200 μ M/peso de muestra de carne. La muestra del lado izquierdo de la canal fue cortada en cinco secciones de una pulgada de espesor; a cuatro de estas secciones se le aplicó el tratamiento T1 y la otra sección se consideró T0. Se repitió el proceso con la muestra del lado derecho, pero inyectando las cuatro secciones con el tratamiento T2.

Proceso de maduración

Las cuatro secciones inyectadas fueron empacadas en forma convencional plastificada y maduradas por 7, 14, 21 y 28 días *postmortem* bajo refrigeración a 0°C. A las secciones no empacadas T0, se le realizó la prueba de terneza al día 1.

Prueba de terneza

Se utilizó la metodología descrita por Brooks y col. (2000) estandarizada (Savell, 2001). Las secciones fueron descongeladas a temperatura ambien-

te. Luego se cocieron en un asador eléctrico con parrilla abierta (Lawrence y col., 2001; Wheeler y col., 1998). Durante la cocción, la muestra fue volteada después de alcanzar 40°C de temperatura interna y luego cocida hasta alcanzar una temperatura interna final de 70°C. Cada muestra cocida fue envuelta en papel aluminio y refrigerada a 5°C por 20 horas. Posteriormente, se obtuvieron con un sacabocado, cinco tarugos de 1.27 cm de diámetro paralelos a la fibra muscular. Cada tarugo fue sometido a cizallamiento con el Warner-Bratzler Shear en forma perpendicular a la fibra muscular, para medir la fuerza máxima (Kg) necesaria para cortar cada tarugo.

Análisis microbiológico

Se realizaron conteos bacteriológicos de mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales (Hernández, 2000) y *Salmonella* spp. (Secretaría de Salud, 1995). Para realizar estos análisis se colocaron 25 g de la muestra en una bolsa estéril y se le añadieron 225 ml del diluyente estéril (agua peptona de carne al 0.1%), después fue masajeada durante un minuto para transferir los microorganismos al agua peptona, obteniéndose una dilución de 10^0 . Las diluciones se realizaron tomando, con una pipeta estéril, 1 ml de la dilución 10^0 , el cual se vertió en un frasco que contenía 9 ml del mismo diluyente, lo que da una dilución 10^{-1} ; de esta dilución se tomó 1 ml para obtener la dilución 10^{-2} .

y se vertió en un frasco con 9 ml del mismo diluyente; para la dilución 10^{-3} se tomó 1 ml de la dilución 10^{-2} se vertió en un frasco con 9 ml del diluyente.

Mesófilos aerobios

Usando diferentes pipetas para cada dilución decimal realizada anteriormente, se obtuvo de 1 ml del inóculo y se colocó en una caja petri estéril, previamente identificada. Este proceso se realizó por duplicado para cada dilución. Posteriormente, se agregaron a cada caja petri, 12 a 15 ml de Agar para Métodos Estándar esterilizado, fundido y enfriado a $45 \pm 1^\circ\text{C}$. Se incubaron las cajas en posición invertida a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas. La multiplicación de la cantidad promedio de colonias de aquellas cajas donde aparecen de 30 a 300 colonias por el inverso de la dilución, permite obtener el número de unidades formadoras de colonias (UFC) de mesófilos aerobios por mililitro de muestra.

Coliformes totales

La determinación de bacterias coliformes totales se efectuó siguiendo la técnica del número más probable (NMP) o técnica de dilución en tubo. Para ello se inoculó 1 ml de cada una de las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) en tubos de ensayo conteniendo 9 ml de caldo de lauril sulfato de sodio esterilizado y una campana de fermentación tipo Durham invertida, proceso realizado por triplicado.

Los tubos se incubaron a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ por 48 horas; la producción de gas en el tubo Durham indicó una reacción positiva, con lo cual se obtuvo un resultado presunto de la presencia de coliformes. Para confirmar la presencia de coliformes, se transfirió con un asa de platino dos a tres asadas del inóculo a tubos separados conteniendo 5 ml de Caldo bilis verde brillante al 2% esterilizado y una campana de fermentación tipo Durham invertida. Se incubaron durante 48 horas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$. La presencia de gas en el tubo Durham confirmó la existencia de coliformes totales y se calculó el NMP por mililitro de muestra.

Coliformes fecales

Para valorar los resultados de esta determinación se utilizó el índice NMP. De los tubos de ensayo con caldo de lauril sulfato de sodio que resultaron presuntos a coliformes, se transfirieron dos a tres asadas de inóculo, con un asa de platino, a frascos conteniendo 5 ml de caldo bilis verde brillante al 2% esterilizado y una campana de fermentación tipo Durham en posición invertida para observar la presencia de gas. De igual forma se transfirió inóculo a un frasco conteniendo 3 ml de agua triptona estéril. Posteriormente se incubaron a una temperatura de $44 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 horas. Los

Los frascos con presencia de gas son presuntos a la presencia de coliformes fecales. La confirmación se realizó mediante la prueba de indol, la cual consistió en agregar de 0.2 a 0.3 ml de reactivo de Kovacs a los frascos de agua triptona y se dejaron reposar por 10 minutos. La presencia de un anillo color rojo cereza en la superficie indicó una reacción positiva a microorganismos coliformes fecales y se calculó el NMP por mililitro de muestra.

***Salmonella* spp.**

Para la determinación de la presencia o ausencia de *Salmonella* spp. se siguieron los siguientes pasos:

a) Pre-enriquecimiento

Se tomaron 25 ml de la dilución 10^0 con pipeta estéril y se transfirieron a 225 ml de agua de peptona buffer (BPW) previamente esterilizada; posteriormente fueron incubados a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

b) Enriquecimiento selectivo

Se prepararon dos medios para este propósito: Caldo de selenito y cistina (CSC) y caldo de tetratiónato-verde brillante (CT-VB). Después de las 24 horas de incubación de la muestra en pre-enriquecimiento se tomaron 10 ml de ésta y se colocaron en cada uno de los medios de enriquecimiento selectivo CSC y CT-VB, los

cuales fueron incubados por 24 horas a una temperatura de $44 \pm 1^\circ\text{C}$.

c) Aislamiento en medios de cultivo selectivos y diferenciales

Se prepararon tres medios en cajas petri: Agar verde brillante (VB), Agar xilosa lisina desoxicolato (XLD) y Agar para *Salmonella* y *Shigella* (SS). Cuando el tiempo de incubación del medio de enriquecimiento finalizó, con un asa de platino se tomó una muestra del CSC y se inoculó en estrias en cada uno de los medios selectivos, proceso que se repitió con el CT-VB. Las cajas petri se incubaron en forma invertida durante 48 horas a $35^\circ \pm 2^\circ\text{C}$. Posteriormente, todas las colonias de las cajas petri fueron comparadas con las características específicas para *Salmonella* proporcionadas por el fabricante del medio de cultivo selectivo.

d) Identificación bioquímica

Las colonias sospechosas en los medios antes citados fueron inoculadas en medios inclinados de Agar de tres azúcares y hierro (TSI) y Agar de hierro y lisina (LIA), por estria en la superficie inclinada y por punción en el fondo. Se consideraron presuntamente positivas para *Salmonella* las colonias que en Agar TSI presentaron en el fondo del tubo, un viraje del indicador, debido a la fermentación de la glucosa; y en la superficie del medio un color rojo más intenso que el medio original, debido a la no fermentación de la lactosa y sacarosa. En agar

LIA, resultaron presuntamente positivas para *Salmonella* las colonias que intensifican el color púrpura en todo el tubo, debido a la descarboxilación de la lisina.

Grupo racial

Para determinar diferencias entre grupos raciales, éstos fueron agrupados en Cebuínos (Brahman) y Cruzados F1 (1/2 Simmental o 1/2 Charolais + 1/2 Brahman).

Análisis estadísticos

El estudio fue realizado a través de un diseño completamente al azar con arreglo de parcela dividida con el siguiente modelo matemático (Kuehl, 1994).

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta(\alpha)_j + \delta(\alpha\beta)_k + \lambda(\alpha\beta\delta)_l + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta

μ = media general

α_i = efecto del sistema de ceba

$\beta(\alpha)_j$ = efecto del nivel de cloruro de calcio dentro del sistema de ceba

$\delta(\alpha\beta)_k$ = efecto del tiempo de maduración dentro del sistema de ceba y nivel de cloruro de calcio

$\lambda(\alpha\beta\delta)_l$ = efecto del grupo racial dentro del sistema de ceba, nivel de cloruro de calcio y tiempo de maduración

ε_{ijkl} = error aleatorio

La comparación de medias ajustadas fue realizada a través de una prueba "t".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación: Terneza - Nivel de CaCl_2 - Sistema de Alimentación

El Cuadro 1 presenta los resultados del análisis combinado de varianza para el efecto de la aplicación de CaCl_2 , tiempo de maduración, grupo racial y sistema de ceba sobre la terneza de la carne bovina.

El factor sistema de ceba fue altamente significativo ($P < 0.001$), al igual que el factor sistema de ceba dentro del nivel de CaCl_2 y la interacción sistema de ceba por nivel de CaCl_2 por tiempo de maduración anidados en el factor raza. También se encontró significancia ($P < 0.05$) en la interacción sistema de ceba por nivel de CaCl_2 dentro de tiempo de maduración. El coeficiente de variación se considera aceptable para este tipo de estudio.

Los resultados indican que no hay diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos T1 y T2 en los dos sistemas de ceba (Figura 1). Se obtuvo mayor efecto de terneización en las muestras provenientes del sistema confinado (1.30 Kgf) comparado con el sistema de pastoreo con suplementación (1.16 Kgf) aplicando T1.

En el proceso proteolítico de las calpains actúan dos tipos de calpai-

CUADRO 1. ANÁLISIS COMBINADO DE VARIANZA (CUADRADOS MEDIOS) PARA EL EFECTO DEL CaCl_2 SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE BOVINA.

Fuentes de Variación	gl	CM
Sistema de ceba	1	43.72*
Nivel de cloruro de calcio (Sistema de ceba)	3	15.31*
Tiempo de maduración (Sistema de ceba x nivel de cloruro de calcio)	6	3.30**
Raza (Sistema de ceba x nivel de cloruro de calcio x tiempo de maduración)	20	6.97*
Error	752	1.09
Total	782	-
% CV	-	30.89

* Diferencia significativa ($P < 0.05$); ** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

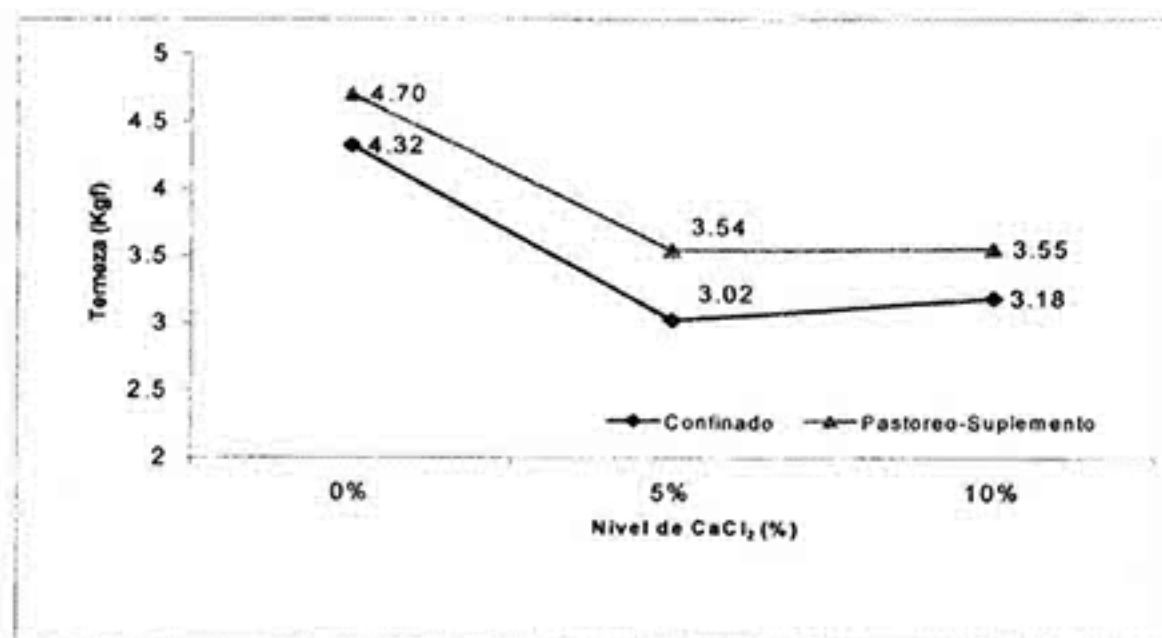


FIGURA 1. EFECTO DEL NIVEL DE CaCl_2 SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE BOVINA POR SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

nas: calpaina I (μ) que requiere 50 a 70 μ M de calcio para alcanzar su máxima actividad y la calpaina II (μ) que requiere de uno a cinco μ M de calcio (Pérez y Guerrero, 1999); por lo tanto, 5%/ peso de CaCl_2 200 μ M es suficiente para lograr el objetivo deseado.

En el músculo existe en exceso un inhibidor endógeno de las calpainas llamado calpastatina; sin embargo, su actividad decrece después de la inyección y/o marinación con cloruro de calcio (Hodges, 1993) porque es hidrolizado por las calpainas. El CaCl_2 no estimula la actividad de las catepsinas (Koohmaraie, 1994) y 10 μ M de CaCl_2 inhibe la catepsina B en 39%.

Los cambios de pH y temperatura que ocurren en el músculo durante el desarrollo del *rigor mortis* tienen un efecto dramático en la inactivación de la μ -calpaina, la cual es responsable del 68% de la variación final de la terneza (Koohmaraie, 1994) y el pH_{24} fue 6.05. El pH óptimo de las calpainas es alcalino.

Relación: Terneza - Nivel de CaCl_2 - Tiempo de Maduración

En la etapa I (Figura 2) de esta investigación se utilizaron muestras provenientes de animales cebados en pastoreo con suplementación, en la cual el mayor efecto sobre la terneza se obtuvo al séptimo día de maduración (1.5 Kgf, 31.9%) utilizando T1.

Estudios previos realizados en IDIAP (Chacón y col., 2004), reportan incrementos en la terneza del *Longissimus dorsi* de 1 Kgf (21.2%) al séptimo día de maduración, por lo que el incremento superior obtenido en la etapa I se debe básicamente al exceso de calcio presente en el músculo. En este aspecto, Koohmaraie y col. (1990) reportan que no hay efecto de la catepsina B y B+L durante la maduración por 14 días.

Según Koohmaraie y col. (1997), las diferencias en la rata y extensión de la proteólisis *postmortem* de las proteínas miofibrilares (desmina, titina, nebulina y troponina T) es la causa mayor de la variación de la terneza, lo cual explica las tendencias observadas durante la maduración. Otro factor que contribuye en la variabilidad observada en la terneza durante la maduración es el decrecimiento en la actividad de las calpainas I, II y su inhibidor (Koohmaraie y col., 1990; Hodges, 1993) durante la maduración.

En la etapa II (Figura 2), utilizando muestras de animales cebados en confinamiento y maduración por 14 días, se obtuvo efectos altamente significativos ($P < 0.001$) sobre la terneza (4.32 a 3.02 Kgf) con el tratamiento T1, lo que representa un incremento en la terneza de 30%.

Al comparar los resultados entre los dos sistemas de alimentación al día

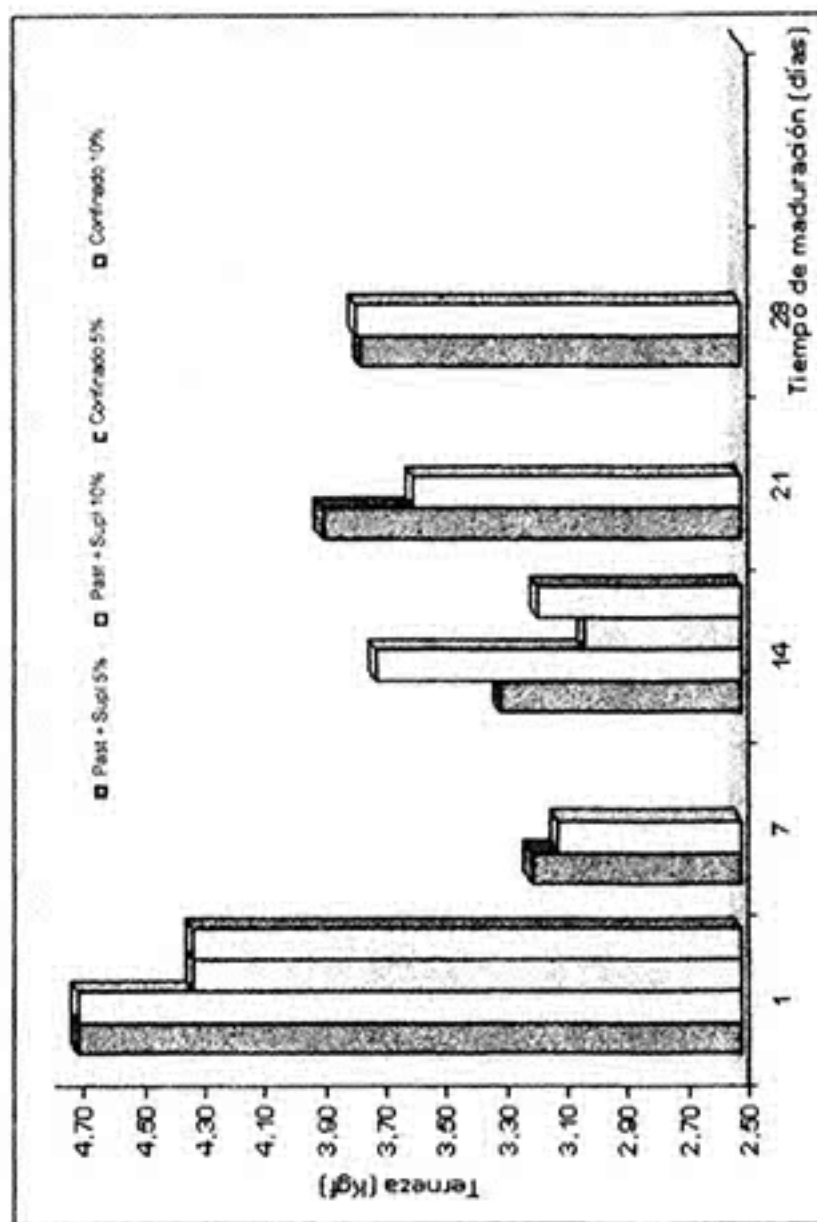


FIGURA 2. EFECTO DEL NIVEL DE CLORURO DE CALCIO Y TIEMPO.

14 de maduración, el valor WB más bajo se obtuvo en el sistema confinado con una diferencia de 0.28 Kgf.

Los resultados encontrados coinciden con las evaluaciones realizadas entre los consumidores (restaurantes y supermercados) donde hubo preferencias por la carne inyectada con 5% por peso de la muestra usando una solución de CaCl_2 al 2%. No se detectaron cambios en la jugosidad y gustosidad (Koohmaraie y col., 1997). También González y col. (2001) reportan que los panelistas consumidores prefirieron las muestras del músculo *Cutaneus trunci* marinadas con CaCl_2 0.25 M por 2 h y envejecidas por tres días, comparadas con el control envejecido por siete días.

También Wulf y col. (1996) reportaron incremento en la terneza de lomos inyectados con CaCl_2 200 μM al 5% por peso (2.9 Kgf en el control a 2.3 Kgf con 14 días de maduración), valores que no se alcanzan en músculos de la pierna trasera, ya que poseen bastante tejido conectivo y

éste no es afectado por la infusión inyectada. Otra ventaja que proporciona la aplicación de CaCl_2 es la reducción en la variabilidad de la terneza.

Relación: Terneza - Nivel de CaCl_2 - Raza

La Figura 3 presenta los resultados obtenidos de la aplicación de CaCl_2 sobre la terneza de animales Brahman y sus cruces en la etapa I. Se observa que no hay diferencias significativas ($P>0.05$) entre los niveles 5 y 10% en los Brahman y sus cruces, pero sí hubo un incremento altamente significativo ($P<0.001$) en la terneza del grupo racial Brahman al séptimo día de maduración (2.48 Kgf, 47.9%). En el grupo racial cruzado, sólo se alcanzó un incremento de 0.81 Kgf (18.9%) aplicando T1.

En procesos de maduración, utilizando empaque convencional, Chacón y col. (2004) reportan incrementos en la terneza de 22.4% en el Brahman y 21.1% en sus cruces, séptimo día de maduración, por lo que la aplicación de

CUADRO 2. EFECTO DEL NIVEL DE CaCl_2 SOBRE LA CARGA BACTERIOLÓGICA AL SEPTIMO DÍA DE MADURACIÓN.

Microorganismos	T1	T2
Mesófilos aerobios (Log UFC)	3.45	4.24
Coliformes totales (Log NMP)	1.59	2.37
Coliformes fecales (NMP)	0	0
<i>Salmonella</i> (25 g)	Negativo	Negativo

UFC: Unidades formadoras de colonias; NMP= Número más probable

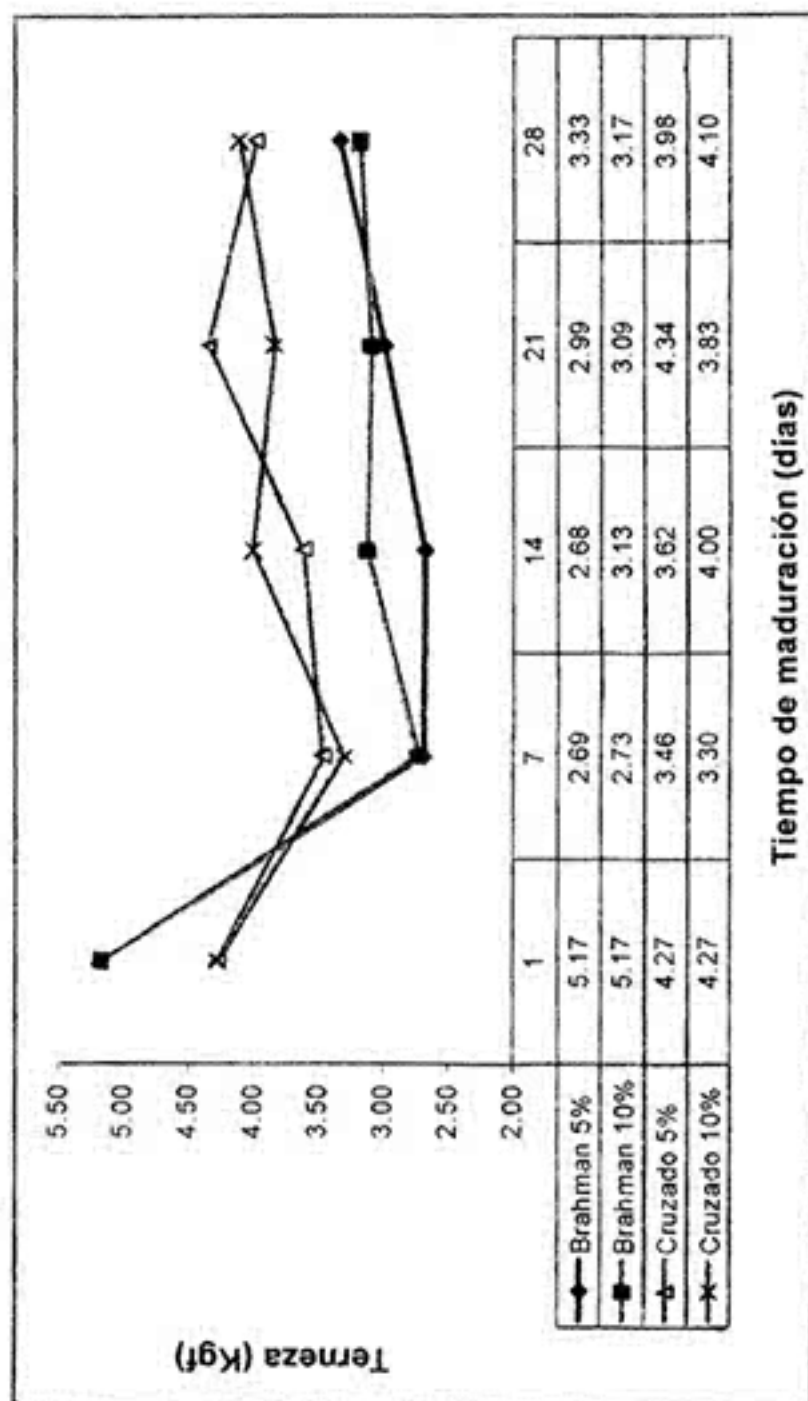


FIGURA 3. EFECTO DEL NIVEL DE CaCl_2 Y TIEMPO DE MADURACIÓN DENTRO DE RAZA SOBRE LA TERNEZA DE ANIMALES CEBADOS EN PASTOREO CON SUPLEMENTO.

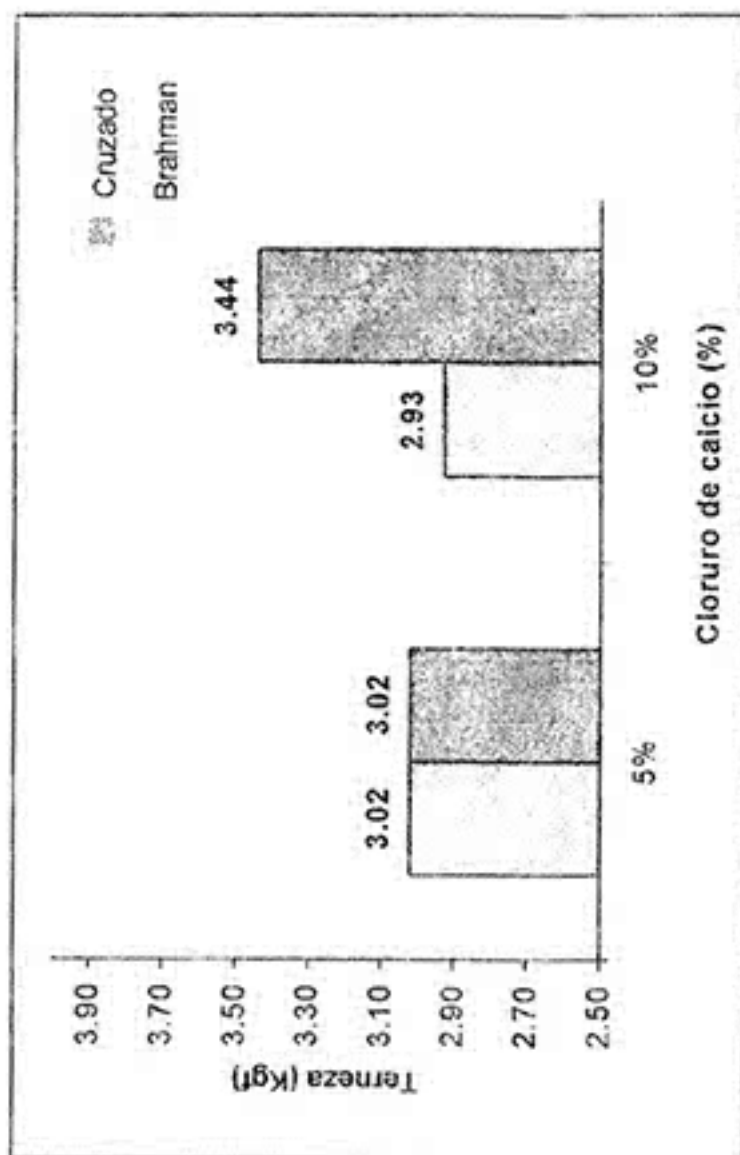


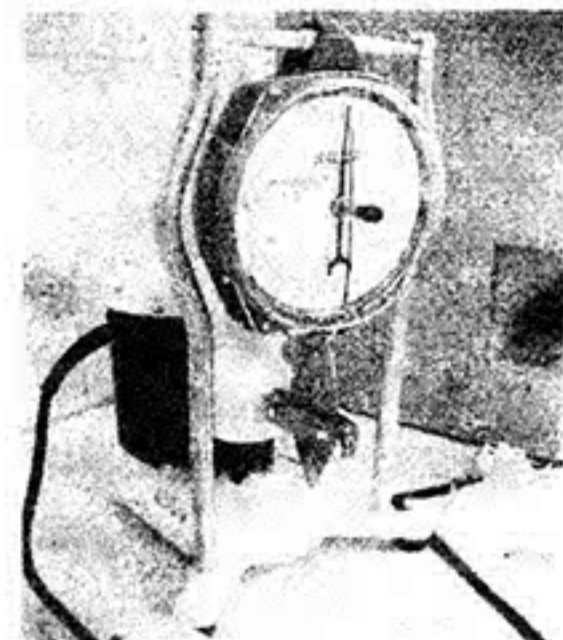
FIGURA 4. EFECTO DEL NIVEL DE CaCl_2 AL DÍA 14 DE MADURACIÓN DENTRO DE RAZA SOBRE LA TERNEZA DE ANIMALES CEBADOS EN CONFINAMIENTO.



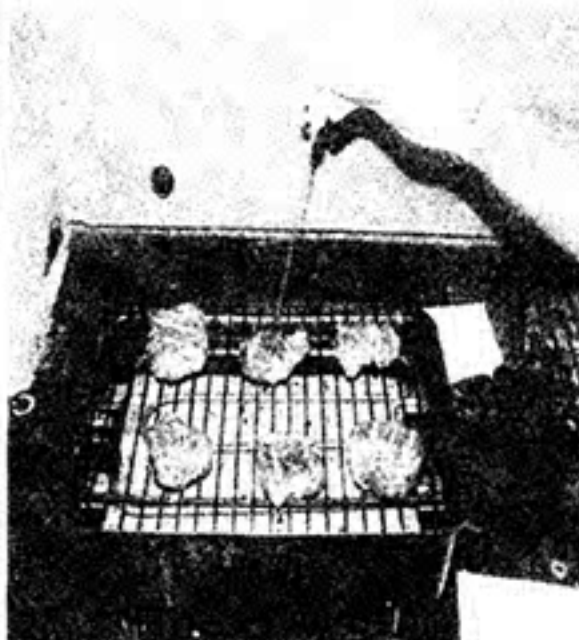
Método de aplicación de la solución de cloruro de calcio 200 μ M a las muestras cárnicas.



Proceso de empacado en forma convencional plastificada y maduración de la carne.



Medición de la terneza (Kgf) mediante el cizallamiento con el Warner-Bratzler Shear.



Medición de la Terneza: Etapa de cocimiento de la carne en un asador eléctrico de parrilla abierta.

CaCl₂ tiene mayor efecto en la terneza del Brahman (47.9%), comparado con los animales cruzados que se mantienen en el mismo rango. Al respecto, Koohmaraie (1994) indica que la tenderización *postmortem* se debe principalmente al sistema calpaína, la cual es dependiente del calcio.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de CaCl₂ sobre la terneza de animales Brahman y sus cruces en la etapa II, son presentados en la Figura 4 en la cual no se encontró diferencias significativas ($P>0.05$) entre T1 y T2 en el Brahman y sus cruces. Los valores WB al día 14 de maduración se clasifican como tiernos de acuerdo al patrón descrito por Boleman y col. (1997).

Efecto sobre la Carga Bacteriológica

Al evaluar los efectos de la aplicación de CaCl₂ sobre la carga bacteriológica (Cuadro 2) se obtuvieron resultados similares a los encontrados en procesos de maduración por siete días a 0°C utilizando empaque convencional (Chacón y col., 2004).

Los mesófilos aerobios, entre los que se incluyen la mayoría de los patógenos como la *Salmonella* spp., se desarrollan a temperatura que oscila de 5° a 40°C. La contaminación de muchos alimentos cárnicos ocurre cuando el conteo de mesófilos aerobios

en placas excede 10⁷ UFC/g (Fernández y col., 1997) y el valor obtenido en T1 y T2 al séptimo día de maduración es inferior a este parámetro.

Los microorganismos coliformes son usados en microbiología como indicadores de contaminación fecal en alimentos y malas prácticas higiénicas (Jay, 1994). El principal componente del grupo coliforme fecal es la verotoxina *Escherichia coli* y su presencia es indicativa de una probable contaminación de origen fecal en el alimento cárnico (McCarthy y col., 1998). Sin embargo, Rodríguez (1995) reporta conteos de: Log UFC/cm² (6.27±0.23 de mesófilos y 1.77±1.41 de coliformes) en cuadrada (pierna trasera) provenientes de plantas muy buenas y maduras por siete días en envase permeable al oxígeno, por lo que los resultados obtenidos en este estudio están lejos de la zona de alteración y no representan riesgos para la salud pública.

La humedad más alta en las muestras del tratamiento T2 es probable que sea la causa del mayor crecimiento bacteriano obtenido.

CONCLUSIONES

- ❖ La aplicación *postmortem* de CaCl₂ mejora la terneza de la carne bovina producida en Panamá y le proporciona más valor agregado.

- ✱ Se logra una buena terneza aplicando bajos niveles de CaCl_2 y madurando.
- ✱ La aplicación de CaCl_2 tiene mayor efecto en el grupo racial cebuino (Brahman) comparado con sus cruces.
- ✱ Esta es una práctica que genera carne ubicada dentro de los patrones como "Terneza garantizada" y con rangos bacteriológicos que no afectan la salud pública.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Matadero Chiriquí, S.A., por las facilidades brindadas en la toma de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- BOLEMAN, S.; MILLER, R.; TAYLOR, J.; CROSS, H.; WHEELER, T.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.; MILLER, M.; WEST, R.; JOHNSON, D.; SAVELL, J. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science* 75:1521-1524.
- BROOKS, J.; BELEW, J.; GRIFFIN, D.; GWARTNEY, B.; HALE, D.; HENNING, W.; JOHNSON, D.; MORGAN, J.; PARRISH, F.; REAGAN, J.; SAVELL, J. 2000. National beef tenderness survey - 1998. *Journal of Animal Science* 78: 1852 -1860.
- BYRNE, C.; TROY, D.; BUCKLEY, D. 2000. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine M. *Longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. *Meat Science* 54: 23-34.
- CHACÓN, O.; GUERRA, P.; QUIEL, R. 2004. Efecto de la maduración sobre la terneza de la carne del ganado cebú y sus cruces. Resultados preliminares del Proyecto SPA-12 (2001-2004). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. pp. 1-16.
- FERNANDEZ, C.; FLICK, G.; SILVA, J.; McCASKEY, T. 1997. Influence of processing schemes on indicative bacteria and quality of fresh aquacultured catfish filets. *Journal of Food Protection* 60 (1): 54.
- GONZÁLEZ, C.; SALITTO, V.; CARDUZA, F.; PAZOS, A.; LASTA, J. 2001. Effect of calcium chloride marination on bovine *Cutaneus trunci* muscle. *Meat Science* 57 (3): 251-256.
- GUERRA, P. 2001. Proyecto de investigación y desarrollo en el mejoramiento del valor agregado de la carne bovina en la fase post-mortem. Instituto de Investigación

- Agropecuaria de Panamá. Proyecto SPA-12, Período 2001-2004. 39 p.
- HERNÁNDEZ, J. 2000. Monitoreo microbiológico de organismos indicadores de sanidad en canales de res de un rastro de la ciudad de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua, México. pp. 3-20.
- HODGES, K. 1993. Meat marinades. Meat Focus International. September. CABI & IFIS. pp. 400-401.
- JAY, J. 1994. Microbiología moderna de los alimentos. 3a. ed. Editorial Acribia, S.A. España. 804 p.
- KOOHMARAIE, M. 1994. Muscle proteinases and meat aging. Meat Science 36: 93-104.
- KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; CROUSE, J. 1990. Acceleration of post mortem tenderization in lamb and Brahman-Cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. Journal of Animal Science 68:1278-1283.
- KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.; SHACKELFORD, S. 1997. Beef tenderness: Regulation and prediction. USDA-ARS. US Meat Animal Research Center, Clay Center. pp. 1-14.
- KUEHL, R. 1994. Statistical principles of research design and analysis. University of Arizona. 2nd ed. Wadsworth Publishing Co. USA. 686 p.
- LAWRENCE, T.; KING, D.; OBUZ, E.; YANCEY, E.; DIKEMAN, M. 2001. Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. Meat Science 58 (3): 239-246.
- MCCARTHY, J.; HOLBROOK, R.; STEPHENS, P. 1998. An improved direct plate method for the enumeration of stressed *Escherichia coli* O157:H7 from food. Journal Food Protection 61(9): 1093.
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO. 2001. Ley 25 del 30 de abril de 1998. Clasificación del ganado bovino en pie para el sacrificio, se clasifican canales y cortes, se deroga el decreto 43 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Asamblea Legislativa, Panamá. Disponible en: <http://www.mida.gob.pa/n-carnes.html> Consultado el 16/4/2004.
- PÉREZ, M.; GUERRERO, I. 1999. Las calpaínas y su efecto sobre la estructura miofibrilar. Una revisión. La Industria Cárnica Latinoamericana 115: 47.
- RODRÍGUEZ, H. R. 1995. Higiene y sanidad de las carnes de consumo. Las carnes en la nutrición y salud humana. Jornada de Actualización

en la Academia Nacional de Medicina, 26/7/1995. CICV-INTA, Argentina. pp. 1-10.

SANTIAGO, K. 2003. Diagnóstico estático sobre las preferencias de los consumidores de carne en Panamá. Revista Ecos del Agro. Año VIII, N°. 87, Agosto. 52 p.

SAVELL, J. 2001. Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for genetic evaluation. Disponible: <http://savell-j.tamu.edu/shear-stand.html> el 24/03/01.

SECRETARÍA DE SALUD. 1995. Norma oficial mexicana NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. DOF 22/9/1995. pp. 1-5.

WHEELER, T.; SAVELL, J.; CROSS, H.; LUNT, D.; SMITH, S. 1990. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-Cross beef cattle. Journal of Animal Science 68: 3677-3686.

WHEELER, T.; SHACKELFORD, S.; KOOHMARAIE, M. 1998. Shear force procedures for meat tenderness measurement. Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Agricultural Research Service. USDA. Clay Center, Nebraska. USA. pp. 1-6.

WULF, D.; MORGAN, J.; TATUM, J.; SMITH, G. 1996. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. Journal of Animal Science 74: 569-576.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NUTRIMENTOS Y BIOESTIMULANTES SOBRE LA INCIDENCIA DE LA SIGATOKA NEGRA (*Mycosphaerella fijiensis*) Y LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO AAB. BARÚ, PANAMÁ. 2001 - 2002.

Leonardo Marcelino¹; Vilma González²

RESUMEN

Los productores de plátano del distrito de Barú, Panamá, a pesar de su experiencia en el cultivo de musáceas, desconocen las alternativas de nutrición óptimas para este cultivo, por lo cual no obtienen los rendimientos esperados y no pueden garantizar la recuperación de sus inversiones. Para satisfacer esta demanda tecnológica, se estableció un ensayo en la finca de un productor en la localidad de Corotú Civil, Barú, ubicada a 34 msnm, 10°16'14.2" latitud Norte y 83°37'06.6" longitud Oeste, precipitación anual de 2,860 mm y temperatura de 27.6°C. El suelo era de textura franco-arenosa, pH 5.5, niveles bajos de calcio (0.92 meq/100ml), aluminio (0.1 meq/100ml), magnesio (0.24 meq/100ml) y manganeso (14 µg/ml). Se implementó en parcelas nuevas, utilizando el sistema de altas densidades (3,332 plantas/ha), en un diseño Completo al Azar, con tres repeticiones, cuatro tratamientos de fertilización en parcelas de 60 plantas, de las cuales 20 constituyeron la parcela efectiva. Se evaluó el efecto de las cuatro recomendaciones más utilizadas en la zona, para la fertilización de plátano, sobre la producción de los racimos y la incidencia de Sigatoka negra. Los tratamientos evaluados fueron: T-1 (14 g de PO₂ + 146 g de urea + 113 g de KCl/planta/año + 5 lt de Eco Hum DX/ha/planta/año); T-2 (14 g de PO₂ + 146 g de urea + 113 g KCl/planta/año); T-3 (14 g de PO₂ + 14 g de KCl + 146 g de urea + azufre (5%) + 113 g KCl/planta/año) y T-4 (146 g de urea/planta/año). El análisis sugirió la ausencia de diferencias significativas ($P > 0.01$) entre los diferentes tratamientos en cuanto a manos por racimo. Se observó un efecto marcado del T1 sobre las variables de producción, peso del racimo (15.9 kg), longitud de los dedos (24.1 cm) y hoja joven manchada (hoja 7.7); de igual manera, hubo efecto del T3 sobre el número de dedos por racimo (33.5 dedos), la circunferencia de los dedos (16.2 cm) y número de hojas sanas a la cosecha (5.2 hojas). Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, los tratamientos 1 y 3 resultaron ser los mejores para la fertilización del cultivo de plátano.

PALABRAS CLAVES:

Musa (Plátanos); *Mycosphaerella fijiensis*; respuesta de la planta; aplicación de abonos; sustancias de crecimiento vegetal; rendimiento; Panamá.

¹ Ing. Agr. Gerente del PID-Plátano, IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: lmarcelino@idiap.gob.pa

² Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).

NUTRIENT SUPPLEMENTATION AND BIOSTIMULANTS EFFECT ON THE INCIDENCE OF BLACK SIGATOKA (*Mycosphaerella fijiensis*) AND THE PLANTAIN AAB PRODUCTION. BARU, PANAMA. 2001 – 2002.

Plantain producers from Baru district, Panama, despite of having experiences in Musaceae cultivation, unknown optimal nutrition alternatives for this plantation, so that expected yield is not reached and there is not guarantee in recover the investment. In order to satisfy technological demand, it was established an experiment in a farm producer located at Corotu Civil, Baru, 34 meters over the level of the sea, 10°16' 14.2" North latitude and 83°37'06.6" West longitud, precipitation of 2,860 mm and temperature of 27.6°C. High density system (3,332 plants/ha) was implemented in new plants and a complete Randomized Design with three replications. Treatments were four fertilization alternatives utilized in the zone and its effect was measured as production and incidence of black Sigatoka. Every plot had 60 plants, but 20 plants were the effective plot. Soil texture was sandy-frank, 5.5 pH, high levels of phosphorous, potasium and copper; medium levels of organic matter, iron and zinc; and low levels of calcium, aluminium, magnesium and manganese. Statistical analysis showed no statistical differences ($P>0.01$) between treatments in number of hand per bunch. It was observe a marked effect of the treatment 1 on production variables such as bunch weight (15.9 kg), finger length (24.1 cm) and spotted most younger leaf (leaf 7.7). In the same way, treatment 3 affected variables such as number of fingers per bunch (33.5 fingers), finger circumference (16.2 cm) and number of healthy leaves (5.2 leaves). Under prevent study field conditions, treatments 1 and 3 were the better for fertilization of plantain plantation.

KEY WORDS: Musa (Plantain); *Mycosphaerella fijiensis*; plant response; aplicacion of fertilization; vegetal nutrimentos; Panama.

INTRODUCCIÓN

En parcelas comerciales de plátano, en el distrito de Barú, lo tradicional es el uso de fertilizantes granulados aplicados en la base de losseudotallos, el cual debe ser aprovechado y asimilado a través del sistema radicular de las plantas. La mayoría de los productores aplican fertilizantes sin ningún criterio técnico que permita suplir a la planta los nutrimentos que requiere, causando desbalances fisio-

lógicos de uno o más macro o microelementos y encareciendo la actividad productiva hasta en un 23%. Sólo el 35% de los productores del área realiza la fertilización en forma adecuada y considera el análisis físicoquímico de los suelos. Esto permite formular estrategias de fertilización que promueven el desarrollo saludable de la planta; el resto de los productores alcanzan una mediana eficiencia, debido a que no utilizan las dosis ni los productos requeridos por las plantas en

sus programas de fertilización (Marcelino, 1994). La pobre nutrición de las plantas induce a que la Sigatoka negra cause daños severos (Pérez, 1997); estas diferencias nutricionales son favorecidas por la falta de un criterio científico que ayude a desarrollar programas balanceados de fertilización.

Por otra parte, la utilización de fertilizantes foliares, a pesar de que mejora el aspecto de las plantas, no ha sido una estrategia que haya demostrado que propicia el incremento de los beneficios económicos al productor; por lo cual se le ha considerado como un efecto "cosmético" en este rubro.

Las compañías productoras y distribuidoras de agroquímicos, han puesto a disposición de los agroempresarios plataneros, productos que han sido designados como bioestimulantes. Estos productos se les atribuye la propiedad de que incorporan al sistema fisiológico de la planta algunos nutrimentos, además favorecen la eficiencia de sus funciones fisiológicas en cuanto a la absorción, asimilación y aprovechamiento de los nutrimentos que tiene a su disposición.

El propósito del presente estudio fue generar experiencias endógenas sobre el uso de nutrimentos y bioestimulantes y/o sus combinaciones más utilizadas en el área, en la producción

de plátano y su efecto sobre la incidencia y sensibilidad a la Sigatoka negra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en agosto del año 2001, en finca de productor, en la localidad de Corotú Civil, distrito de Barú, Chiriquí, Panamá, ubicada a 34 msnm, 10°16'14.2" latitud Norte y 83°37'06.6" longitud Oeste, precipitación anual de 2,860 mm y temperatura de 27.6°C; la fase de campo finalizó en el mes de septiembre de 2002. Para su implementación se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), con tres repeticiones y cuatro tratamientos de fertilización, los cuales se detallan en el Cuadro 1.

Cada parcela estuvo compuesta por 60 plantas, de las cuales 20 constituían la parcela efectiva; se utilizaron semillas del tipo Cormo del cultivar Cuerno Rosado, con un peso promedio de 2 kg. La parcela experimental se sembró bajo el sistema de altas densidades, a una distancia de 2.0 X 3.0 metros con dos plantas por sitio de siembra, para una densidad total de 3,332 plantas/ha; el área total de la parcela fue de 10,200 m², con parcelas de 850 m² (25 x 34 m).

La fertilidad del suelo de la parcela experimental fue determinada en el laboratorio de análisis químico del IDIAP, ubicado en Gualaca, provincia de Chiriquí (Cuadro 2).

CUADRO 1. TRATAMIENTOS EVALUADOS

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE APLICACIÓN
1	• 14 g de PO₂/ planta • 146 g de urea/planta • 113/g KCl/planta • 5 lt de Eco Hum DX /ha/año (bioestimulante)	• Siembra • anual (cada 3 meses) • anual (5 meses dds) • anual (cada 1.5 meses)
2	• 14 g de PO₂ /planta • 146 g de urea/planta • 113 g de KCl/planta/año	• Siembra • anual (cada 3 meses) • anual (5 meses dds)
3	• 14 g de PO₂ + 14 g de KCl/planta • 146 g de urea+ azufre (5%)/planta/ año • 113 g de KCl/planta/año	• Siembra • anual (cada 3 meses) • anual (5 meses dds)
4	• 146 g de urea/planta/ año	• anual (cada 3 meses)

CUADRO 2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO DE LA PARCELA

A.L Arc %	pH	P	K	Ca	Mg	Al	M.O.	Mg	Fe	Zn	Cu
		ug/ml		meq/100ml				ug/ml			
28-50-22	5.5	112	167	0.92	0.24	0.1	3.22	14	45	5	11
INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS											
Textura	pH	P	K	Ca	Mg	Al	M.O.	Mg	Fe	Zn	Cu
F.A. Franco Arenosa	ACIDO	ALTO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO

Las fertilizaciones con productos granulados se realizaron alrededor de la base de cada planta, posterior a un adecuado control de malezas y bajo condiciones de buena humedad del suelo. Como bioestimulante se utilizó Eco Hum DX, producido por la Escuela Agrícola para la Región del Trópico Húmedo (EARTH). Es un producto que se basa en sustancias húmicas concentradas y que actúa como bioestimulante foliar y radical; se aplicó en mezcla con los fungicidas utilizados para el control de la Sigatoka negra, en ciclos de 18 a 30 días, según las condiciones de lluvia que se presentaron en el área.

El manejo agronómico de la parcela se basó en las recomendaciones del IDIAP, para el cultivo de plátano en el distrito de Barú. Las variables de respuesta evaluadas fueron: hoja más joven manchada a la floración; manos, circunferencia de dedos (cm), número de dedos, peso por racimo (kg) y hojas sanas a la cosecha (Figura 1).

Para la dotación de agua, durante la época seca, se utilizó un sistema de aspersores subfoliares, que descargaban un total de 2 lt de agua/hora; el ciclo para el riego de agua se estableció cada dos días con una duración de 2.3 horas/riego.

Para el análisis de la información se utilizó un análisis de varianza y la

prueba de diferenciación de medias de Waller-Duncan. Con el propósito de determinar no sólo la alternativa agrónomicamente más promisorio, sino también la económicamente más recomendable para el productor, se procedió a realizar una evaluación económica de los tratamientos, según la metodología desarrollada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1988), para la formulación de recomendaciones económicas a partir de datos agronómicos.

Para la realización del análisis económico se tuvieron que realizar los siguientes cálculos:

a) Los costos que varían (C.V.)

Se calcularon los costos por hectárea relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y equipo que varían de un tratamiento a otro.

b) Presupuesto parcial

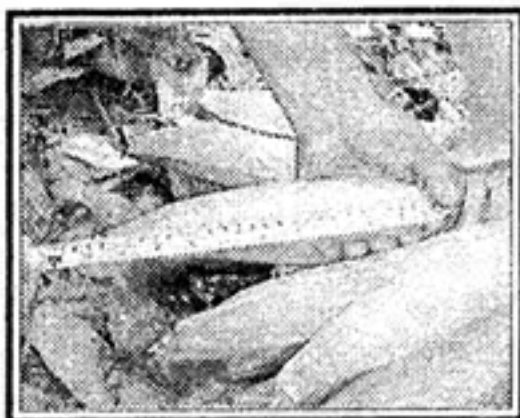
Para realizar el presupuesto parcial a cada tratamiento se le calculó el Beneficio Bruto de campo (BB), mediante la multiplicación del precio de campo por el rendimiento ajustado (rendimiento de campo menos el 10%). Posteriormente a los BB se les restaron C.V. para obtener el Beneficio Neto (BN). Luego se ordenaron los tratamientos en una escala ascendente de los totales de los costos que varían.



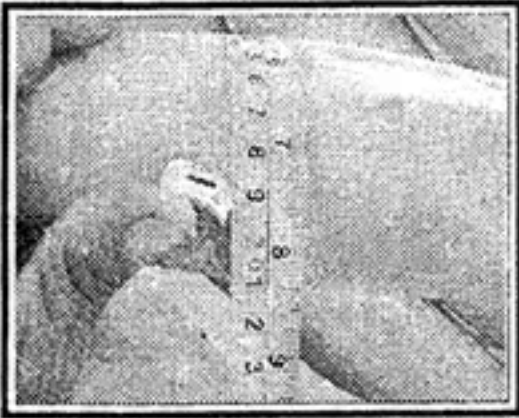
Cosecha de los racimos



Registro de las manos por racimo



Longitud de los dedos (cm)



Circunferencia de los dedos (cm)



Peso de los racimos
de los tratamientos
del ensayo

FIGURA 1. REGISTRO DE LA INFORMACIÓN DE COSECHA.

c) **La Tasa de Retorno Marginal (TRM)**

Mediante esta herramienta se logró expresar el beneficio neto marginal (aumento en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían).

d) **La Tasa Mínima de Retorno (TMR)**

Es fijada por el productor y representa el retorno mínimo de capital que aceptaría un productor al aplicar la tecnología propuesta.

e) **Curva de Beneficios Netos**

Con la información generada se confeccionó una curva que representa gráficamente el incremento porcentual de los beneficios que se obtuvieron al cambiar de una a otra de las recomendaciones tecnológicas que se evaluaron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados agronómicos

Con base en los resultados del Análisis de Varianza de los datos agronómicos (Cuadro 3) se pueden realizar las siguientes inferencias:

1. **Características de los racimos cosechados**

Manos por racimo

El Cuadro 4 muestra que no se presentaron efectos significativos ($P>0.23$) entre los diferentes tratamientos en lo referente a las manos por racimo. El valor máximo de dedos por racimo se presentó en el tratamiento 3 con 7.1 manos y el valor más pequeño, en el tratamiento 2 con 6.9 manos por racimo. Los tratamientos 1 y 4 mostraron valores intermedios con 7.0 manos por racimo cada uno. Estos resultados evidencian que el número de manos por racimo no estuvo influenciado por los tratamientos de fertilización evaluados, lo cual concuerda con lo reportado por Balálcazar (1991), que indica que esta variable de producción es muy difícil de modificar, debido a que está íntimamente ligada con caracteres genéticos de la variedad.

Dedos por racimo

La variable dedos por racimo mostró diferencia altamente significativa ($P<0.0004$) entre los tratamientos evaluados; el tratamiento 3 presentó el mayor promedio de dedos por racimo, con 33.5 dedos. Los tratamientos 1 y 2 no difirieron significativamente entre sí; en tanto el tratamiento 4 mostró un promedio de 25.2 dedos por racimo.

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA).

VARIABLE DE RESPUESTA	VALORES				ANÁLISIS DE VARIANZA	
	1	2	3	4	Coefficiente de variación (C.V.)	Probabilidad de estadística (P<0.01)
Tratamiento						
Manos/racimo	7.0 a	6.9 a	7.1 a	7.0 a	13.7	0.2300 ns
Dedos/racimo	28.2 b	27.4 b	33.5 a	25.2 c	16.2	0.0004 **
Peso/racimo (kg)	15.9 a	12.7 b	14.7 a	10.8 c	14.1	0.0065 **
Circunferencia de dedo (Mano central)	15.6 b	14.7 c	16.2 a	13.0 d	16.8	0.0003 **
Longitud de dedos/cm (Mano central)	25.9 a	23.5 b	24.1 b	20.6 c	11.6	0.0005 **
H.M/a la floración	7.7 a	7.5 a	7.6 a	6.8 b	12.7	0.0052 **
Hoja sana/cosecha	5.1 a	4.4 b	5.2 a	3.2 c	19.9	0.0022 **

ns = no hubo diferencia significativa

** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí (P>0.05) según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Peso por racimo

El peso por racimo mostró diferencia altamente significativa ($P<0.0065$) entre los tratamientos. En este sentido, los tratamientos 1 y 3 mostraron los pesos mayores y estadísticamente fueron similares con 15.9 kg y 14.7 kg, respectivamente. En tanto que el tratamiento 4 mostró el promedio de peso de racimo más bajo (10.8 kg) y el tratamiento 2, un peso intermedio entre los anteriores (12.7 kg).

En su conjunto, la calidad de los racimos obtenidos de los tratamientos 1, 2 y 3 puede ser considerada como buena dentro del rango de las preferencias de los productores y exportadores de este cultivo, ya que si se considera que la relación normal del raquis es de 15% del peso total del racimo, se lograron dedos con pesos de 479.25 g

(T-1), 393.97 g (T-2), 372.98 g (T-3) y 364.28 g (T-4). Los tres primeros presentan dedos con pesos adecuados para la exportación de plátano, ya que con los mismos se lograría llenar cajas de 22.3 kg con 46.53 plátanos (T-1), 56.6 plátanos (T-2) y 59.8 plátanos (T-3); en tanto que con el tratamiento testigo (T-4) se requerirían 61.2 plátanos.

De lo anteriormente señalado, es de destacar que el peso de los dedos del T-1 fue superior al de T-3, aunque este último presentó el mayor número de dedos por racimo. Esta característica de peso influye en la productividad del número de cajas exportables de plátano/ha. Las relaciones mencionadas sobre las características de los racimos de los tratamientos evaluados se pueden observar en la Figura 2.

2. Características de los Dedos cosechados

La calidad de la fruta cosechada es básica para que la misma sea competitiva, tanto en el mercado nacional como en el de exportación. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre las características de los dedos de todas las alternativas evaluadas (Figura 3).

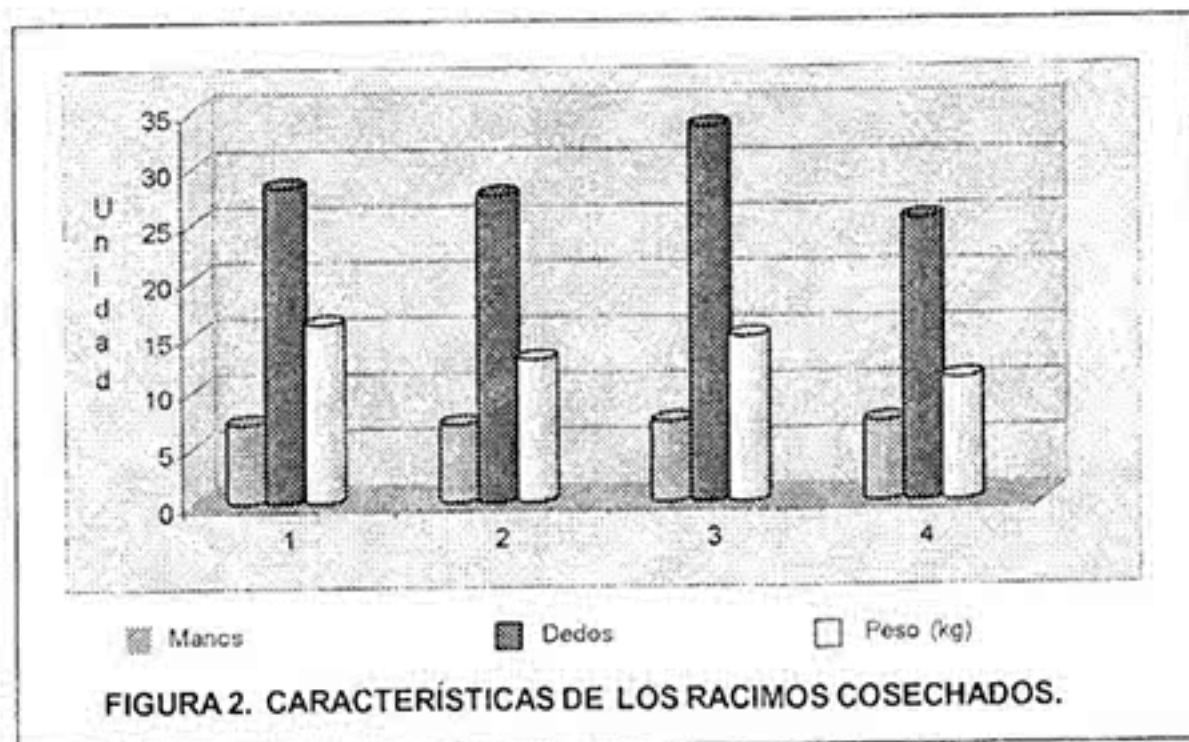
Circunferencia de los dedos

La prueba de diferencia de medias de Duncan (Cuadro 4) mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.0003$) entre la circunferencia de

los dedos de todos los tratamientos de fertilización evaluados. El tratamiento 3 mostró la media más alta (16.2 cm), seguida por el tratamiento 1 (15.6 cm), tratamiento 2 (14.3 cm) y el tratamiento 4 (13.0 cm) que resultó con la media más pequeña.

Longitud de los dedos

La longitud de los dedos mostró una tendencia distinta a la de la circunferencia (Figura 2), ya que se observó similitud estadística entre los tratamientos 2 y 3 con 23.5 y 24.1 cm, respectivamente. La media superior se observó en el tratamiento 1 con una longitud de 25.9 cm, en contraste con la media



CUADRO 5. TOTALES DE COSTOS VARIABLES.

DETALLE	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
Descripción	• 14 g de PO₂/ planta • 146 g de urea/planta • 113/ g KCl/planta • 5 lt de Eco Hum DX /ha/año)	• 14 g de PO₂ /planta • 146 g de urea/planta • 113/ g KCl/planta/año	• 14 g de PO₂ + 14 g de KCl/planta • 146 g de urea+ azufre (5%)/planta/ año • 113/ g KCl/planta/año	• 146 g de urea/planta/ año
Fertilizantes (\$/ha)	348.20	338.25	367.80	178.43
Mano de obra para aplicar fertilizantes (\$/ha)	48.17	48.17	48.17	36.00
TOTAL	396.37	386.42	415.97	214.43

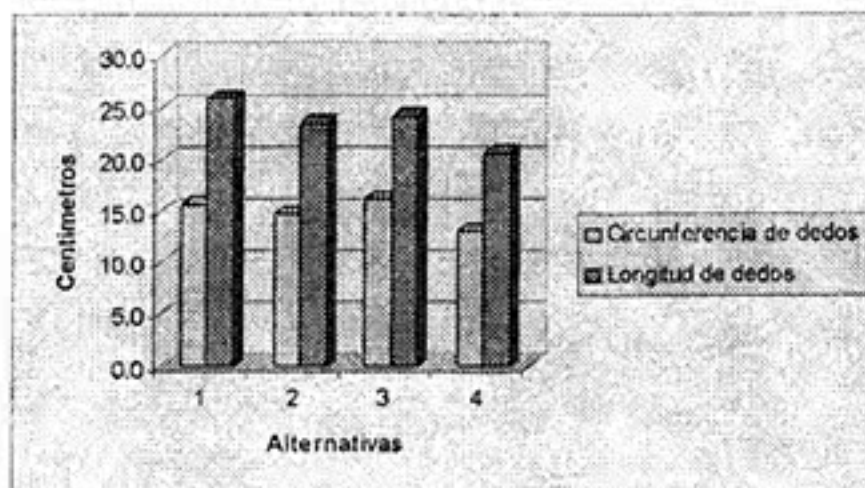


FIGURA 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEDOS COSECHADOS.

del tratamiento 4 que fue la de menor longitud (20.6 cm).

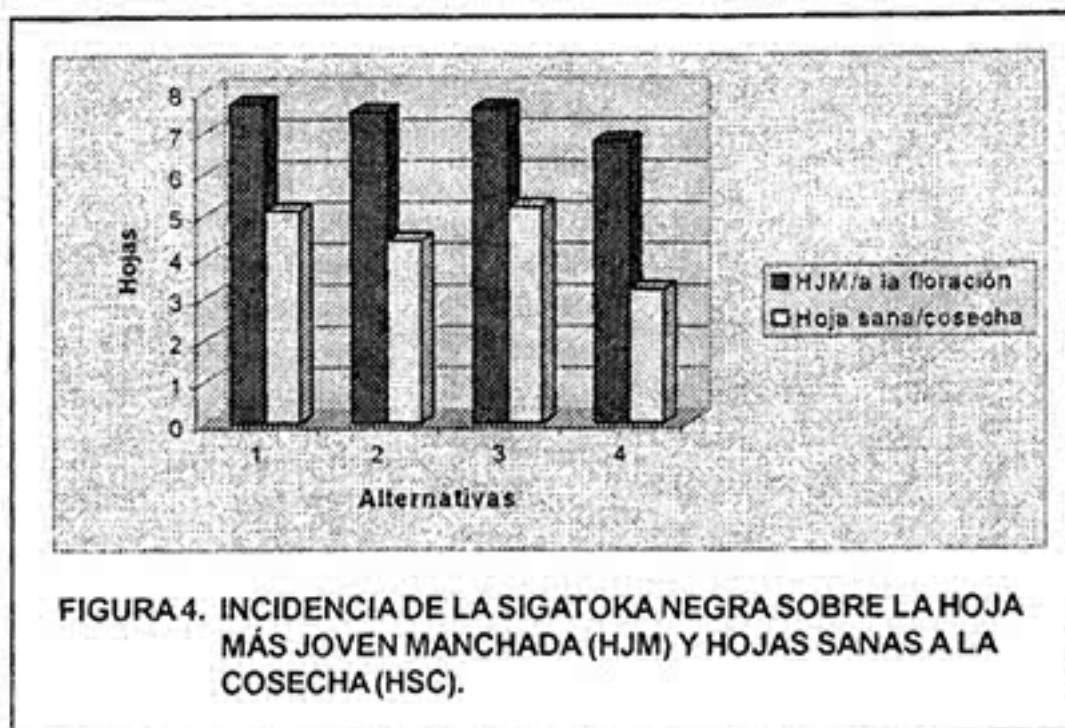
Estos resultados ubican los dedos obtenidos de los tratamientos 1, 2 y 3 como aptos para la exportación de plátano a los mercados preferenciales de Los Estados Unidos, ya que este mercado exige fruta con longitud mínima de 22 cm, lo cual descarta para este tipo de mercado a la fruta producida con el tratamiento 4.

Comportamiento de la Sigatoka negra

La influencia de los diferentes tratamientos evaluados sobre el comportamiento de la enfermedad Sigatoka negra se presenta en la Figura 4.

Hoja más joven con mancha (HJM)

La HJM da una indicación del progreso de la enfermedad, ya que mientras más joven sea la hoja con mancha, mayor será la incidencia y severidad de la enfermedad. El análisis de varianza para esta variable muestra que existió diferencia significativa ($P < 0.0052$) entre los tratamientos 1, 2 y 3, pero sí entre éstos y el tratamiento 4. En este sentido, la alternativa en la cual sólo se utiliza urea 46%, presenta mayor probabilidad de ser más afectada por *Mycosphaerella* que aquellas en que la fertilización fue balanceada con otros nutrimentos.



Hojas sanas a la cosecha

Esta variable es de suma importancia para los programas de exportación de plátano, ya que las frutas de los racimos cosechados aunque presenten un aspecto similar, desarrollaron una rata de maduración inversamente proporcional al número de hojas que presentaron a la cosecha. En este sentido se encontró diferencias estadísticas ($P < 0.0022$) entre los tratamientos; el tratamiento 1 y el tratamiento 3 resultaron similares con 5.1 y 5.2 hojas sanas a la cosecha, respectivamente; el tratamiento 2 conservó 4.4 hojas sanas a la cosecha y el tratamiento 4 sólo 3.2 hojas. Es de considerar para la interpretación de estos resultados que

un racimo que se coseche con menos de cuatro hojas sanas iniciará un proceso acelerado de maduración, lo cual será una limitante para su envío a los mercados de exportación.

Resultados Económicos

Con la información registrada se determinó que los costos que varían (C.V.) corresponden a costo de los fertilizantes y la mano de obra para su aplicación (Cuadro 4). El registro y posterior análisis de los costos que varían permitió la confección de una tabla de presupuesto parcial de los valores económicos registrados durante el estudio (Cuadro 5), en éste se contemplan, además, rendimien-

CUADRO 5. PRESUPUESTO PARCIAL.

Descripción	Unidad	TRATAMIENTOS			
		1	2	3	4
Rendimiento medio	cientos/ha	846.00	822.00	1005.00	756.0
Rendimiento (ajustado)	cientos/ha	803.70	780.90	954.80	18.2
Beneficios Brutos de campo	\$/ha	4018.50	3904.50	4774.00	3591.0
Totales de costos que varían	\$/ha	396.37	386.42	415.97	214.4
Beneficios netos	\$/ha	3622.13	3518.08	4358.03	3376.5

Precio de campo según la calidad de la fruta = \$ 5.00/ciento de plátanos.

CUADRO 6. TASA DE RETORNO MARGINAL.

DESCRIPCION	TRATAMIENTOS			
	4 (Testigo)	2	1	3
Costos variables (\$/ha)	214.43	386.42	396.37	415.97
Beneficios netos (\$/ha)	3376.57	3518.08	3622.13	4358.03
Tasa de retorno marginal (%)	---	82.28	104.52	375.46

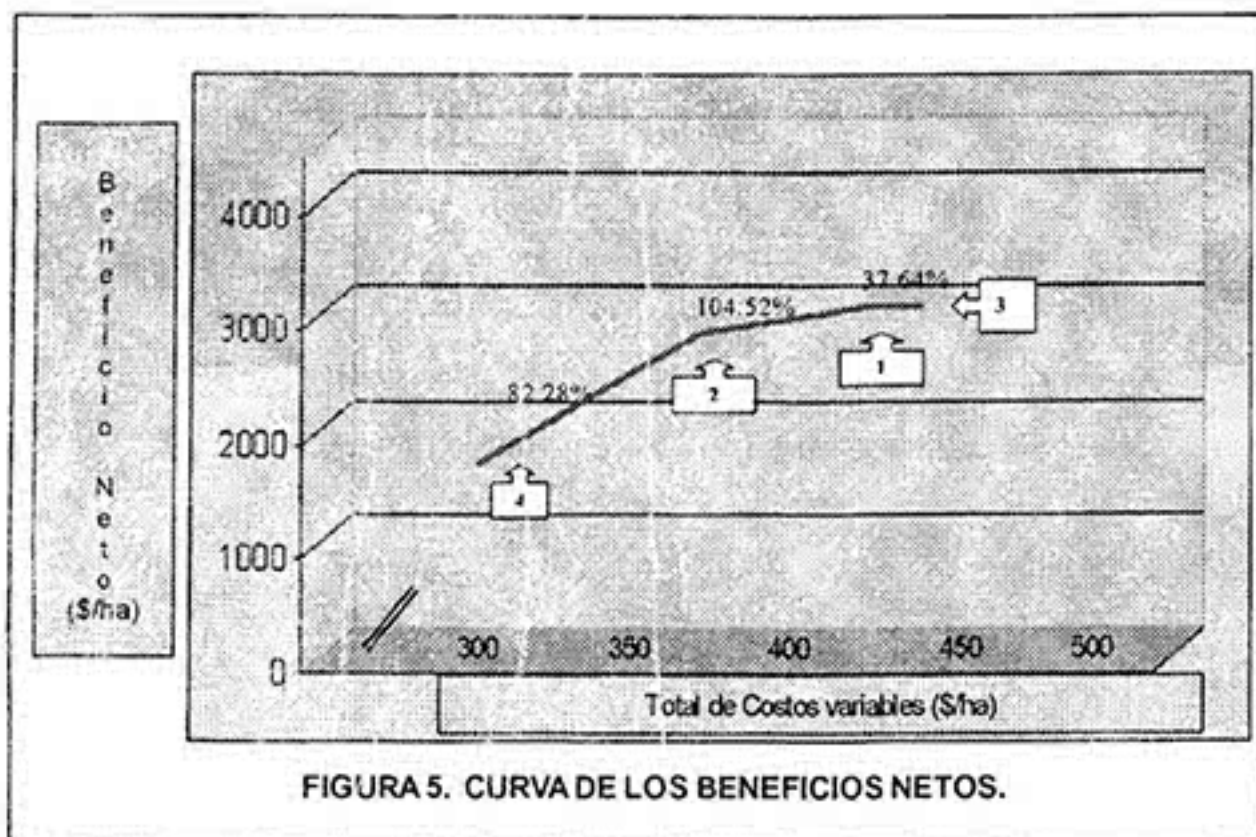
tos medios, rendimientos ajustados, beneficios brutos de campo.

El análisis de la información económica contenida en el presupuesto parcial permitió elaborar la Tabla de Retorno Marginal para todos los tratamientos (Cuadro 6).

La Tasa de Retorno Marginal (TRM) de cambiar del tratamiento 4 al

tratamiento 2 es de 82.28%, levemente por encima de la mínima aceptada por el productor (75.5%).

La TRM de cambiar de la alternativa 2 a la alternativa 1 es de 104.52%, muy por encima de la tasa mínima aceptada por el productor (75.5%). Pero la TRM de pasar de la alternativa 1 a la 3 desciende a 375.49%.



De las alternativas incluidas en el ensayo, desde el punto de vista económico, el tratamiento 1 es la recomendación más indicada para el productor. En la Figura 5 se puede observar la tendencia de la curva de beneficios netos de los tratamientos evaluados.

CONCLUSIONES

- La variable manos por racimo no estuvo influenciada por la aplicación de nutrientes a la planta.
- Se comprueba un efecto marcado de las aplicaciones de dosis balanceadas de nutrientes sobre las variables de producción: peso del racimo, dedos por racimo y la longitud de los dedos en el cultivo de plátano.
- Existe un efecto marcado de del tratamiento 1 sobre las variables de producción como: Peso del racimo y hoja más joven manchada; de igual manera del tratamiento 3 sobre el número de dedos por racimo, la circunferencia de los dedos, hoja más joven con mancha y número de hojas sanas a la cosecha.

- Mediante los programas de fertilización con base sólo en aplicaciones nitrogenadas (tratamiento 4), como se realiza en el distrito de Barú por la mayoría de los productores, no garantiza la obtención de una adecuada productividad ni calidad de plátano.
- Bajo las condiciones en que se realizó el estudio, los tratamientos 1 y 3 se presentan como las mejores recomendaciones agronómicas para la fertilización del cultivo de plátano.
- El tratamiento 3 se presenta como la alternativa económica más recomendable para el productor.

RECOMENDACIONES

- Con base en los resultados obtenidos, se recomienda implementar ensayos de época de aplicación de los nutrimentos evaluados en el presente estudio, nutrimentos para optimizar la eficacia de estos productos.
- Evaluar otras fuentes de los nutrimentos utilizados en el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- BELÁLCAZAR, S. 1991. El cultivo del Plátano en el Trópico. Manual de asistencia técnica No 50. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Armenia, Colombia. 376 p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D.F. 59 p.
- EARTH. 2000. ECO-HUM, una alternativa para cultivos productivos. Escuela Americana de la Región del Trópico Húmedo. 8 p.
- HADDAD, O. 1996. Plagas de importancia en el Valle del Zulia. Universidad Nacional de Maracay. Maracay, Venezuela. 31 p.
- MARCELINO, L. A. 1994. Caracterización de la producción de Plátano en la provincia de Bocas del Toro. Manual Técnico. Panamá. 33 p.
- MORENO, J. 1994. Guía para el manejo del cultivo de plátano en la zona sur del Javillo. Manual de referencia técnica No.21. Ministerio de Agricultura. Santo Domingo, República Dominicana. 28 p.

PÉREZ, C. 1997. Fertilidad y manejo del cultivo de plátano. En el cultivo de plátano en América Latina. Unión de Países Exportadores de Banano (UPEP). Panamá, República de Panamá. 18 p.

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO, LA ADAPTABILIDAD Y
OTRAS CARACTERÍSTICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE
CICLO PRECOZ, BAJO CONDICIONES DE SECANO Y RIEGO.
PANAMÁ. 2002-2003.**

**Ismael Camargo ¹; Luisa Martínez ²; Nerys García ²; Eric Batista ²;
Eduardo Rivera ²; Rubén Rodríguez ²; Pedro Him ²; Eric Quirós ²;
Benjamín Name ²; Rubén Samaniego ²; Luis Muñoz ²;
Gabriel Montero.²**

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar y seleccionar la mejor respuesta en rendimiento, la adaptabilidad y otras características agronómicas e industriales, se evaluaron 22 genotipos de arroz de ciclo precoz, en 10 localidades en secano y en riego. Se efectuó un análisis de varianza combinado y las medias fueron separadas por medio del DMS ($P < 0.05$). Para estimar la estabilidad se utilizó el modelo AMMI y el Biplot GGE_{SREG} . Los resultados, para el sistema de secano, indicaron baja incidencia promedio de enfermedades foliares especialmente NBI, ShR, GID y ataques moderados de BI, LSc y ShB. Hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en rendimiento de grano, sobresaliendo VIOAL 25-97, la cual no mostró diferencia estadística con FLAR 144-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 y FLAR 126-00. En calidad de grano, el rendimiento total (RT) fluctuó entre 63.3 a 67.8%, con valores de granos enteros (GE) entre 47.9 y 58.1%, mientras el centro blanco (CB) fluctuó entre 1.4 y 3.8. La digestión alcalina (DA) mostró 11 genotipos con grados de dispersión entre 6 y 7 con baja temperatura de gelatinización, nueve genotipos con grado de 4 a 5 considerados intermedios y dos genotipos con grado inferior a 4 con alta temperatura de gelatinización. El cultivar VIOAL 25-97 fue el genotipo que mejor respondió a los estímulos ambientales. Los cultivares IDIAP L-7 y CR 5272 presentaron el comportamiento más pobre en la mayoría de los ambientes. El modelo Biplot GGE_{SREG} identificó, como genotipos ideales, al FLAR 126 y COPROSEM 2. Los resultados para el sistema de riego, mostraron una baja incidencia de enfermedades foliares. Por otro lado, el estadístico DMS ($P < 0.05$) indicó diferencias significativas en rendimiento de grano, el grupo elite está constituido por 13 genotipos, Colombia XXI, FLAR 126-00, VIOAL 25-97, FLAR 179-00, ORYZICA 1, COPROSEM 1, Fedearroz 2000, COPROSEM 2, FLAR 144-98, LICI 52, FLAR 122-00, FLAR 185-00 y ACARIGUA 25, los cuales fueron estadísticamente diferentes entre sí. Los parámetros de calidad de granos, mostraron porcentajes de RT fluctuando entre 66.1 a

¹ Ph.D. Fitomejoramiento. Coordinador del Proyecto de Arroz. IDIAP, Panamá. Apdo 6-4391, Panamá.
e-mail: icamargo@cwpanama.net

² Investigadores Agrícola del Proyecto de Arroz. IDIAP, Panamá.

70.5%, con valores de GE entre 53.7 y 58.1%, mientras que la incidencia de CB en los granos fluctuó entre 1.2 y 3.8. Para la DA, el 50% de genotipos presentó grados de 6 y 7, 41% con grado de 4 y 5 y 9% con grado inferior a 4. Los cultivares Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 y COPROSEM 1 fueron considerados por el Biplot GGE, como los genotipos que mejor respondieron a los estímulos ambientales. Los cultivares IDIAP L-7, CR 5272, FLAR 434-98 y FLAR 438-98 fueron los que presentaron el comportamiento más pobre. La gráfica muestra que el genotipo ideal, bajo condiciones de riego, fue Colombia XXI.

PALABRAS CLAVES: *Oryza sativa*; arroz; variedades; adaptación; rendimiento; arroz de secano; Panamá.

EVALUATION OF THE YIELD, THE ADAPTABILITY AND OTHER CHARACTERISTICS OF 22 CULTIVATES OF RICE OF EARLY CYCLE UNDER CONDITIONS OF DRY LAND AND IRRIGATION.

With the objective of evaluate the response in yield, the adaptability and other agronomical and industrial characteristics, 22 genotypes of rice of early cycle were evaluated, in 10 localities in dry land and six in irrigation. Combined variance analysis was carried out and the averages were separated by the DMS ($P < 0.05$). To estimate the stability model AMMI and the GGE_{SREG} Biplot were used. The results for the system of dry land, show a low incidence of foliar disease especially NBI, ShR, GID and moderate attacks of BI, LSc and ShB. There were significant differences ($P < 0.05$) in yield of grain, VIOAL 25-97, which did not differ statistically from FLAR 144-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 and FLAR 126-00 standing out. As grain, the total yield (RT) fluctuate among 63.3 to 67.8%, with values of entire grains (GE) between 47.9 and 58.1%, while the white center (CB) fluctuated between 1.4 and 3.8. The alkaline digestion (DA) showed 11 genotypes with degrees of dispersion among 6 and 7 with low temperature of gelatinization, nine with degrees from 4 to 5 considered intermediate and two with degree inferior to 4 with high temperature of gelatinization. Cultivate VIOAL 25-97 was the genotype that better response to the environmental stimulate. The cultivates IDIAP L-7 and CR 5272 presented the poorest behavior. The model GGE_{SREG} Biplot identified as ideal genotypes, FLAR 126 and COPROSEM 2. The results for the system of irrigation, show a low incidence of foliar disease. The statistical DMS ($P < 0.05$) indicated significant differences in yield of grain, the elite group is constituted by 13 genotypes, Colombia XXI, FLAR 179-00, FLAR 126-00, VIOAL 25-97, ORYZICA 1, COPROSEM 1, Fedearroz 2000, COPROSEM 2, FLAR 144-98, LICI 52, FLAR 122-00, FLAR 185-00 and ACARIGUA 25, that did not differ statistically among themselves. The parameters of quality of grains showed percentages of RT fluctuating between 66.1 to 70.5%, with values of GE between 53.7 and 58.1%. The incidence of CB in the grains fluctuated between 1.2 and 3.8. For DA, 50% of genotypes presented degrees of 6 and 7, 41% with degree of 4 and 5 and 9% with degree inferior to 4. The cultivates Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 and COPROSEM 1 were considered by the GGE_{SREG} Biplot as the genotypes that better response to the environmental stimulate. The cultivates IDIAP L-7, CR 5272, FLAR 434-98 and FLAR 438-98 were those that presented the behavior but poor. The graph shows that the ideal genotype, under conditions of irrigation, was Colombia XXI.

KEYWORDS: *Oryza sativa*; rice; genotypes; adaptation; rendimiento; rice of early cycle; Panamá.

INTRODUCCIÓN

Los cultivares experimentales y comerciales de granos como el arroz, son evaluados en ensayos conducidos en numerosas localidades y años. Diferentes características agronómicas e industriales de los mismos son utilizadas para la selección de los genotipos superiores e identificar los mejores sitios para la siembra en las regiones de interés. No obstante, cuando se efectúan estos trabajos de investigación se enfrenta el fenómeno de la interacción genotipo x ambiente ($G \times A$), el cual afecta el comportamiento de los genotipos cuando son evaluados a través de ambientes contrastantes (localidades, épocas, años, etc.). Por consiguiente, se dificulta la identificación y selección de los mejores genotipos.

En el estudio de este fenómeno es necesario integrar los conceptos de adaptabilidad y estabilidad, para definir el comportamiento de los genotipos. La adaptabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente, en cuanto que la estabilidad, se refiere a la capacidad de los genotipos de mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental (Lin y col., 1986; Lin y Binns, 1994).

El desarrollo del modelo AMMI (Efectos principales aditivos e inter-

acción multiplicativa), que integra análisis de varianza, regresión conjunta y de componentes principales, ha contribuido a un entendimiento mejor de la interacción Genotipo x Ambiente (Zobel y col., 1988; Gauch y Zobel, 1988; 1989; Crossa, 1990; Crossa y col., 1990, 1991). Recientemente fue desarrollado el modelo Biplot GGE_{SREG} (Yan y col., 2000). Esta metodología permite analizar gráficamente los datos proveniente de ensayos en múltiples localidades y años. El GGE, se refiere al efecto principal de genotipo (G) más la interacción genotipo x ambiente (GE), las cuales son las dos fuentes de variación más relevantes en la evaluación de cultivares.

La gráfica Biplot GGE permite visualizar: Las similitudes y diferencias entre genotipos y las localidades y la respuesta diferencial de los genotipos; la naturaleza (positiva vs. negativa) y magnitud de la interacción entre cualquier genotipo y cualquier localidad (Yan y col., 2000; 2001; Yan y Rajcan, 2002).

El estudio tuvo como objetivos evaluar y seleccionar los cultivares de arroz de ciclo precoz que igualen o superen a los mejores testigos comerciales en los sistemas de secano y riego, para satisfacer la demanda de los productores, procesadores y consumidores de este importante grano.

CUADRO 1. UBICACIÓN DE LAS LOCALIDADES DONDE SE EFECTUARON LAS EVALUACIONES DE LOS 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ EN LOS SISTEMAS DE SECANO Y RIEGO. IDIAP 2002-2003.

N°	Localidades	Distrito	Provincia
SISTEMA DE SECANO			
1	Campo Experimental	Alanje	Chiriquí
2	La Esperanza	Barú	Chiriquí Occidente
3	Calabacito	San Francisco	Veraguas
4	Divisa	Santa María	Herrera
5	INA	Cañazas	Veraguas
6	Remedios	Remedios	Chiriquí Oriente
7	Sup. Campesina	Chepo	Panamá Este
8	Trinchera	Soná	Veraguas
9	El Coco	Penonomé	Coclé
10	El Cacao	Tonosi	Los Santos
SISTEMA DE RIEGO			
1	Canta Gallo	Alanje	Chiriquí
2	Jacú	Barú	Chiriquí Occidente
3	Remedios	Remedios	Chiriquí Oriente
4	San Lorenzo	San Juan	Chiriquí Oriente
5	Sup. Campesina	Chepo	Panamá Este
6	El Coco	Penonomé	Coclé

CUADRO 2. LISTADO DE LOS 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ Y SU ORIGEN, EVALUADOS BAJO LAS CONDICIONES DE SECANO Y RIEGO. IDIAP. 2002- 2003.

N°	Cultivares	Institución	País
1	ORYZICA 1	ICA-CIAT	Colombia
2	CR 5272	MAG	Costa Rica
3	IDIAP L-7	IDIAP	Panamá
4	ACARIGUA 25	IDIAP	Panamá
5	COPROSEM 1	El Aceituno/Coprosem	Colombia
6	COPROSEM 2	El Aceituno/Coprosem	Colombia
7	VIOAL 25-97	IDIAP	Panamá
8	Fedearroz 2000	FEDEARROZ	Colombia
9	Colombia XXI	FEDEARROZ	Colombia
10	LICI 56	IDIAP	Panamá
11	LICI 52	IDIAP	Panamá
12	FLAR 20-00*	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
13	FLAR 122-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
14	FLAR 126-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
15	FLAR 179-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
16	FLAR 185-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
17	FLAR 144-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
18	FLAR 145-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
19	FLAR 434-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
20	FLAR 439-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
21	FLAR 432-98	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá
22	FLAR 203-00	IDIAP/FLAR/FEDAGPA	Panamá

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en 10 localidades bajo el sistema de secano y seis bajo riego en las principales regiones productoras de arroz de Panamá, en parcelas facilitadas por productores colaboradores durante el ciclo 2002 (Cuadro 1).

Material genético

El grupo de cultivares evaluados provienen de diferentes empresas del sector público y privado que operan en la región (Cuadro 2).

Manejo agronómico

La rata de siembra utilizada fue de 3 g/m. El manejo de la fertilización y control de malezas, se efectuaron de acuerdo a la tecnología generada por el IDIAP en las diferentes regiones productoras del grano.

Las enfermedades no se controlaron para permitir la diferenciación genética de los genotipos. Las plagas fueron controladas en casos de extrema necesidad.

El sistema de secano fue dependiente totalmente de la precipitación de cada zona y bajo ninguna circunstancia se aplicó riego suplementario, mientras que en el sistema con riego se mantuvo como mínimo, un riego por inundación cada semana. En algunas localidades fue posible mantener una lámina de agua de 5 a 10 cm de profundidad a partir de los 15 días después de siembra.

La unidad experimental constó de una parcela de 10 hileras de 5 m de longitud, separada a 0.20 m una de la otra. La parcela efectiva estuvo constituida por las seis hileras centrales a las que eliminamos, 0.50 m de borde en cada extremo (4.8 m²).

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$X_{ijk} = \mu + G_i + B_j + A_k + (GA)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

en donde:

X_{ijk}	= Valor del carácter estudiado	A_k	= Efecto de ambiente
μ	= Media general	$(GA)_{ik}$	= Efecto G x A
G_i	= Efecto de Genotipo	ϵ_{ijk}	= Error Experimental
B_j	= Efecto de repetición		

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza combinado, considerando un modelo mixto (ambiente aleatorio y genotipo fijo). Para la comparación de medias se utilizó el análisis de separación de medias, a través de la diferencia mínima significativa ($DMS = P < 0.05$).

Análisis de adaptabilidad y estabilidad

Para el análisis se utilizó el modelo efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), que integra el análisis de varianza y el de componentes principales (Zobel y col., 1988). El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum^N \lambda_n Y_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

en donde:

Y_{ge} = Rendimiento del genotipo g en el ambiente e

μ = Media General

λ_n = Es el valor singular para el PCA

N = Número de PCA en el modelo

Y_{gn} = Valores de vectores de genotipos (PCA)

α_g = Efecto de las desviaciones de las medias de los genotipos

β_e = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente

δ_e = Valores de los vectores para cada ambiente (PCA)

ρ_{ge} = Residual

El análisis AMMI, fue realizado por medio del programa en SAS escrito por Vargas y Crossa (2000).

Gráfica Biplot GGE_{SREG}

La gráfica Biplot GGE_{SREG} (Yan y col., 2000; Yan y Hunt, 2002) permite determinar el cultivar con mejor comportamiento en un ambiente específico; identificar el ambiente mas apropiado para un cultivar específico; comparar cualquier par de cultivares en un ambiente; determinar el mejor cultivar

para cada ambiente y la diferenciación de mega-ambientes. Posteriormente, Yan y col. (2001), mostró que este gráfico permitía además, identificar al genotipo ideal como aquel con altas puntuaciones en el PCA 1 (asociado a medias de rendimiento altas), y las puntuaciones en el PCA2 cercanas a cero, esto último indica la estabilidad del cultivar a través de los ambientes contrastantes. El mismo criterio se aplica para determinar el ambiente ideal.

Además, en el Biplot GGE, los genotipos que se encuentran ubicados hacia el centro de la gráfica son menos responsivos que aquellos localizados en las esquinas o vértices del polígono, los cuales se consideran más responsivos (positiva o negativamente). También pueden ser visualmente identificadas las mejores y peores localidades, esta información es utilizada para identificar los mega-ambientes en las regiones de interés. Los cultivos ubicados en las esquinas o sectores donde no hay localidades son consideradas de pobre comportamiento en la mayoría de las localidades evaluadas (Yan y col., 2000; 2001; Yan, 2001; Yan y Rajcan, 2002; Kaya y col., 2002).

Las características se calificaron de acuerdo al Sistema de Evaluación Estándar para Arroz IRRI-CIAT y las mismas fueron: Vigor (Vg), mancha oji-val (MO), altura de planta (Ht), *Cercosporiosis* (NBLS), resistencia al acame (Ldg), *Sarocladium* (ShR), días a floración (Fl), Falso carbón (FSm), días a maduración (Mat), Bacteriosis (BB), rendimiento de grano en t/ha al 14% de humedad (REND), rendimiento total (RT), Piricularia al follaje (Bl), granos enteros (GE), Piricularia al cuello de la panícula (NBl), granos quebrados (GQ), *Helminthosporium* (BS), Centro Blanco (CB), Hoja blanca (HB), digestión alcalina (DA), escaldado (LSc), *Rhizoctonia* (ShB).

La evaluación de la calidad del grano se efectuó de acuerdo a la metodología propuesta por el CIAT (Arregocés y Zamorano, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. *Evaluación en el Sistema de Secano*

Condiciones ambientales

Las condiciones climáticas durante el periodo de siembras del arroz, correspondiente al ciclo 2002, se caracterizó por un comportamiento errático de las lluvias específicamente en el litoral Pacífico del país, influenciado por el fenómeno del "Niño" (ENOS). Esta situación afectó las siembras comerciales de arroz especialmente las tardías; puesto que, dejó de llover a mediados de noviembre en todo el país, reduciendo significativamente el rendimiento de grano, en las siembras atrasadas de Coclé, Tonosí y la segunda coa de Chiriquí. Estas condiciones climáticas adversas también afectaron nuestro sistema nacional de evaluación de cultivos, ya que en los experimentos ubicados en las localidades de Divisa, INA y Tonosí, la producción de grano fue severamente afectada por la sequía, específicamente en las dos primeras fue tan severa que algunos cultivos que no produjeron granos.

Análisis de medias

El análisis combinado de medias para las variables en estudio es presentado en el Cuadro 3. Los resultados muestran que la floración, bajo las condiciones de secano, fluctuó de 77 ± 4 días en COPROSEM 2, hasta los 89 ± 4 días después de siembra (dds) en el FLAR 439-98, con media general del ensayo de 83 días, correspondiendo a la definición de precoz.

Se observó baja incidencia promedio de enfermedades foliares, especialmente Piricularia al cuello de la panícula, añublo bacterial, manchado de grano y ataques moderados de Piricularia al follaje, escaldado de la hoja y *Rhizoctonia*. Estas evaluaciones muestran diferencias significativas de acuerdo al DMS ($P < 0.05$) entre los cultivares para las diferentes enfermedades evaluadas.

En cuanto a la Piricularia al follaje IDIAP L-7 y ORYZICA 1 presentaron los mayores niveles de susceptibilidad con evaluaciones promedios de 6 y 4, respectivamente. Para el caso de Piricularia al cuello de la panícula, IDIAP L-7 y Colombia XXI tuvieron las evaluaciones más altas. La presencia de plantas con síntomas de Hoja blanca y bacteriosis se observaron en algunos cultivares y ambientes. Por otro lado, hubo diferencias en rendimiento de grano, sobresaliendo la línea avanzada VIOAL 25-97, la cual no mostró diferencia estadística con las líneas experi-

mentales FLAR 144-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 y FLAR 126-00. Todas ellas, a excepción de ACARIGUA 25, presentaron porcentaje de rendimiento total y de granos enteros sobre la media del experimento, que fue de 67.3 y 53.5%, respectivamente.

A pesar de que las condiciones de secano no fueron las más favorables, los materiales presentaron parámetros de calidad de granos, con porcentaje de rendimiento total fluctuando entre 62.8% en el FLAR 439-98 a 69.8% en el FLAR 185-00. Los valores de granos enteros oscilaron entre 46.9% en el FLAR 432-98 y 59.0% en el FLAR 122-00, mientras que la incidencia de centro blanco en los granos fluctuó entre 1.4 y 3.8 en la escala de 1 a 5, estos valores están relativamente altos de acuerdo a los parámetros de selección. Destacándose además, que los materiales más rendidores presentaron valores de CB superiores a 2, tal vez influenciados por condiciones adversas después de la antesis o por deficiencias en el manejo post-cosecha.

En cuanto a DA, 11 genotipos presentaron grados de dispersión entre 6 y 7 con baja temperatura de gelatinización, 9 con grado de 4 a 5 considerados intermedios y dos con grado inferior a 4 con alta temperatura de gelatinización. Las temperaturas de gelatinización baja e intermedia indican que el arroz tiene buena absorción de agua y quedará suelto y seco después

CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO t/ha (14%) Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ BAJO EL SISTEMA DE SECANO. COMBINADO DE 10 LOCALIDADES. IDIAP, 2002.

Cultivar	LDG (1-9)	HT (cm)	FL (Días)	BL (1-9)	NBL (1-9)	LSC (1-9)	SHR (1-9)	GLD (1-9)	REND (t/ha)	RT (%)	GE (%)	OS (1-9)	DA (1-7)
VIOAL 2597	2(9)	86±12	80±6	2(7)	2(5)	3(7)	2(5)	2(4)	4.04±2.27	67.1±3.9	55.9±6.6	2.7±0.7	7.0±0.0
FLAR 144-98	2(9)	88±12	80±5	2(6)	3(7)	3(9)	2(7)	2(4)	3.90±1.99	68.0±2.2	56.9±3.3	2.2±0.7	4.0±0.0
FLAR 145-98	3(9)	86±11	81±5	3(7)	3(7)	4(9)	2(5)	2(4)	3.79±2.04	68.9±2.2	56.5±9.2	2.0±0.6	5.2±1.0
Acarigua 25	3(9)	92±15	84±7	3(5)	2(7)	3(7)	2(7)	3(5)	3.73±2.07	65.2±5.9	48.0±14.0	2.5±1.0	6.4±1.0
FLAR 126-00	2(7)	91±12	84±7	2(5)	2(5)	3(5)	2(5)	2(5)	3.67±1.98	68.2±2.2	58.6±3.9	1.7±0.6	6.8±0.2
FLAR 122-00	2(9)	88±13	80±5	2(7)	2(5)	3(9)	2(5)	2(5)	3.64±2.16	69.4±6.4	59.0±6.9	2.1±1.1	6.8±0.2
COFROSEM 2	3(9)	90±12	77±4	2(7)	3(9)	3(9)	2(5)	3(7)	3.56±2.14	69.5±2.6	55.0±9.1	3.4±1.0	6.9±0.1
FLAR 179-00	3(9)	91±12	81±4	2(7)	2(6)	3(7)	2(5)	3(6)	3.54±1.98	68.8±5.9	54.9±9.7	2.1±0.8	4.3±0.5
COFROSEM 1	2(9)	93±13	84±6	3(7)	2(7)	3(9)	2(7)	2(4)	3.46±2.14	67.9±4.3	54.7±5.6	2.2±0.6	6.8±0.2
FLAR 185-00	2(8)	88±12	84±5	2(7)	2(7)	4(9)	2(5)	2(5)	3.48±2.06	69.8±4.2	56.5±6.5	2.3±0.9	5.9±0.9
Fedearroz 2000	3(8)	93±16	85±5	3(7)	3(9)	3(5)	2(5)	2(5)	3.46±2.22	66.8±5.6	52.1±7.8	1.9±0.2	7.0±0.0
LIQ 56	4(9)	101±15	84±6	2(5)	2(5)	4(9)	2(5)	2(5)	3.43±1.92	68.0±4.3	51.0±8.9	1.8±0.8	4.5±0.5
FLAR 203-00	2(9)	90±11	80±5	2(5)	2(4)	4(7)	2(5)	2(4)	3.42±1.98	68.5±3.5	55.2±5.7	2.0±1.0	5.3±1.5
LIQ 52	3(9)	102±16	84±7	2(9)	2(3)	4(9)	2(3)	2(5)	3.29±1.74	65.6±5.3	49.8±10.2	1.8±1.3	4.1±0.2
FLAR 439-98	1	88±12	80±4	3(5)	2(5)	3(5)	2(5)	2(5)	3.21±2.17	62.8±5.3	48.6±10.1	1.4±0.6	4.0±0.3
FLAR 432-98	1(4)	90±12	87±6	2(5)	2(7)	2(5)	2(5)	2(6)	3.21±2.08	63.1±4.8	46.9±6.9	1.4±0.3	3.8±0.3
Colombia XX	2(9)	93±16	84±9	2(6)	4(9)	3(5)	3(5)	3(9)	3.20±2.01	63.9±6.2	47.3±7.5	2.4±0.9	6.9±0.1
ORIZICA 1	3(9)	85±12	84±7	4(7)	3(9)	4(9)	2(7)	3(7)	3.18±2.06	67.3±3.7	53.8±7.2	2.2±0.7	7.0±0.0
FLAR 200-07	3(9)	91±13	80±7	2(5)	2(5)	3(9)	2(5)	2(6)	3.13±1.84	68.1±5.7	56.1±12.2	1.7±0.6	6.4±0.7
FLAR 434-98	1(2)	88±14	85±8	2(4)	2(3)	3(5)	2(7)	2(6)	3.08±1.96	64.6±3.2	48.1±6.4	2.1±1.2	4.4±1.1
OR 5272	2(9)	86±15	86±7	3(7)	2(5)	3(9)	2(7)	2(6)	2.74±1.87	69.7±2.8	57.5±5.3	3.8±1.3	4.0±0.0
IDIAP L-7	1(4)	78±10	81±4	6(9)	5(9)	4(9)	3(5)	3(5)	2.60±1.71	68.2±3.1	54.7±5.6	2.0±0.9	3.7±0.2
Promedio	2	90	83	3	2	3	2	2	3.379	67.3	53.5	2.2	5.5
DMS	0.8	3	2	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.400				

de cocido. Por el contrario, la temperatura de gelatinización alta indica que quedará pegajoso después de cocido (Arregocés y Zamorano, 1979) (Cuadro 3).

Interacción genotipo-ambiente

El análisis de varianza AMMI (Cuadro 4), para rendimiento de grano de los 22 genotipos evaluados en diez ambientes, muestran que el 74.2% de la suma de cuadrados total fue atribuible a los efectos ambientales y solamente un 4.1% a los efectos genotípicos y 10.9% a la interacción. La mayor suma de cuadrados para ambiente indica que los ambientes son diferentes y contrastantes con grandes diferencias entre las medias ambientales, ocasionando fluctuaciones en el rendimiento de grano. La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A fue 2.6 veces

mayor que la de genotipo, indicando que hubo diferencias sustanciales en la respuesta de los genotipos a través de los ambientes.

En la Figura 1 se presenta la gráfica GGE Biplot, para los dos primeros factores del componente principal, los 22 cultivares y las 10 localidades de secano, solamente para la variable rendimiento de grano. Ambos factores están explicando el 64% de la interacción genotipo x ambiente, el PCA-1 explica el 50% de la interacción y el PCA-2 que captura el 14%.

Efecto de genotipos

De acuerdo a la gráfica Biplot GGE, los genotipos que se encuentran localizados cerca del centro (Figura 1) son los que menos respondieron a los diferentes ambientes, en cambio, aquellos ubicados en los vértices o es-

CUADRO 4. ANÁLISIS AMMI PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 22 CULTIVARES DE ARROZ EVALUADOS EN DIEZ AMBIENTES BAJO CONDICIONES DE SECANO. IDIAP. PANAMÁ. 2002.

FV	gl	SC	CM	%
Modelo	221	2425.036	10.973**	
Amb. (A)	9	2015.343	223.927**	74.2
Geno. (G)	21	111.030	5.28	4.1
G x A	189	295.331	1.56	10.9
PCA1	29	134.7	4.64	50.0
PCA2	27	53.11	1.97	14.0
Error	438	291.909	0.666	
Total	659	2716.945		

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

de cocido. Por el contrario, la temperatura de gelatinización alta indica que quedará pegajoso después de cocido (Arregocés y Zamorano, 1979) (Cuadro 3).

Interacción genotipo-ambiente

El análisis de varianza AMMI (Cuadro 4), para rendimiento de grano de los 22 genotipos evaluados en diez ambientes, muestran que el 74.2% de la suma de cuadrados total fue atribuible a los efectos ambientales y solamente un 4.1% a los efectos genotípicos y 10.9% a la interacción. La mayor suma de cuadrados para ambiente indica que los ambientes son diferentes y contrastantes con grandes diferencias entre las medias ambientales, ocasionando fluctuaciones en el rendimiento de grano. La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A fue 2.6 veces

mayor que la de genotipo, indicando que hubo diferencias sustanciales en la respuesta de los genotipos a través de los ambientes.

En la Figura 1 se presenta la gráfica GGE Biplot, para los dos primeros factores del componente principal, los 22 cultivares y las 10 localidades de secano, solamente para la variable rendimiento de grano. Ambos factores están explicando el 64% de la interacción genotipo x ambiente, el PCA-1 explica el 50% de la interacción y el PCA-2 que captura el 14%.

Efecto de genotipos

De acuerdo a la gráfica Biplot GGE, los genotipos que se encuentran localizados cerca del centro (Figura 1) son los que menos respondieron a los diferentes ambientes, en cambio, aquellos ubicados en los vértices o es-

CUADRO 4. ANÁLISIS AMMI PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 22 CULTIVARES DE ARROZ EVALUADOS EN DIEZ AMBIENTES BAJO CONDICIONES DE SECANO. IDIAP. PANAMÁ. 2002.

FV	gl	SC	CM	%
Modelo	221	2425.036	10.973**	
Amb. (A)	9	2015.343	223.927**	74.2
Geno. (G)	21	111.030	5.28	4.1
G x A	189	295.331	1.56	10.9
PCA1	29	134.7	4.64	50.0
PCA2	27	53.11	1.97	14.0
Error	438	291.909	0.666	
Total	659	2716.945		

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

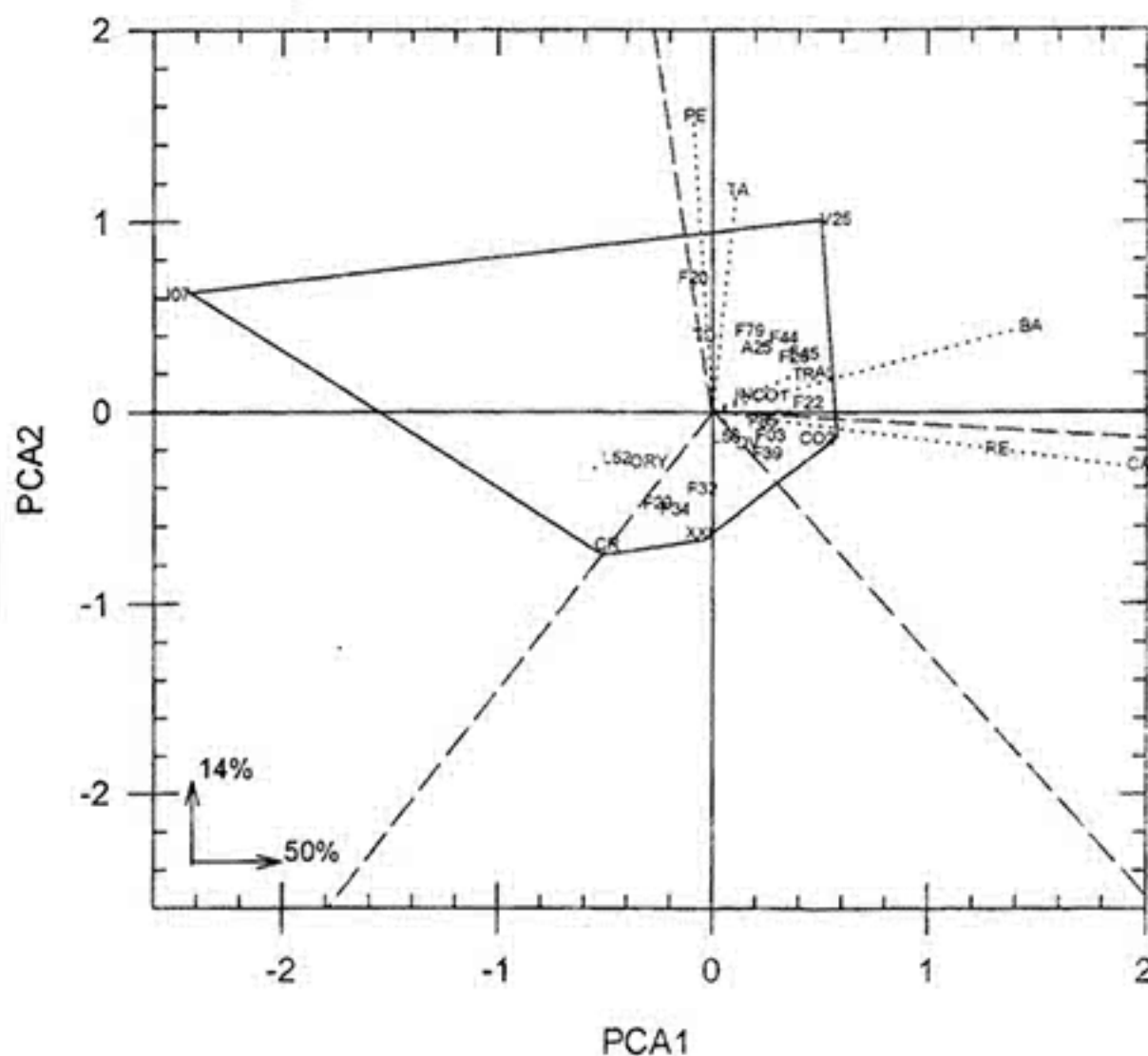


FIGURA 1. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de 22 cultivos de arroz precoces en 10 ambientes de Secano, Panamá, 2002 (GE Bipot).

quinas del polígono son los que más respondieron positiva o negativamente, dependiendo del signo y la magnitud de la puntuación. En este grupo tenemos VIOAL 25-97, IDIAP L-7, CR 5272, Colombia XXI y COPROSEM 2.

El cultivar VIOAL 25-97 fue identificado por el modelo como el cultivar con mejor adaptabilidad, o sea, es considerado el genotipo que mejor respondió a los estímulos ambientales, bajo el concepto de adaptabilidad de Lin y col. (1986) y Lin y Binns (1994); específicamente, tuvo un buen desempeño en las localidades de Barú, Tanara, Penonomé, Remedios y Tonosí.

Las variedades comerciales IDIAP L-7 y CR 5272, fueron las que presentaron el comportamiento más pobre en la mayoría de los ambientes, especialmente la IDIAP L-7 que además de su pobre comportamiento fue bien diferente al de los otros genotipos.

En Figura 1 se muestra igualmente que los genotipos ideales, fueron FLAR 126 y COPROSEM 2 por presentar puntuaciones altas en el PCA1 (rendimientos sobre la media del ensayo) y puntuaciones cercanas a cero en el PCA2, características que lo identifican como genotipos con buena estabilidad del rendimiento.

Efectos de los ambientes

Los ambientes fueron agrupados en dos sectores, el primero conformado por las localidades de Remedios, Calabacito y Divisa. En el otro sector se ubicaron los sitios: Penonomé, Alanje, Trinchera, INA, Tanara, Penonomé y Tonosí, donde el genotipo superior fue VIOAL 25-97.

La localidades Penonomé, Barú y Calabacito fueron las que mejores discriminaron a los cultivares indicado por la mayor longitud de los vectores de estas localidades.

2. Evaluación en el Sistema de Riego

Condiciones ambientales

El sistema de riego consistió básicamente en mantener las parcelas experimentales a capacidad de campo, este fue el manejo practicado en las localidades de Remedios, Tanara y Alanje; mientras que, en Jacú, San Lorenzo y Penonomé se mantuvo una lámina de agua a partir de los 15 días después de siembra. Fue notable que en las tres localidades donde se mantuvo lámina de agua los rendimientos fueron superiores a los obtenidos en las tres localidades donde solamente se mantuvo la humedad en el campo.

Análisis de medias

El análisis combinado de medias para algunas de las variables en estudio se presenta en el Cuadro 5, observando que, bajo el sistema de riego, la floración fluctuó entre 70 ± 4 días en el COPROSEM 2 y el FLAR 20-00, hasta 80 ± 4 días en el CR 5272; la media del ensayo estuvo en 75 días, o sea, una precocidad de 8 días en relación a la media observada en el mismo juego de materiales bajo secano.

Por otro lado, se observa una baja incidencia promedio de enfermedades foliares especialmente BI, NBI, LSc, ShB y GID. Los resultados también muestran diferencias significativas de acuerdo al DMS ($P < 0.05$) entre los cultivares para algunas de las enfermedades evaluadas. La baja incidencia promedio de enfermedades en las parcelas experimentales, no indica tolerancia absoluta de los genotipos.

El estadístico DMS ($P < 0.05$) indica que hubo diferencia significativa en rendimiento de grano, el grupo élite está constituido por 13 genotipos, sobresaliendo la variedad Colombia XXI, la cual no fue diferente estadísticamente de las líneas experimentales FLAR 126-00, VIOAL 25-97, FLAR 179-00, ORYZICA 1, COPROSEM 1, Fedearroz 2000, COPROSEM 2, FLAR 144-98, LICI 52, FLAR 122-00, FLAR 185-00 y ACARIGUA 25. Todas

ellas, a excepción de ACARIGUA 25, presentaron porcentajes de granos enteros sobre la media del experimento, que fue de 58.2%.

Bajo las condiciones de riego, los materiales presentaron mejores parámetros de calidad de granos, con porcentaje de rendimiento total que fluctuó entre 66.1 a 70.5%, con valores de GE entre 53.7 y 58.1%. La incidencia de centro blanco en los granos fluctuó entre 1.2 y 3.8 en la escala de 1 a 5. En total, seis cultivares presentaron calificación de centro blanco superior a 2; estos valores están relativamente altos de acuerdo a los parámetros de selección del proyecto de arroz. En cuanto a la digestión alcalina (DA), el 50% de los genotipos presentó grados de dispersión de 6 y 7 con baja temperatura de gelatinización, un 41% con grado de 4 y 5 considerados intermedios y 9% con grado inferior a 4 con alta temperatura de gelatinización.

Interacción genotipo-ambiente

El análisis de varianza AMMI para rendimiento de grano de los 22 genotipos (Cuadro 6), muestran que el 56.2% de la suma de cuadrados total fue atribuible a los efectos ambientales, con solamente un 7.9% a los efectos genotípicos y 12.4% a la interacción. La mayor suma de cuadrados para ambiente indica que los ambientes o sistemas de manejo del agua fueron diferentes en las localidades, con dife-

CUADRO 5. RENDIMIENTO PROMEDIO T/HA (14%) Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE 22 CULTIVARES DE ARROZ DE CICLO PRECOZ BAJO EL SISTEMA DE RIEGO. COMBINADO DE SEIS LOCALIDADES. IDIAP. 2002.

Cultivar	LDG (1-9)	HT (cm)	FL (Días)	NBL (1-9)	LSC (1-9)	BS (1-9)	SHB (1-9)	GLD (1-9)	REND (t/ha)	RT (%)	GE (%)	CB (1-5)	DA (1-7)
Colombia XXI	1	102±6	75±4	2(3)	2(4)	2(5)	2(5)	2(5)	5.754±1.20	68.2±4.0	55.9±6.2	2.0±0.6	7.0±0.0
FLAR 126-00	1(5)	101±6	74±3	2(4)	2(4)	2(4)	2(3)	2(3)	5.676±1.17	67.5±3.2	58.0±5.7	1.4±0.2	6.8±0.1
VIOAL 2597	1(5)	101±8	72±3	2(3)	2(5)	2(4)	2(5)	2(5)	5.637±1.12	67.3±2.6	58.5±4.7	2.8±0.6	7.0±0.0
FLAR 179-00	2(6)	100±6	72±4	2(4)	2(5)	2(4)	2(5)	3(7)	5.619±1.45	68.7±3.2	61.1±4.8	1.4±0.3	6.9±0.1
ORYZICA 1	2(9)	96±7	74±3	2(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5.599±1.20	69.2±2.5	61.8±3.7	1.3±0.3	6.9±0.1
COPROSEM 1	1(4)	102±8	75±4	1(2)	2(6)	2(4)	2(4)	2(3)	5.489±1.16	68.4±2.7	56.8±3.9	1.9±0.4	6.9±0.1
Fedearroz 2000	1(2)	103±5	78±4	1(3)	2(5)	2(4)	2(5)	2(3)	5.451±1.16	69.5±3.3	58.4±6.0	1.9±0.6	7.0±0.0
COPROSEM 2	2(8)	101±9	70±4	2(3)	2(4)	2(3)	2(5)	2(4)	5.428±1.30	68.2±3.5	58.6±4.4	3.8±0.8	7.0±0.0
FLAR 144-98	1(5)	96±7	73±4	2(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5.415±1.10	66.9±4.1	58.3±6.8	1.7±0.3	4.2±0.2
LICI 52	2(9)	109±13	75±4	2(4)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5.388±1.02	69.4±3.4	56.9±3.9	1.3±0.2	4.3±0.3
FLAR 122-00	1(5)	99±6	72±4	2(4)	2(5)	2(4)	2(5)	2(4)	5.374±1.01	69.4±3.0	59.5±5.9	1.3±0.2	6.9±0.1
FLAR 185-00	1(4)	101±7	74±4	2(3)	2(4)	2	2(3)	2(5)	5.365±1.18	70.0±2.7	58.0±5.7	2.4±0.7	7.0±0.0
ACARIGUA 25	1(5)	102±8	78±4	2(3)	2(6)	2(4)	2(5)	2(4)	5.350±1.32	66.1±5.0	53.7±6.9	2.1±0.6	5.0±1.5
FLAR 145-98	1(2)	98±8	73±3	2(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(5)	5.289±1.13	66.6±3.3	57.4±6.9	1.5±0.3	4.3±0.4
FLAR 439-98	1	99±8	78±3	1	2(3)	2(5)	1(5)	2(5)	5.248±1.11	66.5±3.2	57.0±5.6	1.2±0.2	4.1±0.1
FLAR 203-00	1(4)	101±9	71±3	2(3)	2(3)	2(4)	3(6)	2(5)	5.236±1.09	68.4±3.3	56.8±5.7	1.9±0.2	6.6±0.6
LICI 56	3(9)	113±9	75±3	2(3)	2(5)	2(4)	2(5)	2(5)	5.185±1.15	68.7±2.6	56.4±3.7	1.5±0.8	5.6±1.3
FLAR 20-00	1(5)	96±9	70±5	1(3)	2(3)	2(4)	2(5)	2(6)	5.013±1.07	69.7±2.5	62.6±4.0	1.7±0.4	7.0±0.0
IDIAP L-7	1	88±10	73±3	2(4)	2(5)	3(5)	2(5)	3(9)	4.843±1.18	70.5±4.0	63.5±6.5	1.6±0.5	4.1±0.1
FLAR 432-98	1(2)	98±7	79±3	1(3)	2(4)	2(4)	2(5)	2(4)	4.705±1.13	66.6±3.3	56.4±5.3	1.3±0.2	3.9±0.1
FLAR 434-98	1(5)	98±6	77±5	1(3)	2(4)	2(5)	2(5)	2(5)	4.635±0.98	64.4±4.0	54.0±5.4	1.4±0.3	4.3±0.6
CR 5272	1(5)	101±7	80±4	1(3)	2(5)	2(3)	2(5)	2(9)	4.543±1.41	70.3±7.2	61.2±10.0	3.2±1.0	4.0±0.0
Promedio	1.3	100	75	2	2	2	2	2	5.284	68.2	58.2	1.8	5.7
DMS	0.4	0.7	3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.422				

CUADRO 6. ANÁLISIS AMMI PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 22 CULTIVARES DE ARROZ EVALUADOS EN DIEZ AMBIENTES BAJO CONDICIONES DE SECAÑO. IDIAP. PANAMÁ. 2002.

		SC	CM	%
Modelo	133	428.516	3.222	
Amb. (A)	5	313.215	62.643**	56.2
Geno. (G)	21	43.841	2.087**	7.9
G x A	105	68.915	1.563**	12.4
PCA1	25	33.663	1.347**	48
PCA2	23	14.509	0.631	23
Error	262	128.633	0.491	
Total	395	557.148		

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

rencias entre las medias ambientales y variaciones en el rendimiento de grano como respuesta de los genotipos. La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A, fue 1.6 veces mayor que la de genotipo, indicando que hubo respuestas diferenciales de los genotipos a través de los ambientes; es decir, los cultivares con un comportamiento excelente en una localidad posiblemente no repitieron ese comportamiento en los otros ambientes.

En la Figura 2 se presentan graficadas las puntuaciones o valores del Biplot GGE, de los 22 cultivares y las seis localidades de riego, para la variable rendimiento de grano, y los dos factores del componente principal. Ambos factores explican el 71% de la

interacción genotipo ambiente, el PCA-1 explica el 48% de la interacción y el PCA-2 capturó el 23%.

Efectos de los genotipos

De acuerdo a la gráfica Biplot GGE (Figura 2), los genotipos más responsivos positiva o negativamente, por estar ubicados en las esquinas del polígono, fueron: FLAR 179-00, Colombia XXI, VIOAI 25-97, FLAR 126-00, COPROSEM 1, FLAR 20-00, CR 5272, FLAR 434-98 y FLAR 432-98.

Los cultivares Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 y COPROSEM 1 fueron considerados por el modelo como los genotipos que mejor respondieron a los estímulos ambientales concepto de adaptabilidad de Lin y col.,

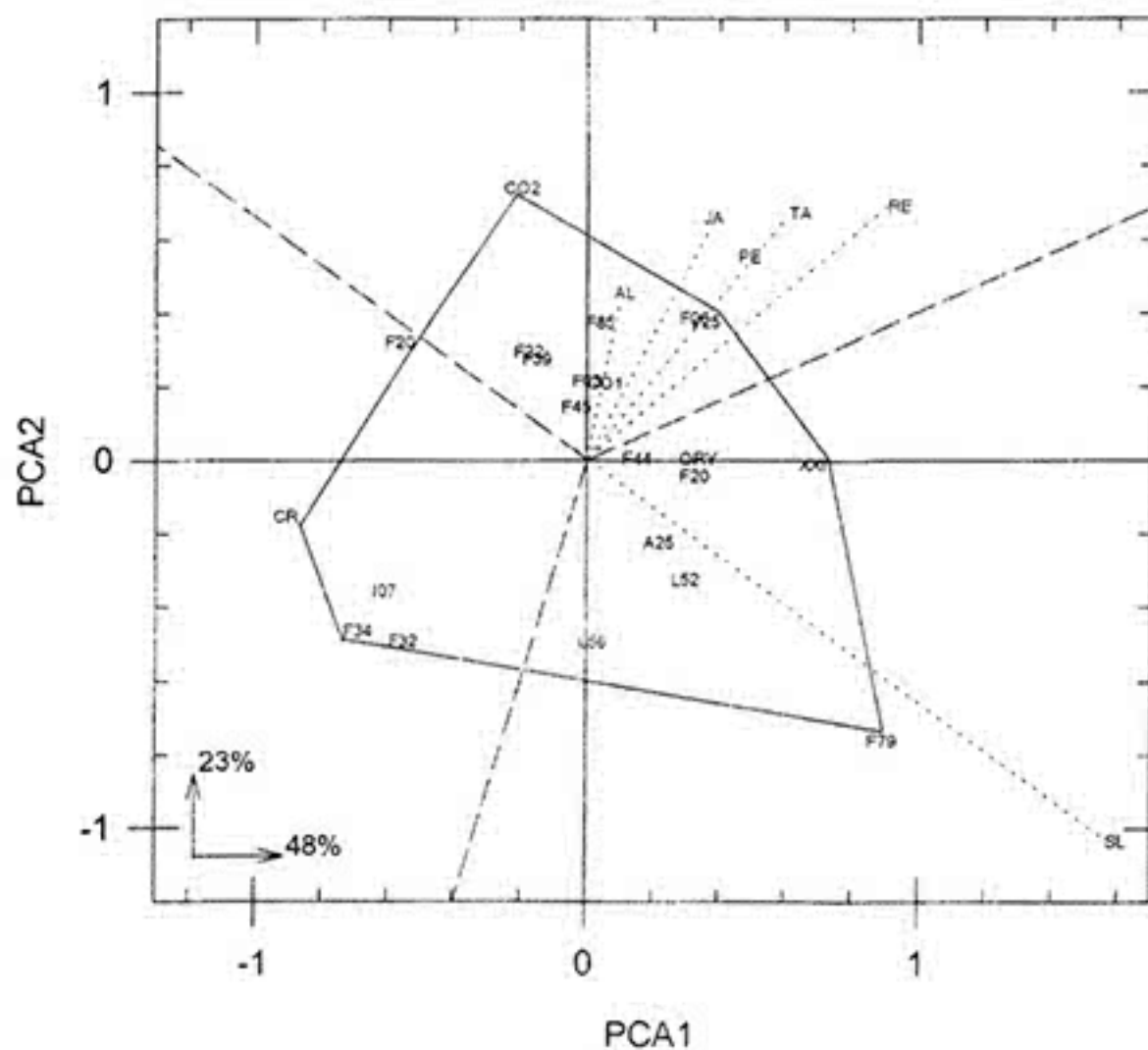


FIGURA 2. Puntuaciones del primero y segundo eje del componente principal de 22 cultivares de arroz precoces en 6 ambientes de Riego, Panamá, 2002 (GGE-Biplot).

(1986), Lin y Binns (1994), específicamente tuvieron buen desempeño en las localidades de Alanje, Jacú, Remedios, San Lorenzo, Tanara y Penonomé. Mientras que el cultivar FLAR 179-00 se adaptó bien en San Lorenzo.

Los cultivares IDIAP L-7, CR 5272, FLAR 434-98 y FLAR 432-98 presentaron el comportamiento más pobre en la mayoría de los ambientes, por estar ubicados lejos de los sectores de marcación de las localidades. La gráfica Biplot GGE muestra que el genotipo ideal, bajo estas condiciones de riego, fue la variedad Colombia XXI por presentar puntuaciones altas en el PCA1 (rendimientos sobre la media del ensayo) y puntuaciones cercanas a cero en el PCA2, indicativo de su estabilidad para rendimiento de grano.

Efectos de los ambientes

Los ambientes fueron agrupados en dos sectores, el primero conformado por las localidades: Alanje, Jacú, Tanara, Penonomé y Remedios, sugiriendo que tienen la misma capacidad discriminatoria, donde el genotipo superior fue Colombia XXI. En el otro sector se ubica San Lorenzo que muestra ser diferente a todas las demás localidades y se considera por la longitud de su vector como el mejor ambiente para evaluar, puesto que discriminó los genotipos de manera diferente.

CONCLUSIONES

Sistema bajo Secano

- ✱ Hubo respuestas diferentes de los cultivares ante las enfermedades evaluadas.
- ✱ Se identificaron cinco líneas avanzadas: VIOAL 25-97, FLAR 149-98, FLAR 145-98, ACARIGUA 25 y FLAR 126-00 con alto potencial de rendimiento y buena calidad de grano.
- ✱ La línea avanzada VIOAL 25-97 fue identificada como el genotipo con mejor adaptabilidad.
- ✱ El Modelo identificó a FLAR 126-00 y COPROSEM 2 como los genotipos con mejor estabilidad.
- ✱ El modelo logró diferenciar dos grupos ambientales, siendo VIOAL 25-97 el genotipo superior.
- ✱ Penonomé, Barú y Calabacito fueron los mejores ambientes para discriminar genotipos.

Sistema bajo Riego

- ✱ Se registraron diferencias entre cultivares en su reacción ante las enfermedades
- ✱ Se identificaron 13 genotipos destacados que combinan altos ren-

dimientos de grano (t/ha) y porcentaje de granos enteros en molino.

- ❖ Los cultivares con mejor adaptabilidad a los ambientes de riego fueron Colombia XXI, VIOAL 25-97, FLAR 126-00 y COPROSEM 1.
- ❖ La variedad Colombia XXI mostró mejor estabilidad bajo condiciones de riego.
- ❖ El modelo identificó dos grupos ambientales, siendo San Lorenzo el que mejor discriminó los genotipos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARREGOCÉS, O.; ZAMORANO, A. DE. 1979. Evaluación de la calidad del arroz. Autotutorial CIAT, 24 p.
- CROSSA, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Advances in Agronomy* 44: 55-85.
- CROSSA, J.; GAUCH, JR., H.G.; ZOBEL, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science* 30: 493-500.
- CROSSA, J.; FOX, P.N.; PFEIFFER, W.H.; RAJARAM, S.; GAUCH, JR., H.G. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *TheorAppl. Genet.* 81: 27-37.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76: 1-10.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1989. Accuracy and selection success in yield trial analyses. *Theor Appl. Genet.* 77: 443-481.
- KAYA, Y.; PALTA, C.; TANER, S. 2002. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. *Turk J. Agric.* 26: 275-279.
- LIN C.S.; BINNS, M.R. 1994. Concepts and methods for analyzing regional trial data for cultivar and location selection. *Plant Breeding Reviews* 12: 271-297.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITH, L.P. 1986. Stability Analysis. Where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894-900.
- VARGAS, M.; CROSSA, J. 2000. The AMMI analysis and graphing the biplot. *Biometrics and Statistic Unit. CIMMYT.* 42 p.

- YAN, W. 2001. GGE biplot - A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93: 1111-1118.
- YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.
- YAN, W.; HUNT, L.A. 2002. Biplot analysis of diallel data. *Crop Sci.* 42: 21-30.
- YAN, W.; HUNT, L.A. 2001. Biplots analysis of multi - environment trial data. CAB International. Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. Ed. M.S. Kang. pp 289-303.
- YAN, W.; CORNELIUS, P.; CROSSA, J.; HUNT, L.A. 2001. Two types of GGE Biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Sci.* 41: 656-663.
- YAN, W.; RAJCAN, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Sci.* 42: 11-20.
- ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, JR., H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80: 388-393.

EFFECTO DE LA SOMATOTROPINA BOVINA EN LA PRODUCCION DE LECHE EN VACAS, BAJO PASTOREO ROTACIONAL EN ÉPOCA LLUVIOSA. VOLCÁN, PANAMÁ. 1997.

David Berroa¹; Luis Wong H.²; Eliécer Agudo³; Florentino Vega⁴

RESUMEN

El estudio se realizó en una finca lechera localizada en el área de Volcán, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, con el fin de determinar el efecto de la Somatotropina bovina (STB) en la producción de leche, con vacas bajo pastoreo, durante la época lluviosa. Se utilizó un grupo tratado (T_1) al cual se le aplicó por animal, cada 14 días, una dosis de Lactotropina^{MR} (laboratorios Monsanto, México, D.F.), por vía subcutánea, en la fosa ilíaco-anal. Al grupo testigo (T_2) no se le aplicó ningún tratamiento. Cada grupo consistió de un lote de 35 vacas raza Holstein, no preñadas, con diversas lactancias y con un promedio de 106 días en producción. Estos animales fueron ordeñados dos veces al día, en un sistema de pastoreo rotacional y con una suplementación diaria de 7.2 kg de alimento concentrado de 2,500 kcal/kg y 20% de proteína cruda (PC). Para el análisis de los datos se utilizó un diseño experimental completamente al azar, que incluyó el número de lactancias (NL) y los días de ordeño (DO) como covariable, para finalmente aplicar el ANOVA correspondiente. También se usó un modelo de regresión (R) para analizar la velocidad de descenso en la producción de leche entre los tratamientos. No se encontró diferencias estadísticas significativas entre T_1 y T_2 ni en el análisis de muestras pareadas ($P > 0.8954$). El coeficiente de variación (CV), con un valor de 28.42%, indica que no hubo efectos ambientales que afectaron el resultado y el error experimental fue mínimo. La covariable NL no mostró ningún efecto significativo en el ensayo; sin embargo, los DO sí mostraron un efecto sobre la aplicación de STB en los animales. Los resultados obtenidos con la R mostraron un buen ajuste al modelo de regresión lineal y el coeficiente de regresión (CR) resultó altamente significativo con probabilidad de $P < 0.001$. Se encontró que el CR para T_1 (0.0921) y T_2 (0.0802) son similares, como se refleja en la velocidad de descenso entre los tratamientos. Se concluye que en el grupo tratado la producción de leche se incrementó al aplicar la hormona STB, pero ésta no es económica con relación al testigo.

PALABRAS CLAVES: Somatotropina bovina; Lactotropina; Hormona de crecimiento; producción de leche en vacas.

¹ M.V., M.S. Reproducción Animal. IDIAP. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
e-mail: berroa-d@hotmail.com ó dberroa@idiap.gob.pa

² Ph.D. Biotecnología. Universidad Santa María La Antigua, Panamá.

³ Ing. Agr. Zootecnista. Asistencia técnica, FERTICA. Panamá.

⁴ Ing. Agr., M.S. IDIAP. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
e-mail: fvega@idiap.gob.pa

EFFECT OF BOVINE SOMATOTROPHIN HORMONE ON MILK PRODUCTION IN DAIRY COWS GRASSING DURING RAINY SEASON. BUGABA, CHIRIQUI, PANAMA. 1997.

The present experiment was carried out in a dairy farm located in Volcan area, Bugaba district, province of Chiriqui. The aim of the research was to determine the effect of bovine somatotrophine (BST) upon milk production in dairy cows grazing during rainy season. Two groups of Holstein cows were created with 35 each one (non pregnant cows, with different number of lactations, with an average of 106 lactation days). Treated group (T_1) received one injection of Lactotrophin* (Monsanto Laboratories, Mexico F.D.) at 14 days intervals, in the iliacus - anal region. A not treated group (T_2) was designed as control. All cows were milked twice a day and feeded with grass under a rotational grazing system and received 8 kg of an additional concentrate with 2500 Kcal/kg and 20% CP. For data analysis an aleatory desing was adopted which included lactation numbers (NL), days of milking as covariable (DO) and finally, an Student test was applied to pared datas in the statistical model. Also a regression model (R) was used for analysing the speed of diminishing milk production between experimental groups. According with obtained results there were not statistical differences between groups T_1 and T_2 . The Student test did not show any significant differences in the analysis of pared samples ($P>0.8954$). The variation coefficient (28.42 %) induce that there were not environment factors altering results and good control of experimental mistakes. The covariance NL did not evidenced any effect in the experiment, meanwhile DO was affected for the aplicacion of BST. The results obtained with the R, were well adjusted to the lineal model and the regression coefficient (CR), was highly significant ($P<0.001$). However CR for T_1 (0.0921) and T_2 (0.0802) were similar, indicating not differences in the speed of diminishing milk production between groups. According with these results, we concluded that the application of STB hormone increased the milk production and lactation length in treated group, but the response was not economical respect to the not treated group.

KEY WORDS: Bovine Somatotrophine; Lactotrophin; Growth hormone; milk production in dairy cows.

INTRODUCCIÓN

La STB es una hormona proteica producida en la vaca por la glándula pituitaria, que está localizada en la base del cerebro. Entre los efectos de esta hormona, se ha observado que puede incrementarse significativamente la producción de leche en vacas lactantes (Bernal, 1993).

Esta hormona se obtiene en pequeñas cantidades a partir de la glán-

dula pituitaria de vacas sacrificadas. Con la biotecnología ha sido posible identificar y trabajar con el gen que controla el código para la producción de somatotropina en el ganado bovino.

El movimiento de un gen de un organismo a otro, se llama tecnología del ADN recombinante (STBr). Con la inserción de este gen al genoma de la bacteria llamada *Escherichia coli*, que habita en la microflora gastrointestinal de humanos y animales, se ha logrado

producir grandes cantidades de STBr bajo condiciones controladas de laboratorio. El uso de la hormona obtenida por este medio, finalmente fue aprobado por la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) de los Estados Unidos de América en noviembre de 1993. Desde entonces se utiliza en vacas lecheras, para incrementar hasta un 17.6% la producción láctea por animal (Bauman, 1989).

El mecanismo de cómo la STBr incrementa la producción de leche en la vaca, no está muy claro, pero se ha observado que su aplicación incrementa el flujo sanguíneo hacia la glándula mamaria. De esta manera, en la ubre se incrementa la cantidad de nutrimentos disponibles para la producción de leche y disminuye la proporción de alimento para el mantenimiento corporal. Por otro lado, se ha visto un incremento en la cantidad de alimento consumido en vacas tratadas con BST, lo cual ayuda a que la vaca logre satisfacer la demanda de nutrimentos que requiere.

Para llenar las necesidades nutricionales del incremento en producción de leche en las vacas tratadas con STBr, los animales deben consumir en la dieta diaria de 10 a 20% más de granos y forrajes (Peel y col., 1999). Según Limin (1999), para obtener una buena respuesta al tratamiento con BST, el plano nutricional del animal debe ser alto en energía y proteína.

Adicionalmente, el sistema de manejo, los programas de salud, prácticas de ordeño, la condición corporal y las temperaturas ambientales, son los principales factores que condicionan la respuesta a STBr.

Se ha encontrado una mayor respuesta cuando el tratamiento de STBr se inicia en vacas que tienen más de 101 días de lactancia, en comparación a su utilización en animales que están entre los 57 y 100 días posparto (Bauman, 1989). Peel y col. (1999) también observaron que las vacas con más de una lactancia presentan un mayor incremento en la producción de leche que las novillas de primer parto.

Ferguson y Skidmore (1989) han reportado un efecto negativo en la reproducción de vacas tratadas con STBr y mencionan que esto está asociado al incremento en la producción de leche. Sin embargo, algunas personas piensan que el aumento en el intervalo entre partos beneficia la salud de las vacas tratadas con STBr y que, además, se compensa con la mayor persistencia de la lactancia en estos animales. Las vacas tratadas con altas dosis de STB presentan un incremento en las tasas de muerte fetal, sobre todo cuando se utiliza durante la preñez temprana (Eppard y McCutchenon, 1995).

La leche de vaca contiene STB de manera natural y no se ha encontrado

diferencias en los niveles de esta hormona entre los animales tratados y no tratados. Los estudios de la leche obtenida sin STB (natural) y la obtenida con STBr (recombinante) han mostrado que, en ambos casos, los aminoácidos y péptidos son inmediatamente inactivados al entrar en el tracto digestivo humano (Barbano y col., 1989). Adicionalmente, la molécula de STB es diferente a la del humano y no ha mostrado efectos colaterales sobre el crecimiento en niños.

La limitante en la utilización de la STBr sigue siendo un costo adicional en la producción de la leche obtenida. En los hatos con un manejo eficiente y con el pago de altos precios en la venta de la leche, se logran mayores beneficios para la aplicación de esta tecnología, con el consecuente incremento en la producción de leche (Iowa State University, 1993).

El objetivo del presente estudio fue el determinar el efecto de la Somatotropina bovina (STB) en la producción de leche, con vacas bajo pastoreo en época lluviosa, en el área de Volcán, provincia de Chiriquí.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en una finca lechera localizada en las cercanías del volcán Barú, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, República de Panamá. La finca está ubica-

da al Sureste de la ciudad de Volcán, a 9°53' latitud Norte y 90°24' longitud Este, a 1,100 msnm, en una zona de vida tropical húmeda (Holdridge, 1987). Tiene una precipitación pluvial promedio de 2,400 mm/año y distribuidos casi uniformemente durante ocho meses al año. La humedad relativa diaria es de 80% y la temperatura media mensual es de 24°C, durante los últimos 15 años.

Se utilizó un grupo tratado (T_1), al cual se le aplicó, cada 14 días, una dosis de STB (Lactotropina^{MR} de Laboratorios Monsanto, México, D.F.) por vía subcutánea, en la fosa ilíaco-anal en cada animal. Al grupo testigo (T_2), no se le aplicó ningún tratamiento. Cada grupo consistía en un lote de 35 vacas de raza Holstein, no preñadas, con diversas lactancias y con un promedio de 106 días en producción. Estos animales fueron ordeñados dos veces al día, en un sistema de pastoreo rotacional y con una suplementación diaria de 7.2 kg de alimento concentrado (21% PC y 2,500 Kcal/kg).

Se utilizó un diseño experimental Completamente al Azar, que incluyó el número de lactancias (NL) y los días de ordeño (DO) como covariable, para finalmente aplicar el análisis de variancia y la prueba de Duncan para separar las medias. También, se usó un modelo de regresión (R) para analizar la velocidad de descenso en la producción de leche de los tratamientos.

La información se analizó estadísticamente utilizando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + DO(X_{ij} - X_{..}) + e_{ijk}$$

en donde:

Y_{ijk} = producción de leche observada en el j-ésimo animal del i-ésimo tratamiento

μ = media general

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento

X_{ij} = covariable asociada a días de lactancia

e_{ijk} = error experimental

El modelo de regresión que presentó el mejor ajuste para realizar el análisis de días de ordeño (DO) y la producción de leche (Y), fue el de regresión lineal que se presenta a continuación:

$$Y_i = B_0 + B_1 \cdot DO_i + e_i$$

donde:

Y_i = representa la producción de leche

B_0 = es el intercepto con el eje de la Y

B_1 = incremento en la producción por cada día de ordeño

DO = días de ordeño

e_i = error experimental

Para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos obtenidos se indica que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los T_1 y T_2 . El análisis de variancia de acuerdo al modelo propuesto se presenta en el Cuadro 1; se muestra un buen control del error con un coeficiente de variación de 28.05%. Estos valores indican que no existe diferencias significativas entre los dos grupos experimentales. La covariable días de ordeño (DO) presenta efecto significativo.

La producción promedio de 17.4159 lt/vaca/día del grupo Tratado, no es estadísticamente superior a los no Tratados, que obtuvieron 16.6995 lt/vaca/día (Figura 1). Si se toma esta producción promedio por día y se estima el total para los 63 días, la producción sería de 1,219.11 litros para los Tratados y de 1,168.96 litros para los no Tratados (Testigo), una diferencia de 50.15 lt que corresponde a 4.29% de incremento sobre el testigo.

El promedio de producción de leche para los dos grupos (Tratado y no Tratado) en cada uno de los días de ordeño desde 102 días hasta los 172 días, se aprecia en el Cuadro 2, en donde las mayores producciones se encuentran en los cuatro primeros

CUADRO 1. ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE.

Fuente de variación	g.l.	CM	Fc
Grupos	1	96.1742	2.22 n.s
DO	1	3761.09	86.63 **
Error	679	43.4135	-
CV %	38.62		

CV = Coeficiente de Variación, gl = grados de libertad

CM = Cuadrado Medio (variancia estimada)

** = $P < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns = no significativo.

CUADRO 2. PRODUCCIÓN DE LECHE DE CADA GRUPO EXPERIMENTAL POR DÍAS DE ORDEÑO.

DÍAS DE ORDEÑO												
GRUPO	102	109	116	123	130	137	144	151	158	165	172	Media
Testigo	19.99	19.36	18.46	17.56	17.04	16.10	18.90	15.41	14.66	13.31	12.90	16.70 a
Tratada	19.49	20.61	19.80	19.50	18.52	17.97	17.49	16.16	14.70	13.87	13.36	17.42 a
Media	19.74	19.99	19.13	18.53	17.78	17.04	18.19	15.79	14.68	13.59	13.12	17.06

ordeños y los más bajos en los tres últimos ordeños.

La covariable NL no mostró ningún efecto significativo en el ensayo; sin embargo, los DO sí mostraron tener un efecto sobre la aplicación de STB en los animales.

Los resultados mostraron el R^2 de 0.866, coeficiente de variación de 4.06 y desviación estándar de 0.74, con un buen ajuste al modelo de regresión lineal. El coeficiente de regresión (CR) fue altamente significativo con probabilidad de $P < 0.001$ en ambos casos.

Se encontró que B_1 para T_1 (0.0921) y T_2 (0.0802) fueron casi iguales, por lo que la velocidad de descenso fue similar entre los tratamientos (Figura 2).

Los modelos estimados fueron:

$$T_1: Y = 20.824 - 0.0921 \cdot \text{días}$$

$$T_2: Y = 19.7461 - 0.0802 \cdot \text{días}$$

Con los resultados de este ensayo y del análisis de costo/beneficio, se puede afirmar que la utilización del producto no ofrece beneficios en la producción de leche obtenida. El tratamiento por



FIGURA 1. PRODUCCIÓN PROMEDIO DE LECHE POR GRUPO EXPERIMENTAL.

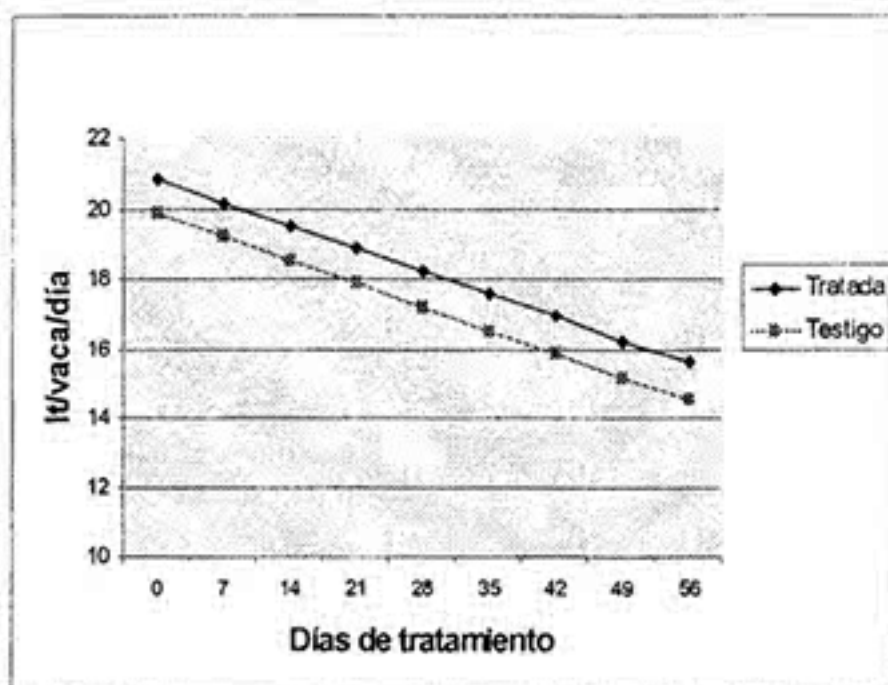


FIGURA 2. PRODUCCIÓN DE LECHE ESTIMADA CON LOS MODELOS DE REGRESIÓN.

animal costó \$43.75 y el incremento en producción de leche por animal, generó durante el período en estudio, \$45.67, lo cual dejó tan sólo \$1.92 de utilidad. Lo anterior indica que aún cuando biológicamente la lacto-tropina incrementa y sostiene la producción láctea, económicamente no amerita aplicar el tratamiento en animales Holstein puros bajo estas condiciones ambientales y de manejo.

El plano nutricional jugó un papel muy importante, puesto que, a pesar de contar con una buena condición corporal en los animales, éstos no expresaron un mayor incremento en la producción de leche en comparación al grupo testigo, lo que a criterio de los autores, es debido a una inadecuada ración alimentaria. Esto es coincidente con lo observado por Peel y col. (1999) en relación a la importancia de la nutrición en animales tratados con STB.

De igual manera, se conoce que en los sistemas de pastoreo en áreas tropicales los animales están sometidos a una mayor presión medio ambiental. Adicionalmente, el gasto energético es muy alto, sobretodo, al pastorear en terrenos de topografía quebrada y lodosa. Bajo estas condiciones de producción, el incremento en granos y forrajes debe ser superior al 20% de lo que recomienda Peel y col. (1999). También Limin (1999) refuerza las aseveraciones expuestas en este estudio.

Los datos analizados mediante el modelo de regresión muestran la tendencia a incrementar la producción de leche en la medida que aumentan los días de lactancia en el grupo tratado, lo cual coincide los resultados obtenidos por Bauman (1989). Por el contrario en el grupo no tratado se observa que a medida que pasan los días de lactancia la producción de leche disminuye.

Como se indica en la publicación de la Universidad de Iowa State (1993), una de las limitantes en el uso de esta tecnología es el costo adicional que se impone a la producción de leche. Por lo que en este caso, es difícil adoptar la utilización de STB, ya que los incrementos en producción no compensan el costo de la Lactotropina ^{MR}.

CONCLUSIONES

- * La lactotropina incrementa y mantiene la producción de leche en vacas Holstein puras, a pesar del aumento en los días de lactancia.
- * En sistemas de pastoreo sobre terrenos de topografía ondulada, con plano nutricional estrecho y bajo condiciones de clima seco y lluvioso, las vacas Holstein puras no responden económicamente al tratamiento con Lactotropina ^{MR}.

- * El número de lactancias no tiene ningún efecto sobre la producción de leche en vacas Holstein puras tratadas con Lactotropina bajo las condiciones ambientales y de manejo analizadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBANO, D. M.; LYNCH, J. M. 1989. Milk from BST Treated Cows: Composition and manufacturing properties. *Advanced Technologies Facing the Dairy Industry: BST*. Cornell University. Nov. 10-11. pp. 10-11.
- BAUMAN, D. E. 1989. Biology of Bovine Somatotropin. *Advanced Technologies Facing the Dairy Industry: BST*. USA, Cornell University. Nov. 10-11. pp. 1-8.
- BERNAL, S. M. G. 1993. Avances en la producción de leche: La somatotropina. *Veterinaria (México)* 21: 409-414.
- EPPARD, P. J.; MCCUTCHENON, S. N. 1995. Effect of fose of bovine growth hormone on lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 68:1109-1115.
- FERGUNSON, J. D.; SKIDMORE, A. 1989. Bovine Somatotropin-Reproduction and Health. *Advanced Technologies Facing the Dairy Industry: BST*. Cornell University. Nov. 10-11. pp. 57-66.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola. pp. 19-28.
- IOWA STATE UNIVERSITY. 1993. Biotechnology Information series (Bio-3). North Central Regional publication-University Extension. United States of America. 13 p.
- LIMIN, K. 1999. Seis preguntas comunes acerca del uso de la Somatotropina Bovina. *Hoard's Dairyman en Español*. 610 p.
- PEEL, C. J.; HURD, D. L.; MADSEN, K. S.; KERCHOVE, G. 1999. Mon-santo Agricultural Company. *In Proceedings, Monsanto Technical Symposium*. Oct. 24. The Monsanto Company, USA, St. Louis, Missouri.

ENSAYO DE OBSERVACIÓN DE HÍBRIDOS Y CULTIVARES DE BERENJENA. DIVISA, PANAMÁ. 1999-2000.

Pedro V. Him H.¹

Un número plural de líneas, híbridos y cultivares de berenjena constituyeron un ensayo de observación de berenjena, en terrenos del IDIAP, Divisa, que se encuentra a 12 msnm, 8° 06' latitud Norte y 80° 41' longitud Oeste. Este ensayo tuvo como objetivo identificar su adaptación a nuestras condiciones, conocer su potencial de rendimiento, así como la tolerancia o susceptibilidad a plagas y enfermedades, conocer su forma, color y sabor de frutos entre otros. Los genotipos que participaron en este ensayo fueron: S00117; TSQS129; QSHTS 126; 500168; S00169; S00175; S00208sib QSH; S00212-B; S00215sib QSH; S00216; S00217A; S00217B; S00218; S00219; S00233A; S00236A; S00239sib; S00240; S00241; S00242; S00243B; 245A QSH; S00240sib QSH; S00251B QSH; 253B QSH; S00255B QSH; S00257 QSH; S00342 QSH; S00344; S00348; S00362; S00355; S00356; S00357B QSH; TS115 QSH; TS114 QSH; TS112; TS100; TS104; TS103A; TS101 QSH; TS100Stb QSH; TS95 QSH; TS94 QSH; TS90 QSH; TS88 QSH; TS86 QSH; TS85 QSH; TS75 QSH; TS65 QSH; TS61 QSH; TS3 QSH; TS60B QSH; Slinjin; Ark keshow; Pingtung long; P.P. Long; SM6-6; Black security; Thailand; BB-44; Guam; Surya; Pusa kranti y Parit pituray. Cada genotipo estaba constituido por una línea o surco que albergaba 12-15 plantas, con 1.0 m entre plantas y 1.20 m entre surcos. La fertilización aplicada fue de 3,300 kg/ha de 12-24-12 y dos aplicaciones de urea a razón de 550 kg/ha en cada aplicación. El control de malezas fue manual. El riego fue por gravedad y el control de plagas (chinches, chinillas y otros) fue con Sevin, 1 kg/ha y Dimecrón 100, 1 lt/ha, respectivamente. Los parámetros a evaluar fueron: Días a floración, días a cosecha, rendimiento, tolerancia o susceptibilidad a enfermedades, tipo, color y forma de fruto. Los semilleros se establecieron el 24 de diciembre de 1999 y el trasplante el 24 de enero de 2000. Los resultados mostraron que los genotipos estaban entre 40-50 ddt a floración y de 70-77 ddt a cosecha. Los rendimientos fueron muy variables de genotipos para genotipos, se observó una alta incidencia a marchitez bacteriana en la mayoría de los genotipos. En general, la virosis fue mínima. Se presentó una variabilidad de formas, frutos, color, tamaño, con lo que se concluye que existe una gran variabilidad para escoger, según usos y demanda. Recomendamos continuar con estos ensayos para obtener el máximo de información para emitir una recomendación en base al comportamiento y resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVES: Híbridos; líneas; cultivares; marchitez bacteriana; virosis.

¹ Ph.D. Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC).
e-mail: phim@diap.gob.pa

CONSIDERACIONES SOBRE EL RIESGO ASOCIADO A RECOMENDACIONES DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Florentino Vega B.¹

INTRODUCCIÓN

En el IDIAP es de uso común el análisis económico y se utiliza la metodología recomendada por CIMMYT (1988) en el libro: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. El método que se considera en este trabajo, no es antagónico sino complementario.

La metodología que se plantea es más útil cuando los tratamientos tienen costos iguales. Entre los experimentos que pudieran indicarse en el grupo de costos homogéneos están los de evaluación de variedades, épocas de siembra, entre otros. Debe indicarse que este método se utiliza tanto para factores cualitativos como cuantitativos.

El procedimiento tiene su base en el uso de la estimación por intervalos comúnmente llamados intervalos de confianza desarrollados por Cochran y Cox (1965), Mason y Lind (1990), Pimentel (1977) y Stell y Torrie (1985). Asumiendo normalidad en los datos, ésta nos indica que el valor promedio de una población está comprendido entre dos valores; con confianzas más comunes de 68, 95 y 99%. Asimismo, se indica que estos valores están dados por la media más o menos una, dos y tres veces la desviación estándar, según los porcentajes anteriores correspondientes. Además de la desviación estándar (DE) y los límites mínimos y máximos de los beneficios netos, otra característica para la evaluación del riesgo es el uso del coeficiente de variación (CV).

¹ Lic., M.Sc., Biometrista. IDIAP. Nivel Central e-mail: fvega@idiap.gob.pa

La idea es que, si se encuentran diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia, se escojan los tratamientos de acuerdo al mayor beneficio neto obtenido, al menor valor del coeficiente de variación, al menor error estándar y al máximo de los valores mínimos de beneficio neto. Estas características se combinan a juicio del investigador, para obtener la mejor decisión.

El no obtener diferencias estadísticas es un indicativo que, en otra ocasión que se repita el experimento, el orden de resultados de los tratamientos puede ser diferente al ocurrido la primera vez, por lo que hacer análisis económico y derivar recomendaciones a partir de éste, implica un alto riesgo.

Bajo este concepto, es importante agotar todos los esfuerzos analíticos posibles, antes de hacer cualquier recomendación a los productores.

El presente trabajo pretende estimular a los investigadores en el análisis económico del experimento, tomando en cuenta el riesgo de una recomendación agrotecnológica, en el proceso de encontrar las mejores opciones para el productor.

MATERIALES Y MÉTODOS

La desviación estándar es una medida de variabilidad de los datos, mediante la cual se puede comparar dos conjuntos de datos. Esta medida puede ser mejor comprendida examinando dos enunciados: a) el Teorema de Chebyshev y b) la regla empírica.

El Teorema de Chebyshev indica que la proporción de cualquier distribución situada dentro de k desviaciones estándares de la media, es por lo menos $1-(1/k^2)$ donde k es cualquier nú-

mero positivo mayor que 1. Este teorema se aplica a cualquier distribución de datos. Si por ejemplo: $k=2$, la proporción es 0.75 o el 75% de los datos.

La Regla Empírica indica que si una variable está distribuida normalmente, el 68% de los datos se encuentra entre más o menos una desviación estándar de la media; dentro de dos desviaciones se encuentra un 95% de la población y dentro de tres desviaciones, el 99.7%. Este último enunciado es utilizado en este trabajo.

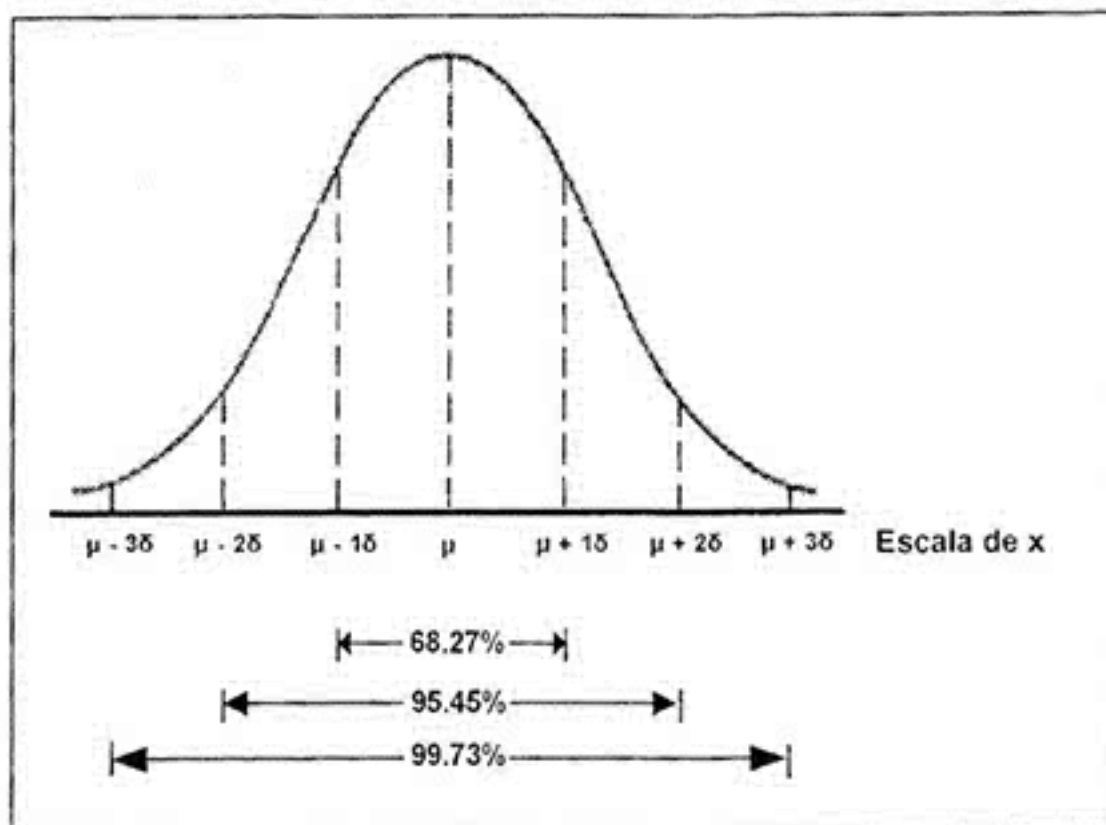


FIGURA 1. ÁREAS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LOS INTERVALOS DE LA MEDIA CON 68, 95 Y 99% DE CONFIANZA.

FUENTE: Cochran y Cox (1965).

Áreas bajo la curva Normal

La Figura 1 presenta las características de una distribución probabilística normal, donde:

1) Aproximadamente el 68.27% del área bajo la curva normal está dentro de más o menos una desviación estándar respecto a la media. Esto puede expresarse como $\bar{y} \pm 1S$.

2) Aproximadamente el 95.45% del área bajo la curva normal está dentro de más o menos dos desviaciones estándar respecto a la media. Esto puede expresarse como $\bar{y} \pm 2S$.

3) Prácticamente toda el área (99.73%) bajo la curva normal está dentro de más o menos tres desviaciones estándar respecto a la media. Esto puede expresarse como $\bar{y} \pm 3S$.

Las afirmaciones acerca de las características de la distribución normal, con respecto a la media y la desviación estándar, anotadas anteriormente, permiten indicar su uso en el cálculo de la probabilidad de obtener un beneficio neto específico, cuando se experimentan tecnologías para recomendar a los productores. La interpretación de los tres puntos mencionados en la Figura 1, se realiza mediante la teoría de los intervalos de confianza cuya definición establece que: *"El intervalo de confianza describe una gama de valores dentro los cuales se encuentra un parámetro de la población"* (CIP, 1979), en este caso, la media.

Los tres intervalos (68, 95 y 99%) son los más utilizados en investigación en casi todas las ciencias. Para fines de recomendación a los productores, con base en resultados de investigación agropecuaria, tomando en cuenta los beneficios netos y las probabilidades de riesgo, lo más importante es el valor mínimo de la media en el intervalo de confianza de 68% que se obtiene al estimar $\tilde{y} - 1S$.

La confiabilidad de recomendar una tecnología que tendría un beneficio neto mínimo con valor $\tilde{y} - 1S$, es el resultado de la diferencia de $(100 - 68)\%$ lo que equivale a 32% (Figura 1). De este valor, la mitad (16%) corresponde a la probabilidad de la curva normal a la izquierda de $\tilde{y} - 1S$; el otro

16% es la probabilidad asociada al valor a la derecha de $\tilde{y} + 1S$. Luego, si se suma $(68 + 16)\% = 84\%$, este valor corresponde a la confiabilidad de obtener un beneficio neto mínimo de $\tilde{y} - 1S$, porque se trabaja sólo con el valor mínimo, asumiendo toda la probabilidad a la derecha de este número. Lo anterior indica que el riesgo es de 16% de no obtener al menos este beneficio mínimo.

No se recomienda indicar en la interpretación lo relacionado al valor máximo del beneficio neto ($\tilde{y} + 1S$), asociado con la probabilidad, ya que la confiabilidad de obtener este valor máximo sería sólo de 16%, que es la probabilidad a la derecha del valor $\tilde{y} + 1S$ en la curva normal y el riesgo sería de 84% de no obtenerlo. En cuanto al valor medio del beneficio neto, se puede apreciar, según la curva normal, que la probabilidad de obtenerlo es de 50%.

Es pertinente indicar, que por lo general, no se utiliza un intervalo al 95%, porque el valor mínimo del beneficio neto sería muy pequeño, de $\tilde{y} - 2S$, aún cuando la confianza sea mayor, que en este caso es de 97.5% para ese valor mínimo. Recordemos que la confiabilidad se calcula al restar $(100 - 95)\% = 5\%$; este resultado se divide entre las dos colas de la distribución normal obteniéndose 2.5% para cada lado, que sumado a los

95% da un total de 97.5% de confiabilidad. Igual sucede para el intervalo de confianza al 99%, donde el valor del beneficio neto sería aún más pequeño, aunque la confianza sería de 99.5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para ejemplificar el uso de la metodología, a continuación se presentan los resultados del ensayo sobre: *Respuesta de poroto a la aplicación de nitrógeno y fósforo realizado en Caisán, en el año 2001*, por el Ing. Edwin Lorenzo, IDIAP, CIAOC.

La media del beneficio neto del tratamiento 1 en el Cuadro 1 es de B/.1,441.30, con una DE de B/.340.10, luego el intervalo de confianza al 68% para el tratamiento 1 sería:

$$\begin{aligned} \text{Límite superior (B/.):} \\ 1,441.20 + 340.10 = 1,781.30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Límite inferior (B/.):} \\ 1,441.20 - 340.10 = 1,101.10 \end{aligned}$$

Esto indica que se tiene una probabilidad de 84 en 100 de obtener un beneficio neto de al menos B/. 1,101.00. Nótese que el coeficiente de variación corresponde a cada tratamiento y no al CV total, por lo que su evaluación es individual.

Para hacer las consideraciones pertinentes sobre el riesgo, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros: el beneficio neto promedio, límite inferior, límite superior, el CV y la desviación estándar. Así, por ejemplo, con los valores del Cuadro 1, existen otros tratamientos más confiables que el tratamiento 1, ya que su CV de 23.59%, es alto comparado con otros tratamientos. Además, todos los tratamientos lo superan en beneficio neto.

Otro ejemplo en el uso de esta metodología, se presenta a continuación con los resultados del ensayo sobre: *Evaluación de líneas y variedades de arroz de ciclo intermedio bajo riego*, realizado en el Centro Experimental Rodrigo Marciaq IDIAP, ubicado en el Coco, Penonomé, Panamá, por la Ing. Luisa Martínez, 2001.

El análisis de variancia realizado a los resultados del ensayo de variedades y líneas de arroz de ciclo intermedio bajo riego presenta diferencias altamente significativas con $P < 0.003$.

El Cuadro 2 muestra que el valor del coeficiente de variación de 8.57% es un indicativo que los errores aleatorios fueron bien controlados en

CUADRO 1. ESTADÍSTICAS Y VALORES ECONÓMICOS DE LA RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE POROTO (*Pasheolus vulgaris*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO. CAISÁN, PANAMÁ. 2001.

Tratamiento	Beneficio neto (BN) B/.	Desviación Estándar (DE) B/.	Coefficiente de variación (CV) %	BN mínimo observado	BN máximo observado
1	1441.3	340.1	23.59	1101.20	1781.40
2	1560.3	245.4	15.72	1514.90	1605.70
3	1678.1	222.7	13.27	1455.40	1900.80
4	1508.2	179.7	11.92	1328.50	1687.90
5	1740.0	330.7	19.01	1409.30	2070.70
6	1560.9	70.8	4.54	1490.10	1631.70
7	1696.5	279.4	16.47	1417.10	1975.90
8	1687.9	29.3	1.74	1658.60	1717.20
9	1924.6	350.9	18.23	1573.70	2275.50

Fuente: Experimento realizado por Lorenzo (2001) en el subcentro de Caisán, CIAOC-IDIAP y presentado en la Reunión Anual del Programa PROFRIJOL, Rep. Dominicana, marzo, 2002.

CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL ENSAYO SOBRE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARROZ DE CICLO INTERMEDIO BAJO RIEGO. EL COCO, PENONOMÉ, PANAMÁ. 2001-2002.

	R-CUADRADO	CV	RAIZ MSE		MEDIA BNETO
	0.669387	8.576521	135.886		1584.39
FACTOR	gl	SS	CM	F Valor	Pr > F
REP	2	77738.90	38869.45	2.11	0.1366
VARIEDAD	18	1268151.55	70452.86	3.82	0.0003

Fuente: Experimento realizado por Martínez (2001), datos inéditos. IDIAP.

CUADRO 3. COMPARACIONES MÚLTIPLES DE MEDIAS CON EL MÉTODO DE DUNCAN. ENSAYO SOBRE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARROZ DE CICLO INTERMEDIO BAJO RIEGO. EL COCO, PENONOMÉ, PANAMÁ. 2001-2003.

GRUPOS				BNETO	VARIEDAD
		A		1859.6	2
		A		1859.2	11
B		A		1754.2	6
B		A	C	1724.1	5
B	D	A	C	1681.1	15
B	D	A	C	1651.0	9
B	D		C	1609.7	12
B	D		C	1590.4	1
B	D		C	1570.5	10
B	D		C	1570.5	7
B	D		C	1568.0	18
B	D		C	1556.1	17
B	D	E	C	1539.7	16
	D	E	C	1521.1	4
	D	E		1492.4	13
	D	E		1489.3	3
	D	E		1481.9	8
F		E		1330.3	14
F				1254.8	19

Fuente: Experimento realizado por Martínez (2001), datos inéditos. IDIAP.

el ensayo, siendo los resultados altamente confiables.

Las diferencias entre los beneficios netos de las variedades se muestran en el Cuadro 3, en donde se observa que el grupo de mayor rendimiento lo conforman las variedades con los números 2, 11, 6, 5, 15 y 9

cuyos rendimientos superan los B/.1,651.00. De éstos, las variedades que encabezan el grupo y superan significativamente al resto de las variedades evaluadas, son la 2 y 11 que obtuvieron beneficios netos de B/.1,859.60 y B/.1,859.20, respectivamente. Existe un grupo numeroso de materiales con beneficios

CUADRO 4. BENEFICIOS NETOS E INTERVALOS DE CONFIANZA AL 68% DE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARRÓZ DE CICLO INTERMEDIO BAJO RIEGO. EL COCO, PENONOMÉ, PANAMÁ. 2001-2002.

VARIEDAD	BNETO	DE	CV	LIMMIN	LIMMAX
2	1859.55	130.340	7.0092	1729.21	1989.89
11	1859.20	96.087	5.1682	1763.11	1955.29
6	1754.20	51.699	2.9472	1702.50	1805.90
5	1724.10	114.103	6.6181	1610.00	1838.20
15	1681.05	87.036	5.1775	1594.01	1768.09
9	1650.95	76.566	4.6377	1574.38	1727.52
12	1609.65	42.353	2.6312	1567.30	1652.00
1	1590.40	107.636	6.7678	1482.76	1698.04
7	1570.45	169.234	10.7761	1401.22	1739.68
10	1570.45	220.085	14.0142	1350.36	1790.54
18	1568.00	160.311	10.2239	1407.69	1728.31
17	1556.10	94.716	6.0867	1461.38	1650.82
16	1539.65	289.207	18.7839	1250.44	1828.86
4	1521.10	187.602	12.3333	1333.50	1708.70
13	1492.40	118.684	7.9526	1373.72	1611.08
3	1489.25	192.300	12.9125	1296.95	1681.55
8	1481.90	55.335	3.7341	1426.56	1537.24
14	1330.35	17.189	1.2921	1313.16	1347.54
19	1254.75	132.300	10.5439	1122.45	1387.05

Fuente: Experimento realizado por Martínez (2001), datos inéditos. IDIAP.

netos alrededor del beneficio neto promedio de B/.1,584.39. Las variedades con menor beneficio neto fueron 19 y 14, superadas por todas las demás con beneficios netos inferiores a B/.1,330.30.

Para las consideraciones de riesgo podemos observar en el Cuadro 4 los valores obtenidos por las diferentes variedades y líneas. La variedad 2 tiene un beneficio neto promedio de B/.1,859.55, el más alto de todos los evaluados, con una desviación

estándar de B/.130.34. Nótese que esta desviación provoca que el límite mínimo sea más bajo que el de la variedad 11. Sin embargo, su coeficiente de variación es bajo, 7.00% y se encuentra por debajo del promedio que es de 8.57% (Cuadro 2), aunque resultó mayor que el de la Variedad 11 (5.17%). Hasta aquí, las dos primeras variedades tienen características homogéneas con medias parecidas, CV bajos y límites mínimos mayores que el resto.

Luego se puede indicar que el productor tiene una confianza de 84 en 100 de obtener un beneficio neto de por lo menos B/.1,763.11 al sembrar la variedad 11. Con respecto a la variedad 2, las conclusiones son las mismas, excepto que el valor mínimo del beneficio neto es de B/.1,729.21.

Finalmente, hay que recordar que, cuanto mayor es la desviación estándar, menor es el valor del límite inferior del intervalo y mayor es el riesgo de recomendar una variedad. A estas mismas interpretaciones deben conducir los valores del coeficiente de variabilidad.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los Ingenieros Miguel Sarmiento y Franklin Becerra por sus valiosos aportes en la revisión de este documento.

BIBLIOGRAFÍA

- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; Manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., México. 59 p.
- COCHRAN, W.; COX, G. 1965. Diseños Experimentales. Editorial Trillas, México, D.F. 661 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1979. Curso de Estadística Experimental. Tomo 1 y 2. Lima, Perú. CIP. 459 p.
- MASON, R.; LIND, D. 1990. Estadística para Administración y Economía. Editorial Alfaomega, Ohio, USA. 911 p.
- PIMENTEL, F. 1977. Curso de Estadística Experimental. Editorial Librería Novel, S.A., Sao Paulo. 430 p.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Editorial McGraw-Hill, Bogotá. 622 p.

REVISTA CIENTÍFICA
Ciencia Agropecuaria N.15

Es una Publicación del



Edición

Elizabeth S. De Freitas G.

Coedición

Sandra A. de Millán

Neysa G. de Rojas

Diseño y Diagramación

Elizabeth S. De Freitas G.

Asistencia

Osiris Valdés

Colaboradores

Pedro Guerra M.

Oswaldo Cerrud

Eric Candanedo L.

Impresión

Gloria Barria

E. De Freitas G.

Compaginación

Fabiola Abrego

Sandra Herrera

Marlyn Cedeño

Encuadernación

Herminio González

Tiraje

400 ejemplares

Impreso en los Talleres del

IDIAP en David, Chiriquí

Impresión de Portada

Multiimpresos, S.A.

David, Chiriquí

Esta publicación fue financiada con fondos del
Programa de Modernización de los servicios Agropecuarios
BID - 924