 **INSTITUTO DE
INVESTIGACION
AGROPECUARIA DE PANAMA**

ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA Nº 16

PANAMÁ, 2004



ISSN 0258-6452

CIENCIA AGROPECUARIA

REVISTA CIENTÍFICA N° 16

PANAMÁ, 2004

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

no. 16 (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. Anaís 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. Gumerindo Frías
Director del CIA-Oriental

Ing. Arturo Fuentes
Director del CIA-Trópico Húmedo

EDITORIA

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

COEDITORIA

Neysa G. de Rojas, Ing. Agr.

COMITÉ DE REVISIÓN TÉCNICA

Vicente Beros, Dr. Química Industrial
Julio Lara, M.Sc. Protección de Cultivos
Alex Samudio, M.Sc. Nutrición Animal, FCAP
Leonardo Marcelino, M.Sc. Ecología y Conservación
Eric Candanedo Lay, Ph.D. Fitonematología
Pedro Guerra, M.Sc. Mejoramiento Genético Animal
Román Gordón, M.Sc. Entomología
Pedro Him, Dr. Genética y Mejoramiento de Plantas
Benjamín Name, M.Sc. Edafología
Bolívar Pinzón, M.Sc. Edafología
Said Caballero, M.Sc. Microbiología
Pedro Argel, Ph.D. Pastos Tropicales, CIAT
Luis Saldaña, Dr. Ciencias Agrop. Prod. Animal

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 contenido, las materias y conceptos claves. Se proporcionará 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. **Rèsumen:** 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 mas 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 | INTERPRETACIÓN DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO - AMBIENTE Y CONFIABILIDAD DE LA RESPUESTA DE CINCO HÍBRIDOS DE MAÍZ EN 30 AMBIENTES DE AZUERO. PANAMÁ. 2001- 2003.
<i>Ismael Camargo; Román Gordón; Andrés González; Jorge Franco</i> |
|------|---|
-
- | | |
|-------|--|
| 17-30 | IMPACTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DEL MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ. 1995-2003. I. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS Y SU RELACIÓN CON LA ÉPOCA DE SIEMBRA.
<i>Román Gordón M.; Ismael Camargo; Jorge Franco; Andrés González</i> |
|-------|--|
-
- | | |
|-------|---|
| 31-44 | IMPACTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DEL MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, LOS SANTOS, PANAMÁ. 1995-2003. II. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA ÉPOCA DE SIEMBRA.
<i>Román Gordón M.; Ismael Camargo; Jorge Franco; Andrés González</i> |
|-------|---|
-
- | | |
|-------|---|
| 45-62 | EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE 15 HÍBRIDOS DE MAÍZ EN 10 AMBIENTES DE LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ. 2003.
<i>Román Gordón; Ismael Camargo; Jorge Franco; Andrés González</i> |
|-------|---|
-
- | | |
|-------|--|
| 63-80 | DETERMINACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE 18 HÍBRIDOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO, A TRAVÉS DE AMBIENTES CONTRASTANTES. AZUERO, PANAMÁ, 2002.
<i>Román Gordón; Ismael Camargo; Jorge Franco; Andrés González</i> |
|-------|--|
-
- | | |
|-------|--|
| 81-96 | EFFECTO DEL DESHOJE DE SANIDAD DEL OTOE (<i>Xanthosoma</i> spp. Schott) EN LA INCIDENCIA DE LA NECROSIS MARGINAL BACTERIANA (<i>Xanthomonas campestris</i>) Y LA PRODUCCIÓN DE CORMELOS. DARIÉN, PANAMÁ. 1996-1997.
<i>Miguel A. Acosta; Blas Palomino</i> |
|-------|--|
-

-
- 97-108** EFICACIA BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS SOBRE LARVAS DE GUSANOS CORTADORES *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) EN PAPA (*Solanum tuberosum*) EN CERRO PUNTA, BUGABA. 2003.
José A. Lezcano B.; Juan Bernal V.; Marcelino Hurtado
-

- 109-120** USO DE UN BANCO DE KUDZÚ TROPICAL (*Pueraria phaseoloides*) COMO FUENTE PROTEICA EN UN SISTEMA DE ENGORDE DE TORETES BAJO SEMICONFINAMIENTO EN ÉPOCA LLUVIOSA. LOS SANTOS, PANAMÁ. 1998,
Manuel H. Ruiloba; Jorge Maure
-

NOTAS TÉCNICAS

- 121** NUEVA ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE TOMATE EN PANAMÁ. IDIAP T-7.
Pedro V. Him; Gladys T. de Gutiérrez; Nilso García; Abraham Castillo
-
- 122-134** PRODUCCIÓN DE HUEVOS CON GALLINAS PONEDORAS *Isa Brown* BAJO DOS SISTEMAS DE CONFINAMIENTO. PANAMA. 2003-2004.
Luis Saldaña M.; Eric M. Candanedo L.
-
- 135-142** PREVALENCIA DEL *Herpesvirus bovino tipo 1* (BHV-1) EN CUATRO HATOS LECHEROS DE LA PROVINCIA DE LOS SANTOS, PANAMÁ. 2000.
Marcelino Jaén T.; Víctor Vega Barrios; Odalis E. González
-

INTERPRETACIÓN DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE Y CONFIABILIDAD DE LA RESPUESTA DE CINCO HÍBRIDOS DE MAÍZ EN 30 AMBIENTES DE AZUERO, PANAMÁ. 2001- 2003.

Ismael Camargo¹; Román Gordón²; Andrés González³; Jorge Franco³

RESUMEN

Se estudiaron cinco híbridos de maíz en el ensayo regional de maíz del IDIAP entre los años 2001 y 2003. En este período se evaluaron 37 genotipos en 30 ambientes de Azuero. Se efectuó un análisis de varianza (AMMI), de confiabilidad o respuesta normalizada (RN) y de estabilidad por medio del Biplot GGE_{SREG}. El valor RN representa la probabilidad de que un genotipo específico supere en promedio el nivel de producción establecido por el testigo. La gráfica Biplot GGE permitió visualizar las similitudes y diferencias entre genotipos y entre localidades y la respuesta diferencial de los genotipos; la naturaleza y magnitud de la interacción entre cualquier genotipo y localidad. Los análisis de confiabilidad y estabilidad identificaron los híbridos blancos PB-0103 y PB-0105 como los de mejor comportamiento, por lo que se recomienda su registro y comercialización en Panamá. De acuerdo al modelo Biplot GGE, se observó un efecto significativo en la época de siembra sobre el rendimiento por localidad, bajo las condiciones climáticas del 2002, mientras que en el 2001 y 2003, su comportamiento fue similar. El modelo Biplot GGE permitió graficar de manera sencilla la interacción genotipo-ambiente, se ubicaron los genotipos de acuerdo a su respuesta a los ambientes y a las localidades, de acuerdo a su capacidad discriminatoria, simplificando su interpretación. Ambos análisis permitieron verificar que el X-1358K continúa siendo un testigo regional vigente y competitivo por su alta producción y buena estabilidad.

PALABRAS CLAVES: *Zea mays*; maíz; mejoramiento genético; híbridos; interacción genotipo-ambiente; Panamá

INTERPRETATION OF GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION AND OUTCOME RELIABILITY OF FIVE CORN HYBRIDS IN 30 ENVIRONMENTS. AZUERO, PANAMA. 2001-2003.

Five corn hybrids were studied in the Regional corn trial of IDIAP since 2001 to 2003. Thirty seven genotypes in 30 environments were evaluated in this period. An AMMI variance analysis, reliability analysis or normalized responses (RN), stability analysis with GGE_{SREG}

¹ Ph.D. Fitomejoramiento, IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). Río Hato. e-mail: icamargo@cwpanama.net.

² Ing. Agr., M.Sc. Entomología, IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA) 'Ing. German De León', Los Santos, Panamá. e-mail: rgordonm@cwpanama.net.

³ Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA) 'Ing. German De León', Los Santos, Panamá.

Biplot were carried out. The R_{Ni} value represented the probability of a specific genotype increase the tester yield. The GGE Biplot, allowed visualize the similarities and differences among genotypes and environments and the genotypes differential response; the interaction nature and magnitude of any genotype with any locality. The reliability analysis outcomes identified to white corn hybrids PB-0103 and PB-0105 like the best performance, indeed, it was recommended its register and commercialization on the country. According to GGE Biplot Model, it was observed a significant effect with the planting dates over localities yield, under 2002 climatic conditions, in the meantime 2001 and 2003 presented similar conditions. The GGE Biplot Model allowed plotting simple genotype-environment interaction graphics, localizing genotypes according its environments yields responses and positioning the localities according its discriminatory capacity, simplifying its interpretation. Both analysis allowed verifying X-1358K continued been a current and competitive regional tester, due to its high production and its good stability.

KEY WORDS: *Zea mays*; corn; hybrids; genotype-environment interaction; Panama

INTRODUCCIÓN

El ensayo regional de Maiz del IDIAP es un instrumento para la evaluación sistemática de cultivares desarrollados por el programa nacional y las empresas privadas. La experiencia acumulada ha permitido fortalecer las técnicas de campo para la implementación de los experimentos, así como el análisis e interpretación de los resultados mediante el uso de metodologías apropiadas para lograr conclusiones y recomendaciones más acertadas (Córdova y col., 1993).

La interacción genotipo-ambiente tiene gran importancia en la evaluación de genotipos desarrollados para diferentes condiciones de producción, siendo necesario integrar los conceptos de estabilidad (Lin y col., 1986; Lin y Binns, 1994), para definir el comportamiento de los cultivares evaluados

a través de ambientes contrastantes. La caracterización de la estabilidad de los genotipos evaluados en diferentes localidades y años se ha logrado a través de los modelos de regresión propuestos por Finlay y Wilkinson (1963) y Eberhart y Russell (1966). No obstante, el modelo multiplicativo AMMI (Zobel y col., 1988) ha sido el más eficiente para explicar la interacción genotipo-ambiente.

El desarrollo del modelo Biplot GGE_{SREG} (Yan y col., 2000) representa un avance en el estudio de la interacción, puesto que permite analizar gráficamente los datos provenientes de ensayos en múltiples localidades y años. El GGE se refiere al efecto principal de genotipo (G), más la interacción genotipo por ambiente (GE), las dos fuentes de variación más importantes cuando se evalúan genotipos en diferentes ambientes. La gráfica Biplot GGE per-

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

Normalmente, en ensayos regionales repetidos anualmente en ambientes contrastantes, ocurre la sustitución de cultivares inferiores que son reemplazados por otros nuevos; esto resulta en una serie de datos desbalanceados que requieren análisis especiales para aprovechar la información generada a través de varios años. Algunos autores, entre ellos, Hill y Rosenberger (1985); Jones (1988); Eskridge y Mumm (1992); Nuland y Eskridge (1992); Eskridge y col., (1993); Jones (1988); Lin y Binns (1994); Eskridge (1997), han propuesto metodologías estadísticas que permiten identificar genotipos superiores utilizando datos desbalanceados basados en el comportamiento de un cultivar común.

La metodología propuesta por Jones (1988) permite la comparación de los cultivares contra el testigo utilizando los datos de varios años. Eskridge y Mumm (1992), Eskridge y col., 1993; Nuland y Eskridge (1992);

Eskridge (1997); perfeccionaron el análisis de confiabilidad normalizada o respuesta normalizada, basados en las diferencias de rendimiento de los cultivares respecto a un testigo adaptado a la región.

El concepto de confiabilidad propuesto por Eskridge y Mumm (1992), Eskridge y col., (1993) Eskridge (1997), es similar, en principio, al análisis de superioridad propuesto por Lin y Binns (1994). Baker (1996) indica que ambos conceptos estadísticos, la medida de superioridad y el análisis de confiabilidad, representan avances importantes en el entendimiento de los problemas de mejoramiento genético, producto de la interacción genotipo-ambiente. Por otro lado, Córdova y col. (1993), Hodges y col. (1995), Camargo y col. (2001) han demostrado la aplicación práctica de esta metodología para determinar la confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre un testigo.

El presente estudio tuvo como objetivos determinar la estabilidad y confiabilidad para rendimiento de grano con los nuevos híbridos de maíz de grano blanco, con respecto al testigo, a través de ambientes y años contrastantes, así como verificar la utilidad práctica de estas herramientas en las decisiones asociadas con el cambio tecnológico.

CUADRO 1. LISTADOS DE HÍBRIDOS DE MAÍZ CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO COMBINADO DE TRES AÑOS, INSTITUCIÓN, NÚMERO DE LOCALIDADES, AÑOS DE EVALUACIÓN Y COLOR DE GRANO. IDIAP. 2001-2003.

Híbridos	Institución / Empresas	N ₁	N ₂	Color
30F80	Pioneer	30	3	Amarillo
X-1358K (testigo)	Pioneer	30	3	Amarillo
PB-0105	IDIAP	30	3	Blanco
PB-0103	IDIAP	30	3	Blanco
PB-0107	IDIAP	30	3	Blanco

N₁= número de localidades N₂= años de evaluación

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de la Información Experimental

Los datos experimentales utilizados en este estudio, provienen de resultados obtenidos de los ensayos regionales de maíz del IDIAP 2001-2003. La metodología experimental, así como el número de cultivares y localidades fueron descritos por Gordón y col., 2001; 2002; 2003. Durante este periodo se evaluaron 37 genotipos en 30 ambientes de la región de Azuero.

En este estudio se efectuó el análisis de variancia AMMI, se estimó las puntuaciones para el Biplot GGE_{SREG} y la respuesta normalizada o confiabilidad (RN_i), con respecto al X-1358K (testigo) de cuatro híbridos con tres años de evaluación. El número de

localidades fue de 9, 11 y 10 para los años 2001, 2002, y 2003, respectivamente.

En el Cuadro 1 se presenta el listado de los cinco híbridos considerados en el estudio combinado de tres años, además de su origen institucional, número de localidades, años de evaluación y color del grano.

Concepto de Respuesta Normalizada (RN_i) o Confiabilidad de la respuesta

Según Eskridge y col. (1993), la confiabilidad estadística de la respuesta en rendimiento del i-ésimo genotipo se determina a partir de los diferenciales de rendimiento(d_i) con respecto al testigo, o sea:

$$d_i = P (Y_i - Y_c > d_i)$$

donde:

$P(.)$ = representa la probabilidad

Y_i = respuesta del híbrido evaluado

Y_c = respuesta del testigo

d_i = la diferencia entre ambos

Córdova y col. (1993) indican que pueden ser planteadas las hipótesis alternas en función del valor promedio de d_i mayor o menor que cero, es decir:

Ho:	$d_i - c \leq 0$
Ha:	$d_i - c > 0$

Para probar estas hipótesis se calculó primero los valores promedios de d_i y la desviación estándar de las diferencias a través de todas las localidades (S_d). Posteriormente, se determina el valor estandarizado (d_i/S_d), al cual se le determina la probabilidad normal estandarizada (usando la tabla de Z normal de una cola). A esta probabilidad se le denomina confiabilidad normalizada con respecto al testigo (RN_i). El análisis de confiabilidad fue calculado para todas las comparaciones de interés, luego se procedió a ordenar de manera descendente los genotipos en función de la probabilidad.

El valor de RN_i para cada genotipo representa la probabilidad de que un genotipo específico supere en prome-

dio el nivel de producción establecido por el testigo, en el conjunto de todos los ambientes y años donde se efectuaron las evaluaciones (Eskridge y Mumm, 1992; Eskridge y col., 1993; Eskridge, 1997). De acuerdo a Córdova y col. (1993), los genotipos pueden ser clasificados en cuatro categorías según el RN_i estimado: a) confiabilidad superior, de $0.9 \geq RN_i < 1.0$; b) buena, de $0.8 \geq RN_i < 0.9$; c) promedio, de $0.6 \geq RN_i < 0.8$ y d) baja, por debajo de 0.6.

Gráfica Biplot GGE _{SREG}

La gráfica Biplot GGE _{SREG} (Yan y col., 2000; Yan y Hunt, 2002 ab) permite determinar el cultivar con mejor comportamiento en un ambiente específico; identificar el ambiente más 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) mostraron que el gráfico permitía identificar al genotipo ideal como aquel con altas puntuaciones en el PCA 1 (asociado a medias de rendimiento altas) y las puntuaciones en el PCA 2 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 ó 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 cultivares ubicados en las esquinas o sectores donde no hay localidades son consideradas deficientes en cuanto al comportamiento en la mayoría de las localidades evaluadas (Yan y col.,

2000; Yan, 2001; Yan y col., 2001; Yan y Rajcan, 2002; Kaya y col., 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Varianza AMMI

El análisis de varianza de acuerdo al modelo AMMI (Cuadro 2) mostró que la varianza ambiental fue mayor que la varianza de los genotipos, es decir, el ambiente captura el 51.7% de la suma de cuadrado total, mientras que los genotipos apenas el 2%. Estos resultados eran de esperarse, debido a la gran variabilidad ambiental existente en la región de Azuero, entre y dentro de

CUADRO 2. ANÁLISIS AMMI PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO (t/ha) DE LA EVALUACIÓN DE CINCO HÍBRIDOS DE MAÍZ. PANAMA. 2001-2003.

F de V	gl	SC	%
Amb	29	525.86**	51.7
Rep (Amb)	60	54.59	
Gen	4	19.56**	1.92
Gen x Amb	116	238.89**	23.5
PCA ₁	32	167.03**	66.3
PCA ₂	30	46.82**	18.6
Residuo	54	25.04**	15.1
Error	238	127.57	
CV (%)		9.8	

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) en 2001, 2002 y 2003.

años. Además, se observó que la interacción genotipo por ambiente captura el 24 % de la suma de cuadrados.

La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A fue 12.2 veces mayor que la de genotipo, indicando que hubieron diferencias substanciales en la respuesta de los genotipos a través de los ambientes, lo que no es extraño dado el gran número de localidades involucradas en el estudio y que abarcó tres años. Por otro lado, la varianza de los genotipos, al ser inferior a las otras fuentes de variación, sugiere que los cinco cultivos evaluados, en su conjunto, presentan buena adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales que se presentaron en la región de Azuero durante los años 2001 al 2003.

Confiabilidad de la respuesta respecto al testigo

La ventaja práctica del análisis de confiabilidad, basado en las diferencias de rendimiento de los genotipos respecto al testigo es que con estos datos se permite comparar los híbridos en una amplia gama de ambientes y años. Además, se puede determinar la estabilidad relativa de los genotipos evaluados sin considerar el conjunto original de materiales facilitando un mayor aprovechamiento de la información generada a través de varios años,

para ayudar a tomar decisiones acertadas al recomendar la nueva tecnología (híbridos) al productor.

Los resultados del análisis de confiabilidad de la respuesta (RN_i), para los cuatro híbridos evaluados durante los últimos tres años en la región azuerense, permitieron identificar genotipos de grano blanco con rendimiento superior al testigo X-1358K (6.625 t/ha) y baja interacción con el ambiente, como el PB-0103 y PB-0105.

No obstante, el análisis de confiabilidad permitió clasificar los cuatro híbridos en una sola categoría con respecto al testigo, los genotipos PB-0103, PB-0105, PB-0107 y el 30F80 presentaron baja confiabilidad ($RN_i < 0.6$) las probabilidades normalizadas en el caso de PB-0103 significa que por lo menos en seis de cada 10 localidades hay una respuesta superior de este genotipo con respecto al testigo (Cuadro 3).

Los estimados bajos de confiabilidad obtenidos en este estudio se debieron al excelente comportamiento del testigo, el cual es bien difícil de superar. Es conveniente resaltar que el X-1358K es un híbrido simple, mientras que los tres cultivos blancos del IDIAP son triples, dándole la ventaja genética al testigo.

años. Además, se observó que la interacción genotipo por ambiente captura el 24 % de la suma de cuadrados.

La magnitud de la suma de cuadrados de la interacción G x A fue 12.2 veces mayor que la de genotipo, indicando que hubieron diferencias substanciales en la respuesta de los genotipos a través de los ambientes, lo que no es extraño dado el gran número de localidades involucradas en el estudio y que abarcó tres años. Por otro lado, la varianza de los genotipos, al ser inferior a las otras fuentes de variación, sugiere que los cinco cultivos evaluados, en su conjunto, presentan buena adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales que se presentaron en la región de Azuero durante los años 2001 al 2003.

Confiabilidad de la respuesta respecto al testigo

La ventaja práctica del análisis de confiabilidad, basado en las diferencias de rendimiento de los genotipos respecto al testigo es que con estos datos se permite comparar los híbridos en una amplia gama de ambientes y años. Además, se puede determinar la estabilidad relativa de los genotipos evaluados sin considerar el conjunto original de materiales facilitando un mayor aprovechamiento de la información generada a través de varios años,

para ayudar a tomar decisiones acertadas al recomendar la nueva tecnología (híbridos) al productor.

Los resultados del análisis de confiabilidad de la respuesta (RN_i), para los cuatro híbridos evaluados durante los últimos tres años en la región azuerense, permitieron identificar genotipos de grano blanco con rendimiento superior al testigo X-1358K (6.625 t/ha) y baja interacción con el ambiente, como el PB-0103 y PB-0105.

No obstante, el análisis de confiabilidad permitió clasificar los cuatro híbridos en una sola categoría con respecto al testigo, los genotipos PB-0103, PB-0105, PB-0107 y el 30F80 presentaron baja confiabilidad ($RN_i < 0.6$) las probabilidades normalizadas en el caso de PB-0103 significa que por lo menos en seis de cada 10 localidades hay una respuesta superior de este genotipo con respecto al testigo (Cuadro 3).

Los estimados bajos de confiabilidad obtenidos en este estudio se debieron al excelente comportamiento del testigo, el cual es bien difícil de superar. Es conveniente resaltar que el X-1358K es un híbrido simple, mientras que los tres cultivos blancos del IDIAP son triples, dándole la ventaja genética al testigo.

CUADRO 3. RENDIMIENTO PROMEDIO, DIFERENCIAS EN RENDIMIENTO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y CONFIABILIDAD EN CINCO HÍBRIDOS DE MAÍZ. PANAMÁ. 2001-2003.

Híbridos	Prom	Diferencia	Desv Est.	RNi
30F80	6.347	-0.278	1.358	0.419
PB-0105	6.874	0.249	1.470	0.567
PB-0103	6.937	0.312	1.533	0.581
PB-0107	6.579	-0.046	1.302	0.486
X-1358K	6.625			

Los híbridos que presentan una confiabilidad por debajo de 0.60 y hasta 0.50 representan un riesgo relativamente similar para el productor con respecto al X-1358K, es decir, que el productor puede sembrar el PB-0103 y PB-0105 con resultados similares a los obtenidos con el testigo, siempre que otros componentes económicos permanezcan sin alteraciones como el costo de la semilla.

Las magnitudes de las respuestas normalizadas, coinciden con las obtenidas por Nuland y Eskridge (1992), Eskridge y Mumm (1992), Eskridge y col. (1993), Hodges y col. (1995), Córdova y col. (1993), en el estudio de Córdova y col. (1993), entre mayor es la diferencia de rendimiento entre el genotipo evaluado y el testigo, más elevada es la confiabilidad.

De acuerdo con Lin y col. (1986), los análisis de estabilidad representan una medida relativa, que permite

hacer inferencia solamente en función del grupo fijo de genotipos que fueron evaluados. Sin embargo, Eskridge y col. (1993) indican que la confiabilidad permite hacer inferencias amplias en relación con la estabilidad, ya que solamente depende de las diferencias en rendimiento del testigo y de un genotipo específico y no depende de los otros cultivares no involucrados en el análisis. Según Eskridge y Mumm (1992), Eskridge y col. (1993), la confiabilidad es una medida relacionada con otros parámetros de estabilidad como el coeficiente de regresión b_i de Finlay y Wilkinson (1963), la desviación del cuadrado medio $S^2_{\delta_i}$ de Eberhart y Russell (1966) y la varianza de estabilidad de Shukla (1972).

Córdova y col. (1993) indicaron que la confiabilidad es una medida que evalúa tanto las ganancias en rendimiento con respecto al testigo, como la variabilidad de la respuesta en los diferentes ambientes, tal como se aprecia en la Figura 1, en donde se pre-

senta la diferencia de los cultivares evaluados con respecto al X-1358K y la confiabilidad de respuesta de los híbridos evaluados.

Se observó que entre mayor es la diferencia de rendimiento mayor es la confiabilidad de la respuesta del híbrido evaluado. Por otro lado, la variación en confiabilidad para los genotipos dentro de un diferencial de rendimiento dado, se debe fundamentalmente a las diferencias en magnitud de las desviaciones estándares a través de ambientes (Figura 1).

Interacción genotipo por ambiente

En la Figura 2 se presenta la gráfica Biplot GGE, para los dos primeros factores del componente principal, correspondiente a los cinco híbridos en las 30 localidades, únicamente para la variable rendimiento de grano. Ambos factores explican el 85% de la interacción genotipo por ambiente, el PCA-1 explica el 66% de la interacción, mientras el PCA-2 captura el 19%.

Efectos de genotipos

De acuerdo a la gráfica Biplot GGE (Figura 2) los genotipos que se encuentran localizados cerca del centro son los que menos responden a los estímulos ambientales, mientras

que, aquellos ubicados en los vértices o esquinas del polígono son los que respondieron positiva o negativamente, dependiendo del signo y la magnitud de la puntuación. En este caso, tenemos cinco genotipos y todos están ubicados en los vértices del polígono.

Los híbridos PB-0103 y PB-0107 fueron identificados por el modelo como los genotipos con mejor estabilidad y adaptabilidad, o sea, respondieron mejor a los estímulos ambientales en concepto de adaptabilidad de Lin y col. (1986), Lin y Binns (1994), específicamente tuvo buen desempeño en las localidades de Los Castillos 2, La Enea 2, Agua Buena 2 y la mayoría de los sitios evaluados en el 2001 y 2003.

Los híbridos comerciales 30F80 y X-1358K, en este estudio, parecen comportarse bien en las localidades con siembras tardías y con riesgos de estrés durante el período de llenado de grano, tales como: San José 2, Yeguada 2, La Mina 2, Guararé 2 y Tablas Abajo 2.

La Figura 2 muestra igualmente que el genotipo ideal fue el PB-0103, por presentar puntuaciones altas en el PCA1, asociados a medias de rendimientos sobre el promedio del ensayo y puntuaciones cercanas a cero en el PCA2, características que lo identifican como un genotipo con buena estabilidad de rendimiento.

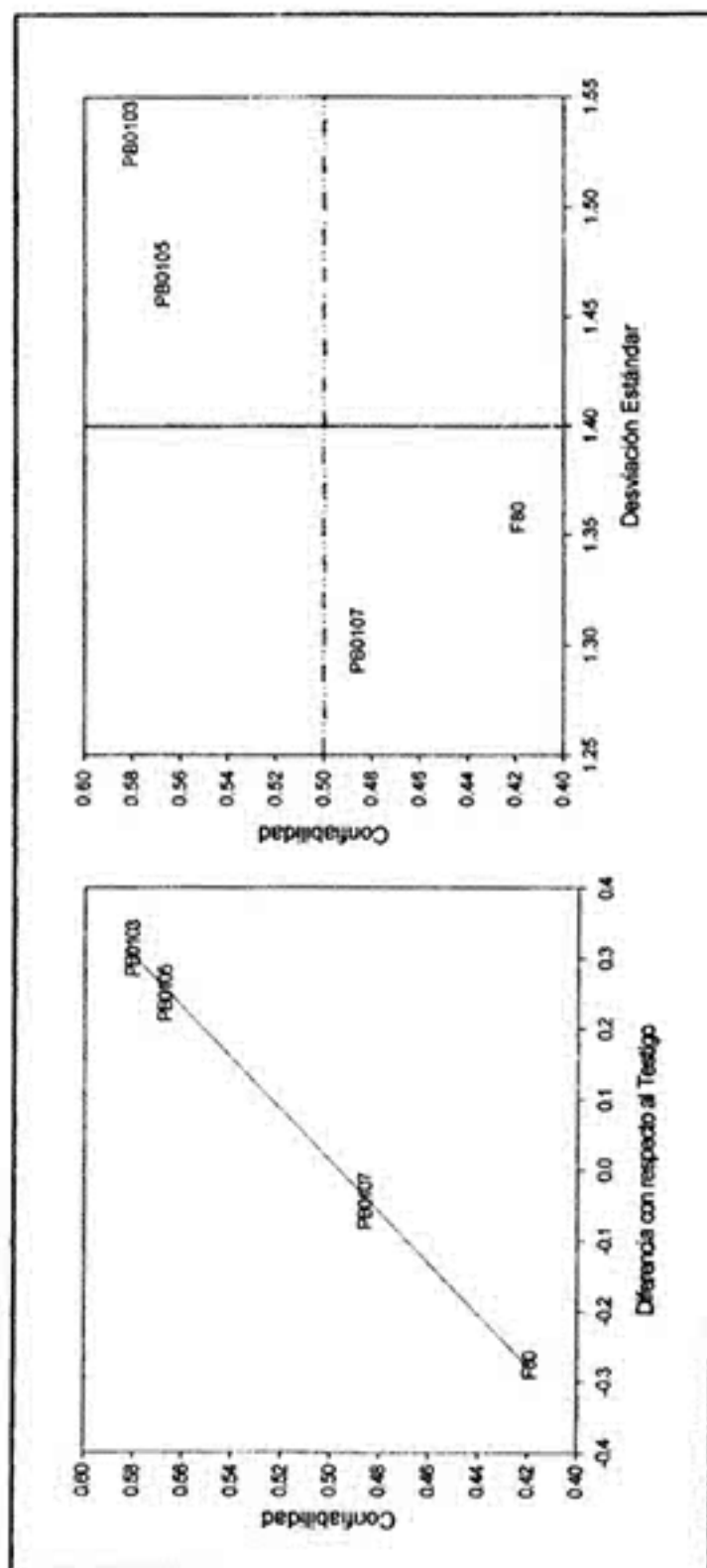


FIGURA 1. RELACIÓN DE LA CONFIABILIDAD CON LA MAGNITUD DE LAS DIFERENCIAS EN RENDIMIENTO, Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ EVALUADOS EN EL IDIAP. 2001-2003.

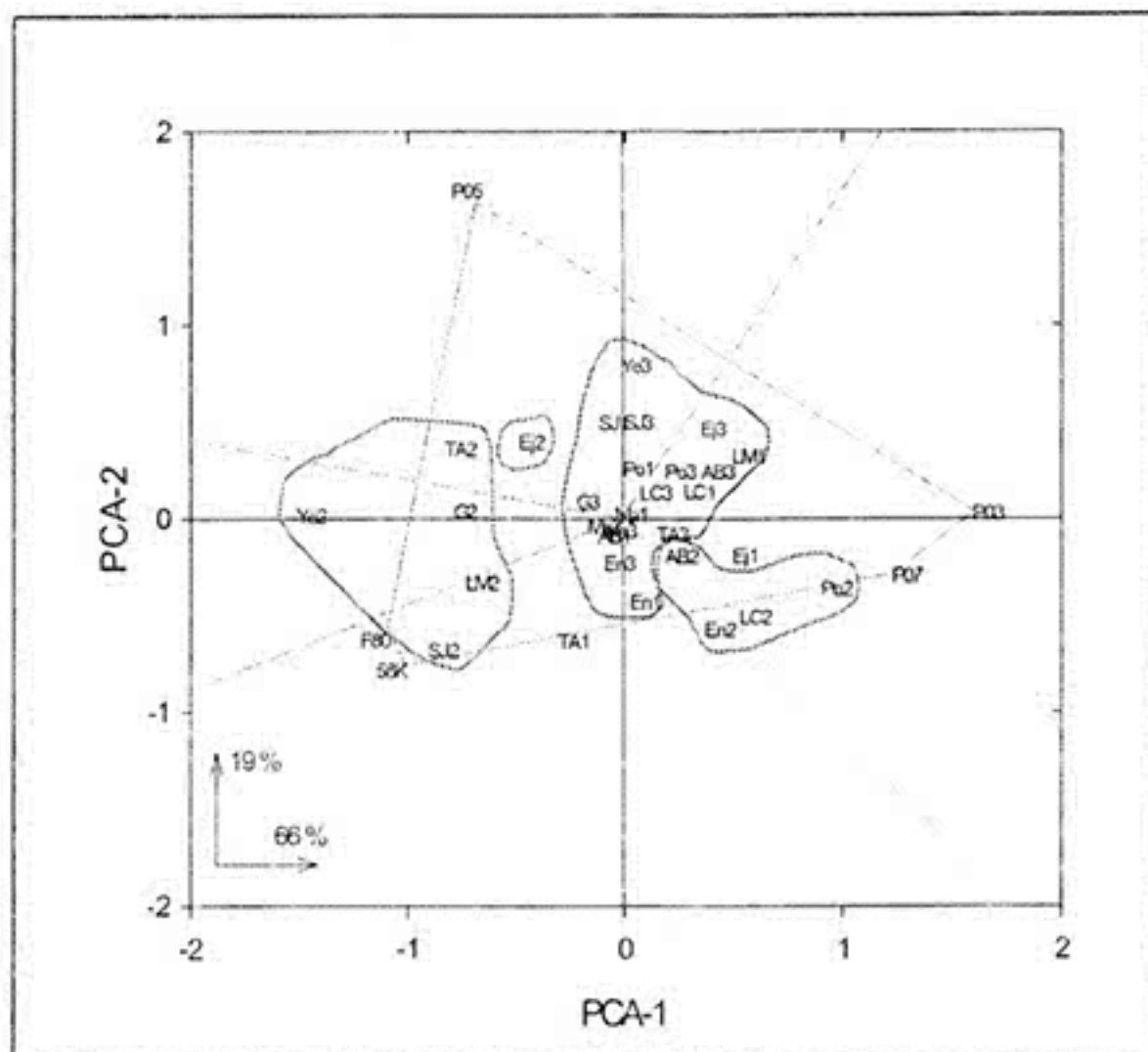


FIGURA 2. PUNTUACIONES DEL PRIMERO Y SEGUNDO EJE DEL COMPONENTE PRINCIPAL DE CINCO HÍBRIDOS DE MAÍZ EN 30 AMBIENTES DE AZUERO, PANAMÁ. 2001-2003.

Efectos de los ambientes

Los ambientes fueron agrupados por el modelo en tres sectores, el primero, conformado por las localidades del 2002 con problemas de estrés hídrico como San José, La Yeguada, La Mina, Guararé y Tablas Abajo, donde los genotipos con mejor adaptación a los mismos fueron el X-1358K y el 30F80. El segundo ambiente constituido por las localidades del 2002, donde no hubo estrés hídricos como Agua Buena, La Enea, Los Castillos y Portobelillo, se destacaron los híbridos PB-0103 y PB-0107.

El tercer ambiente lo conformaron las localidades del 2001 y 2003, puesto que el modelo fue capaz de agrupar como similar el comportamiento de las localidades en su capacidad de discriminar los genotipos. Esto sugiere que, por ejemplo, la localidad de San José, en el 2001 y luego en el 2003, tuvo la misma capacidad de discriminar de manera similar los híbridos evaluados, esto ocurrió con otros sitios como La Enea, Los Castillos, Portobelillo, entre otros.

En síntesis, el modelo Biplot GGE_{SREG} demostró ser una herramienta poderosa para determinar la estabilidad y adaptabilidad de los ge-

notipos bien como para clasificar los ambientes de acuerdo a su capacidad discriminatoria basada en las condiciones de estrés hídrico considerado el factor más limitante de la producción de maíz en la región de Azuero.

Por otro lado, el testigo regional X-1358K ha demostrado ser un genotipo excepcional, puesto que combina altos rendimientos promedios, baja interacción con el ambiente, lo cual contribuye para que las respuesta normalizadas de los nuevos cultivares no muestren ganancias espectaculares.

El estudio permitió verificar que los híbridos de grano blanco PB-0103 y PB-0107 combinan baja interacción con el ambiente y una respuesta normalizada que aunque baja, bien vale la pena correr el riesgo del cambio tecnológico de cultivar maíz blanco en vez de amarillo visualizando el mercado de exportación para consumo humano de nuestros vecino de Centro América; también permitió verificar que el X-1358K continúa siendo un testigo regional vigente y competitivo por su alta producción y buena estabilidad a través de ambientes y años contrastantes, demostrando el avance genético logrado por las empresas públicas y privadas en el desarrollo de híbridos con mayor confiabilidad, mejor adaptabilidad y estabilidad, en consecuencia con menos interacción con el ambiente.

CONCLUSIONES

- Los análisis de confiabilidad y estabilidad identificaron a los híbridos PB-0103 y PB-0105 como los de mejor comportamiento, por lo que se recomienda su registro u comercialización en el país.
- Bajo las condiciones climáticas del 2002, se observó un efecto significativo en la época de siembra sobre el rendimiento por localidad, mientras que en los años 2001 y 2003, éstas tuvieron un comportamiento similar.
- El modelo Biplot GGE permitió graficar de manera sencilla la interacción genotipo-ambiente, simplificando la interpretación de la misma.
- La integración de los dos análisis presentados, ayudan a aumentar la certeza en el proceso de decisión sobre selección y recomendación de un genotipo para fines de comercialización y puede ser una manera indirecta de medir el progreso genético para rendimiento en función del testigo.

BIBLIOGRAFÍA

- BAKER, R. J. 1996. Recent research on genotype-environment interaction. Paper to be presented at International Oat and Barley Conference. 8 p.
- CAMARGO, I.; GORDÓN, R.; QUIRÓS, E.; FIGUEROA, A.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2001. Confiabilidad en la recomendación de nuevos híbridos de maíz basados en las diferencias de rendimiento con respecto a un testigo. *Agron. Mesoam.* 13 (1): 7-11.
- CÓRDOVA, H.S.; BARRETO, H.J.; CROSSA, J. 1993. Impacto del desarrollo de híbridos de maíz en Centro América: Confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre el genotipo H5 y consideraciones para selección de testigos regionales. *En síntesis de resultados experimentales del PRM*, 1992. Vol. 4: 3-10.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.

- ESKRIDGE, K. M. 1997. Evaluation of corn hybrids using the probability of outperforming a check based on strip-test data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics* 2 (3): 245-254.
- ESKRIDGE, K.M.; MUMM, R.F. 1992. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. *Theor. Appl Genet.* 84: 494-500.
- ESKRIDGE, K.M.; SMITH, O.S.; BYRNE, P.F. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test-check differences from on-farm trials. *Theor Appl Genet.* 87: 60-64.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- GORDÓN, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2001. Evaluación de la adaptabilidad, estabilidad, rendimiento y otras características agronómicas de cultivares de maíz, Azuero, Panamá, 2001. Informe Técnico. 15 p.
- GORDÓN, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2002. Evaluación de la adaptabilidad, estabilidad, rendimiento y otras características agronómicas de cultivares de maíz, Azuero, Panamá, 2001. Informe Técnico. 15 p.
- GORDÓN, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2003. Evaluación de la adaptabilidad, estabilidad, rendimiento y otras características agronómicas de cultivares de maíz, Azuero, Panamá, 2001. Informe Técnico. 12 p.
- HILL, R.; ROSENBERGER, J.L. 1985. Methods for combining data from germplasm evaluation trials. *Crop Science* 25: 467-470.
- HODGES, L.; SANDERS, D.C.; PERRY, K.B. 1995. Adaptability and reliability of yield for four bell pepper cultivars across three southeastern states. *Hort Sciences* 30 (6): 1205-1210.
- JONES, T. A. 1988. A probability method for comparing varieties against checks. *Crop Science* 28: 907-912.
- 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.; LEFKOVITCH, L.P. 1986. Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science* 26: 894-900.
- NULAND, D.S.; ESKRIDGE, K.M. 1992. Probability of outperforming a check. In H.F.Schwartz (ed). *Proceedings, 35th Bean Improvement Cooperative Meetings*. Colorado State Univ. For Collins, Co. pp.17-20.
- SHUKLA, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237-245.
- VARGAS, M.; CROSSA, J. 2000. El análisis AMMI y la gráfica del biplot en SAS. CIMMYT, Unidad de Biometría. 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: 111-1118.
- YAN, W.; CORNELIUS, P.; CROSSA, J.; HUNT, L.A. 2001. Two types of GGE Biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science* 41: 656-663.
- YAN, W.; HUNT, L.A. 2002a. Biplot analysis of diallel data. *Crop Science* 2: 21-30.
- YAN, W.; HUNT, L.A. 2002b. Biplots analysis of multi-environment trial data. CAB International. *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. (ed.) M.S. Kang. pp. 289-303.
- YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Science* 40: 597-605.
- YAN, W.; RAJCAN, I. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42: 11-20.
- ZOBEL, R.W.; MADISON, J.W.; GAUCH, Jr., H.G. 1988. Statistical Analysis of a Yield Trial. *Agron. J.* 80: 388-393.



IMPACTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ. 1995-2003. I. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS Y SU RELACIÓN CON LA ÉPOCA DE SIEMBRA.

Román Gordón M¹; Ismael Camargo²; Jorge Franco³; Andrés González³

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el impacto de la precipitación pluvial sobre el rendimiento del grano de maíz, se realizó un análisis de los datos registrados en ocho pluviómetros ubicados en la zona maicera de la región de Azuero, en el periodo comprendido entre 1995 y 2003. Se analizó la distribución e intensidad de las lluvias antes y después del periodo de siembra del maíz en la región (agosto-diciembre). Los resultados muestran variaciones significativas en la distribución de las lluvias entre años. Se observó que los años 1995, 1997, 2000 y 2002 se caracterizaron por presentar un déficit hídrico por encima del 15% del promedio, en los meses en que se desarrolla el cultivo; mientras que en el año 1999 se presentó un incremento del 63% en el mismo periodo. La variación en 1996, 1998 y 2001 fue menor al 15% de la media del periodo en cuestión. Se llevó a cabo un análisis de riesgo para las siembras que se realizan del 1 de agosto al 10 de octubre (71 días). Para esto se tomó en cuenta la lluvia acumulada entre los 51 y 100 días después de siembra (dds), correspondientes a las etapas V16 a R6 o capa negra. De acuerdo a la literatura, el déficit hídrico en este periodo puede ocasionar pérdidas de hasta el 75% del potencial del rendimiento del maíz. Los resultados indican que los años 1995, 1997, 2000, 2001 y 2002 presentaron riesgos de estrés hídrico en cualquiera época de siembra, superior al 40%. Al estratificar la época de siembra en etapas, se encontró un aumento del porcentaje de riesgo en las siembras realizadas después del 1 oct. En relación al número de días con registro de lluvia, se encontró igual tendencia, con medias de 19.2 días (1-15 ago) a 6.4 días con lluvia (1-10 oct). El análisis del promedio de los nueve años, indica que las siembras realizadas después del 15 de septiembre reciben menos de 225 mm de agua durante el periodo 51-100 dds. Esta información sugiere que no se debe realizar siembras después de esta fecha, ya que se corre el riesgo de tener problemas hídricos en el periodo de floración y llenado del grano.

PALABRAS CLAVES: *Zea mays*; maíz; precipitación pluvial; estrés hídrico; épocas de siembra.

¹ Ing. Agr., M.Sc. Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León". Los Santos, Panamá. e-mail: rgordonm@cwpanama.net

² Ph.D. Fitomejoramiento. Centro de Investigación Agropecuaria en Recursos Genéticos, Río Hato. e-mail: icamargo@cwpanama.net

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

RAINFALL IMPACT ON THE GRAIN CORN YIELD IN AZUERO REGION, PANAMA, 1995-2003. I. RAIN DISTRIBUTION ANALYSIS AND ITS RELATIONSHIP WITH THE PLANTING DATE.

With the objective to assess the rainfall impact in the corn yield, was carried out a data analysis of the eight pluviometers localized in the corn region of Azuero, in the period since 1995 to 2003. It was analyzed the rain distribution and intensity before and after the planting corn season in the zone (august-december). The results showed significant variation in the rainfall distribution among years. It was observed the years 1995, 1997, 2000 and 2002 were characterized by water stress 15% above the mean, during the crop development period; in the meantime 1999 presented 63% increment. The 1996, 1998 and 2001 variation was lesser than 15% of the period average. A risk analysis was carried out for the sowing would be planting since August 1 to October 10 (71 days). For this analysis it was considered the rainfall accumulated among 51 and 100 days after planting (dap), this dates corresponding V16 to R6 stages. According to literature, the water stress in this phase can cause 75% losses of the corn yield potential. The outcomes indicate that 1995, 1997, 2000, 2001 and 2002 showed risks of water stress above 40% for any planting date. When the planting dates were classified by stages, it was founded a risk increment in the sowing planted after october 1. The number of dates with rainfall records presented the same trend, with averages of 19.2 days (1- aug 15) to 6.4 rain days (1 - oct 10). The nine years average analysis indicate that the sowing carried out after September 15 accumulated less than 225 mm in the phase 51-100 dap. This information suggest do not planting corn after this date, because the risk of suffer water stress is so high in the flowering and grain filling stages.

KEYWORDS: *Zea mays*; corn; rainfall; water stress; planting date.

INTRODUCCIÓN

El agua es el factor más limitante en el rendimiento tanto de grano como de forraje en muchas regiones del mundo (FAO, 1993). El agua es absorbida del suelo y transportada a través de la planta; parte de ésta es usada y otra vuelve a la atmósfera en forma de vapor, a este proceso se le conoce como evapotranspiración. La tasa de pérdida del agua depende de varios factores, tales como la temperatura y humedad ambiental, radiación solar, viento y área foliar del cultivo (Rhoads y Yonts, 1991).

El cultivo de maíz (*Zea mays*) demanda de 500 a 700 mm de lluvia bien distribuidos para un normal crecimiento (Lafitte, 1994). A lo largo del desarrollo de la planta de maíz, el consumo de agua varía; al inicio, la demanda por el agua es baja, pero se incrementa con el tiempo. La etapa más crítica en el cultivo va de la floración masculina a la etapa R2, pudiendo perder por estrés hídrico hasta un 50% del potencial de rendimiento. El llenado del grano (R2-R5) constituye la otra etapa en donde la planta de maíz se ve afectada grandemente por cualquier estrés que sufra (McWilliams y col., 1999; Shaw y Newman, 1985). El intervalo entre la

antes y la emisión de estigma se ven fuertemente afectados por el estrés hídrico, llegando a perder hasta un 10% por cada día de retraso de la emisión de los estigmas con referencia a la antes (Bolaños y Edmeades, 1993a; 1993b).

Este trabajo tuvo el objetivo de estudiar la distribución de las lluvias y su efecto la toma de decisión, para establecer la época de siembra en las distintas áreas o distritos en donde se siembra maíz de manera mecanizada, en la segunda época de siembra en la región de Azuero, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se tomaron los registros de lluvia de ocho pluviómetros ubicados a lo largo de la zona maicera de la región de Azuero, en los distritos de Pedasí (1), Pocrí (1), Las Tablas (2), Guararé (2), Los Santos (1) y Parita (1).

El análisis comprendió el período que va del año 1995 hasta el año 2003. Los pluviómetros de El Regadío en Guararé, Tablas Abajo, Las Cocobolas (ambos en Las Tablas) y Pedasí tuvieron registros los nueve años del estudio. Los registros de Ciénega Larga en Guararé y el de Pocrí tuvieron registros de ocho años (1996-2003); mientras que los de El Ejido con cuatro años (2000-2003) y París de Parita con dos años (2002-2003)

fueron las localidades con menos datos (Cuadro 1). Se estimó el promedio mensual por año y general de la región y se le calculó el límite de confianza al 20%, para determinar si la lluvia registrada en cada mes se considera por debajo o por encima del promedio. El límite para considerar un mes promedio o normal correspondió a más o menos el 10% de la lluvia promedio de ese mes (Olmedo, 2003).

Se procedió a calcular la lluvia acumulada en el período que va de los 51 a los 100 días después de siembra (dds), del 1 de agosto al 10 de octubre (71 días en total). Este período corresponde a dos de los tres períodos críticos de desarrollo del rendimiento del cultivo de maíz, según McWilliams y col. (1999). Este cálculo se efectuó para cada localidad y el promedio general de la región. Adicional, se realizó un conteo del número de días con registro de lluvia en este período. Se efectuó un análisis de regresión a los datos y se determinaron las fechas límites, en donde la precipitación acumulada entre los 51-100 dds fue menor de 225 mm.

Finalmente, se realizó un análisis de riesgo para las distintas fechas de siembras agrupadas en cinco períodos de siembra: a) 1 al 20 de agosto; b) 21 al 31 de agosto; c) 1 al 15 de septiembre; d) 16 al 30 de septiembre y e) 1 al 10 de octubre. La definición del riesgo estuvo en función de determinar

CUADRO 1. UBICACIÓN DE LOS PLUVIÓMETROS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DURANTE LOS AÑOS 1995-2003.

Distrito	Localidad	Latitud	Longitud	Años con registros
Herrera				
Parita	París	8°02'	80°34'	2 (02-03)
Los Santos				
Los Santos	El Ejido	7°54'	80°22'	4 (00-03)
Guararé	Ciénega Larga	7°50'	80°18'	8 (96-03)
Guararé	El Regadío	7°49'	80°09'	9 (95-03)
Las Tablas	Las Cocobolas	7°48'	80°14'	9 (95-03)
Las Tablas	Tablas Abajo	7°46'	80°15'	9 (95-03)
Pocrí	Pocrí	7°44'	80°17'	8 (96-03)
Pedasi	Pedasi	7°32'	80°01'	9 (95-03)

el porcentaje de días con una lámina acumulada menor de 225 mm en esta fase. Este rango corresponde a la suma de los dos últimos periodos y en la cual se puede reducir hasta un 75% de potencial del rendimiento del cultivo de maíz (McWilliams y col., 1999). Se determinó la fecha límite para las siembras con bajo riesgo por déficit de agua en la etapa crítica de la formación del rendimiento, a través de las distintas localidades evaluadas y en general para la región de Azuero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la precipitación por año

En el Cuadro 2 se presentan los registros de lluvia promedio por año de los ocho pluviómetros, así como el promedio general del periodo 1995-2003. También se presentan los límites

de confianza al 10% de probabilidad, utilizados para determinar cuándo se considera la precipitación de un mes o año superior o menor del promedio. Según Olmedo (2003), se considera un registro normal cuando la diferencia del registro no excede el valor del límite de confianza.

Los registros de lluvia mostraron variaciones significativas en la distribución de las mismas entre años. Los años 1995, 1997, 1998 y 2002 tuvieron una precipitación acumulada por debajo del promedio del periodo evaluado; los déficits con relación al promedio fueron de 26, 38, 7 y 9%, respectivamente. Por el contrario, los años 1996, 1999, 2000 y 2003 fueron considerados con lluvia por encima del promedio en 13, 47, 3 y 18%, respectivamente. Los años 1997 y 1999 presentaron los registros más bajos y más altos del periodo en estudio con

CUADRO 2. PRECIPITACIÓN PLUVIAL PROMEDIO DE OCHO PLUVIÓMETROS UBICADOS EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ, 1995-2003.

Mes	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Prom.	Desv Est.	L. Conf (10%)
Enero	0	6	0	0	17	19	0	2	0	5	7.7	0.6
febrero	0	0	0	8	2	0	0	0	0	1	2.7	0.2
marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
abril	42	1	4	4	11	0	0	27	3	10	14.7	1.2
mayo	66	133	15	102	161	167	71	105	179	111	54.5	4.6
junio	79	203	94	143	122	227	100	70	169	134	55.5	4.7
julio	144	193	92	96	176	186	256	170	204	169	52.0	4.4
agosto	97	133	16	176	268	200	101	240	165	155	77.9	6.6
septiembre	79	190	169	100	272	143	214	153	138	162	58.4	4.9
octubre	237	198	185	180	284	78	230	224	277	208	63.1	5.3
noviembre	93	237	168	179	352	190	155	90	159	180	79.1	6.7
diciembre	49	65	1	149	96	27	65	8	126	65	51.0	4.3
Total	885	1,358	745	1,117	1,761	1,238	1,193	1,088	1,419	1,200	299.0	25.2
Déficit (%)	-26	13	-38	-7	47	3	-1	-9	18			
ene-ago	427	669	221	529	756	799	529	614	720	585	182	15
Déficit (%)	-27	14	-62	-10	29	37	-10	5	23			
sep-dic	458	689	524	588	1,004	439	664	474	700	615	177	15
Déficit (%)	-26	12	-15	-4	63	-29	8	-23	14			

Cuadros rojos, verdes y amarillos representan meses con registros por debajo, encima e igual al promedio general.

745 y 1,761 mm, respectivamente. El registro de lluvias del año 2001 es considerado normal, ya que no excedió los 25.2 mm con respecto al promedio del período.

El mes con el mayor registro de lluvia fue octubre (208 mm), mientras que en marzo no se registró lluvia durante el período analizado. Los meses con mayor variación en este período fueron noviembre y agosto con valores de desviación estándar de 79.1 y 77.9 mm, respectivamente. La tendencia general de la distribución de lluvias en Azuero indica que las mismas se inician al final del mes de abril, se va incrementado en los meses subsiguientes, con una ligera disminución en agosto y un decrecimiento a partir del mes de noviembre. El mes de diciembre presenta una baja precipitación (65 mm), la cual se produce en los primeros días del mes.

El período previo a la época de siembra de maíz en la región de Azuero (enero-agosto) se caracterizó por presentar déficit hídrico los años 1995, 1997, 1998 y 2001 por el orden de 27, 62, 10 y 10%, respectivamente. El resto de los años, el comportamiento de las lluvias es considerado por encima de lo normal. Este es un factor que puede estar afectando el desarrollo del cultivo de forma indirecta, ya que los campos que son utilizados para la siembra de este cultivo presentarán bajas reservas

de agua al momento de la preparación del terreno.

Al analizar la lluvia acumulada entre los meses de septiembre y diciembre, período en el cual se desarrolla el cultivo, se observó que cinco de los nueve años (1995, 1997, 1998, 2000 y 2002) presentaron registros por debajo del promedio, mientras que el resto de los años presentaron lluvias acumuladas por encima del promedio (1996, 1999, 2001 y 2003). Este período (1995-2003) presenta un patrón alterno entre años, con lluvias por debajo y por encima del promedio. Se observó que, tres de estos años estuvieron por debajo de los 500 mm, mientras que tan sólo en el año 1999 se obtuvo un registro superior a los 1,000 mm, los años 1996, 2001 y 2003 tuvieron registros cercanos a los 700 mm (Cuadro 2).

Análisis de la precipitación por localidad

De acuerdo al análisis de los registros de cada pluviómetro se observó que las localidades ubicadas al norte de la Región (El Ejido y las de Guararé) presentaron precipitaciones por debajo del promedio con 952, 882 y 1,047 mm, respectivamente. La localidad de París presenta una precipitación que no difiere del promedio, pero con 1% de déficit. El déficit en las localidades de El Ejido y las de Guararé está entre 13 y 27% con respecto al promedio. Por otro lado,

se observó que las ubicadas al Sur de la Península (las dos localidades de Las Tablas, Pocrí y Pedasi) presentaron registros por encima del promedio con promedios de 1342, 1235, 1280 y 1607 mm, respectivamente (Cuadro 3).

En relación con el período septiembre-diciembre, las localidades del área norte presentaron igual tendencia a la encontrada en el análisis anual, en donde se observó déficit entre 14 y 31%, con respecto al promedio general. El comportamiento de las lluvias en estas localidades, durante el período enero-agosto, presentó la misma tendencia que el período septiembre-diciembre. En dichas localidades, la mayoría de los meses está por debajo del promedio, con excepción del mes de septiembre en las localidades de El Ejido y Paris. Por el contrario, en las cuatro localidades del sur, el promedio mensual de este período está por encima del promedio, tan sólo el mes de diciembre en Las Cocobolas y el de octubre en Pocrí marcan láminas por debajo del promedio.

Análisis por año de la época de siembra en función a la precipitación

La Figura 1 muestra la curva para el promedio de los nueve años de lluvia acumulada entre los 51-100 dds y en ésta se observa claramente cómo disminuye la precipitación, a medida

que las fechas de siembra se aproximan al mes de octubre. Las siembras realizadas el 1 de agosto tienen un promedio de 350 mm acumulados en esta fase, mientras que las siembras realizadas el 10 de octubre sólo acumulan precipitaciones cercanas a 50 mm en dicho período. Los parámetros de la curva de regresión fueron significativos con un coeficiente de regresión de 0.99.

En el Cuadro 4 se presentan los parámetros calculados, así como la significancia estadística y el coeficiente de regresión (R^2) para cada año en estudio. Todas las curvas encontradas presentaron un R^2 cercano a 1.0 y los parámetros fueron estadísticamente significativos. Los parámetros de las curvas de los años 1996, 1998, 1999, 2000, 2001 y 2003 presentaron los mismos signos, mientras que los parámetros de los años 1995 y 2002 fueron similares entre sí. Esta similitud de los signos implica igualdad en la forma de las curvas.

Para determinar la fecha límite de siembra se resolvió la ecuación para un valor de 225 mm. De acuerdo al resultado de este análisis, se encontró que en la región de Azuero se debe sembrar hasta el 14 de septiembre (promedio general), ya que las siembras, a partir de esta fecha, sufrirán por déficit hídrico en el período entre los 51-100 dds. Esta fecha de siembra varió a través de los años, encon-

CUADRO 3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL POR LOCALIDAD EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ.
1995-2003.

	Parita	Los Santos		Guararé		Las Tablas		Pocri	Pedasi		Prom	Desv. Est.	L. Conf
		París	El Ejido	Regadio	C. Larga	T. Abajo	L. Cocob.		Pedasi	Pedasi			
Enero	0	0	0	7	7	10	7	0	1	1	5	4.2	0.4
febrero	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	1	0.9	0.1
marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	
abril	0	0	0	11	8	11	17	4	12	12	10	5.6	0.5
mayo	113	108	108	101	118	98	138	98	138	138	111	18.0	1.6
junio	120	110	110	111	124	152	146	135	181	181	134	20.2	1.8
julio	98	101	101	111	130	171	147	204	320	320	169	75.4	6.8
agosto	213	121	121	118	129	135	142	205	240	240	155	47.4	4.2
septiembre	228	169	169	112	133	168	160	187	225	225	162	35.2	3.2
octubre	206	219	219	147	183	243	221	195	244	244	208	35.0	3.1
noviembre	171	86	86	118	150	256	193	206	195	195	180	57.9	5.2
diciembre	48	41	41	45	66	96	62	67	70	70	65	18.1	1.6
Total	1,195	952	952	882	1,047	1,342	1,235	1,280	1,607	1,607	1,200	251.5	22.5
Déficit (%)	-1	-21	-21	-27	-13	11	2	6	33	33			
ene-ago	541	437	437	460	515	579	599	646	873	873	585	146.8	13.1
Déficit (%)	-8	-26	-26	-22	-13	-2	1	10	48	48	-1		
sep-dic	654	514	514	422	532	764	637	634	734	734	615	123.0	11.0
Déficit (%)	6	-16	-16	-31	-14	24	3	3	19	19			

Cuadros rojos, verdes y amarillos representan meses con registros por debajo, encima e igual al promedio general.

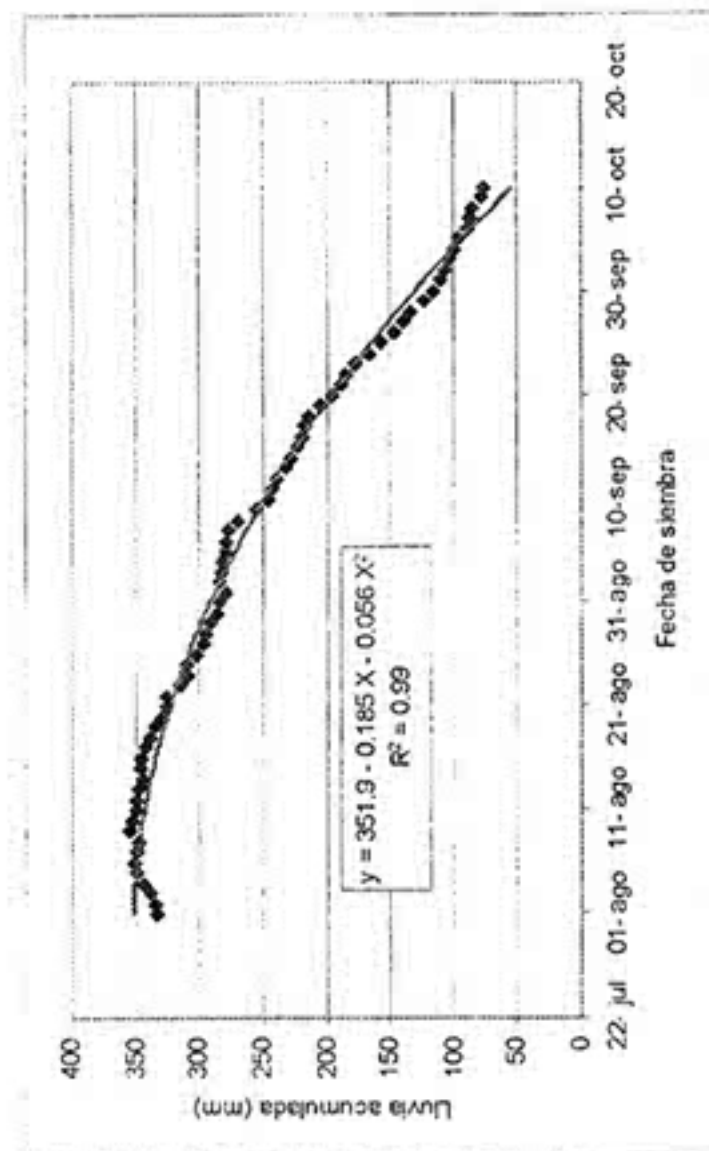


FIGURA 1. CURVA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA ENTRE LOS 51-100 DDS, PARA SIEMBRAS DEL 1 DE AGOSTO AL 10 DE OCTUBRE, DATOS SEGÚN EL PROMEDIO GENERAL DE OCHO PLUVIÓMETROS EN AZUERO 1995-2003.

CUADRO 4. PARÁMETROS DE LAS ECUACIONES POR AÑO Y PROMEDIO GENERAL DE LA LLUVIA ACUMULADA ENTRE LOS 51-100 DDS EN FUNCIÓN DE LAS FECHAS DE SIEMBRA, AZUERO, 1995-2003.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Promedio
R^2	0.94	0.94	0.97	0.86	0.96	0.94	0.93	0.98	0.94	0.99
Intercepto	359.8	355.9	362.6	238.8	589.3	219.6	333.6	366.9	340.4	351.9
Prob. <	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X	-7.048	0.779	-3.218	5.398	2.751	3.607	0.177	-5.683	1.569	-0.185
Prob. <	0.0001	0.1062	0.0001	0.0001	0.0012	0.0001	0.7185	0.0001	0.0001	0.0163
X^2	0.037	-0.061	-0.032	-0.097	-0.150	-0.094	-0.054	0.004	-0.061	-0.056
Prob. <	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.4855	0.0001	0.0001
Fecha Limite	22 ago	19 sep	31 ago	24 sep	25 sep	11 sep	9 sep	29 ago	28 sep	14 sep

trándose fechas similares para los años 1995, 1997 y 2002 con fechas topes al final de agosto (22-31 agosto). En los años 1996, 2000 y 2002 se encontró que la fecha límite para la siembra fue a mediados de septiembre (9-19 septiembre). Para el resto de los años (1998, 1999 y 2003) el cálculo de esta fecha indicó que los límites para no sufrir déficit hídrico en esta fase tan importante para el cultivo, estuvo a finales del mes de septiembre (24-28 sep).

Al dividir las fechas de siembras en cinco etapas y realizar el análisis de riesgo (número de días con menos de 225 mm en la etapa 51-100 dds) para cada una de ellas, se encontró que la época con menor riesgo de estrés hídrico fue la comprendida entre el 1 al 19 de agosto (2.3% de los días con menos de 225 mm) y el mismo fue

aumentando hasta alcanzar el 100% de riesgo en las siembras entre el 1 al 10 de octubre. Las siembras realizadas en los periodos del 16 a 30 septiembre y 1 al 10 octubre presentan la mayoría de los años valores de 100% o muy cercanos a los mismos, con excepción de los años 2003, 1999 y 1998 cuyos valores fueron entre 13 y 40% (Cuadro 5).

Análisis por localidad de la época de siembra en función a la precipitación

Al realizar el análisis de riesgo de estrés por déficit de agua en cada una de las localidades, se observó que las localidades del norte (París, El Ejido, Ciénega Larga y Guararé) presentaron las dos primeras épocas de siembra (1 al 31 de agosto) con menor probabilidad de déficit hídrico. Al realizar el cálculo de las fechas límites por

CUADRO 5. PORCENTAJE DE RIESGO DE RECIBIR MENOS DE 225 mm DE LLUVIA EN LA FASE 51-100 DDS SEGÚN PERÍODOS DE SIEMBRA Y AÑOS. AZUERO, PANAMÁ, 1995-2003.

Periodo	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Prome- dio
1-19 ago	0	0	0	11	0	11	0	0	0	2.3
20-31 ago	75	0	0	0	0	0	0	17	0	10.2
1-15 sep	100	0	100	0	0	27	40	100	0	40.7
16-30 sep	100	73	100	40	33	100	100	100	13	73.3
1-10 oct	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0
1 ago-10 oct	69.0	29.6	56.3	25.4	21.1	43.7	43.7	59.2	16.9	40.5

CUADRO 6. NÚMERO DE DÍAS CON REGISTRO DE LLUVIA EN EL PERÍODO 51-100 DDS EN LAS OCHO LOCALIDADES DEL ESTUDIO. AZUERO, 1995-2003.

Periodo	París	El Ejido	Ciénega Larga	El Regadio	Tablas Abajo	Las Cocobolas	Pocri	Pedasi	Promedio
1-19 ago	19.9	18.9	17.3	16.2	17.5	26.5	16.5	20.8	19.2
20-31 ago	19.3	16.4	16.3	13.3	15.7	24.4	14.3	19.7	17.4
1-15 sep	15.5	13.6	13.4	10.0	13.9	21.1	12.5	17.2	14.6
16-30 sep	9.6	9.8	9.5	7.1	10.1	15.5	8.6	12.5	10.3
1-10 oct	6.0	7.1	5.5	4.3	6.2	10.0	4.9	7.4	6.4
1 ago-10 oct	16.2	13.7	13.0	10.8	13.3	20.4	12.0	14.7	14.3

CUADRO 7. PORCENTAJE DE RIESGO DE RECIBIR MENOS DE 225 mm DE LLUVIA EN LA FASE 51-100 DDS SEGÚN PERÍODOS DE SIEMBRA Y LOCALIDADES. AZUERO, 1995-2003.

	Fecha límite	1-19 ago.	20-31 ago.	1-15 sep.	16-30 sep.	1-10 oct.	1 ago-10 oct.
París	11- sep	0.0	0.0	26.7	100.0	100.0	66.2
El Ejido	26- ago	15.8	35.4	68.3	100.0	100.0	59.9
Ciénega. Larga	01- sep	45.4	51.9	60.7	74.1	96.7	62.9
El Regadio	19- ago	40.4	67.6	80.7	95.6	100.0	73.6
Tablas Abajo	25- sep	14.6	8.3	31.1	52.6	75.6	33.6
Cocobolas	16- sep	8.2	23.1	37.8	72.6	100.0	43.5
Pocri	20- sep	12.9	28.7	41.5	69.6	90.0	44.4
Pedasi	19- sep	8.8	28.7	35.6	60.7	87.8	39.9
Promedio	14- sep	2.3	10.2	40.7	73.3	100.0	40.5

localidad se encontró que la mayoría estuvieron dentro de los periodos de siembras anteriores, con excepción de París, cuya fecha límite fue el 11 de septiembre. Las localidades ubicadas al sur de la Península presentaron fechas límites de siembra entre el 16 y 25 de septiembre (Cuadro 7).

CONCLUSIONES

- ❖ Se presentaron variaciones significativas en la distribución de las lluvias entre años y localidades.
- ❖ Las lluvias en el periodo septiembre-diciembre se presentaron por debajo del promedio en cinco de los nueve años analizados.
- ❖ El riesgo de déficit de agua en los periodos críticos de formación del rendimiento en siembras tardías (posteriores al 15 de septiembre) aumenta con relación a las siembras tempranas.
- ❖ Se recomienda realizar las siembras entre finales de agosto a mediados de septiembre.

BIBLIOGRAFÍA

- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. 1993a. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass and radiation utilization. *Field Crops Res.* 31: 233-252.
- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. 1993b. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Res.* 31: 253-272.
- FAO. 1993. Land and water integration and river basin management. Roma, Italia. *Disponible en:* www.fao.org/docrep/V5400E/v5400e00.htm#Contents
- LAFFITE, H.R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. México D.F. CIMMYT. 122 p.
- McILRATH, W.O.; EARLEY, E.B. 1961. Effect of shading corn plants during several periods of growth on yield of grain and other factors. *Agronomy Abstract* 63.

- McWILLIAMS, D.A.; BERGLUND, D.R.; ENDRES, G.J. 1999. Corn grow and management quick guide. North Dakota State University. *Disponible en:* www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/rowcrops/a1173/a1173w.htm.
- OLMEDO, B.A. 2003. Comportamiento de las lluvias en Panamá. Gerencia de Hidrometeorología y estudios ETESA. *Disponible en:* www.hidromet.com.pa/informe_lluvia.pdf.
- RHOADS, F.M.; YONTS, C.M. 1991. Irrigation scheduling for Corn - Why and How. Iowa State University. University Extension. NCH-20 National Corn Handbook. 6 p.
- SHAW, R.H.; NEWMAN, J.E. 1985. Weather stress in the corn crop. Michigan State University. University Extension. NCH-18 National Corn Handbook. 4 p.

IMPACTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, LOS SANTOS, PANAMÁ. 1995-2003. II. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LA ÉPOCA DE SIEMBRA.

Román Gordón M.¹; Ismael Camargo²; Jorge Franco³; Andrés González³

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue medir el impacto de la lluvia sobre el rendimiento de grano de maíz en el periodo 1995-2003, tomando en cuenta las distintas épocas de siembra. Además de medir el impacto que los cambios tecnológicos, implementados en este periodo, han tenido sobre el rendimiento del cultivo. La media de rendimiento de grano en el periodo 1995-1998 fue de 4.54 t/ha; esta medida aumentó a 5.99 t/ha, durante el periodo 1999-2002. Producto de la investigación realizada en los últimos tres años, en el 2003 se incrementó la dosis de N a razón de 200 kg de N/ha y se obtuvo un rendimiento promedio de 7.35 t/ha en ensayos realizados a través de 10 localidades. Se analizó el rendimiento de grano de 73 ensayos realizados desde 1995 hasta 2003 y se correlacionó con la época de siembra y la precipitación acumulada en los periodos críticos para la producción de grano. Se dividió el periodo del cultivo en tres etapas, (30-50 dds, 51-80 dds y 81-100 dds). En la mayoría de las localidades se observó una disminución del rendimiento estadísticamente significativa a medida que la época de siembra se realizó tardíamente. En los años 2000 y 2002 se presentó un severo estrés en la etapa 51-80 dds en las siembras realizadas tardíamente, lo que ocasionó una disminución del rendimiento de 19.6 y 35.4% con respecto a las siembras tempranas. En los años 1996 y 2003 el estrés en las siembras tardías se presentó en la etapa de 81-100 dds, causando mermas de 15.2 y 14.6%. El rendimiento obtenido en los años 1995, 1998 y 2001, también se vio reducido en las siembras tardías en un 8.4, 9.7 y 7.5%, respecto a las siembras tempranas. Los resultados de este estudio sugieren que los cambios tecnológicos han impactado positivamente el rendimiento de grano; no obstante, la época de siembra también juega un rol importante para minimizar el efecto del estrés hídrico sobre los periodos fenológicos críticos y que afectan negativamente el rendimiento de grano.

PALABRAS CLAVES: Maíz, estrés hídrico, época de siembra, etapas fenológicas, cambio tecnológico.

¹ Ing. Agr., M.Sc. Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panamá. e-mail: rgordonm@cwpanama.net

² Ph.D. Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos, Panamá. e-mail: icamargo@cwpanama.net

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

RAINFALL IMPACT ON THE GRAIN CORN YIELD IN AZUERO REGION, PANAMA, 1995-2003. II. YIELD ANALYSIS AND ITS RELATIONSHIP WITH THE PLANTING DATE

The objective of this study was evaluating the rainfall impact over corn grain yield in the 1995- 2003 periods, according planting dates. Another objective was assessing the technological change impact over the cultivars trials yield during the years 1995 to 2003. The average throughout 1995-1998 was 4.54 t/ha. The yield increased to 5.99 t/ha during 1999-2002 period. Due to researches carried out during the last three years, in 2003 the Nitrogen rates was increased to 200 kg N/ha and the yield average improved to 7.35 t/ha in the trials planted across 10 localities. Consistent with the objective of this paper, it was analyzed the grain yield of the 73 trials planted since 1995 to 2003 and it was correlated with the planting dates and rainfall accumulated during the critical grain filling phases. The crop period was divided in three phases (30-50 dap, 51-80 dap and 81-100 dap). It was observed in majority of the localities a significant statistical decrease yield when the planting dates were reached later. In the years 2000 and 2002 it was appeared a severe stress in 51-100 dap period in the later planting dates, it caused a yield decreasing by 19.6 and 35.4% regarding sooner planting dates. The stress in 1996 and 2003 later planting dates showed in the 81-100 dap period, causing 15.2 and 14.6% depletes. The 1995, 1998 and 2001 yields was reduced in the later planting dates in 8.4, 9.7 and 7.5%, regarding to sooner planting dates. The outcomes of this study suggest that the technological changes have impacted positively the grain yield, however, the planting date is very important to minimize the water stress impact in the critical fenological period what affected negatively the grain yield.

KEY WORDS: Corn, water stress, planting dates; fenological phases, technological change.

INTRODUCCIÓN

La distribución de las lluvias o los aportes de agua por riego, a lo largo del ciclo vegetativo del maíz, es importante para el crecimiento, la sanidad y el rendimiento del cultivo. Los rendimientos de grano y forraje dependen linealmente de la humedad almacenada en el suelo en el periodo de siembra y de la precipitación subsiguiente en la época del cultivo (Gregory y col., 2000). En el periodo que precede a la siembra, conviene que las precipitaciones mantengan el área

de las raíces en un estado cercano a capacidad de campo. Es importante considerar que para tener un buen rendimiento de grano a la cosecha, la cantidad de agua disponible para las plantas debe ser suficiente durante el período anterior y posterior a la floración y la polinización (Llanos, 1984).

El efecto del agua sobre la producción de maíz en las zonas tropicales es determinante; su falta durante la etapa de crecimiento puede matar las plantas jóvenes y reducir la densidad de población. El efecto principal

de la sequía en el periodo vegetativo se observa en la reducción del crecimiento de las hojas, de modo que el cultivo capta menos radiación solar. En la floración (unas dos semanas antes de la emisión de estigmas hasta dos semanas después de éstas), el maíz es muy sensible al estrés hídrico y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado, si el agua escasea durante este periodo. Durante el llenado de granos, el principal efecto de la sequía es reducir el tamaño de éstos (Lafitte, 1994; Hall y col., 1981). Este efecto ha sido estudiado y se ha demostrado que está estrechamente relacionado con las épocas de siembra (Lauer y col., 1999; Norwood, 2001).

El umbral mínimo de precipitación, del cual puede esperarse cosecha de granos, es de 150 mm. A partir de éste puede producirse, de media, unos rendimientos de 730 kg/ha de forraje y 300 kg/ha de grano, por cada 25 mm de lluvia adicionales. Estudios realizados en la faja maicera de los Estados Unidos, valoraban las necesidades de agua del maíz en los meses del cultivo en las siguientes cifras: 100 mm el primer mes, 175 mm el segundo y 100 mm el tercer mes (McIlrat y Earley, 1961).

Según Lafitte (1994), el maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aún esa cantidad de lluvia no es

suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo, debido a la poca profundidad de éste o del escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa.

El objetivo de este trabajo fue medir el impacto de la lluvia sobre el rendimiento de grano de maíz en el periodo 1995-2003, tomando en cuenta las distintas épocas de siembra. Un segundo objetivo fue medir el impacto que los cambios tecnológicos, implementados en este periodo, han tenido sobre el rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de los datos experimentales

Para la realización de este estudio, se tomó la base de datos del ensayo de evaluación de cultivares de maíz (Prueba Regional de Maíz), que incluye los ensayos de los años 1995 a 2003 (nueve años). En este periodo se realizaron experimentos en 85 localidades y se evaluaron 161 entradas, para un total de 1,497 datos (Cuadro 1).

Datos de Precipitación

Los registros de lluvia para este análisis provienen de ocho pluviómetros ubicados a lo largo de la zona

maicera de la región de Azuero. Los mismos estaban localizados en los distritos de Pedasí (1), Pocrí (1), Las Tablas (2), Guararé (2), Los Santos (1) y Parita (1). Los pluviómetros de El Regadío en Guararé, Tablas Abajo, Las Cocobolas (ambos en Las Tablas) y Pedasí tuvieron registros los nueve años del estudio. Los pluviómetros de Ciénega Larga en Guararé y el de Pocrí tuvieron registros de ocho años (1996-2003), en tanto que en los de El Ejido y París de Parita presentan datos de cuatro (2000-2003) y dos años (2002-2003).

***Efecto de la lluvia sobre el
rendimiento de grano***

Para el análisis del efecto de la lluvia sobre el rendimiento, cada año

en estudio se dividió en dos períodos; el primero consistió en los ensayos sembrados en fechas tempranas, es decir, fechas antes del límite para sufrir estrés hídrico, establecido por Gordón y col. (2004). El segundo período incluyó los ensayos sembrados tarde o sembrados después de la fecha límite para sufrir estrés hídrico, de acuerdo a los datos de cada año.

Se procedió a realizar el cálculo de la lluvia acumulada en los períodos que van de los 31-50, 51-80 y 81-100 días después de la siembra (dds) para cada ensayo. Para este cálculo, se tomó en cuenta la fecha de siembra de cada ensayo y la información de los pluviómetros ubicados en el distrito donde estaban sembrados los experimentos.

CUADRO 1. NÚMERO DE LOCALIDADES Y ENTRADAS EVALUADAS EN LOS ENSAYOS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ. 1995-2003.

Año	Nº Loc	Nº Entradas	Nº datos
1995	10	15	145
1996	11	20	220
1997	7	20	140
1998	9	16	144
Total	37	71	649
1999	8	19	152
2000	10	19	190
2001	9	20	180
2002	11	17	175
Total	38	75	697
2003	10	15	150
Totales	85	161	1.497

Los tres periodos utilizados para el cálculo, corresponden a los periodos críticos del desarrollo del rendimiento del cultivo de maíz, según McWilliams y col. (1999), en donde el potencial del rendimiento se puede reducir en 25, 50 y 25%, respectivamente, por sequía. Se realizó una prueba de "t" para determinar si los promedios de cada época de siembra fueron estadísticamente diferentes entre sí.

Confiabilidad estadística de las respuestas física y económica

Para el análisis de la confiabilidad de la respuesta, debido al efecto de las recomendaciones agronómicas sobre estos datos, se dividieron los datos en tres periodos.

Durante el periodo 1995-1998, los ensayos se sembraron a una densidad de 5.33 plantas/m² y una sola aplicación de N, a razón de 130 kg/ha. En el periodo 1999 a 2002, la densidad de plantas utilizada se incrementó a 6.25 plantas/m², se aplicó 20 kg de S/ha al momento de la siembra y la urea se aplicó a los 21 y 37 dds en dosis de 130 kg/ha. El tercer periodo consistió de los ensayos sembrados en el 2003; en el mismo se incrementó la dosis de N a razón de 200 kg/ha y los otros componentes fueron similares al periodo 1999-2002. En el Cuadro 2 se observan las recomendaciones de los tres periodos en estudio.

Para el cálculo de la confiabilidad de la ganancia de las nuevas alternativas tecnológicas se utilizó la metodología propuesta por Eskridge y col. (1993). En este trabajo, la respuesta obtenida de cada cultivar se sustituyó por la tecnología aplicada. Esta metodología sugiere que la confiabilidad estadística (CE) de la respuesta en rendimiento de la i-ésima práctica, se determina a partir de los diferenciales de rendimiento (d_i) con respecto al testigo, o sea:

$$CE = P(Y_i - Y_c > d_i)$$

donde:

- $P(.)$ = representa la probabilidad
- Y_i = respuesta de la nueva alternativa
- Y_c = respuesta del testigo
- d_i = es la diferencia entre ambos

Para probar las hipótesis, se calculó primero los valores promedios de la diferencia (d_i) y la desviación estándar de las diferencias a través de todas las localidades (S_{d_i}). Posteriormente, se calculó el valor estandarizado (d/S_{d_i}), al cual se le determinó la probabilidad normal estandarizada (usando la tabla de Z normal de una cola). A esta probabilidad se le denominó Confiabilidad Normalizada con respecto al testigo (CN_i) (Córdova y col., 1993).

CUADRO 2. TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LOS TRES PERÍODOS DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ. PANAMÁ. 1995-2003.

Tecnología usada inicialmente (TUI ¹)	Alternativa Tecnológica 1 (NAT ₁ ²)	Alternativa Tecnológica 2 (NAT ₂ ³)
1995-1998	1999-2002	2003
N= 130 kg/ha P= 60 kg/ha K= 20 kg/ha	N= 130 kg/ha P= 60 kg/ha K= 20 kg/ha S= 20 kg/ha	N= 200 kg/ha P= 60 kg/ha K= 20 kg/ha S= 20 kg/ha
27% N a la siembra 73% N a los 30 dds	10% N a la siembra 40% N a 21 dds 50% N a 37 dds	10% N a la siembra 40% N a 21 dds 50% N a 37 dds
53,333 plantas/ha	62,500 plantas/ha	62,500 plantas/ha

¹ Se aplicó 227 kg de 15-30-8 más 227 kg de urea.

² Se aplicó 227 kg de 13-26-6-7 más 250 kg de urea.

³ Se aplicó 227 kg de 13-26-6-7 más 364 kg de urea.

El valor de la CN_i para las alternativas tecnológicas 1 y 2 (NAT₁ y NAT₂) representa la probabilidad de que éstas superen en promedio el nivel de producción establecido por la tecnología usada inicialmente (TUI), en el conjunto de todos los sitios y años donde se efectuaron las evaluaciones. De acuerdo a Córdova y col. (1993), la tecnología se clasificó en las siguientes categorías, según la CN_i estimada: a) Superior: $0.9 > CN_i < 1.0$; b) Buena: $0.8 > CN_i < 0.9$; c) Promedio: $0.6 > CN_i < 0.8$; y d) Baja: $CN_i < 0.6$.

Para el análisis de confiabilidad económica se utilizó el procedimiento propuesto por Córdova y col. (1993), el cual se basa en que el ingreso obtenido, debido a la diferencia en rendimiento con el testigo (TUI),

deberá superar los costos de implementar las nuevas alternativas tecnológicas (NAT₁ y NAT₂). Para este análisis se consideró que el valor de un kilogramo de maíz es de B/.0.209.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del rendimiento por período

En el Cuadro 3 se muestra el rendimiento de grano y otras características agronómicas de los ensayos realizados en todo el período en estudio. Se puede observar que el rendimiento de grano en el período 1995-1998 (TUI) fue menor de 5.0 t/ha, siendo la media general de 4.67 t/ha. Por el contrario, en los cuatro años en

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE GRANO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LOS ENSAYOS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ. PANAMÁ. 1995-2003.

Año	Rend (t/ha)	Altpt (cm)	Pt/m ²	Mz/Pt	Pmz (g)	Aca (%)	Pud (%)
1995	4.66	216	4.57	0.92	106.4	8.1	7.9
1996	4.77	227	4.76	0.95	107.0	6.1	8.4
1997	4.45	224	4.51	1.00	99.1	33.0	10.3
1998	4.79	218	4.61	0.95	109.5	15.3	8.6
Prom	4.67	221	4.61	0.96	105.5	15.6	8.8
1999	6.17	219	5.92	0.96	106.5	14.9	5.3
2000	6.17	225	5.88	0.97	108.6	11.6	3.6
2001	6.03	232	5.82	0.93	109.6	22.0	6.2
2002	5.57	227	5.87	0.98	97.2	33.3	5.9
Prom	5.99	226	5.87	0.96	105.4	20.4	5.2
2003	7.35	238	5.95	0.96	128.3	28.4	6.6

Altpt = Altura de planta, Pt/m² = Plantas por metro cuadrado, Mz/Pt = Mazorcas por planta, Pmz = Peso de mazorcas, Aca = % plantas acamadas, Pud = % mazorcas podridas.

promedio fue de 5.99 t/ha y para el año 2003 (NAT₂) la media se incrementó a 7.35 t/ha. Estos aumentos del rendimiento representaron incrementos por el orden de 28.3 y 57.4% con respecto a la TUI.

Con relación a la población de plantas, se observó que la media para el primer período fue de 4.61 y para los dos períodos subsiguientes aumentó a 5.87 y 5.95 plantas/m², respectivamente. Variables como mazorcas/planta, porcentaje de mazorcas podridas, mazorcas/planta y porcentaje de acame, no se vieron afectadas por el aumento en el número de plantas. Contrariamente a que Duncan (1958); Bolaños y col. (1993); Gordón

y col. (2000) han explicado que el rendimiento por planta (rend/planta), decrece de manera exponencial con la densidad (plantas/m²), los otros dos componentes introducidos en este cambio tecnológico (manejo del N e inclusión del S) permitieron mantener el peso de las mazorcas (105.5 vs 105.4), a pesar del aumento del número de plantas (de 4.61 a 5.87 plantas/m²), traduciéndose en ganancias por el orden de 1.32 t/ha en favor de la NAT₁ con respecto a la TUA. Por otro lado, el aumento de la tecnología NAT₂ con respecto a NAT₁, se explica con el aumento en el peso de las mazorcas de 105.4 a 128.3 g y poblaciones de plantas similares (5.87 vs 5.65 plantas/m²), debido, en este caso, al ajuste de la fertilización nitrogenada.

Análisis de Confiabilidad

El análisis de confiabilidad o probabilidad de respuesta normalizada (CN), realizada a las alternativas tecnológicas 1 y 2 (NAT₁ y NAT₂) en comparación a la TUI, indicó que ambas tecnologías presentan valores de confiabilidad considerados de buena a superior (0.86 y 0.99, respectivamente) (Cuadro 4). Las probabilidades normalizadas con estos dos cambios tecnológicos significa que al menos en 8 ó 9 de cada 10 localidades hay una respuesta o diferencia con respecto a la TUI, igual o superior a 1.32 y 2.68 t/ha, respectivamente. Al comparar las nuevas alternativas tecnológicas entre sí (NAT₁ vs NAT₂) se encontró una respuesta normalizada de 87% a favor de esta última.

El resultado del análisis indicó que la confiabilidad económica normalizada de los datos es considerada superior a buena, ya que, el CN, calculado fue de 0.84 y 0.98 de las dos alternativas, en comparación con la tecnología usada al inicio. En el tercer análisis, el CN_i fue de 0.83 a favor de la NAT₂ comparado con el NAT₁ (Cuadro 4). Al igual que en la respuesta física, existe alto grado de confianza para que las nuevas alternativas sean adoptadas por los productores, ya que, en 8 ó 9 de cada 10 casos se espera una ganancia de más de B/.253.40 y B/.495.40 por hectárea, en comparación a la TUI.

Se realizó un análisis del efecto de las tres tecnologías sobre algunos cultivos que fueron evaluados en los

CUADRO 4. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD LA RESPUESTA DE LAS NUEVAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS (CN). PANAMÁ. 1995-2003.

Período	n	d _i	S _d	d/Sd _i	CN _i
Respuesta física					
TUI vs NAT ₁	697	1.21	1.219	1.08	0.86
TUI vs NAT ₂	150	2.57	1.199	2.24	0.99
NAT ₁ vs NAT ₂	150	1.37	1.199	1.14	0.87
Respuesta económica					
TUI vs NAT ₁	697	253.4	254.7	1.00	0.84
TUI vs NAT ₂	150	495.4	250.7	1.98	0.98
NAT ₁ vs NAT ₂	150	242.1	250.7	0.97	0.83

periodos en estudio. En el mismo se observó que la ganancia promedio en rendimiento por utilizar la NAT₁ fue de 1.24 t/ha con un rango de 0.61 a 1.43 t/ha. Esto confirma el hecho de que la NAT₁ fue superior a la TUI independientemente de los genotipos evaluados. El mismo resultado se obtuvo cuando se comparó la NAT₂ vs NAT₁, en donde la ganancia de la NAT₂ fue de 1.36 t/ha con rangos de 0.79 a 1.85 t/ha (Cuadro 5).

Análisis por época de siembra

En el Cuadro 6 se puede observar el rendimiento obtenido en los ensayos desde 1995 hasta 2003, así

como la variación en número de plantas cosechadas y la precipitación acumulada en el período de septiembre a diciembre de cada año. Durante este período, se observó como el rendimiento aumentó a partir del año 1999; este aumento ha sido explicado por el aumento de la población de plantas al momento de la cosecha.

Al analizar la columna del registro de lluvias, se puede observar una gran variabilidad entre los distintos años, observándose rendimientos similares tanto con precipitaciones altas como bajas (1999 y 2000). Al separar las medias del rendimiento por año, según

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO DE CULTIVARES EVALUADOS CON LAS TRES TECNOLOGÍAS, PANAMÁ, 1995-2003.

Cultivar	TUI	NAT ₁	NAT ₂	Diferencias (t/ha)	
				TUI vs NAT ₁	NAT ₁ vs NAT ₂
HS-8	5.59	6.19		0.61	
3031	5.06	5.84		0.78	
3018	4.75	5.75		1.00	
HS-6	4.72	5.76		1.03	
X-304C	4.50	5.65		1.15	
P-9490	5.21	6.56		1.35	
X-1358K	5.05	6.48	7.32	1.43	0.84
PB-0103		7.37	8.16		0.79
30K-75		5.95	6.90		0.95
30F80		6.08	7.13		1.05
PB-0107		6.77	7.84		1.07
PB-0105		6.29	8.14		1.85
Promedio	4.98	6.22	7.58	1.24	1.36

la época de siembra (temprana vs tardía), se observó que en la mayoría de los años, con excepción de 1997 y 1999, las siembras realizadas en épocas tardías presentaron un rendimiento inferior a las siembras de los ensayos sembrados al inicio de la época de siembra. La reducción observada en este periodo varió de 7.5 a 35.3%. También se observó que las mayores reducciones se han dado a partir del año 1999 (promedio de 14.9%). El aumento de la población puede ser un factor que esté incidiendo en el aumento de las reducciones, dado que, el aumentar el número de plantas por hectárea im-

plica una mayor cantidad de agua requerida por el cultivo.

En el Cuadro 6 se presentan los datos del análisis de la Prueba de "t" para determinar las diferencias estadísticas entre los promedios, según época de siembra. Este análisis indicó que los rendimientos en los ensayos que fueron sembrados al inicio de la época de siembra, superaron estadísticamente a los ensayos sembrados tardíamente, con excepción de los años 1997 y 1999, en donde no se encontró diferencia estadísticas entre ambos promedios.

CUADRO 6. RENDIMIENTO Y NÚMERO DE PLANTAS AL MOMENTO DE LA COSECHA PROMEDIO POR AÑO Y DE ACUERDO A LA ÉPOCA DE SIEMBRA DE ENSAYOS SEMBRADOS EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ. 1995-2003.

Año	Pl/m ²	Ppt ¹ (mm)	Fecha Límite ²	Rend (t/ha)			Reducción (%)	t _{calc}	Prob t
				Prom	Siembras Temprana	Siembras Tardía			
1995	4.57	458	10 sep	4.66	4.69	4.28	8.4	1.959	0.026
1996	4.76	689	9 sep	4.77	4.86	4.12	15.2	3.830	0.000
1997	4.51	524	9 sep	3.71	3.70	3.74	-1.1	0.246	0.403
1998	4.61	588	16 sep	5.31	5.58	5.04	9.7	3.119	0.001
Prom				4.61	4.71	4.30	8.1		
1999	5.92	1004	10 sep	6.17	6.03	6.21	-3.0	0.770	0.221
2000	5.88	439	15 sep	6.17	6.43	5.17	19.6	8.374	0.000
2001	5.82	664	10 sep	6.03	6.24	5.77	7.5	2.911	0.002
2002	5.87	474	10 sep	5.57	6.78	4.38	35.3	16.180	0.000
Prom				5.99	6.37	5.38	14.9		
2003	5.95	700	12 sep	7.35	7.58	6.45	14.9	6.246	0.000

¹ Precipitación acumulada de septiembre a diciembre de cada año.

² Corresponde a la fecha de siembra del último ensayo considerado época temprana.

Al descomponer la precipitación capturada en el período de desarrollo del cultivo de acuerdo a las etapas críticas en la formación del rendimiento de acuerdo a McWilliams y col. (1999). En los años 1995 y 1996 se observó una diferencia de 82.4 y 125.1 mm en la fase de 31-50 dds entre las dos épocas de siembra de los ensayos, explicando el déficit de 8.4% y parte del 15.2% a favor de los ensayos sembrados en la época temprana. En los años subsiguientes las cantidades acumuladas en esta fase fueron suficientes para cubrir las demandas del cultivo y por lo tanto no afectaron el rendimiento del cultivo en ninguna de las dos épocas de siembra en que se dividió el estudio (Cuadro 7).

Cuando se analizó la precipitación acumulada en el período de 51-30 dds, se encontró que los ensayos sem-

brados tardíamente en los años 2000 y 2002 sufrieron un severo estrés hídrico (62.7 y 36.3 mm de lluvia, respectivamente) en comparación con los ensayos sembrados antes del 15 y 10 de septiembre de cada año respectivamente (168.5 y 203.9 mm, respectivamente). Este déficit hídrico explica las reducciones de 19.6 y 35.3% del rendimiento en dichos años.

En el año 2001 los ensayos sembrados después del 10 de septiembre (época tardía) presentaron un déficit de 69.9 mm con respecto a los ensayos sembrados antes de esta fecha (206.8 vs 136.9 mm), lo que se reflejó en una reducción del 7.5% con respecto a los ensayos sembrados antes de esta fecha.

Las reducciones del rendimiento de los años 1996, 1998 y 2003, se explican al analizar la lluvia acumulada entre los

CUADRO 7. PRECIPITACIÓN ACUMULADA SEGÚN FASE FENOLÓGICA DEL CULTIVO EN LOS ENSAYOS SEMBRADOS EN AZUERO. PANAMÁ. 1995-2003.

Año	Red %	Ppt 31-50 dds		Ppt 51-80 dds		Ppt 81-100 dds	
		S. Temp	S. Tardía	S. Temp	S. Tardía	S. Temp	S. Tardía
1995	-8.4	193.0	110.6	94.0	88.1	48.5	48.6
1996	-15.2	176.6	51.5	198.3	220.8	131.8	95.8
1997	1.1	233.9	130.5	291.8	168.3	24.7	1.3
1998	-9.7	93.1	116.0	193.4	182.2	115.5	70.9
1999	3.0	170.9	240.4	438.1	250.7	112.8	77.4
2000	-19.6	78.2	172.5	168.5	62.7	20.3	4.8
2001	-7.5	137.2	141.2	206.8	136.9	88.4	73.1
2002	-35.3	146.2	109.9	203.9	36.3	31.6	3.0
2003	-14.9	162.4	165.3	165.2	215.1	134.4	48.4

81 a 100 dds en las dos épocas de siembra. En estos años, el déficit hídrico se presentó en esta fase en las siembras realizadas a finales de septiembre, con láminas acumuladas menores de 95.8, 70.9 y 48.4 mm, respectivamente. Las siembras realizadas antes del 10 de septiembre no fueron sometidas a estrés hídrico, presentando láminas de agua acumulada de 131.8, 115.5 y 134.4 mm para cada año en el mismo período fenológico de la planta, respectivamente. Esta diferencia en la acumulación de lluvia en el período 81-100 dds se reflejó en un aumento en el rendimiento (Cuadro 7). De acuerdo a este análisis, el efecto del estrés hídrico ha tenido su efecto en las ganancias observadas por las mejoras tecnológicas, resultados similares encontraron Andresen y col. (2001). El rendimiento de grano con la tecnología NAT₁ en los ensayos que no tuvieron estrés hídrico en el período 1999-2002 aumentó de 5.99 a 6.37 t/ha, mientras que con el cambio realizado en el año 2003 con la tecnología NAT₂ fue de 7.35 a 7.58 t/ha.

De acuerdo a estos resultados, las siembras en la región de Azuero deben estar comprendidas entre el 1 de agosto al 15 de septiembre. En este período se encontró que las siembras pueden escapar de la escasez de lluvias en las etapas críticas del cultivo. Sin embargo, Gordón y col. (1993) en un muestreo realizado a parcelas comerciales de productores de maíz de la región de

Azuero en el año 1992 encontraron que existe una relación bien marcada entre la época de siembra y la incidencia de la enfermedad conocida como achaparramiento. Estos mismos resultados encontraron Gordón y col. (1998) en dos localidades de la Región.

En ambos trabajos se concluyó que siembras antes del 15 de agosto están propensas a ser afectadas fuertemente por esta enfermedad. Estos mismos autores encontraron que la población del *Dalbulus maydis* que existe en la Región es altamente virulenta, ya que a pesar de las bajas poblaciones encontradas, se observa un alto porcentaje de plantas afectadas con el síntoma de la enfermedad. Debido a esta información, las siembras de este cultivo en la región de Azuero están limitadas en una parte por el régimen de lluvias y en el otro lado por la existencia del achaparramiento. Esto indica, que a pesar de que en los primeros días del mes de agosto (1 al 15) se puede escapar del estrés hídrico, el riesgo de ser afectados por la enfermedad limita la siembra en este período.

CONCLUSIONES

- ❖ Los cambios tecnológicos han impactado positivamente el rendimiento, no obstante, la época de siembra también juega un rol importante para minimizar el efecto del estrés hídrico sobre los

períodos fenológicos críticos y que afectan negativamente el rendimiento de grano.

- ❖ En las siembras tardías o realizadas después del 15 de septiembre se aumenta la probabilidad de obtener rendimientos inferiores que las realizadas antes de esta fecha.
- ❖ No se han identificado cultivares comerciales que toleren el estrés hídrico.

RECOMENDACIÓN

- ❖ En la región de Azuero se recomienda sembrar el cultivo de maíz entre el 15 de agosto al 15 de septiembre.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRESEN, J.; ALAGARSWAMY, G.; ROTZ, C.A.; RITCHIE, J.T.; LEBARON, A.W. 2001. Weather impacts on Maize, Soybean, and Alfalfa production in the Great Lakes Region, 1895-1996. *Agron. J.* 93: 1059-1070.
- BOLAÑOS, J.; OBANDO, M.; URBINA, R.; MENDOZA, M. 1993. Respuesta a densidad en cultivares del PRM. *En Síntesis de los Resultados Experimentales del PRM*, 1992. Vol. 4. pp. 20-26.
- CÓRDOVA, H.S.; BARRETO, H.J.; CROSSA, J. 1993. Impacto del desarrollo de híbridos de maíz en Centro América: Confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre el genotipo H5 y consideraciones para selección de testigos regionales. *En Síntesis de resultados experimentales del PRM*, 1992. Vol. 4:3-10.
- DUNCAN, W.G. 1958. Corn response to density. *Agronomy Journal* 43: 23-32.
- ESKRIDGE, K.M.; SMITH, O.S.; BYRNE, P.F. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test-check differences from on-farm trials. *Theor. Appl. Genet.* 87: 60-64.
- GORDÓN, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 2004. Impacto de la precipitación pluvial en el rendimiento de grano de Maíz en la Región de Azuero, Panamá, 1995-2003. I. Análisis de la distribución de lluvias y su relación con la época de siembra *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 15: 17-30.
- GORDÓN, R.; GONZÁLEZ, A.; FRANCO, J. 2000. Determinación de la densidad óptima de plantas de los cultivares de maíz P-9490, CB-HS-8GM2 y X-1358K. *Azuero, Panamá*. 1998. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 10: 113-122.

- GORDÓN, R.; DE GRACIA, N.; FRANCO, J.; GONZÁLEZ, A. 1998. Evaluación de distintas épocas de siembra y su relación con la incidencia del achaparramiento en el cultivo de maíz. Azuero, Panamá. 1993-1994. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 9: 59-72.
- GORDÓN, R.; DE GRACIA, N.; GONZÁLEZ, A.; PÉREZ, D.; ALVARADO, A.; FRANCO, J. 1993. Situación del achaparramiento en el cultivo de maíz en Azuero, Panamá, 1992-93. *En Síntesis de Resultados Experimentales del PRM, 1992*, Vol. 4: 239-246.
- GREGORY, P.J.; SIMMONDS, L.P.; PILBEAM, C.J. 2000. Soil type, climatic regime, and the response of water use efficiency to crop management. *Agron. J.* 92: 814-820.
- HALL, A.J.; LEMCOFF, J.H.; TRAPPANI, N. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effect on yield, its components and their determinants. *Maydica* 26: 19-38.
- LAFFITE, H.R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. *Guía de Campo*. México D.F. CIMMYT. 122 p.
- LAUER, J.G.; CARTER, P.R.; WOOD, T.M.; DIEZEL, G.; WIERSMA, D.W.; RAND, R.E.; MLYNAREK, M.J. 1999. Corn hybrid response to planting date in the Northern Corn Belt. *Agron. J.* 91: 834-839.
- LLANOS, M. 1984. El maíz. Su cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 318 p.
- McILRATH, W.O.; EARLEY, E.B. 1961. Effect of shading corn plants during several periods of growth on yield of grain and other factors. *Agronomy Abstract* 63.
- McWILLIAMS, D.A.; BERGLUND, D.R.; ENDRES, G.J. 1999. Corn grow and management quick guide. North Dakota State University. *Disponible en:* www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/rowcrops/a1173/a1173w.htm
- NORWOOD, C.A. 2001. Planting date, hybrid maturity and plant population effects on soil water depletion, Water use and yield of dryland Corn. *Agron. J.* 93: 1034-1042.

STABILITY EVALUATION OF 15 CORN HYBRIDS AMONG 10 ENVIRONMENTS OF AZUERO REGION, PANAMA, 2003.

A trial was carried out among 10 environments of Azuero Region, with the objective of selecting the hybrids with the best adaptability and stability. The genetic pool of this experiment consisted in 15 white and yellow corn hybrids. A Complete Randomized Block Design with three replications was used; the experimental plots consisted by two rows of 5.2 m of length, separated by 0.8 m. A combined analysis of variances was done and the means were separated by the Least Significant Differences (LSD). To estimate adaptability and stability of hybrids and environments, it was used the Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI) and GGE Biplot technique (Genotype plus Genotype-Environment interaction). The agronomic management was based by IDIAP integrated corn mechanized management recommendation. It was applied 200 kg N/ha in three splits. The first application was at the planting moment (227 kg 13-26-6-7/ha), the second application at 21 days after planting (dap) and the last one at 37 dap (159 and 204 kg/ha, respectively). The statistical analysis indicated significant differences ($P < 0.01$) among genotypes, environments and the genotype-environment interaction, indicating the differential response of hybrids in front of the different environments. The hybrid group formatted by C-8003, C-8007, PB-013 and PB-0105 outstanding by its high yield and well agronomics characteristics throughout all environments. The hybrids CLRCYX-13, 30R92, X-1358K CLRCYX-19 and 30F-80 followed this group, with yields higher than 7 t/ha. The stability analysis identified C-8003 and C-8007 like the most stables. The grain yield of this year increased in more than one tons the average of four previous years. This yield increment could be attributed to nitrogen fertilization adjustment, due to previous project researches. The rainfall analysis of this year in the crop development defined two localities groups according to water stress suffered in grain filled phase.

KEY WORDS: *Zea mays*; corn; hybrids; adaptation; Panama.

INTRODUCCIÓN

La selección de genotipos de maíz que interaccionen lo menos posible con el ambiente ha sido uno de los principales objetivos en los Programas de Mejoramiento Genético, tanto de las instituciones estatales como de las empresas que se dedican a la venta de germoplasmas. La evaluación de genotipos, a través de distintos ambientes, principalmente en ambientes

contrastantes, es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos materiales a los productores de una región o zona específica. La interacción genotipo-ambiente ocurre cuando hay respuestas diferentes de los genotipos en relación con la variación del ambiente.

La estabilidad es un término que ha tenido diferentes connotaciones según el uso que se le quiera dar. Allard y

Hansche (1969), citados por Márquez (1991), definen un cultivar estable como aquel con capacidad de amortiguamiento o flexibilidad para cambiar en actitud, que para el caso de cultivares agrícolas, significa ajustar su rendimiento a las condiciones ambientales.

Becker (1981), denominó "*Estabilidad en sentido Biológico*" cuando la varianza del cultivar es pequeña entre ambientes evaluados y "*Estabilidad en sentido Agronómico*", cuando el cultivar presenta una respuesta paralela al desempeño de todos los cultivares en todos los ambientes evaluados. En esta última, se pretende identificar a los materiales estables y con potencial de mantenerse entre los mejores en todos los ambientes.

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 $G \times A$; 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; Zobel y col., 1988; Crossa, 1988; Crossa, 1990; Crossa y col. 1990; Crossa y col., 1991).

Por otro lado, independientemente de la metodología empleada para estimar la interacción $G \times A$, se debe comprender el concepto de estabilidad. Becker (1981); Lin y col. (1986); Becker y León (1988), definen conceptos de estabilidad fenotípica que se complementan desde los puntos de vista estadístico, biológico y agronómico.

La globalización de la economía exige que los productores comerciales de maíz eleven su producción por unidad de superficie. Siendo el mejoramiento genético un componente importante en cualquier modelo estratégico, compete a los programas públicos y privados desarrollar cultivares promisorios, con respuestas consistentes a través de ambientes contrastantes, en presencia de estrés biótico y abiótico.

Para realizar estas evaluaciones, los fitomejoradores cuentan con herramientas que facilitan la estimación de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica por diferentes procedimientos.

El presente trabajo tuvo como objetivos, determinar la adaptabilidad y estabilidad de híbridos de grano amarillo y blanco generados por IDIAP, CIMMYT y compañías privadas; identificar genotipos promisorios con buena estabilidad de rendimiento y características agronómicas deseables, bajo diversos ambientes de Azuero 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 10 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 del año 2003 (Cuadro 1).

El grupo de cultivares evaluados provino de diferentes fuentes. Las compañías privadas suministraron seis genotipos, mientras que el sector oficial contribuyó con nueve híbridos. El ensayo incluyó, dentro de sus materiales, 11 genotipos con grano de color amarillo y cuatro de color blanco (Cuadro 2).

Antes del establecimiento de los ensayos, se tomaron muestras de suelo para su análisis físico-químico. Se tomó una muestra compuesta de 0-20 cm de profundidad en cada uno

de los bloques. Las muestras fueron homogenizadas y enviadas al Laboratorio de Suelos del IDIAP. A las mismas se les realizó el análisis según Díaz-Romeu y Hunter (1978). 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 El Regadío fueron suministrados por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y los otros tres por colaboradores del IDIAP (Ciénega Larga, El Ejido y París).

Todos los experimentos fueron sembrados en el sistema de preparación convencional del suelo. La densidad inicial de siembra utilizada fue de 6.25 plantas/m², la que 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. Posterior a esta fertilización, se realizaron dos aplicaciones suplementarias de urea, la primera a los 21 días después de siembra (dds) a razón de 159 kg/ha y una segunda aplicación a los 37 dds, a razón de 204 kg/ha. En total se aplicaron 60 kg de P₂O₅, 13.6 kg K₂O, 19.5 kg S y 196.5 kg N/ha. El control de malezas consistió de la aplicación en pre-emergencia de la mezcla de atrazina y pendimetalina, a razón de 1.50 y 1.65 kg i.a./ha, respectivamente. En algunas localidades se añadió a la mezcla el herbicida

CUADRO 1. UBICACIÓN, FECHA DE SIEMBRA Y COSECHA DE LAS DIEZ LOCALIDADES DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE MAÍZ, AZUERO, PANAMÁ, 2003

	Localidad	Distrito	Latitud	Longitud	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Herrera						
1.	Portobelillo	Parita	8°02.976'	80°34.580'	11-Sep-03	13-Ene-04
2.	Los Castillos	Parita	7°58.276'	80°36.846'	18-Sep-03	13-Ene-04
Los Santos						
3.	El Ejido	Los Santos	7°54.488'	80°22.307'	29-Ago-03	19-Ene-04
4.	Llano Abajo	Los Santos	7°47.853'	80°24.625'	8-Sep-03	6-Ene-04
5.	El Regadio	Guararé	7°49.149'	80°17.436'	01-Sep-03	6-Ene-04
6.	La Enea	Guararé	7°51.082'	80°16.467'	9-Sep-03	8-Ene-04
7.	Las Cocobolas	Las Tablas	7°47.024'	80°14.976'	04-Sep-03	7-Ene-04
8.	San José	Las Tablas	7°41.814'	80°13.586'	04-Sep-03	7-Ene-04
9.	La Yeguada	Pocri	7°40.110'	80°05.783'	12-Sep-03	9-Ene-04
10.	Mariabé	Pedasi	7°33.304'	80°02.523'	15-Sep-03	14-Ene-04

CUADRO 2. NOMBRE Y ORIGEN DE HÍBRIDOS EVALUADOS EN EL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE MAÍZ, AZUERO, PANAMÁ, 2003.

Cultivar	Color del grano	Origen
C-8007	Amarillo	Monsanto
C-8003	Amarillo	Monsanto
PB-0103	Blanco	IDIAP
PB-0105	Blanco	IDIAP
PB-0107	Blanco	IDIAP
P-9490	Amarillo	IDIAP
30K-75	Amarillo	Pioneer
X-1358K	Amarillo	Pioneer
30R-92	Blanco	Pioneer
30F-80	Amarillo	Pioneer
QPM-04	Amarillo	CIMMYT
CLRCYX-19	Amarillo	CIMMYT
CLRCYX-005	Amarillo	CIMMYT
CLRCYX-005B	Amarillo	CIMMYT
CLRCYX-13	Amarillo	CIMMYT

glifosato, a razón de 1.84 kg i.a./ha. En las localidades de El Regadío y Las Cocobolas se realizó una aplicación suplementaria a los 12 dds del herbicida halosulfurón metil, a razón de 60 g i.a./ha para el control de *Cyperus rotundus*.

Los datos tomados incluyeron variables cuantitativas, que son altamente influenciadas por el ambiente como: altura de planta y mazorca, rendimiento de grano y variables cualitativas, que son poco afectadas por el ambiente, como: días a floración femenina, número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha, porcentaje de plantas acamadas y de mazorcas podridas, humedad del grano, aspecto de planta y mazorca y la evaluación de las principales enfermedades al follaje (*Curvularia* sp y *Physoderma maidis*).

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:

$$X_{ijl} = \mu + G_i + B_{j/i} + A_l + (GA)_{li} + e_{ijl}$$

en donde:

- X_{ijl} = valor del carácter estudiado
 μ = media general
 G_i = efecto de Genotipo

- $B_{j/i}$ = efecto de bloques dentro de repetición
 A_l = efecto de ambiente
 $(GA)_{li}$ = efecto de la interacción genotipo-ambiente
 e_{ijl} = error experimental

Se realizó un análisis de varianza combinado, considerando un modelo mixto (ambiente aleatorio y genotipo fijo). 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 % de plantas acamadas y % 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 de componentes principales (Zobel y col., 1988; Yan y col., 2000). El modelo matemático es el siguiente:

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

en donde:

- Y_{ge} = rendimiento promedio de un genotipo g en un ambiente e
 μ = media general
 λ_n = es el valor singular para el PCA
 N = número de PCA retenidos en el modelo

- Y_{g^n} = son los valores de vectores de los genotipos (PCA)
 α_g = efecto de las desviaciones de las medias de los genotipos
 β_a = efecto de las desviaciones de las medias del ambiente
 δ_{an} = son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)
 ρ_{g^n} = residual

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de suelo de los sitios experimentales indicó que el pH varió de muy ácidos (pH 5.1) a poco ácidos (pH 5.8), con texturas de franco-arenoso hasta arcilloso. En cuanto a la fertilidad todos son bajos en fósforo, medio en potasio, bajos en aluminio y altos en calcio y magnesio. La materia orgánica osciló entre 1.34 a 5.76%.

En el año 2003, en los meses previos a la siembra de los ensayos (abril-agosto), se registró una precipitación acumulada de 719.8 mm, mientras que en los meses de septiembre a diciembre ésta fue de 699.7 mm; ambos promedios están por encima de la media de la precipitación del período 1995-2003 (584.9 y 615.5 mm, respectivamente). Se observó una baja precipitación en el mes de septiembre en los distritos de Las Tablas y Guararé, mientras que en Paríta, Los Santos, Pocrí y Pedasí se observaron las mayores precipitaciones. El mes de octubre registró lluvias

dentro de los parámetros normales en todas las localidades, con excepción de Tablas Abajo. El mes de noviembre fue normal en la mayoría de las localidades a excepción del Regadío en Guararé. Diciembre se caracterizó por presentar un incremento en la precipitación, principalmente en El Regadío, Tablas Abajo, Las Cocobolas, Pocrí y Pedasí, mientras que en las otras localidades la precipitación fue menor (Cuadro 3).

El análisis de varianza combinado del rendimiento y algunas características agronómicas se presentan en el Cuadro 4. Dicho análisis indicó una diferencia altamente significativa 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 las variables que relacionan la altura de la mazorca con respecto a la altura de planta ($Almz/Alpt$) y mazorcas/m². Las variables aspecto de planta y mazorcas, no presentaron diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación que comprendía el modelo estudiado.

De acuerdo al análisis de varianza para el rendimiento, el ambiente capturó el 25.4% de la suma de cuadrados totales del experimento. El Cuadro 5 presenta el rendimiento de grano y algunas de las variables medidas por localidad. El rendimiento pro-

CUADRO 3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN OCHO PLUVIÓMETROS DE LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ 2003.

Localidad	Paris	El Ejido	Ciénega Larga	El Regadio	Tablas Abajo	Las Cocobolas	Pocri	Pedasi	Prom.
Abr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1	0.0	0.3	3.3
May	126.0	109.5	172.5	174.0	142.4	224.3	251.0	229.8	178.7
Jún	188.0	145.0	196.0	194.6	60.9	286.6	202.2	76.3	168.7
Jul	115.0	132.0	127.5	149.5	235.5	263.8	333.9	276.8	204.3
Ago	158.0	162.0	98.0	219.6	91.7	144.6	158.9	286.1	164.9
Sep	238.0	110.0	80.0	63.6	46.0	69.7	164.9	333.7	138.2
Oct	197.0	292.0	361.0	274.2	105.5	269.1	365.6	349.0	276.7
Nov	298.0	116.0	122.0	80.9	178.6	149.5	206.9	119.1	158.9
Dic	96.0	51.0	90.5	135.1	187.4	118.3	189.2	139.6	125.9
Total	1418.0	1117.5	1247.5	1291.5	1048.0	1552.0	1872.6	1810.7	1419.5
Abr-Ago	587.0	548.5	594.0	737.7	530.5	945.4	946.0	869.3	719.8
Sep-Dic	829.0	569.0	653.5	553.8	517.5	606.6	926.6	941.4	699.7

medio a través de las 10 localidades fue de 7.35 t/ha, pero el mismo se vio afectado por la distribución de las lluvias en las distintas etapas fenológicas del cultivo. Durante este año, algunas localidades fueron afectadas por estrés hídrico en la etapa de llenado del grano (81-100 dds).

Se logró identificar dos grupos ambientales o dominios de recomendación. El primer grupo ambiental (A) lo conformaron las localidades de Guararé (El Regadio y La Enea), Las Tablas (San José y Las Cocobolas) y La Yeguada de Pocri; este grupo tiene en común que todos los ensayos tuvieron una precipitación promedio de 152.5 mm en la fase de llenado del grano.

El segundo grupo ambiental (B) lo formaron las localidades de Los Santos (El Ejido, Llano Abajo), Los Castillos y Mariabé con precipitaciones acumuladas de 64.2 mm en esta misma fase. Las localidades de Los Castillos y Mariabé fueron sembradas después del 14 de septiembre. Gordón y col. (2004) determinaron que para estas fechas de siembra la probabilidad de sufrir estrés por sequía es alta. Las dos localidades sembradas en el distrito de Los Santos, a pesar de ser sembradas antes de esta fecha, recibieron poca precipitación en esta fase; cabe señalar que este distrito está ubicado en una de las zonas más secas de la Región de Azuero (Gordón y col., 2004).

La baja precipitación pluvial en las localidades con estrés (Grupo B) duran-

CUADRO 4. 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, 2003.

F. de V.	gl	Rend	Alpt	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	Pmz
Ambiente	9	21.40**	5379.1**	4.16**	2.06*	0.029**	5998.9**
Rep (Amb)	19	1.21	610.2	0.57	0.74	0.002	164.9
Genotipo	14	20.63**	1958.9**	0.37**	1.48**	0.018**	4274.0**
Gen x Amb	126	1.14**	115.7**	0.08**	0.16**	0.003*	218.8**
Error	266	0.42	84.4	0.07	0.13	0.002	110.1
CV (%)		8.8	3.8	4.4	6.2	5.1	8.2

* = Diferencia significativa (P<0.05) ** = Diferencia altamente significativa (P<0.01)

ns = no hay diferencia significativa (P>0.05)

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 5. FECHA DE SIEMBRA, PROMEDIO DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ SEGÚN LOCALIDADES, AZUERO, PANAMÁ, 2003.

Localidades	Fecha Siembra	ppt 31-50 dds	ppt 51-80 dds	ppt 81-100 dds	Rend (t/ha)	Pt/m ²	Alpt (cm)	Mz/pt	Pmz (g)	Aca-me (%)	Pud (%)	Almz/Alpt
Grupo A (sin estrés hídrico)												
Prom. 10 localidades		163.0	345.4	184.2	7.35	5.95	238	0.96	128.3	28.4	6.6	0.54
El Regadio	1 Sep	237.9	115.2	166.3	7.91	6.05	257	0.94	138.4	35.6	6.5	0.54
San José	4 Sep	119.4	169.4	187.8	7.41	6.07	237	0.94	129.7	19.6	13.1	0.53
Las Cocobolas	4 Sep	119.4	169.4	187.8	7.92	6.15	236	0.96	133.7	23.4	5.8	0.52
La Enea	9 Sep	166.9	111.9	112.8	7.38	6.15	227	0.95	133.8	40.8	8.0	0.55
Portobello	11 Sep	108.0	331.0	96.0	7.49	5.22	246	1.02	141.2	21.2	5.4	0.55
La Yeguada	12 Sep	187.5	231.9	164.2	8.40	6.07	252	0.98	140.8	23.4	4.9	0.53
Promedio		156.5	186.1	152.5	7.83	5.95	243	0.97	136.3	27.3	7.3	0.54
Grupo B (con estrés hídrico)												
El Ejido	29 Ago	150.0	166.0	93.0	6.79	6.04	231	0.98	114.8	5.2	6.1	0.55
Llano Abajo	8 Sep	210.0	117.0	67.0	6.82	5.58	230	0.97	125.8	36.2	7.6	0.55
Maribé	15 Sep	151.6	160.2	72.8	6.50	6.05	223	0.93	115.2	36.6	4.9	0.53
Los Castillos	18 Sep	179.0	270.0	24.0	6.39	6.11	243	0.95	109.4	38.0	5.6	0.53
Promedio		172.7	178.3	64.2	6.63	5.95	232	0.96	116.3	29.0	6.1	0.54

ppt = precipitación, dds = días después de siembra.

* = Diferencia significativa ($P < 0.05$) ** = Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) ns = no hay diferencia significativa ($P > 0.05$)
 Rend = Rendimiento de grano, Alpt = Altura de planta, Ptm² = Puntas 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 = Physoderma, Almz/Alpt = relación altura de mazorca y altura de planta.

te la fase de llenado del grano (media de 64.2 mm), se tradujo en rendimientos menores de 6.82 t/ha y pesos de mazorcas menores de 126 g (McWilliams y col., 1999; Shaw y Newman, 1985). Al observar la precipitación acumulada en esta fase crítica del desarrollo del cultivo en las localidades del Grupo A, se observa que en todas las localidades, la lluvia sobrepasó los 95 mm durante esta fase (promedio de 152.5 mm). Esta lámina acumulada, se tradujo en que todas presentaron un rendimiento superior a las 7.49 t/ha (media general de 7.83 t/ha) y pesos de mazorcas superiores a los 126 g. La diferencia promedio en precipitación durante esta etapa, entre los dos grupos ambientales fue de 88 mm (58%); lo que se convirtió en una diferencia en rendimiento de 1.20 t/ha (15%) a favor de las localidades sin estrés hídrico.

Las poblaciones de plantas al momento de la cosecha fueron similares estadísticamente entre sí. La precipitación acumulada en las otras dos fases importantes del cultivo 31-50 dds (156.5 vs 172.7 mm) y 51-80 dds (188.1 vs 178.3 mm), a pesar de presentar diferencias, la cantidad total en ambos grupos de localidades no fue crítica para la formación del rendimiento. Las variables como: porcentaje de plantas acamadas, mazorcas podridas, mazorcas por planta, enfermedades foliares y la posición de la mazorca con respecto al tamaño de

plantas no mostraron diferencia significativa entre los dos grupos.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano, logrando capturar el 38.1% de la suma de cuadrados del análisis de varianza de esta variable. El Cuadro 6 muestra la media de rendimiento de las 10 localidades, así como el comportamiento de los híbridos en los dos grupos ambientales definidos.

De los cultivares evaluados, siete sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa los híbridos C-8003 y C-8007 con medias de 8.54 y 8.41 t/ha, respectivamente. Siguió a éstos, los cultivares del grupo formado por los híbridos blancos del IDIAP PB-0103 y PB-0105 con rendimientos promedios por encima de las 8.0 t/ha (8.16 y 8.14 t/ha, respectivamente). Un tercer grupo de cultivares estuvo conformado por los híbridos PB-0107, CLRCYX-13, 30R-92, CLRCYX-19, X-1358K y 30F-80, los cuales presentaron rendimientos superiores a las 7.0 t/ha. Se observó que los cultivares más afectados por el déficit hídrico fueron C-8003 y C-8007, con mermas superiores a las 2.0 t/ha. Mientras que los menos afectados por este déficit hídrico fueron PB-0103, PB-0107, CLRCYX-13, CLRCYX-19, CLRCYX-005B y P-9490 con reducciones menores de 1.0 t/ha.

CUADRO 6. RENDIMIENTO, POBLACIÓN Y PESO DE MAZORCA DE LOS HÍBRIDOS EVALUADOS, AZUERO, PANAMÁ, 2003.

Cultivares	Rend (t/ha)			Dif	P/m ² (%)			Pmz(g)		
	10 loc.	6loc (A)	4loc(B)		10 loc	A	B	10 loc.	A	B
C-8003	8.54	9.55	7.02	2.53	6.04	6.06	6.04	147.2	162.9	123.9
C-8007	8.41	9.35	7.01	2.34	6.06	6.07	6.05	144.7	157.9	125.2
PB-0103	8.16	8.52	7.63	0.89	6.05	6.05	6.03	144.0	149.4	135.7
PB-0105	8.14	8.59	7.52	1.07	5.97	5.95	6.00	139.2	148.0	127.2
PB-0107	7.84	8.11	7.49	0.62	5.89	5.86	5.95	136.6	140.1	131.8
CLRCYX-13	7.67	8.07	7.07	1.00	5.96	5.91	6.03	130.2	137.3	119.8
30R-92	7.57	8.32	6.49	1.83	6.11	6.10	6.14	126.5	138.2	109.1
X-1358K	7.32	7.65	6.80	0.85	5.96	5.95	5.99	126.3	133.3	115.0
CLRCYX-19	7.19	7.59	6.67	0.92	5.82	5.87	5.76	129.1	136.5	118.9
30F-80	7.13	7.72	6.26	1.47	6.01	6.07	5.93	121.4	128.7	110.6
CLRCYX-005B	6.98	7.27	6.47	0.80	5.89	5.87	5.92	122.7	128.5	113.3
30K-75	6.90	7.39	6.17	1.22	5.99	6.01	5.96	117.0	124.7	105.8
CLRCYX-005	6.76	7.25	6.00	1.25	5.94	5.94	5.95	120.5	128.3	108.4
QPM-04	6.16	6.59	5.51	1.08	5.88	5.88	5.90	109.6	118.4	96.6
P-9490	5.47	5.55	5.30	0.25	5.65	5.70	5.56	108.8	111.9	103.7
Promedio	7.35	7.83	6.63	1.21	5.95	5.95	5.95	128.3	136.3	116.3
DMS	0.33	0.49	0.40		0.14	0.13	0.29	5.4	7.7	10.4

Rend = Rendimiento de grano, P/m² = Plantas por metro cuadrado, Pmz = Peso de mazorcas.

una limitante en el desarrollo del cultivo.

La otra enfermedad causante de pérdidas en el cultivo, lo es el complejo de hongos que ataca la mazorca (*Diplodia maydis* y *Fusarium* sp), los cuales se presentaron en porcentajes bajos. Los cultivares 30F-80 y PB-0103 presentaron los valores más bajos (3.6 y 3.9%, respectivamente), mientras que los valores más altos se obtuvieron con los cultivares CLRCYX-13 y 30R-92 con porcentajes de 15.3 y 10.2%, respectivamente (Cuadro 7).

En la evaluación del porcentaje de plantas acamadas se encontró diferencias altamente significativas entre los cultivares evaluados. Los cultivares amarillos de la casa Pioneer 30F-80, X-1358K y 30K-75 sobresalieron por presentar los valores más bajos (menos de 12%). Este resultado puede estar asociado a la baja altura de los mismos, así como la baja altura de la mazorca. Los cultivares C-8003, C-8007, PB-0105 y PB-0107 presentaron una alta susceptibilidad al acame de tallo con porcentajes superiores al 40%.

El Cuadro 8 muestra las suma de cuadrados del rendimiento de grano, así como el valor de los dos ejes principales de la interacción genotipo-ambiente, obtenidos a través del modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa conocido

En cuanto a la población de plantas, al momento de la cosecha, no hubo diferencias estadísticas significativas entre ninguno de los cultivares mencionados, lo que sugiere que las diferencias en rendimiento se deben al potencial de rendimiento y adaptabilidad de cada uno de ellos y no a la cantidad de plantas cosechadas. En relación a las otras características evaluadas, se puede apreciar en el Cuadro 7, los promedios obtenidos para cada una de las variables medidas a través de las 10 localidades.

Todos los cultivares fueron similares en su precocidad, es decir, el rango de valores de la floración osciló entre 52 y 55 dds. Con respecto a la altura de las plantas, el híbrido de menor estatura fue el 30K-75 (219 cm), seguido por los híbridos 30F-80, CLRCYX-19 y C-8007. Las medidas de la altura de la mazorca variaron entre 122 a 141 cm, siendo los híbridos CLRCYX-19 y X-1358K los cultivares con la posición más baja de este componente.

En cuanto a las principales enfermedades foliares (*Curvularia* sp y *Physoderma maydis*), no se observó diferencia significativa 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, las enfermedades no se presentaron en intensidades suficientes para ser

CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ SEGÚN CULTIVARES, PANAMÁ, 2003.

Cultivares	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
C-8003	53	236	123	5.78	0.96	59.4	4.1	2.5	2.0	3.1	2.3	0.52
C-8007	52	234	122	5.78	0.95	56.0	4.0	2.3	2.0	3.0	2.4	0.52
PB-0103	56	248	130	5.67	0.94	36.9	3.9	1.8	1.7	2.9	2.5	0.53
PB-0105	54	247	141	5.85	0.98	41.0	5.8	1.8	1.6	3.0	2.5	0.57
PB-0107	55	248	138	5.77	0.98	50.6	6.8	1.8	1.6	3.2	2.6	0.55
CLRCYX-13	53	245	127	5.91	0.99	15.2	15.3	2.2	1.8	3.1	3.3	0.52
30R-92	54	244	135	5.99	0.98	22.4	10.2	2.7	2.0	3.2	3.2	0.55
X-1358K	53	243	124	5.82	0.98	5.9	5.4	1.6	1.8	2.6	3.1	0.51
CLRCYX-19	53	227	122	5.61	0.97	16.6	7.1	1.7	1.6	2.4	3.0	0.54
30F-80	55	232	125	5.87	0.98	4.4	3.6	1.5	1.7	2.8	3.1	0.54
CLRCYX-005B	54	238	126	5.70	0.97	13.3	4.1	2.1	1.6	2.9	2.8	0.53
30K-75	53	219	126	5.90	0.99	11.4	9.8	1.7	1.6	2.6	3.1	0.57
CLRCYX-005	55	235	127	5.62	0.95	19.2	5.0	2.4	1.7	3.0	2.7	0.54
QPM-04	54	237	131	5.64	0.96	37.1	6.3	2.1	1.8	3.1	3.0	0.55
P-9490	54	239	130	5.03	0.89	36.1	7.2	2.1	1.8	3.2	3.1	0.55
Promedio	54	238	128	5.73	0.96	26.4	6.6	2.0	1.8	3.0	2.8	0.54
DMS	1	5	6	0.18	0.03	2.0	7.0	0.2	0.2	0.6	0.6	0.02

Alpt = Altura de planta, Almz=altura de mazorca, Mzm² = Mazorcas por metro cuadrado, Mz/pt = Mazorcas por planta, Aca =% plantas acamadas, Mz pod = % mazorcas podridas, Curv = Curvatura, Phys = Physodermia, Asp= Aspectos de planta, Asmz=Aspecto de mazorca, Almz/Almp = relación altura de mazorca y altura de planta.

como AMMI. El resultado de este análisis indicó que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 70.3% de la interacción genotipo-ambiente con tan sólo el 33% de los grados de libertad. El PCA-1 explicó el 60.1%, mientras que el PCA-2 fue responsable del 10.2% con el 17 y 15% de los grados de libertad, respectivamente.

En el Cuadro 9 se presentan las puntuaciones de los ejes principales uno y dos (PCA1 y PCA2), tanto de los 15 cultivares como de las 10 localidades, las cuales presentan diferentes patrones de interacción. De acuerdo a las puntuaciones de ambos ejes, los cultivares más estables y con mejor rendimiento fueron O C-8003 y C-8007.

De acuerdo a Yan y col. (2000), al colocar 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 gráfica (C-8003, C-8007, PB-0107, P-9490 y CLRCYX-05B). Los cultivares localizados en los vértices son considerados los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación. Con relación a la interacción genotipo-ambiente, la Figura 1 muestra los cultivares que mejor se comportaron en cada uno, que fueron los híbridos C-8003 y C-8007.

CONCLUSIONES

- ✱ El grupo de híbridos formado por C-8003, C-8007, PB-013 y PB-0105 sobresalieron por su alto rendimiento, buenas características agronómicas y rendimientos superiores a las 8.0 t/ha.

CUADRO 8. SUMA DE CUADRADOS DEL AMBIENTE, GENOTIPO Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ, AZUERO, PANAMÁ, 2003.

F de V.	gl	SC Tipo IV	% de la SC
AMB	9	192.627**	
GEN	14	303.266**	
GEN x AMB	126	147.178**	
PCA-1	22	88.557**	60.17
PCA-2	20	10.258**	10.26
Residuo	84	14.417**	29.57
Error (Tipo III)	266	111.514	

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

CUADRO 9. PUNTUACIONES DE LOS DOS EJES CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO SEGÚN CULTIVAR Y LOCALIDAD, AZUERO, PANAMÁ, 2003

Híbrido	Rend (t/ha)	Puntuación PCA-1	Puntuación PCA-2	Localidad	Rend (t/ha)	Puntuación PCA-1	Puntuación PCA-2
C-8007	8.41	1.261	0.244	El Ejido	6.79	-0.160	0.646
C-8003	8.54	1.476	-0.128	El Regadio	7.91	0.580	-0.417
PB-0103	8.17	-0.446	0.204	San José	7.41	0.042	0.863
PB-0105	8.16	-0.486	0.281	Las Cocabolas	7.92	0.596	0.513
PB-0107	7.86	-0.539	0.717	Llano Abajo	6.82	-0.785	0.091
P-9490	5.45	-0.831	-0.415	La Enea	7.88	1.345	-0.456
30K-75	6.90	-0.024	-0.128	Portobello	7.49	-0.373	-0.379
X-1358K	7.31	-0.077	-0.075	La Yeguada	8.40	0.050	-0.323
30R-92	7.59	0.279	-0.132	Mariabé	6.50	0.162	-0.137
30F-80	7.14	-0.038	-0.475	Los Castillos	6.39	-1.457	-0.401
QPM-04	6.16	0.039	0.324				
CLRCYX-19	7.22	-0.225	0.514				
CLRCYX-005	6.75	-0.105	-0.478				
CLRCYX-005B	6.95	-0.302	-0.672				
CLRCYX-13	7.67	-0.032	0.218				

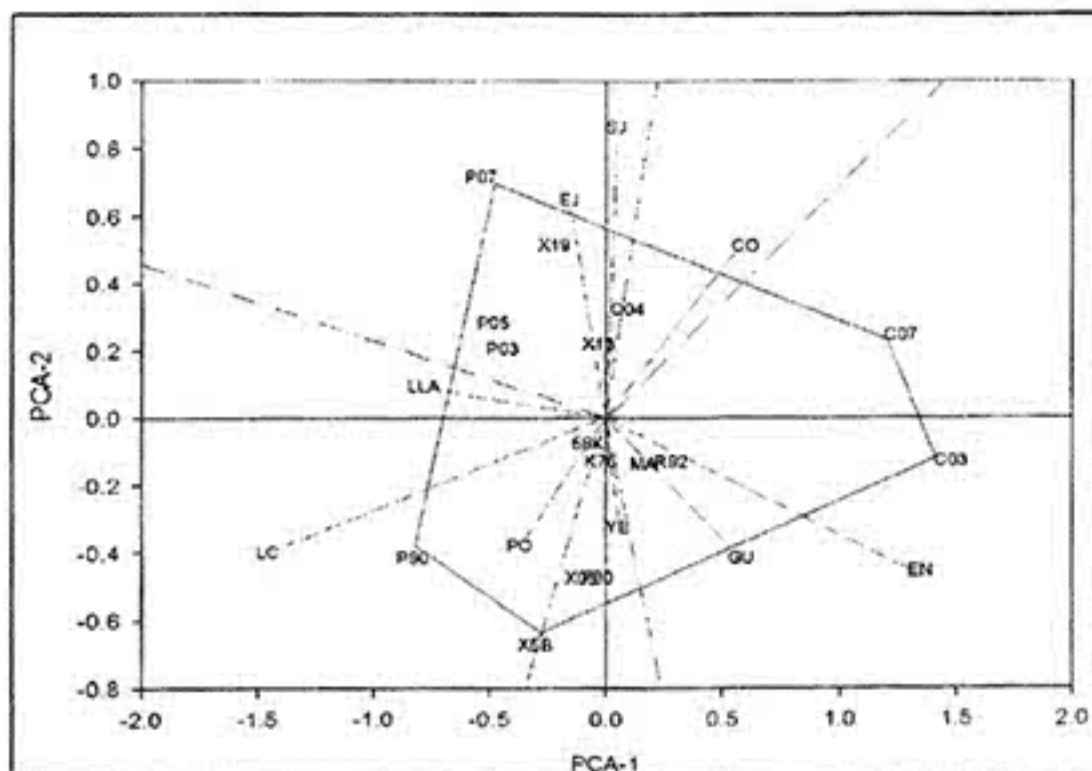


FIGURA 1. PUNTUACIONES DEL PRIMER Y SEGUNDO EJE DEL COMPONENTE PRINCIPAL DE 15 CULTIVARES DE MAÍZ EN 10 AMBIENTES DE PANAMÁ, 2003. (AMMI-Biplot)

- * Bajo las condiciones climáticas del año 2003, la presencia o no de estrés hídrico en la época del llenado del grano, en algunas localidades se logró identificar dos grupos ambientales.
- * En las localidades con estrés hídrico sobresalieron los cultivares PB-0103, PB-0105 y PB-0107, mientras que en las localidades en donde no se presentó el estrés sobresalieron los híbridos C-8003 y C-8007.

- * Los cultivares C-8003, C-8007, PB-0105 y PB-0107 presentaron una alta susceptibilidad al acame de tallo con porcentajes superiores al 40%.

BIBLIOGRAFÍA

- BECKER, H.C. 1981. Correlation among some statistical measure of phenotypic stability. *Euphytica* 30: 835-840.
- BECKER, H.C; LEÓN, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1-23.
- 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 JR., H.G.; ZOBEL, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop. Sci.* 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-ROMEU, 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.; RUSSELL, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36-40
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76: 1-10.
- GORDON, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GÓNZÁLEZ, A. 2004. Impacto de la precipitación pluvial en el rendimiento de grano del Maíz en la región de Azuero, Panamá, 1995-2003. I. Análisis de la distribución de lluvias y su relación con la época de siembra. IDIAP. 7 p.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITH, L.P. 1986. Stability Analysis. Where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894-900.
- MÁRQUEZ, F. 1991. Genotecnia vegetal "Métodos, Teoría, Resultados". Impreso en México. 500 p.
- McWILLIAMS, D.A.; BERGLUND, D.R.; ENDRES, G.J. 1999. Corn Grow and Management Quick Guide. North Dakota State University. Disponible en: www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/rowcrops/a1173/a1173w.htm
- 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.
- SHAW, R.H.; NEWMAN, J.E. 1985. Weather stress in the corn crop. Michigan State University. University Extension. NCH-18 National Corn Handbook. 4 p.
- 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, H.G. JR. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:388-393.

DETERMINACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE 18 HÍBRIDOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO, A TRAVÉS DE AMBIENTES CONTRASTANTES. AZUERO, PANAMÁ, 2002.

Román Gordón¹; Ismael Camargo²; Jorge Franco³; Andrés González³

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar y seleccionar los híbridos experimentales de maíz con mayor estabilidad y adaptabilidad en el país, se estableció un ensayo en 11 ambientes contrastantes de la Región de Azuero. El material genético consistió de 18 híbridos de grano blanco provenientes del IDIAP y PRM. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5.2 m de largo, separados a 0.8 m. A los datos se les realizó un análisis de varianza combinado y las medias se separaron utilizando la DMS. Para la interpretación de la interacción genotipo por ambiente se usó el modelo Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI), mediante el procedimiento Biplot GGE_{REG}. El manejo agronómico de los ensayos respecto al control de malezas, plagas y fertilización dependió de su incidencia y de las recomendaciones de la guía para el manejo integrado de maíz mecanizado del IDIAP. El análisis de varianza indicó diferencias significativas ($P < 0.01$) entre genotipos, ambientes y la interacción genotipo-ambiente ($G \times A$), indicando la respuesta diferencial de los híbridos ante los diferentes ambientes. El grupo conformado por PB-0105, PRM-1 y PRM-14, sobresalieron por su alto rendimiento y buenas características agronómicas. El análisis Biplot GGE_{REG} identificó a los dos primeros como genotipos ideales por presentar un valor alto en el eje PCA-1, asociado a alto rendimiento y un bajo PCA-2, asociado a buena estabilidad. Por otro lado, los híbridos PRM-12 y PRM-2 presentaron el comportamiento más pobre. El modelo separó los sitios en dos grupos ambientales asociados principalmente a la época de siembra. El primer grupo ambiental estuvo formado por cuatro localidades sembradas antes del 10 de septiembre y, el otro, por cuatro localidades que fueron sembradas después de esta fecha. En el primero se observó un alto rendimiento promedio (6.04 t/ha), superando significativamente al otro grupo ambiental (promedio de 4.42 t/ha). Dado la escasez de lluvia de los meses de noviembre y diciembre, los ensayos sembrados antes del 10 de septiembre pudieron escapar al estrés hídrico. Tres localidades, El Ejido, Los Castillos y Tablas Abajo presentaron el mismo patrón discriminatorio. Entretanto, Guararé y San José fueron las localidades que mejor discriminaron los genotipos.

PALABRAS CLAVES: *Zea mays*; maíz blanco; análisis de adaptabilidad y estabilidad; Biplot GGE_{REG}; AMMI.

¹ Ing. Agr., M.Sc. Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León". Los Santos, Panamá. e-mail: rgordonm@cwpanama.net

² Ph.D. Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). e-mail: icamargo@cwpanama.net

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

DETERMINATION OF 18 WHITE CORN HYBRIDS ADAPTABILITY AND STABILITY AMONG CONTRASTING ENVIRONMENT. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

With the objective of choosing the experimental corn hybrids with the best stability and adaptability in the country was carried out an experiment throughout 11 contrasting environments in the Azuero Region. The genetic materials of this trial consisted of 18 experimental white hybrids of the IDIAP and PRM. 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 variance was done and the means was separated by the Least Significant Differences (LSD). To estimate adaptability and stability of hybrids and environments, it was used the Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI) and GGE Biplot technique. Agronomic management used regarding to weeds and pest control and fertilization depended of its incidence and the recommendation of IDIAP integral corn management guide. The statistical analysis indicated significant differences ($P < 0.01$) among genotypes, environments and the Genotype-Environment Interaction, indicating the differential response of hybrids in front the different environments. The hybrid group formatted by PB-0105, PRM-1 and PRM-14 outstanding by its high yield and well agronomics characteristics throughout all environments. The GGE_{SREG} Biplot analysis identified at both first hybrid like to most stables due to present PCA-1 high scores, associated to high yield and PCA-2 low score associated to good stability. By the way, PRM-12 and PRM-2 presented the worst behavior. The model separated the environments in two environmental groups, associated to planting dates. The first environmental group was formed by four localities sowing after September 10 and the other group formed by four localities sowing before this date. The first group presented high yield (6.04 t/ha), and was significative different to other environmental groups (4.42 t/ha). Due to rainfall scarcity in November and December, the trials planting at the beginning could escape to water stress. El Ejido, Los Castillos and Tablas Abajo presented the same discriminatory canon. In the meantime, Guararé and San José were the environments with the best discriminatory canon.

KEY WORDS: *Zea mays*; white corn; stability analysis and adaptability; GGE_{SREG} Biplot; AMMI.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de híbridos de maíz, el valor de las líneas endogámicas está definido por su capacidad de combinación, así como por el comportamiento *per se* a través de ambientes contrastantes. Genéricamente, el término capacidad de combinación significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros; dicha capacidad es medida por

medio de su progenie en campo (Márquez, 1991). Los conceptos de Capacidad Combinatoria General (CCG) y Capacidad Combinatoria Específica (CCE) fueron introducidos por Sprague y Tatum (1942). En la práctica, éstos permiten seleccionar líneas con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado en base al promedio de los

progenitores; según el modelo o los objetivos planteados, son numerosas las metodologías a emplear (Comstock y Robinson, 1948; Griffing, 1956; Hayman, 1954; Gardner y Eberhart, 1966).

La interacción genotipo-ambiente es un fenómeno que se observa en 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 son metodologías empleadas ampliamente para explicar la interacción $G \times A$ (Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966; Perkins y Jinks, 1968).

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; Zobel y col., 1988; Crossa, 1988; Crossa, 1990; Crossa y col., 1990; Crossa y col., 1991).

Por otro lado, independientemente de la metodología empleada para estimar la interacción genotipo-ambiente, hay que determinar el 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, que consiste en un análisis gráfico de datos del comportamiento de cada genotipo obtenido en ensayos a través de múltiples ambientes. Se utiliza un polígono en donde se destacan los mejores cultivares en los vértices del mismo, así como la formación de grupos ambientales con características parecidas que discriminan de manera similar los cultivares evaluados.

El presente trabajo tuvo como objetivos determinar la adaptabilidad y estabilidad de 18 híbridos de grano blanco generados por IDIAP y PRM; identificar genotipos promisorios con buena estabilidad de rendimiento y características agronómicas deseables, bajo diversos ambientes de la región de Azuero 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 productores de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ejecutó en 11 localidades de la región de Azuero, en par-

CUADRO 1. UBICACIÓN, FECHA DE SIEMBRA Y COSECHA DE LAS 11 LOCALIDADES DEL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS BLANCOS DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

	Localidad	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
1.	Portobello	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'	13-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.	Regadío	Los Santos	Guararé	7°49.149'	80°17.436'	03-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	Pocrí	7°40.403'	80°09.043'	05-sep-02	5-ene-03
10.	La Yeguada	Los Santos	Pocrí	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

celas facilitadas por productores de maíz, durante la segunda época de siembra del año 2002 (Cuadro 1). Esta región se caracteriza por tener dos épocas bien marcadas de humedad, una seca (enero-mayo) y otra lluviosa (mayo-diciembre) con una media anual de 1,200 mm de lluvia. Los suelos son del orden Alfisol del grupo Haplustalf. La región está ubicada entre los 80-81° longitud Oeste y 7-8° latitud Norte. El grupo de cultivares evaluados provienen del Proyecto de Mejoramiento Genético del IDIAP en conjunto con el Programa Regional de Maíz (PRM) (Cuadro 2); en su mayoría consistió en cruzar las líneas élites del PRM con el probador CML247 x CML254 del CIMMYT.

La densidad inicial de siembra utilizada fue de 6.25 pt/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 13-26-6-7 al momento de la 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. Todos los experimentos fueron sembrados en terrenos cuya preparación del suelo consistió de dos a tres pases de Roma semi-pesada.

El control de malezas consistió en la aplicación en pre-emergencia de la mezcla de atrazina y pendimetalina,

a razón de 1.50 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 Paraíso 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 variables como: altura de planta y mazorca, rendimiento de grano, 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 maidis*).

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

CUADRO 2. NOMBRE Y ORIGEN DE HÍBRIDOS EVALUADOS EN EL ENSAYO DE EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS BLANCOS DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

Cultivar	Genealogía
1. PRM-1	(CML247 x CML254) * Pob.29(STE)C2-1707-189-5-1
2. PRM-2	(CML247 x CML254) * Pob.21(STE)C2-1701-14-1-2
3. PRM-3	(CML247 x CML254) * Pob.23(STE)C2-1703-23-1-1
4. PRM-4	(CML247 x CML254) * Pob.23(STE)C2-1703-61-3-3
5. PRM-5	(CML247 x CML254) * Pob.25(STE)C2-1705-40-4-4
6. PRM-6	(CML247 x CML254) * Pob.29(STE)C2-1707-198-1-1
7. PRM-7	(CML247 x CML254) * Pob.29(STE)C2-1707-218-1-1
8. PRM-8	(CML247 x CML254) * Pob.29(STE)C2-1707-64-2-3
9. PRM-9	(CML247 x CML254) * Pob.73TLC3#-74-1-2-2-1-#-B
10. PRM-10	(CML247 x CML254) * Pob.73TLC3#-74-1-2-2-2-#
11. PRM-11	(CML247 x CML254) * Pob.73TLC3#-74-2-5-2-B
12. PRM-12	(CML247 x CML254) * Pob.73TLC3#-105-1-2-1-1-#
13. PRM-13	(CML247 x CML254) * CL-02157
14. PRM-14	(CML247 x CML254) * CLG2409
15. PRM-15	(CL-02168 x CL00303) * CLG2409
16. PRM-16	P73NIC2 x P76SAL1. (Sint. 1 x Sint. 2-Ensayo Sints. 2001)
17. 247 x 254	CML247 x CML254
18. PB-0105	(CML 247 x CML254) * Pob 23 (STE) C2-1703-61-3-3

IDIAP (Ciénega Larga, El Ejido y París). 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:

$$X_{ijk} = \mu + G_i + B_{j(i)} + A_k + (GA)_{ik} + e_{ijk}$$

en donde:

- X_{ijk} = valor del carácter estudiado
- μ = media general
- G_i = efecto de genotipo
- $B_{j(i)}$ = efecto de bloques dentro de repetición
- A_k = efecto de ambiente
- $(GA)_{ik}$ = 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 a través de las diferencias mínimas significativas (DMS).

Para el análisis estadístico de las variables porcentaje de plantas acamadas y de mazorcas podridas, se realizó el análisis de la variable transformada por el método de la raíz cuadrada más un medio.

Luego del análisis combinado para el rendimiento se realizó un análisis de

covarianza a cada localidad y uno al combinado, utilizando la variable plantas/m² como covariable.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza combinado del rendimiento y algunas características agronómicas se presenta en el Cuadro 3. Se observó una diferencia significativa entre ambientes y cultivares para todas las variables estudiadas. La interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa ($P < 0.01$) para

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	gl	Rend	Rend ¹ cov	Alpt	Ptm ²	Mzm ²	Mz/Pt	Pmz	Aca %	Pud %	Almz/ Alpt	Phys
Ambiente	10	73.53**	74.722**	6709**	5.40**	3.67**	0.074**	25374**	0.876**	0.007**	0.016**	3.568**
Rep (Amb)	22	0.86	0.774	554	0.29	0.28	0.006	222	0.032	0.001	0.003	0.126
Genotipo	17	6.74**	4.967**	1133**	1.45**	1.96**	0.013**	1668**	0.055**	0.004**	0.006**	0.165**
Gen x Amb	170	0.68**	0.557**	138*	0.19**	0.31**	0.005**	182**	0.007**	0.001**	0.001*	0.064**
Error	367	0.35	0.308	109	0.134	0.20	0.004	107	0.005	0.0005	0.0009	0.055
Ptm ²	1		14.81**									
CV (%)		11.10	10.50	4.50	6.70	8.50	6.80	10.40	7.20	3.10	5.60	10.20

* = Diferencia significativa (P<0.05), ** = Diferencia altamente significativa (P<0.01), ns = no hay diferencia significativa

¹ Cuadros medios del análisis de covarianza para la variable rendimiento, los grados de libertad del error es 366 y de la covariable 1
 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, Almz/Alpt = relación altura de mazorca y altura de planta, Phys = Physoderna

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS Y GRADOS DE LIBERTAD DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS DE COVARIANZA DE LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO POR LOCALIDAD. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

F de V	gl	Eljido	Guar	S. José	T. Abajo	Paraíso	Yeguada	Port.	L. Cast.	Enea	A. Buena	Maribé
Rep	2	1.603**	1.839**	0.662 ^{ns}	0.550 ^{ns}	0.996 ^{ns}	0.517 ^{ns}	0.632 ^{ns}	0.656*	0.016 ^{ns}	0.354 ^{ns}	0.220 ^{ns}
Genotipo	17	0.807**	1.847**	1.746**	1.228**	1.110**	0.617*	0.519*	0.628**	0.588**	0.331 ^{ns}	0.149 ^{ns}
Error	33	0.222	0.264	0.593	0.395	0.374	0.337	0.271	0.243	0.187	0.306	0.192
P _{tm} ²	1	2.324**	2.604**	5.023**	0.441 ^{ns}	1.360*	2.824**	0.000 ^{ns}	2.388**	1.484**	0.132 ^{ns}	1.433**
CV (%)		8.1	6.9	13.6	12.8	10.4	8.8	13.1	8.9	8.8	16.3	10.1

* = Diferencia significativa (P<0.05). ** = Diferencia altamente significativa (P<0.01). ns = no hay diferencias significativas

todas las variables estudiadas, con excepción para la variable mazorca por planta (Mz/Pt) y calificación de *Physoderma*.

En el año 2002 se registró una precipitación de 587.7 mm en los meses anteriores a la siembra de los ensayos (abril-agosto); ésta se considera igual a la media de la precipitación del periodo 1995-2002 (601.5 mm de precipitación en dicho período). El mes de septiembre presentó una baja precipitación en los distritos de Los Santos (71.0 mm) y Guararé (90.0 y 78.1 mm), mientras que en Parita (220.0 mm) y Pedasí (309.7 mm) se observaron las mayores precipitaciones. El mes de octubre registró lluvias dentro los parámetros normales en la mayoría de las localidades (214.8 mm), con excepción de El Regadío de Guararé (72.6 mm). Los meses de noviembre y diciembre se caracterizaron por una escasa precipitación (89.6 y 9.2 mm, respectivamente), la cual estuvo muy por debajo de los registros promedios (1995-2002) para estos meses en la Región (Cuadro 5).

Efecto de localidades

De acuerdo al análisis de varianza, el ambiente capturó el 66% 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 5 presenta el rendimien-

to de grano y algunas de las variables medidas por localidad. El rendimiento promedio a través de las 11 localidades muestreadas fue de 5.30 t/ha, pero el mismo se vio afectado por la época de siembra de los ensayos.

Se logró identificar dos grupos ambientales o dominios de recomendación de acuerdo a la fecha de siembra. El primer grupo (Grupo ambiental A) lo conformaron los ensayos sembrados en las localidades de El Ejido, Guararé, San José, Paraíso, Tablas Abajo y La Yeguada; todas estas localidades fueron sembrados entre el 2 al 10 de septiembre. El segundo grupo (Grupo ambiental B) lo formaron las localidades de Portobelillo, Los Castillos, La Enea, Agua Buena y Mariabé, sembrados del 11 de septiembre en adelante.

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, se afectó la etapa de la antesis (50 dds) al estado R2 (80 dds). Durante este período, en cuatro de las cinco localidades del Grupo B se registró una precipitación menor a los 50 mm de lluvia (promedio de 44.7 mm), lo que se tradujo en rendimientos menores de 5.0 t/ha, con pesos de 82.6 g/mazorca. En las localidades del Grupo A, la precipitación acumulada en esta fase del cultivo, no fue menor de 100 mm (promedio de 205.0 mm).

CUADRO 5. FECHA DE SIEMBRA, PROMEDIO DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ SEGÚN LOCALIDADES, AZUERO, PANAMÁ, 2002.

Localidades	Fecha Siembra	ppt 50-80 dds	Rend (t/ha)	Ptm ²	Alpt (cm)	Mz/Pt	Pmz (g)	Acame (%)	Pud (%)	Almz/Alpt	Phys (1-5)
Grupo A (Sin estrés hídrico)											
Prom. 11 Localidades			5.30	5.48	230	0.98	99.6	42.2	6.4	0.55	2.3
Grupo B (Con estrés hídrico)											
El Ejido	29 ago	139.0	5.82	4.81	210	1.06	115.4	34.2	7.3	0.57	2.6
Regadio	2 sep	109.3	7.43	5.68	243	1.00	132.2	44.1	4.5	0.58	2.5
San José	4 sep	202.3	5.72	5.42	231	0.93	111.6	40.5	8.5	0.53	2.8
Paraiso	5 sep	332.3	4.88	5.79	240	0.99	85.3	80.1	9.9	0.52	2.1
Tablas Abajo	9 sep	165.5	5.86	5.40	238	0.96	113.1	42.9	4.5	0.56	2.6
La Yeguada	10 sep	281.3	6.54	5.29	236	1.00	124.4	21.7	6.2	0.55	2.1
Promedio		205.0	6.04	5.40	233	0.99	113.7	43.9	6.8	0.55	2.5
Grupo B (Con estrés hídrico)											
Portobello	11 sep	74.0	3.95	5.78	226	0.97	71.2	43.6	4.4	0.55	2.2
Los Castillos	13 sep	44.0	5.63	5.70	227	0.99	97.7	15.0	5.2	0.57	2.1
La Enca	17 sep	40.0	4.88	5.09	234	0.99	97.2	55.6	6.1	0.54	2.1
Agua Buena	20 sep	30.0	3.39	5.49	235	0.94	66.1	73.3	5.4	0.55	2.2
Mariabé	24 sep	35.7	4.33	5.78	210	0.93	80.9	13.5	8.1	0.56	2.0
Promedio		44.7	4.42	5.57	226	0.96	82.6	40.2	5.8	0.55	2.1

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

Esto se tradujo en rendimientos superiores a las 5 t/ha (media general de 6.04 t/ha) y pesos de las mazorcas de 113.7 g (Cuadro 5). En la localidad de Paraíso el alto porcentaje de acame observado en la etapa de llenado del grano (80.1%), fue el factor que contribuyó en el bajo del rendimiento de la parcela (4.88 t/ha), el acame afectó principalmente el tamaño de la mazorca (85.3 g).

Otra variable afectada por el estrés hídrico, fue el número de mazorcas por planta, las localidades del Grupo A presentaron una media de 0.98 Mz/Pt, mientras que las localidades del Grupo B presentaron una media de 0.96 Mz/Pt. El resto de las variables evaluadas no difirió significativamente entre los dos grupos. El alto porcentaje de acame que se observó en Paraíso, Agua Buena y La Enea (80.1, 73.3 y 55.6%) se debió a que las mismas fueron afectadas por fuertes vientos durante el desarrollo del cultivo (Cuadro 5).

Efecto de Genotipos

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), 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 6 muestra la media de rendimiento de las 11 localidades, así como

el comportamiento de los cultivares en los dos grupos ambientales definidos.

De los cultivares evaluados, nueve sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa los híbridos PRM-1, PRM-14 y PB-0105 con rendimientos promedios de 5.92, 5.91 y 5.89 t/ha, respectivamente. Este grupo de cultivares tuvo un rendimiento 8% superior a la cruz simple, la cual forma parte de la genealogía de los mismos. Esto sugiere que la línea macho por la cual fue cruzada para obtener los híbridos triples experimentales, no afectó la heterosis de la cruz simple. Le siguieron a este grupo los híbridos PRM-8, PRM-11, 247 x 254, PRM-6 y PRM-3 con medias de rendimiento de 5.60, 5.49, 5.49, 5.43 y 5.35 t/ha, respectivamente. En cuanto a la población de plantas, al momento de la cosecha, se encontró diferencias significativas estadísticamente entre algunos los cultivares mencionados. Debido a esto, se realizó el análisis de covarianza y los rendimientos obtenidos fueron ajustados utilizando las población de plantas como covariable para poder ajustar la comparación entre los cultivares evaluados.

El Cuadro 7 muestra 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 flora-

CUADRO 6. RENDIMIENTO, POBLACIÓN DE PLANTAS Y PESO DE MAZORCA DE 18 HÍBRIDOS, SEGÚN GRUPOS AMBIENTALES. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

Cultivares	Rend (t/ha)				Ptm ²			Pmz (g)		
	11 loc.	% ¹	A	B	11 loc.	A	B	11 loc.	A	B
PRM-1	5.92	108	6.89	4.75	5.80	5.80	5.81	110.1	127.7	88.9
PRM-14	5.91	108	6.98	4.64	5.39	5.31	5.48	108.2	127.6	87.6
PB-0105	5.89	107	6.82	4.77	6.01	5.97	6.03	104.0	119.8	84.0
PRM-8	5.60	102	6.52	4.49	5.45	5.35	5.56	103.9	119.9	84.8
PRM-11	5.49	100	6.23	4.59	5.46	5.33	5.62	105.3	118.9	88.9
247 x 254	5.49	100	6.39	4.40	5.16	5.23	5.08	104.0	121.1	85.8
PRM-6	5.44	99	6.25	4.48	5.48	5.40	5.59	101.5	116.9	83.1
PRM-3	5.43	99	6.14	4.59	5.65	5.57	5.74	98.6	110.9	83.7
PRM-13	5.35	98	6.20	4.33	5.36	5.30	5.43	106.5	125.8	83.4
PRM-9	5.28	96	5.86	4.58	5.55	5.40	5.72	99.0	112.2	83.1
PRM-4	5.25	96	6.00	4.34	5.48	5.38	5.59	98.8	112.6	82.3
PRM-15	5.21	95	6.06	4.18	5.07	5.04	5.11	101.8	117.7	82.6
PRM-5	5.08	93	5.81	4.21	5.62	5.54	5.72	90.2	102.7	75.1
PRM-10	5.07	92	5.66	4.35	5.30	5.13	5.49	94.7	108.1	79.5
PRM-7	5.02	91	5.48	4.47	5.49	5.50	5.48	92.8	99.6	84.8
PRM-16	4.79	87	5.32	4.15	5.31	5.23	5.40	92.8	105.0	79.0
PRM-12	4.64	85	5.19	4.00	5.51	5.32	5.72	88.1	100.2	74.4
PRM-2	4.59	84	4.96	4.15	5.50	5.40	5.62	86.8	95.5	76.3
Promedio	5.30		6.04	4.42	5.48	5.40	5.57	99.3	113.5	82.6
DMS	0.27		0.40	0.35	0.18	0.25	0.25	5.0	7.5	8.2

¹ Representa el porcentaje de aumento con respecto a la cruz simple 247 x 254.

CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE 18 CULTIVARES DE MAÍZ BLANCO EN 11 LOCALIDADES DE AZUERO, PANAMÁ, 2002.

Cultivares	Flor días	Alpt cm	Almz cm	Mz/m ²	Mz/pt	Aca (%)	Mz pod (%)	Curv (1-5)	Phys (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	Almz/ Almp
PRM 1	54	227	125	5.52	0.95	44.6	9.3	2.5	2.2	3.2	2.9	0.55
PRM 2	55	235	131	5.33	0.97	64.4	9.5	2.8	2.4	3.5	3.1	0.56
PRM 3	54	236	126	5.62	1.00	40.1	5.5	2.5	2.2	3.1	2.9	0.53
PRM 4	54	230	131	5.35	0.98	48.2	7.1	2.4	2.3	3.2	3.0	0.57
PRM 5	54	227	129	5.72	1.03	54.6	6.1	2.8	2.3	3.4	3.2	0.57
PRM 6	55	233	129	5.37	0.98	33.7	6.1	2.5	2.3	3.2	3.0	0.55
PRM 7	54	229	129	5.42	0.99	36.5	6.8	2.8	2.5	3.3	3.1	0.56
PRM 8	55	232	128	5.38	0.99	35.8	6.8	2.5	2.3	3.2	2.9	0.55
PRM 9	54	222	126	5.44	0.98	40.5	4.4	2.8	2.4	3.2	3.0	0.57
PRM 10	55	236	131	5.27	1.00	61.9	7.4	2.4	2.3	3.5	3.1	0.56
PRM 11	55	237	128	5.22	0.96	46.9	5.2	2.4	2.3	3.2	2.8	0.54
PRM 12	53	230	127	5.30	0.96	45.3	4.6	2.9	2.4	3.3	3.2	0.55
PRM 13	55	230	125	5.00	0.93	32.3	5.7	2.5	2.3	3.0	2.9	0.54
PRM 14	54	234	125	5.33	0.99	30.5	5.2	2.3	2.2	2.9	2.8	0.53
PRM 15	54	227	120	5.00	0.98	38.3	9.0	2.5	2.2	2.9	3.0	0.53
PRM 16	54	236	132	5.08	0.96	40.1	6.9	2.8	2.5	3.4	3.3	0.56
247 x 254	55	210	121	5.05	0.98	34.4	4.3	2.3	2.2	2.7	2.9	0.58
PB-0105	54	228	129	5.94	0.99	31.7	4.8	2.8	2.4	3.1	2.9	0.56
Promedio	54	230	127	5.35	0.98	42.2	6.4	2.6	2.3	3.2	3.0	0.55
DMS	0.04	5	3	0.22	0.03	0.1	0.02	0.13	0.11	0.02	0.02	0.01

Alpt = Altura de planta, Almz = Altura de mazorca, Mz/m² = Mazorcas por metro cuadrado, Mz/Pt = Mazorcas por planta, Aca = % plantas acamadas, Mz pod = % mazorcas podridas, Curv = Curvatura, Phys = Physodermia, Aspt = aspecto de planta, Asmz = Almz/Alpt = relación altura de mazorca y altura de planta.

ción femenina osciló entre 53 a 55 dds. Con respecto a la altura de las plantas, el híbrido de menor estatura fue el 247 x 254 (210 cm), seguido por los híbridos PRM-9, PRM-1, PRM-5 y PRM-15. Las medidas de la altura de la mazorca variaron entre 120 a 132 cm, siendo los híbridos PRM-15 y 247 x 254 los cultivares con la posición más baja de este componente.

En cuanto a las principales enfermedades foliares (*Curvularia* sp y *Physoderma maydis*), no se observaron diferencias significativas entre los cultivares evaluados. De acuerdo a la evaluación en campo, ninguno de los híbridos presentó una calificación superior a 2.8, 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 la 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 PRM-1 PRM-2 y PRM-15 presentaron los valores más altos (9.3, 9.5 y 9.0%, respectivamente), mientras que los porcentajes más bajos se obtuvieron con los cultivares PRM-12 y 247 x 254.

La evaluación del porcentaje de plantas acamadas presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) 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. Cultivares como el PRM2, PRM-5 y PRM-10 presentaron porcentajes de plantas acamadas superiores al 50%.

Interacción Genotipo-Ambiente

Para la interpretación de la interacción genotipo-ambiente se utilizó el modelo Biplot GGE (Cuadro 8). El resultado de este análisis indicó que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 62% de la interacción genotipo-ambiente con tan sólo el 31% de los grados de libertad. El PCA-1 explicó el 43%, mientras que el PCA-2 fue responsable del 19% con el 16 y 15% de los grados de libertad, respectivamente.

En el Cuadro 9 se presentan las puntuaciones de los dos primeros ejes del componente principal de la interacción GxA, tanto de los 18 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 PRM-14, PRM-1, PB-0105 y la cruza simple 247 x 254.

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) DE LA INTERACCIÓN GXA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO. AZUERO, PANAMÁ. 2002.

F de V	gl	S C Tipo IV	CM	F	Pr < F
Amb	10	737.75	73.77	239.45	0.01
Gen	17	88.65	5.21	16.92	0.01
Gen x Amb	170	95.70	0.56	1.83	0.01
PCA-1	26	40.77	1.57	5.09	0.01
PCA-2	24	18.37	0.76	2.48	0.01
PCA-3	22	11.72	0.53	1.73	0.02
Residuo	104	24.82	0.24		
Error (Tipo III)	367	127.57			

CUADRO 9. 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	Puntuación PCA-1	Puntuación PCA-2	Localidad		Puntuación PCA-1	Puntuación PCA-2
PRM 1 (P-1)	0.659	0.513	El Ejido	(EJ)	-0.088	0.340
PRM 2 (P-2)	-0.626	-0.064	Regadio	(GU)	0.614	0.986
PRM 3 (P-3)	-0.009	-0.391	San José	(SJ)	1.201	-0.738
PRM 4 (P-4)	-0.089	0.612	Paraiso	(PA)	0.500	-0.456
PRM 5 (P-5)	-0.296	0.163	Tablas Abajo	(TA)	0.099	0.313
PRM 6 (P-6)	0.150	0.234	La Yeguada	(LY)	-0.028	0.320
PRM 7 (P-7)	-0.276	-0.632	Portobello	(PO)	-0.862	-0.429
PRM 8 (P-8)	0.517	0.124	Los Castillos	(LC)	-0.063	0.170
PRM 9 (P-9)	-0.471	-0.323	La Enea	(EN)	-0.132	-0.431
PRM 10 (P-10)	-0.642	0.592	Agua Buena	(AB)	-0.426	0.102
PRM 11 (P-11)	-0.279	0.450	Mariabé	(MA)	-0.813	-0.178
PRM 12 (P-12)	-0.478	-0.236				
PRM 13 (P-13)	0.124	0.201				
PRM 14 (P-14)	0.815	-0.141				
PRM 15 (P-15)	0.262	0.013				
PRM 16 (P-16)	-0.416	-0.374				
247 x 254 (CS)	0.533	-0.323				
PB-0105 (PB-5)	0.501	-0.418				

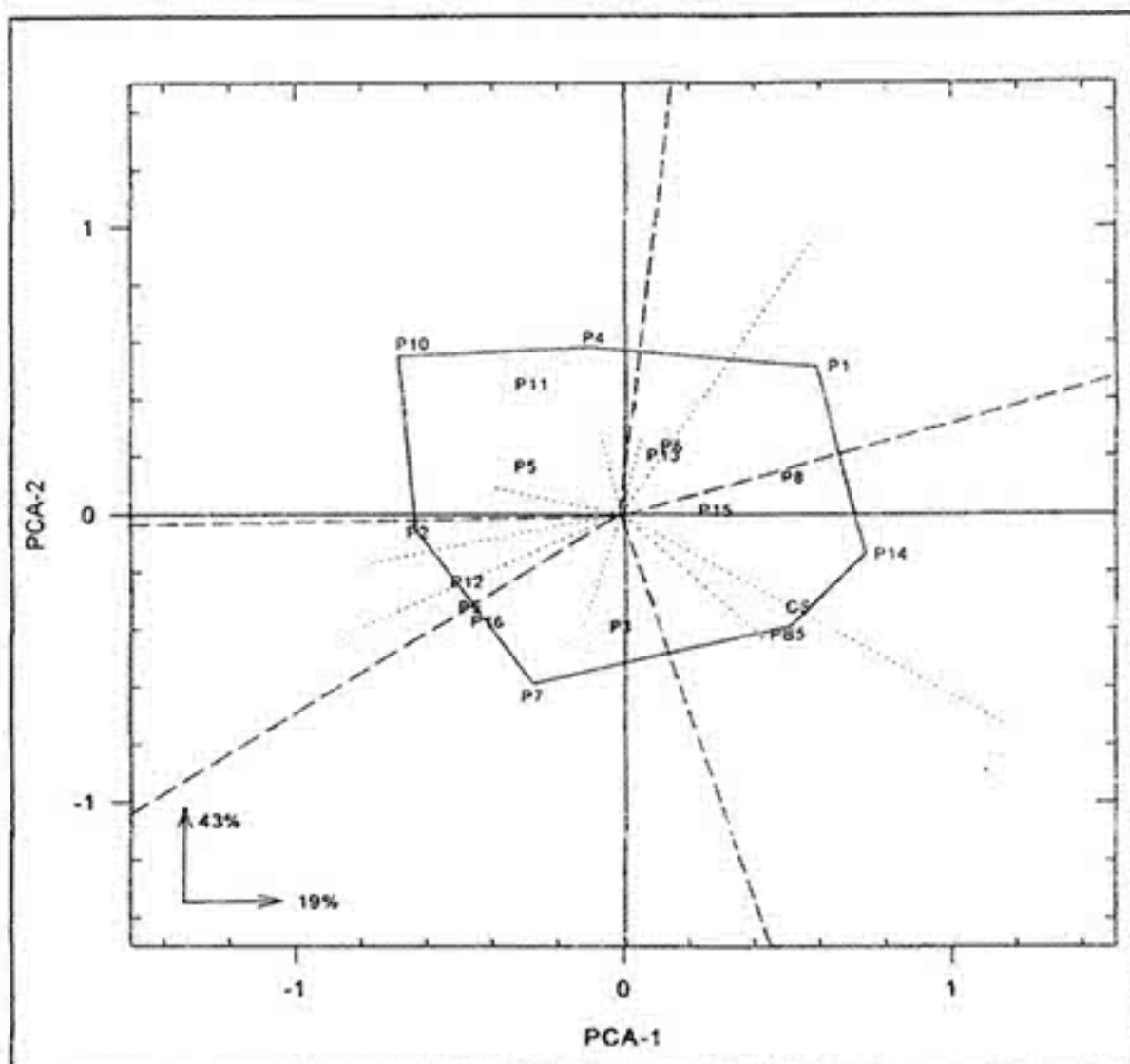


FIGURA 1. PUNTUACIONES DEL PRIMER Y SEGUNDO EJE DEL COMPONENTE PRINCIPAL DE 18 HÍBRIDOS DE MAÍZ EN 11 AMBIENTES DE PANAMÁ (Biplot GGE).

En 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 PRM-14, 247 x 254 y PB-0105 tuvieron muy buen comportamiento en las localidades de San José y Paraíso. Esto se visualiza por estar en la misma dirección y cuadrante de estas localidades.

Por otra parte, se puede observar que los cultivares PRM-2, PRM-12, PRM-8, PRM-7 y PRM16 tuvieron un mejor comportamiento en las localidades Mariabé, Portobelillo y La Enea. La gráfica Biplot GGE identificó las localidades de El Regadío en Guararé y San José como las localidades que mejor discriminaron los genotipos. Por su parte, El Ejido, Los Castillos, La Yeguada y Tablas Abajo son localidades que tienen el mismo patrón discriminatorio, por estar en la misma dirección. Mariabé y Portobelillo también presentaron un patrón discriminatorio similar.

CONCLUSIONES

- Se logró identificar que el grupo de híbridos formado por PRM-14, PRM-1, PB-0105 y la cruza simple 247x254 presentan 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 las siembras antes del 10 de septiembre más recomendables para obtener buenos rendimientos.

- Los híbridos PRM-14, PRM-1 y PB-0105 superaron en 8% el rendimiento a la cruza simple 247 x 254.
- El Ejido, Los Castillos y Tablas Abajo presentaron el mismo patrón discriminatorio, mientras que, Guararé y San José fueron las localidades que mejor discriminaron los genotipos.

BIBLIOGRAFÍA

- BECKER, H.C; LEÓN, 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.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4: 254-266.
- 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.; JR.; ZOBEL, R.W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop. Sci.* 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.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, H.G. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76: 1-10.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. Journ of Biol. Science* 9: 463-493.
- HAYMAN, B.J. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39: 789-809.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITH, L.P. 1986. Stability analysis. Where do we stand? *Crop Sci.* 26: 894-900.
- MARQUEZ, F. 1988. *Genotecnica Vegetal Métodos, Teoría, Resultados*. México D. F. 500 p.
- 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.
- SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- 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.

EFFECTO DEL DESHOJE DE SANIDAD DEL OTOE (*Xanthosoma* spp. Schott), EN LA INCIDENCIA DE LA NECROSIS MARGINAL BACTERIANA (*Xanthomonas campestris*) Y LA PRODUCCIÓN DE CORMELOS. DARIÉN, PANAMÁ. 1996-1997.

Miguel A. Acosta ¹; Blas Palomino ²

RESUMEN

El deshoje en la planta de oteo del género *Xanthosoma* spp. se realiza inmediatamente después del primer deshoje (129 días después de la siembra) y consiste en cortar las hojas enfermas o senescentes de la planta dejando las hojas sanas y, en último caso, no menos de cuatro hojas por planta. Esta práctica de cultivo cumple tres propósitos importantes: 1) Mantener en las plantas una labor estética y de sanidad, ya que se sustraen de las planta sólo las hojas enfermas y/o viejas en estado de clorosis; 2) inducir en la planta la producción de fotoasimilados y reducir al mínimo los gastos de energía por respiración; 3) acelerar el crecimiento y desarrollo del cormo y los cormelos a partir de la etapa fenológica de tuberización. Los objetivos de la investigación fueron determinar el efecto de la frecuencia de deshoje sobre la sanidad de la planta y la producción de cormelos. El estudio se realizó en el Campo experimental del IDIAP en Santa Fé, provincia del Darién, República de Panamá, en 1996. Se utilizó el cultivar tradicional San Andrés, susceptible a la enfermedad conocida como Necrosis bacteriana de la hoja, cuyo agente causal es la bacteria *Xanthomonas campestris*. Se evaluaron cinco frecuencias de deshoje (120, 160, 210, 260 y 310 dds) y un testigo (sin deshoje). Los tratamientos se distribuyeron en la parcela experimental en un diseño de Bloques al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental tuvo cuatro hileras espaciadas a 1.0 m y 0.75 m entre plantas de una semilla. La parcela efectiva constituyeron las dos hileras centrales de 5.0 m de longitud. Esta distribución espacial garantizó una población equivalente a 13,330 plantas de oteo por hectárea. La cosecha se inició en los últimos días de abril de 1997. Las variables experimentales que se midieron fueron: 1) número de plantas muertas por bacteriosis (transformados a porcentajes); 2) producción total de cormelos por hectárea. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante los análisis de varianza, regresión y correlación de Pearson. Se realizó el análisis económico con la técnica de presupuesto parcial. El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre las frecuencias de deshoje, en el porcentaje de plantas muertas por bacteriosis y en la producción total de cormelos. Cuando las plantas de oteo recibieron cinco deshojadas sólo murió el 6.25% de la población total de plantas por bacteriosis, mientras que en el testigo (sin deshojar) la muerte de plantas por bacteriosis alcanzó el 56.24%. Con cinco deshojes se logró una producción total por hectárea de 16.62 t de cormelos, mientras que el testigo sólo produjo 3.97 t de cormelos. La relación frecuencia de deshoje por porcentaje de plantas muertas por bacteriosis mostró una tendencia lineal negativa, donde $Y = 58.0366 - 10.87 (X)$. La misma tendencia lineal pero

¹ Ing. Agr., M.Sc. Agronomía de Cultivos. IDIAP, Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr). e-mail: macosta@idiap.gob.pa

² Ing. Agr. IDIAP, Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr). e-mail: bpalomino@idiap.gob.pa

positiva, mostró la relación frecuencia de deshoje por producción total de cormelo, dada por la ecuación $Y = 3.7190 + 2.7177 (X)$. Ambas variables experimentales mostraron coeficientes de correlación altamente significativos. La mayor tasa de retorno (3853 %) se obtuvo cuando las plantas de otoo recibieron cuatro deshojes.

PALABRAS CLAVES: *Xanthosoma*; enfermedades de las plantas; *Xanthomonas campestris*; Panamá.

EFFECT OF SANITARY LEAF PRUNING ON MARGINAL NECROSIS INCIDENCE AND CORMEL PRODUCTION OF COCOYAM (*Xanthosoma* spp. Schott). DARIEN, PANAMA, 1996-1997.

In 1996, a study was realized at IDIAP's experimental field in Santa Fe, Darien Province, Republic of Panama. The research objectives were to evaluate the effect of leaf pruning frequency on sanitary condition and cormel production of cocoyam plants (*Xanthosoma* spp.) growing in a "Marginal Necrosis" highly infested plot. Traditional cocoyam cultivar "San Andres", susceptible to bacterial necrosis of leaves, caused by *Xanthomonas campestris*, was planted. Five leaf pruning frequencies (120, 160, 210, 260, and 310 days after planting) were compared against a control treatment without leaf pruning. A Randomized Complete Block design with three replicates was used to distribute treatments. The experimental plot consisted of four rows planted 1 m apart and single cormels sowed at a density of 0.75 m within the rows, equivalent to a planting density of 13,330 plants per hectare. Harvest was realized in late April 1997. Experimental variables were: 1) number of plants killed by Marginal Necrosis disease (%) and 2) total cormel production (t/ha). The ANOVA of experimental data revealed highly significant differences ($p < 0.001$) among treatments (pruning frequencies) in relation to the percentage of cocoyam plants killed by the bacterial disease and the production of cormels. When five sanitary pruning were made, the lowest percentage of killed plants occurred (6.25 %) and the highest cormel production (equivalent to 16.62 metric tons/hectare) was obtained. The bacterial disease killed 56.24% of plants in control plots without sanitary pruning and a poor yield of 3.97 metric tons of cormels per hectare was produced. Correlation coefficients were highly significant for both experimental variables. Percentage of killed plants was negatively correlated to frequency of sanitary pruning following the linear equation where $Y = 56.0366 - 10.87 X$. Cormel production was positively correlated to the frequency of sanitary pruning through the equation $Y = 3.7190 + 2.7177 X$. The partial budgetary analysis indicates that highest revenue (3853 %) was obtained when cocoyam plants received four sanitary prunings.

KEYWORDS: Crop practice; leaf pruning; sanitary condition; cormel production; cocoyam; *Xanthosoma* spp; Marginal Necrosis; *Xanthomonas campestris*

INTRODUCCIÓN

Entre las raíces y tallos reservantes que se cultivan en el país, el otoo (*Xanthosoma* spp. Schott) ocupa el tercer lugar en importancia,

ya que el consumo per cápita anual alcanza los 1.4 kg, sólo superado por la yuca y el ñame (Contraloría General de la República, 2001). En la provincia del Darién se cultivan anualmente 721 hectáreas de otoo, con una producción de

2,508 toneladas de cormelos y 5.91 t/ha de rendimiento promedio. En esta actividad productiva participan alrededor de 173 productores inscritos (MIDA, 2002).

La producción de otoi es una de las actividades económicas de producción agrícola más importante en el Darién. Los ingresos son del orden de \$1.1 millones, que se distribuyen en concepto del pago de las actividades relativas al manejo agronómico del cultivo, adquisición de insumos agrícolas, transporte de la cosecha y las ganancias. En los últimos años, la comercialización del otoi ha sido excelente, puesto que los productores han logrado vender toda la producción en el mercado local a precios que oscilan entre los \$18 y \$24 por 45.45 kg.

Cabe mencionar que en diversas regiones de América del Norte y Europa, existen concentraciones demográficas de origen asiático, africano y latinoamericano que demandan este tubérculo y cuyo consumo ha estabilizado un mercado de exportación y potencial de expansión para la región productora del Darién y para el país (Acosta, 1995).

En la región del Darién han sido identificados los cultivares tradicionales "Pinga de perro" y "San Andrés", cuyos cormelos presentan una coloración lila; y el cultivar blanco de exportación conocido como "Comander". Sin

embargo, del total de la superficie sembrada con otoi, el 90% corresponde al cultivar San Andrés, el cual proviene de una comunidad fronteriza entre la provincia de Chiriquí y Costa Rica, de la cual obtuvo su nombre. No se sabe con exactitud su origen genético; sin embargo, pertenece al género *Xanthosoma* y parece estar constituido por una mezcla de genotipos visualmente diferenciables (Acosta, 1995).

Acosta y col. (1996) describen las características morfológicas del cultivar San Andrés, bajo las condiciones edafoclimáticas del Darién, que se presentan en el Cuadro 1, entre las cuales sobresalen: 1) crecimiento erecto; 2) 1.5 m de altura; 3) largo y ancho de la hoja, 0.90 y 0.45 m, respectivamente; 4) color verde; 5) entre 3 y 5 cormelos por planta; 6) la pulpa del cormelo es de coloración morada; 7) presenta un ciclo fenológico de 330 días.

Bajo las condiciones del Darién, este cultivar es poco afectado por insectos plagas y se ha estimado que las malezas pueden disminuir la producción de cormelos entre 28 y 85%, de allí que debe permanecer libre de malezas hasta los 150 días (Acosta, 2001).

En el cultivar San Andrés se han identificado algunas enfermedades, que, por la susceptibilidad mostrada, reducen significativamente la produc-

CUADRO 1. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL CULTIVAR DE OTOE "SAN ANDRÉS", BAJO LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL DARIÉN.

Descriptores	Características morfológicas
Hábito de crecimiento	Erecto
Altura de la planta	Hasta 1.5 m
Ancho de la hoja	0.45 m
Largo de la hoja	0.90 m
Color de la hoja	Verde claro
Cormos por planta	1
Diámetro del corno	0.31 m
Peso del corno	0.9 a 2.3 kg
Cormelos por planta	3 – 5
Producción de cormelos por planta	0.9 – 1.8 kg
Peso promedio del cormelo	0.18 – 0.36 kg
Color de la pulpa del cormelo	Lila
Período fenológico	330 días
Insectos plagas asociadas al cultivar	Nombre común
Gallina ciega (larva)	<i>Phyllophaga spp.</i>
Barrenador (larva)	<i>Chloroyne janais</i>
Chinche de encaje	<i>Corythuca gossypii</i>
Enfermedades asociadas al cultivar	Nombre común
Mal seco	<i>Meloidogyne spp</i> <i>Pytium splendens</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Fusarium solani</i>
Necrosis marginal bacteriana	<i>Xanthomona campestri</i>
Mancha bacteriana	<i>Xanthomona campestri p. v.</i>
Mancha concéntrica	<i>aracearum</i>
Virus del mosaico del Dasheen	<i>Colletotrichum spp.</i> DMV

Fuente: Descripción morfológica del cultivar de otoi "San Andrés, IDIAP, Santa Fé, Darién Panamá. 1996.

tividad de la planta y en el peor de los casos ocasiona su muerte. La enfermedad más difundida en los campos de otoi del Darién es la Necrosis Marginal Bacteriana, cuyo agente causal es la bacteria *Xanthomonas campestris*.

Laguna y Salazar (1983); y Jiménez (1988) describen muy sucintamente la epidemiología y sintomatología de esta enfermedad en el cultivo de otoi. Los síntomas comienzan con la presencia de una necrosis marginal de la lámina, que puede abarcar todo el margen o porciones de él. Esta franja necrótica es de color marrón y está separada de la parte sana de la hoja por un halo clorótico amarillo brillante. En el envés de la zona necrosada se pueden observar exudados bacterianos de aspecto mucoso (zoogreas) de color amarillo. La infección avanza extendiéndose hacia el interior de la lámina y entre las nervaduras laterales. Posteriormente, la necrosis se observa en las nervaduras principales y las laterales, lo que ocasiona finalmente la muerte de la hoja. En algunos casos, la infección avanza por el limbo de la hoja (que al comienzo se observa clorótico), necrosando las áreas infectadas en la medida que avanza la enfermedad, del extremo distal del foliolo hacia el extremo proximal.

Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en todas las

zonas productoras de otoi del Darién y se transmite por semilla.

Entre las prácticas agronómicas que recomiendan Laguna y Salazar (1983); y Jiménez (1988), para el manejo de la Necrosis Marginal Bacteriana se destacan: 1) Seleccionar los cormos que serán utilizados para la obtención de las semillas, de aquellos campos donde las plantas de otoi no hallan mostrado síntomas de la enfermedad; 2) seleccionar aquellos campos cuyo suelo presente una textura franca, ricos en materia orgánica, con pendiente ligera y, sobre todo, un excelente drenado; 3) preparar muy bien el terreno y construir camellones o surcos cuya altura sea superior a los 30 cm; 4) desalojar del campo las aguas de escorrentía, mediante la construcción de canales cada 25 m; 5) orientar la construcción de los surcos o camellones en dirección a la salida del sol o al viento; 6) deshojar o separar de las plantas aquellas hojas que presenten más del 60% del limbo laminar infectado.

El deshoje es una actividad poco utilizada por los productores de la región. Esta actividad está asociada con la limpieza y la sanidad de la planta, ya que durante todo el ciclo fenológico, las plantas de otoi deben recibir dos tipos de podas: 1) La poda de limpieza, que consiste en separar de la planta las hojas viejas y amarillas; y 2) la poda sanitaria, para eliminar todas aquellas hojas cuyo limbo laminar pre-

senta una infección mayor al 60%. En el sentido práctico, el deshoje consiste en cortar, sacar y quemar fuera del campo, todas las hojas que muestren senescencia y daños por enfermedades. Siempre que se realice el deshoje es importante desinfectar constantemente el machete con clorox diluido, a razón de 43 ml por galón de agua, para evitar la propagación de los propágulos patogénicos dentro y entre las plantas.

El propósito de esta investigación fue determinar el efecto del deshoje de sanidad de la planta de otoi en la variedad San Andrés, sobre el potencial de producción de cormelos, en áreas con alta incidencia de la Necrosis Marginal Bacteriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental del IDIAP en Santa Fé, corregimiento de Santa Fé, distrito de Chepigana, provincia de Darién, República de Panamá, ubicado entre los 8° 30' y 8° 40' de latitud Norte y 78° 10' y 78° 20' de longitud Oeste y a una altitud de 30 msnm.

Durante el periodo experimental comprendido entre el mes de abril de 1996 al mes de marzo de 1997, se registró una precipitación pluvial total de 2,450 mm y temperaturas máxima, media y mínima de 31.2, 26.8 y 22.4°C, respectivamente (IRHE, 1997). Estos

valores climáticos permitieron ubicar la zona experimental dentro del Bosque Húmedo Tropical (Tosi, 1980).

El suelo del sitio experimental pertenece al gran grupo Cromustert udico (Sain y Kocher, 1984), cuya arcilla con 2:1 (esmectita) se expande o contrae alternativamente con la humedad. Presenta textura arcillosa, pH de 6.2 y contenido de materia orgánica de 2.3%. En cuanto al contenido de los macronutrientes, el suelo del sitio experimental posee 36.6 y 235.2 ppm de fósforo y potasio, respectivamente (IDIAP, 1996).

El estudio permitió evaluar el efecto de hasta cinco deshojes y un testigo (sin deshoje), sobre la producción de cormelos en plantas del cultivar de otoi San Andrés, en áreas con alta incidencia de Necrosis Marginal Bacteriana como se muestra en el Cuadro 2.

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, con una parcela experimental de cuatro hileras de 6.0 m de longitud, separadas a 1.0 m. La distancia de siembra entre plantas fue de 0.75 m, con una semilla por hueco. Esta distribución espacial correspondió a una población de 13,333 plantas de otoi por hectárea.

La preparación del suelo en el sitio experimental se efectuó dos se-

CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

Tratamiento	Número de deshoje en la planta	Épocas de deshoje (dds)
1	0	-
2	1	120
3	2	120 y 160
4	3	120, 160 y 200
5	4	120, 160, 200 y 240
6	5	120, 160, 200, 240 y 280

dds = Días después de la siembra.

manas antes de la siembra y consistió en cortar, en forma manual, la cobertura vegetal. El rebrote de la cobertura fue quemado con el herbicida glifosato, a dosis de 0.72 kg i.a./ha. La siembra del experimento se realizó en el campo experimental del IDIAP de Santa Fé, a inicios del mes de mayo de 1997.

Se utilizaron semillas de 3 a 4 oz de peso previamente tratadas con la solución de 150 cc de malathion 37% y 300 g de benomyl 50%, en 25 gl de agua y por 5 min. Para suberizar en el menor tiempo posible, las tabletas (semillas) fueron colocadas en un sitio fresco y seco, por un período de 72 horas.

Durante el ciclo fenológico del cultivo, las plantas de otoo recibieron cuatro abonamientos, que consistió en incorporar en el suelo el equivalente de 200, 50 y 100 kg de N, P y K/ha, como se detalla en el Cuadro 3.

El experimento se manejó en forma manual, con seis deshierbas. La primera se realizó a los 30 días después de la siembra (dds) y las siguientes cada 45 días. Además, las plantas recibieron dos deshierbes, el primero cuando alcanzaron los 120 dds y el segundo, 30 días después. Los hijos fueron utilizados para resembrar los espacios vacíos que quedaron por la muerte de la semilla durante el período de emergencia.

La cosecha se realizó cuando el cultivo alcanzó los 360 días (abril de 1998) y sobre la parcela efectiva, que consistió en recolectar la producción de cormelos de las plantas que conformaron las hileras centrales de 6.0 m. En cada tratamiento y sobre la parcela efectiva se midieron las siguientes variables experimentales: 1) número de plantas muertas por Necrosis Marginal Bacteriana (NMB); 2) produc-

CUADRO 3. FUENTES, DOSIS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS NUTRIENTES EN EL EXPERIMENTO.

Nutrientes	Dosis Kg/ha	Fuentes	Distribución (dds) Kg/ha			
			60 dds	90 dds	150 dds	180 dds
N	200	Urea (46 %)	50	50	50	50
P	50	SFT (46 % P_2O_5)	50			
K	100	KCl (60 % K_2O)	25	25	25	25

ción total de cormelos totales en t/ha. La metodología que se utilizó para determinar el número de plantas muertas por NMB durante el ciclo fenológico, consistió en conteos de plantas muertas por parcela, cada 45 días.

Los datos de las variables experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza, la prueba de diferencias entre medias de Duncan y los análisis de regresión y correlación de Pearson. Adicionalmente, se realizó un análisis económico para la producción total de cormelos, por medio de la prueba de presupuesto parcial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. *Efecto del deshoje de sanidad, sobre el porcentaje de plantas muertas afectadas por la bacteriosis.*

En el Cuadro 4 se presenta el efecto del deshoje de sanidad en la cantidad y porcentaje de plantas de otoo

mueras por NMB. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.01$) y una correlación negativa altamente significativa entre el número de deshojes y la cantidad de plantas muertas por tratamiento.

El mayor número de plantas muertas por la NMB por hectárea ocurrió en el tratamiento testigo (sin deshoje) con el equivalente de 7,498 plantas (56.24%) y el menor número en el tratamiento con el mayor número de deshojes (cinco), con 833 plantas (6.25%).

La prueba de separación de medias de Duncan indica que, incluso entre cero y uno, entre uno y dos, entre dos y tres, entre tres y cuatro o entre cuatro y cinco deshojes de sanidad, ocurrieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la cantidad de plantas de otoo muertas por la NMB. Es decir, hubo buena respuesta de la sanidad al deshoje de las plantas de otoo,

cultivar San Andrés, en zonas de producción con presencia de NMB. Sin embargo, con uno (120 dds) o dos (120 y 160 dds) deshojes, se obtuvieron 50.00 y 31.25% de plantas muertas, respectivamente, que superan la media general del experimento (28.85% de plantas muertas), lo que sugiere que el número óptimo de deshoje está entre tres (120, 160 y 200 dds) y cinco (120, 160, 200, 240 y 280 dds).

El análisis de regresión para la variable número de plantas muertas por NMB, mantuvo una tendencia lineal según la ecuación:

$$Y = 56.0366 - 10.8740 (X)$$

y un coeficiente de regresión de $r^2 = 0.96$, como se muestra en la Figura 1.

La tendencia lineal negativa indica que el porcentaje de plantas muertas por NMB en el cultivar de otoi San Andrés, disminuye considerablemente en la medida que se incrementa el número de deshoje de las hojas enfermas (Figura 1).

2. *Efecto del deshoje de sanidad sobre la producción total de cormelos.*

En el Cuadro 5 se observa que la producción total de cormelos en el cultivar San Andrés también mostró diferencias altamente significativas entre los

tratamientos o cantidad de hojas eliminadas (deshojos) y una correlación positiva entre estas dos variables experimentales. La separación de medias de Duncan, indica que las medias de los tratamientos (toneladas de cormelos por hectárea) se presentaron en cuatro grupos de significancia: a) cuatro y cinco deshojes; b) tres deshojes; c) uno y dos deshoje y d) el Testigo sin deshoje (práctica tradicional de la localidad experimental). Las medias del grupo revisar (cuatro y cinco deshojes) superaron significativamente las de los demás grupos, con 16.18 (cuatro deshojes) y 16.62 (cinco deshojes) t cormelos/ha. La media del grupo b (tres deshojes) superó estadísticamente las de los grupos c y d, obteniendo el equivalente a 11.37 t de cormelos/ha. Las medias del grupo c sólo superaron significativamente la del grupo d, con 6.55 (un deshoje) y 8.39 (dos deshoje) t de cormelos/ha. Cuando las plantas del cultivar San Andrés no fueron deshojadas (tratamiento testigo), la NMB apenas permitió la producción de 3.97 t de cormelos/ha.

En el Cuadro 3 también se observa que los incrementos sobre la práctica tradicional (sin deshoje) en la producción de cormelos obtenidos al incrementar los tratamientos (número de deshoje) fluctuaron desde 2.58 t/ha (con un deshoje) hasta 12.65 t/ha (con cinco deshoje). Estas cifras equivalen a incrementos porcentuales

CUADRO 4. EFECTO DEL DESHOJE DE SANIDAD EN EL CULTIVAR DE OTOE "SAN ANDRÉS", SOBRE EL PORCENTAJE DE PLANTAS MUERTAS POR BACTERIOSIS. DARIÉN, PANAMÁ. 1997.

Número de deshoje	Epoca de deshoje dds	Plantas de oteo muertas por bacteriosis	
		Cantidad 1/	%
0	-	7498 f	56.24
1	120	6665 e	50.00
2	120 y 160	4166 d	31.25
3	120, 160 y 200	2499 c	18.75
4	120, 160, 200 y 240	1416 b	10.62
5	120, 160, 200, 240 y 280	833 a	6.25
CV	%	27.14	
Promedio	%	3846	28.85

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

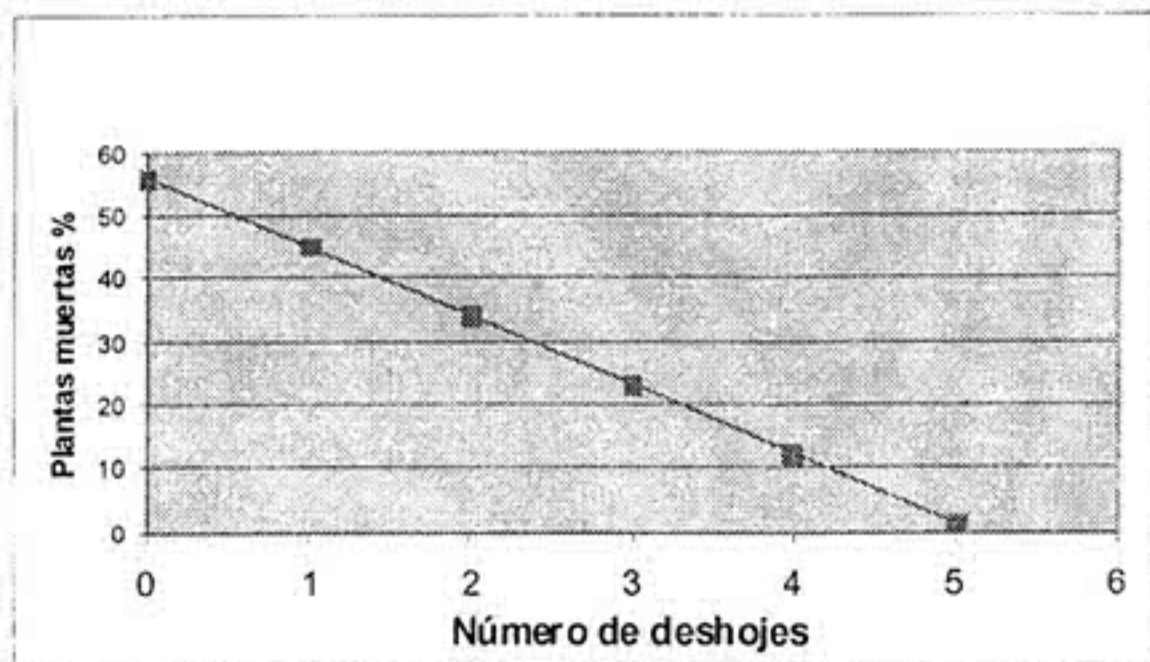


FIGURA 1. EFECTO DEL DESHOJE EN EL PORCENTAJE DE PLANTAS MUERTAS EN OTOE.

CUADRO 5. EFECTO DEL DESHOJE DE SANIDAD EN EL CULTIVAR DE OTOE "SAN ANDRÉS", SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CORMELOS TOTALES. DARIÉN, PANAMÁ. 1998.

Número de deshojes	Frecuencia de deshoje dds	Producción total de cormelos		
		Producción total de cormelos t/ha ^{1/}	Incremento en la producción de cormelos con respecto a la práctica tradicional t/ha	Incremento porcentual con respecto a la práctica tradicional %
0		3.97 d	-	
1	120	6.55 c	2.58	64.99
2	120 y 160	8.39 c	4.42	111.33
3	120, 160 y 200	11.37 b	7.40	186.40
4	120, 160, 200 y 240	16.18 a	12.21	307.55
5	120, 160, 200, 240 y 280	16.62 a	12.65	318.64
CV	%	27.14		
Promedio	t/ha	10.51		

^{1/} Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí (P>0.05), según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

sobre la práctica tradicional que van desde 64.98 hasta 318.64%.

El análisis de regresión para la variable producción total de cormelos, según el número de deshojes que se realizaron en las plantas de otoi de la variedad San Andrés presenta una ecuación lineal ascendente según la fórmula matemática:

$$Y = 3.7190 + 2.7177 (X)$$

y un coeficiente de regresión de $r^2 = 0.97$. La tendencia lineal positiva en la producción total de cormelos que se observa en la Figura 2, indica que a medida que aumenta el número de deshoje de sanidad, aumenta también la producción de cormelos.

En resumen, la poda de sanidad en la planta de otoi, liberó al cultivar tradicional San Andrés del daño foliar causado por la NMB. El grado de sanidad que alcanzaron las plantas permitió a las plantas expresar su potencial de producción de cormelos.

3. Análisis de Correlación de Pearson entre las variables experimentales: porcentaje de plantas muertas por NMB, producción total de cormelos y número de deshoje de sanidad.

En el Cuadro 6 se presenta el análisis de correlación de Pearson entre las

variables experimentales porcentaje de plantas muertas por necrosis bacterial y la producción total de cormelos y el número de deshoje de sanidad de la planta de otoi del cultivar tradicional San Andrés.

La relación entre el número de deshoje de sanidad y el porcentaje de plantas muertas por necrosis bacterial resultó altamente significativa ($P < 0.0005$) y con un coeficiente de correlación de 0.98, en donde el porcentaje de plantas muertas por bacteriosis disminuye considerablemente en la medida que incrementamos en el número de deshojes.

En cuanto a la relación entre el número de deshoje y la producción total de cormelos, también resultó altamente significativa ($P < 0.0003$) y un coeficiente de correlación de 0.98. El deshoje garantizó a las plantas crecer sanamente y expresar todo el potencial de producción de cormelos, o sea, que se encontró una correlación positiva entre ambas.

4. Análisis económico de la producción total de cormelos según el número de deshoje de sanidad.

En el Cuadro 7 se presenta el análisis económico de la producción total de cormelos según el número de deshoje de sanidad. El mismo se realizó aplicando la técnica del análisis de

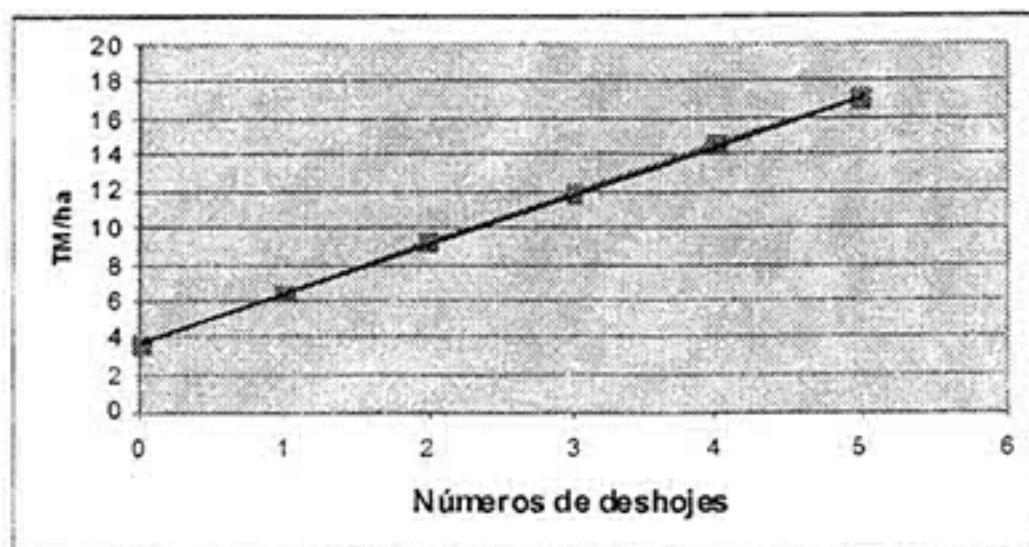


FIGURA 2. EFECTO DEL DESHOJE EN LA PRODUCCIÓN DE CORMELOS DE OTOÑO.

CUADRO 6. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE DESHOJE Y LAS VARIABLES EXPERIMENTALES, PORCENTAJE DE PLANTAS MUERTAS Y PRODUCCIÓN TOTAL DE CORMELOS.

	Números de deshoje	% de plantas muertas	Producción de cormelos
Número de deshoje	1.00000 0.00	0.98141 0.0005	0.98520 0.0003
% de plantas muertas	0.98141 0.0005	1.00000 0.00	0.96864 0.0015
Producción de cormelos t	0.98520 0.0003	0.96864 0.0015	1.00000 0.00

CUADRO 7. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE LA PRODUCCIÓN TOTAL DE CORMELOS, SEGÚN EL NÚMERO DE DESHOJES.

Tratamiento	Número de deshoje	Beneficio Bruto ^{1/} B/.	Costos Variables B/.	Beneficio Neto ^{2/} B/.	Domnancia	Tasa Marginal de Retorno ^{3/} %
1	0	978.21	0.00	978.21		
2	1	1613.92	30.00	1583.92		2015
3	2	2066.68	60.00	2006.68		1409
4	3	2799.72	90.00	2709.72		2343
5	4	3985.52	120.00	3865.52		3853
6	5	4093.32	150.00	3943.32		259

^{1/} Beneficio Bruto = Es igual al rendimiento ajustado al 20% y multiplicado por el precio monetario del producto en campo (B/. 308.00 la tonelada).

^{2/} Beneficio neto = Es igual al beneficio bruto menos el costo variable.

^{3/} Tasa Marginal de Retorno = $\frac{BN_2 - BN_1}{CV_2 - CV_1} \times 100$

Presupuesto Parcial para estimar la Tasa Marginal de Retorno (TMR).

La mayor TMR se obtuvo cuando se realizaron cuatro deshojes, con un 3,853%. Al implementar cinco deshojes se obtuvo la TMR más baja, de 259%.

CONCLUSIONES

- ❖ Con la implementación de tres, cuatro y cinco deshojes de sanidad en las plantas de otoo del cultivar tradicional San Andrés, el porcentaje de plantas muertas por Necrosis Marginal Bacteriana (NMB) fue significativamente menor.

- ❖ El deshoje de sanidad en las plantas de otoo del cultivar San Andrés es, por consiguiente, una práctica cultural efectiva para el manejo de la NMB.
- ❖ Con la implementación de cuatro y cinco deshojes de sanidad en las plantas de otoo del cultivar tradicional San Andrés, se obtuvieron las mayores expresiones de rendimiento de cornelos.
- ❖ El deshoje de sanidad en el cultivar San Andrés puede sustituir la aplicación de bactericidas a nivel de campo que, además de costosa, puede ser peligrosa (si no

se maneja responsablemente) y presenta un comportamiento errático.

- ❖ El grado de sanidad que alcanzaron las plantas de otoi del cultivar San Andrés, por efectos del deshoje, les permitió expresar eficientemente su potencial de producción de cornelos.
- ❖ La mayor rentabilidad monetaria por hectárea se obtuvo cuando las plantas de otoi recibieron cuatro deshojes de sanidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el mismo estudio en otras regiones productoras de otoi del país, en cultivares que sean susceptibles a la enfermedad conocida como Necrosis Marginal Bacteriana.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, M. A. 1995. Proyecto de Investigación y Transferencia de Tecnologías para el Manejo del Cultivo de Otoi en Labranza Mínima. Documento inédito. IDIAP, Darién, Panamá. 34 p.
- ACOSTA, M. A. 2001. San Andrés: El cultivar de otoi morado. Características morfogénica. Documento inédito. IDIAP, Darién, Panamá. 12 p.
- ACOSTA, N. A.; TAPIA, O.; PALOMINO, B. 1996. Descripción de las características morfológica del cultivar de otoi "San Andrés", bajo las condiciones edafoclimáticas del Darién. Documento inédito. IDIAP. 8 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT). 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. Programa de Economía del CIMMYT. México, D. F. 79 p.
- CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA. 2001. Panamá en Cifras 1997 – 2001. Abastecimiento anual por habitante de algunos productos alimenticios en la república de Panamá. Panamá. pp. 206 – 207.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ (IDIAP). 1996. Análisis y recomendaciones para la producción de cosecha. Análisis del suelo del Campo experimental del IDIAP en Santa Fé, Darién. Laboratorio de Suelos. Divisa, Panamá. 2 p.
- INSTITUTO DE RECURSOS HIDRÁULICOS Y ELECTRIFICACIÓN (IRHE). 1997. Registro mensual de precipitación pluvial de la Es-

tación Meteorológica de La Palma. Hidromet, Panamá. 2 p.

JIMÉNEZ B., J. M. 1988. Las aráceas comestibles: el tiquisque y el Ñampi. CATIE. Seminario taller sobre producción de otoi, ñame y yuca. Divisa, Panamá. pp. 36 - 41.

LAGUNA, I. G.; SALAZAR G., L. G. 1983. Enfermedades fungosas y bacterianas de *Araceae* (*Xanthosoma* spp. Schott y *Colocasia esculenta* (L) Schott), en Costa Rica. En Memoria XXIX Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios. Tomo 3. Hortalizas. IDIAP, Panamá.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (MIDA). 2002. Superficie, producción, rendimiento y número de productores de otoi en la provincia del Darién. Dirección Nacional de Agricultura. Documento de datos estadísticos. Santiago, Panamá. 15 p.

SAÍN, G.; KOCHER, F. 1984. Clasificación taxonómica y características de los suelos del Darién. En Informe agronómico del cultivo de maíz en Santa Fé, Darién. IDIAP-CIMMYT. Panamá. 52 p.

TOSI, J. 1980. Bioclimas de Panamá. En El árbol es vida: Protégelo. Álbum. Compañía Panameña de Alimentos. Panamá. pp. 17 - 30.

EFICACIA BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS SOBRE LARVAS DE GUSANOS CORTADORES *Agrotis ipsilon* (LEPIDÓPTERA: NOCTUIDAE) EN PAPA (*Solanum tuberosum*) EN CERRO PUNTA, BUGABA. 2003.

José A. Lezcano B.¹; Juan Bernal V.²; Marcelino Hurtado³

RESUMEN

El gusano cortador *Agrotis ipsilon* es uno de los insectos plaga de mayor importancia en los cultivos de hortalizas de transplante y en papa, por la merma que produce en el número de tallos, reduciendo significativamente el número de plantas y en ataques severos en el rendimiento. En estudios de susceptibilidad realizados en Cerro Punta, se encontró que *A. ipsilon* presentó susceptibilidad a indoxacarb, cipermetrina y permetrina; por esta razón, este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar, a nivel de invernadero, la eficacia biológica de insecticidas utilizados en el cultivo de papa y la eficacia de una nueva molécula. Para ello se utilizó un diseño de BCA con tres repeticiones y siete tratamientos, indoxacarb a dosis de 62.5, 125 y 188.5 g de i.a./ha; cipermetrina a 210 g de i.a./ha, permetrina a 275 g de i.a./ha; la mezcla de metamidofos (300 g de i.a./ha) y cipermetrina (105 g de i.a./ha); y un testigo sin insecticidas. Se utilizó la variedad Granola, un tubérculo por maceta y de cuatro a nueve tallos por maceta. A cada maceta se le colocaron 10 larvas de *A. ipsilon*. Las variables evaluadas fueron: número de larvas muertas, porcentaje de eficacia, número de tallos cortados, rendimiento y número de tubérculos. La evaluación se realizó a las 24 y 48 horas después de la aplicación de los tratamientos. Se realizó el análisis de varianza, la prueba de Rangos Múltiples de Duncan y el análisis de regresión y correlación de los datos. Se encontró diferencias significativas ($P=0.0189$) entre los insecticidas en el número de larvas muertas y la eficacia de los insecticidas a las 24 horas y diferencias altamente significativas en el número de larvas muertas y la eficacia de los insecticidas a las 48 horas ($P=0.0006$). El indoxacarb a las 24 y 48 horas presentó el porcentaje de eficacia más alto, con 73 y 80%, respectivamente, superando a la cipermetrina, permetrina y la mezcla. El indoxacarb en las tres dosis utilizadas mostró ser más eficaz en el control de gusanos cortadores que la cipermetrina y la permetrina; sin embargo, su eficacia fue de 80%.

PALABRAS CLAVES. Eficacia; mortalidad; *Agrotis ipsilon*; papa; *Solanum tuberosum*; indoxacarb; cipermetrina; permetrina.

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

² Licenciado en Biología, Ph.D. Ciencias Naturales. IDIAP, Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). e-mail: jbernal@idiap.gob.pa

³ Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

**BIOLOGICAL EFFICIENCY OF INSECTICIDES ON CUT WORM CATERPILLAR
Agrotis ipsilon (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN POTATO (*Solanum tuberosum*)
IN CERRO PUNTA, BUGABA. 2003.**

The cut worm *Agrotis ipsilon* is one of the plague insects of greater importance in the vegetables cultivation of transplant and in potato crop, by the wastage that produces in the number of stems, reducing significantly the number of plant and attack several the yields. In studies of susceptibility of *A. ipsilon* in Cerro Punta, present susceptibility a indoxacarb, cipermethrin and permethrin; for this reason, this investigation work had as objective to determine at greenhouse level the biological efficiency of insecticides used in the potato cultivation and the efficiency of a new molecule. For this was used a design of BCA with three repetitions and seven treatments, indoxacarb to dose of 62.5, 125 and 187.5 g of i.a./ha; cipermethrin to 210 g of i.a./ha; permethrin to 275 g of i.a./ha; the mixture of metamidophos (300 g of i.a./ha) and cipermethrin (105 g of i.a./ha) and a witness without insecticides. It was used the variety Granola, a tuber by handle, and of four to nine stems by handle. To each handle were put to 10 cutworm caterpillars of *A. ipsilon*. The evaluated variables were, the number of dead caterpillar, % of efficiency, Number of cut stems, crop yield, and numbers of tubercle. The evaluation was accomplished to 24 and 48 hours after applied the treatments. It was accomplished the variance analysis, the multiple ranges test of Duncan, and the regression and correlation analysis of the data. It was found meaningful differences ($P=0.0189$) between the insecticides in the number of dead caterpillar and the efficiency of the insecticides to 24 hours and differences highly meaningful in the number of dead caterpillars and the efficiency of the insecticides to 48 hours ($P=0.0006$). The indoxacarb to 24 and 48 hours presented the percentage of highest efficiency, with 73 and 80 percent respectively, surpassing to the cipermethrin, permethrin and the mixture. The indoxacarb in the three used dose, showed be but effective in the control of cutworms that the cipermethrin and the permethrin; however, efficiency was not by above of the 80%.

KEY WORDS: Efficiency, mortality, *Agrotis ipsilon*, potato, *Solanum tuberosum*, indoxacarb, cipermethrin, permethrin.

INTRODUCCIÓN

Agrotis ipsilon (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie cosmopolita, polífaga, que ataca a una gran cantidad de hortalizas. El daño lo causan las larvas más desarrolladas (L3 a L6) que pueden llegar a medir de 40 a 50 mm de longitud, al cortar las plántulas a nivel del cuello. Muy pocas veces consumen follaje, tubérculos y raíces. Las poblaciones más altas se han encontrado durante los periodos

secos y en lotes donde abundan malezas, gramíneas y residuos de cosechas (Pacheco, 1994; Martínez y col., 1999; Infoagro, 2003).

El criterio de aplicación en el manejo químico de larvas de *A. ipsilon*, según Martínez (1999), es realizar las medidas de control cuando los niveles de infestación pasen de 30 a 40% de las plantas con daño fresco.

Según Lagunes y Rodríguez (1988), en México se recomienda el uso de los insecticidas diazinón y clorpirifos (del grupo de los organofosforados heterocíclicos con enlace P=S); carbofuran (del grupo de los carbamatos heterocíclicos monometil) y el carbaril (del grupo de los carbamatos cíclicos monometil) en el combate químico de *A. ipsilon*.

En las tierras altas de Chiriquí, se reporta el uso de cipermetrina, deltametrina, lambda cialotrina (del grupo de los piretroides), clorpirifos, metamidofos y acefato (del grupo de los organofosforados alifáticos con enlace P=O), para el control de gusanos cortadores.

En el cultivo de papa en Cerro Punta se ha generalizado el uso de insecticidas en el manejo químico de los gusanos cortadores, debido a las altas poblaciones encontradas en el cultivo. Muchos de los productores de papa, en el control de esta plaga han recurrido al uso de mezclas con el propósito de encontrar un mejor control. Sin embargo, Lezcano y Hurtado (2003) encontraron que las larvas de *A. ipsilon* en Cerro Punta presentan susceptibilidad a un producto recomendado para larvas de lepidópteros de follaje el indoxacarb ($DL_{50}=1.794 \mu\text{g/g}$) y a cipermetrina ($DL_{50}=4.575 \mu\text{g/g}$) y menos susceptibilidad a carbofuran ($DL_{50}=118.439 \mu\text{g/g}$). Debido a los resultados obtenidos, se propuso como objetivo determinar la eficacia biológica de

insecticidas sobre larvas de *A. ipsilon* bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el invernadero del IDIAP, en Cerro Punta, ubicado a 1,900 msnm, a $8^{\circ} 51' 90''$ latitud Norte y $82^{\circ} 34' 19''$ longitud Oeste, con precipitación mensual promedio de 332.82 mm y una temperatura media que osciló entre 16.1 y 18.0°C , durante el periodo comprendido entre el 18 de abril al 21 de agosto de 2003. El área de recolecta presenta suelos clasificados como Andepts del Orden Inceptisol derivados de la actividad volcánica, profundos, de buen drenaje y buena capacidad de absorción, con un contenido promedio del 7% de materia orgánica.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones y siete tratamientos (Cuadro 1). En invernadero se sembraron, en macetas plásticas de color negro, tubérculos de papa de la variedad Granola (Figura 1).

Una vez emergieron las plantas, en brotación múltiples (de cuatro a nueve tallos) y después del aporque, se colocaron 10 larvas de *A. ipsilon*, las cuales una vez en la maceta se introdujeron en el suelo (Figura 2). Humedecido el suelo de las macetas e inmediatamente después se realizó

CUADRO 1. TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE INSECTICIDAS SOBRE LARVAS DE GUSANOS CORTADORES. CERRO PUNTA. 2003.

Tratamientos	N. Comercial	Dosis/lit	Dosis i.a./ha
1. indoxacarb	Avaunt 30WG	0.1875 g	62.50 g
2. indoxacarb	Avaunt 30WG	0.375 g	125.00 g
3. indoxacarb	Avaunt 30WG	0.5625 g	187.50 g
4. cipermetrina	Ripcord 20EC	0.550 cc	210.00 g
5. metamidofos + cipermetrina	Tamaron 60SL + Ripcord 20EC	0.250 cc + 0.250 cc	300 g + 105 g
6. permetrina	Talcord 25EC	0.550 cc	275.00 g
7. Testigo absoluto		0.000	0.00

la aplicación de cada insecticida dirigido a la base de las plantas, el efecto se evaluó a las 24 y 48 horas después de la aplicación.

Las variables evaluadas fueron: número de larvas muertas y vivas, número de tallos cortados, porcentaje de eficacia a las 24 horas y 48 horas después de aplicados los tratamientos, rendimiento en gramos y número de tubérculos cosechados. Se realizaron observaciones sobre el daño a la planta (hoja, tallo).

La eficacia de los insecticidas se calculó con la fórmula de Abbott (Anónimo, 1981):

$$\% \text{ de eficacia} = \frac{Cd - Td}{Cd} \times 100$$

en donde,

Cd = Número de individuos vivos del Testigo después de aplicados los tratamientos

Td = Número de individuos vivos del tratamiento

El rendimiento y el número de tubérculos por tratamiento se tomaron cuando las plantas pasaron a la etapa de senescencia (Figura 3), se contaron los tubérculos y se pesaron en una balanza granataria de dos platos (Figura 4).

Se realizó el análisis de varianza de los datos, la comparación de medias con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, el análisis de varianza de la regresión y correlación de Pearson para determinar el efecto de los tratamientos.



FIGURA 1. MACETAS CON BROTAÇÃO MÚLTIPLES DE PAPA, VAR. GRANOLA.



FIGURA 2. APORQUE Y DISTRIBUCIÓN DE LAS LARVAS DE *A. ipsilon*; 10 LARVAS POR MACETAS.



FIGURA 3. VISTA PARCIAL DEL ENSAYO AL MOMENTO DE LA COSECHA. UNA VEZ MUERTAS LAS PLANTAS, EN SU ETAPA DE SENESCENCIA, SE COSECHARON LOS TUBÉRCULOS.



FIGURA 4. TOMA DE DATOS DEL PESO Y NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR TRATAMIENTO.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados indican que hubo diferencias significativas ($P=0.0189$), entre los insecticidas (Cuadro 2) en el número de larvas muertas y en la eficacia de los insecticidas a las 24 horas, después de aplicados los tratamientos, con un coeficiente de variación de 44.05%. Esto se debe a la variación en la susceptibilidad de los individuos utilizados en la prueba, factores genéticos o a la presencia de diferentes niveles de enzimas detoxificadoras y altamente significativa ($P=0.0006$) en el número de larvas muertas y la eficacia de los insecticidas a las 48 horas después de la aplicación de los tratamientos, con un coeficiente de 28.62, donde la mayoría de los factores biológicos presentes en las larvas han sido superados por la acción de los insecticidas.

En los rendimientos y número de tubérculos no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$). El modelo utilizado fue altamente significativo ($P=0.0016$).

La media del porcentaje de eficacia entre los insecticidas (Cuadro 3) indicó que el indoxacarb, a la dosis de 187.5 g de i.a./ha, fue el más eficaz (73.33%) a las 24 horas después de aplicado el tratamiento (DTA), mientras que a las 48 horas, su eficacia aumentó a 80% (incremento de 6.7%). Esta dosis del indoxacarb no presentó diferencias es-

tadísticas a las 24 horas con las otras dosis de indoxacarb de 125 g de i.a./ha (50%) y 62.5 g de i.a./ha (50%); cipermetrina (56.67%) y la permetrina (56.67%), siendo diferente estadísticamente con la mezcla metamidofos + cipermetrina (33.33%). La eficacia presentada por el indoxacarb a las 48 horas DAT presentó diferencias estadísticas solamente con la mezcla de metamidofos + cipermetrina.

A las 48 horas, se encuentran incrementos en la mortalidad de todos los insecticidas evaluados, menos en la permetrina. La mortalidad de larvas más alto se encontró en el indoxacarb (187.5 g de i.a./ha) presentando ocho larvas muertas. Todos los tratamientos presentaron mortalidad de larvas a las 24 y 48 horas, superando al testigo absoluto. Estos resultados confirman los resultados obtenidos por Lezcano y Hurtado (2003), en los bioensayos, donde las larvas de *A. ipsilon* tratadas con el indoxacarb presentó altos niveles de susceptibilidad.

Resultados similares fueron encontrados en *Spodoptera frugiperda* por Adamezyk y col. (1999), al evaluar la toxicidad de diferentes insecticidas, moléculas nuevas y recomendados, en dos tiempos de exposición. Estos investigadores encontraron a las 24 horas después de aplicados los tratamientos una mortalidad de larvas que estuvo en un rango entre 25 a 69.7%, presentando aumentos significativos a

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EVALUACION DE LA EFICACIA BIOLOGICA DE INSECTICIDAS EN LARVAS DE GUSANOS CORTADORES.

Cuadrados medios							
FV	gl	24 horas DTA		48 horas DAT		Rend. de tuber. en gramos	No. de tubérculos
		No. Larvas Muertas	Eficacia	No. Larvas Muertas	Eficacia		
Bloques	2	1.000	100.000	0.3333	33.3333	128.1576	7.4761
Insecticidas	6	16.4126*	1641.2698*	23.0952	2309.5238**	373.3671 ^{ns}	5.5396 ^{ns}
Error	12	4.0555	405.5555	2.5000	250.0000	323.8376	3.2539
C.V. (%)		44.05	44.05	28.62	28.62	11.22	21.28

* = Diferencias significativas (P<0.05)

**= Diferencias altamente significativas (P<0.01)

ns = No hubo diferencias significativas (P>0.05)

CUADRO 3. COMPARACION DE MEDIAS DE LARVAS MUERTAS Y EFICACIA DE LOS INSECTICIDAS A LAS 24 Y 48 HORAS DESPUES DE SU APLICACIÓN EN GUSANOS CORTADORES. CERRO PUNTA. 2003.

Tratamientos	24 horas DAT		48 horas DAT	
	No. de larvas muertas	Eficacia %	No. de Larvas muertas	Eficacia %
indoxacarb (62.5 g. de i.a.)	5.0 ab	50.00 ab	7.3 a	73.33 ab
indoxacarb (125 g de i.a.)	5.0 ab	50.00 ab	7.3 a	73.33 abc
indoxacarb (187.5 g de i.a.)	7.3 a	73.33 a	8.0 a	80.00 a
cipermetrina (210 g de i.a.)	5.7 ab	56.67 ab	6.3 ab	63.33 bc
metamidofos+cipermetrina	3.3 bc	33.33 b	4.0 b	40.00 bc
permetrina (275 g. de i.a.)	5.7 ab	56.67 ab	5.7 ab	56.67 bc
Testigo absoluto	0.0 c	0.00 c	0.0 c	0.00 c

Media seguida de la misma letra en la misma columna, no difieren entre sí ($P > 0.05$), según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

las 48 horas, (13 a 33%) mortalidades entre 43.7 a 87.8%.

Como era de esperarse en la comparación de medias para el rendimiento y número de tubérculos (Cuadro 4), el tratamiento con mayor rendimiento fue la cipermetrina (173.20 g), aunque no fue la que obtuvo el mayor número de tubérculos (8.67), lo que indica que aparentemente la planta al perder tallos tiende a compensar en tamaño los tubérculos. El tratamiento con indoxacarb (187.5 g de i.a./ha) que obtuvo una mayor eficacia, presentó un rendimiento (164.20 g), con 10.67 tubérculos que fue superior a los demás tratamientos no presentando diferencias significativas con el testigo sin insecticida. Estos resultados no indican que el nivel de pérdida de tallos producidos por las larvas del gusano cortador tengan un efecto sobre los rendimientos de la papa. El análisis de correlación, indicó que no se

encontró correlación del número de larvas muertas y la eficacia con el rendimiento y el número de tubérculos cosechados. En el análisis de regresión de los datos, se encontró altamente significativo ($P = 0.0001$) el efecto de los tratamientos sobre la eficacia de los insecticidas con una $r^2 = 0.8674$, lo que indica que el 86.74% de los resultados obtenidos se deben al efecto de los insecticidas evaluados. No hubo un efecto significativo entre los tratamientos y el rendimiento y tampoco entre el número de tubérculos.

Los resultados obtenidos implican más estudios, que muestren con más claridad el efecto de los insecticidas sobre el número de larvas de *A. epsilon* que afectan los rendimientos de la papa. No se tiene claro que la aplicación de productos químicos en el manejo de los gusanos cortadores, tengan un efecto directo sobre el rendimiento del cultivo.

CUADRO 4. COMPARACION DE MEDIAS DEL RENDIMIENTO EN GRAMOS Y NÚMERO DE TUBERCULOS COSECHADOS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE INSECTICIDAS SOBRE GUSANOS CORTADORES. CERRO PUNTA. 2003.

Tratamientos	Rendimiento (gramos)	Número de tubérculos
indoxacarb (62.5 g. de i.a.)	160.60 a	8.33 ab
indoxacarb (125 g de i.a.)	142.30 a	8.67 ab
indoxacarb (187.5 g de i.a.)	164.20 a	10.67 a
cipermetrina (210 g de i.a.)	173.20 a	8.67 ab
metamidofos+cipermetrina	170.60 a	7.00 b
permetrina (275 g. de i.a.)	148.93 a	6.67 b
Testigo absoluto	162.70 a	9.33 ab

Media seguida de la misma letra en la misma columna, no difieren entre sí ($P > 0.05$), según la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

CONCLUSIONES

- ◆ En invernadero los gusanos cortadores de la especie *A. ipsilon*, mostraron la misma respuesta que en bioensayos, a los insecticidas indoxacab, cipermetrina y permetrina.
- ◆ El indoxacarb en altas dosis 187.5 g de i.a./ha a las 24 y 48 horas mostró el porcentaje de eficacia más alto, sin embargo, el uso de dosis bajas 62.5 g de i.a./ha o intermedias 125 g de i.a./ha muestran efectos aceptables.
- ◆ La mezcla de metamidofos y cipermetrina, mostraron ser menos eficaces que los insecticidas aplicados solos, presentando una eficacia inferior al 40%.
- ◆ Ninguno de los insecticidas utilizados presentaron una eficacia por encima del 80%.
- ◆ El rendimiento del cultivo de la papa no se ve afectado con poblaciones bajas (<10) de gusanos cortadores, y tampoco favorecido por el uso de agroquímico en el manejo de estas poblaciones.

RECOMENDACIONES

- ❖ Continuar con las pruebas de eficacia biológica a diferentes dosis de

insecticidas, en cultivos de papa, incluyendo nuevas moléculas.

- ❖ Realizar pruebas de laboratorio para determinar el efecto de las mezclas sobre los gusanos cortadores.
- ❖ Definir los niveles de daño económico de *A. ipsilon* en el cultivo de papa en Cerro Punta.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROINFORMACIÓN. 2003. Manejo de lepidópteros plaga. Disponible en: <http://www.infoagro.com>.
- ADAMCZYK, J. J.; LEONARD, B. R.; GRAVES, J. B. 1999. Toxicity of selected insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. Florida Entomologist 82 (2): 230-236.
- ANÓNIMO. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. 2a. ed. CIBA-GEYGI. Brasil. pp. 31-32.
- LAGUNES T., A.; RODRÍGUEZ M., J. C. 1988. Combate químico de plagas agrícolas en México. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Montecillo. México. 265 p.

- LEZCANO B., J. A.; HURTADO, M. 2004. Susceptibilidad de gusanos cortadores (Lepidoptera: Noctuidae) a dosis de insecticidas de diferentes grupos toxicológicos en Cerro Punta, provincia de Chiriquí. *Revista Ciencia Agropecuaria* (Panamá) 15: 37-54
- MARTÍNEZ R., P.; RODRÍGUEZ S., D. A.; BORRERO F., F. 1999. Manejo de plagas en Hortalizas de clima frío. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). PROMEDIOS. Boletín de Sanidad Vegetal No. 28. Bogotá, Colombia. pp. 85-86.
- PACHECO M., F. 1994. Plagas de los cultivos oleaginosos en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste-CIANO. Sonora, México. No. 3. pp. 448-449.

**USO DE UN BANCO DE KUDZÚ TROPICAL (*Pueraria phaseoloides*)
COMO FUENTE PROTEICA EN UN SISTEMA DE ENGORDE
DE TORETES BAJO SEMICONFINAMIENTO EN
ÉPOCA LLUVIOSA. LOS SANTOS, PANAMÁ. 1998.**

Manuel H. Ruiloba¹ ; Jorge Maure²

RESUMEN

En Panamá, el costo de la proteína suplementaria es alto en las raciones de engorde intensivo de toretes bajo semiconfinamiento. Con el propósito de disminuir este costo, se llevó a cabo un trabajo para evaluar la respuesta bioeconómica de la sustitución parcial de la harina de pescado por Kudzú Tropical (*Pueraria phaseoloides*) como banco de proteína. El trabajo se llevó a cabo en Los Santos, Panamá, durante el periodo lluvioso. Se utilizó un diseño completamente al azar y se evaluaron dos tratamientos: sin consumo de Kudzú (TSK) y con consumo de Kudzú (TCK). El sistema de semiconfinamiento consistió en pastoreo nocturno en *Brachiaria decumbens* y confinamiento diurno. La gramínea se manejó a base de siete días de pastoreo y 21 días de descanso y fertilización nitrogenada; el pastoreo de la gramínea se iniciaba a las 5:00 pm. El banco de Kudzú se manejó bajo pastoreo continuo una hora antes del pastoreo de la gramínea. La alimentación suplementaria consistió de melaza, harina de pescado, urea y sal mineral, pero TCK recibió sólo el 50% de la harina de pescado correspondiente a TSK. El suplemento se incrementó quincenalmente, en función del peso vivo de los animales. Se utilizaron 21 toretes que incluían Cebú y cruces de Cebú x Pardo Suizo; éstos fueron desparasitados al inicio y a los 63 días de ejecución del trabajo. La disponibilidad de biomasa (DB) promedio de la gramínea fue 2762 (± 148) y 2379 (± 158) kg/ha, con un contenido de proteína cruda (PC) de 7.65 (± 0.53) y 7.84 (± 0.25)% para TSK y TCK, respectivamente. La presión de pastoreo (PPA) varió muy poco entre tratamientos, con un promedio de 2.65 kg MS/100 kg de peso vivo/día (± 0.20). La carga animal (CAA) promedio en la gramínea fue de 6.45 y 9.02 UA/ha para TSK y TCK, respectivamente. El banco de Kudzú presentó una DB, PC, PPA, CAA y consumo de MS (CMS, kg/100 kg de peso vivo/día) de 1815 (± 99.5), 19.3 (± 0.4), 0.87 (± 0.02), 16.4 (± 0.5) y 0.75 (± 0.14), respectivamente. El consumo promedio de melaza, urea y harina de pescado para TSK fue de 1.12, 0.02 y 0.088 kg de MS/100 kg de peso vivo/día, respectivamente. El consumo de melaza y urea fue similar para ambos tratamientos, pero el de harina de pescado fue de 0.088 y 0.038 kg de MS/100 kg de peso vivo/día para TSK y TCK, respectivamente. Se obtuvo efecto de tratamiento (TR) ($P < 0.001$), animal (AN en TR) ($P < 0.01$), período de pesada de los animales (PE) ($P < 0.001$) y TR*PE ($P < 0.003$) sobre la ganancia de peso vivo (GPV). En todos los PE, la GPV de TSK fue mayor a la TCK, con promedios de 0.857 (± 0.020) y 0.639 (± 0.017) kg/animal/

¹ Ph.D., Nutrición animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).
e-mail: mruiloba15@hotmail.com

² Ing. Zool. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León". Los Santos, Panamá.
e-mail: jmaure@idiap.gob.pa

día, respectivamente. En términos económicos, el banco de Kudzú disminuyó el costo en alimentación, pero no compensó la pérdida en ingreso debido a la menor GPV.

PALABRAS CLAVES: *Pueraria phaseoloides*; Kudzú Tropical; semiconfinamiento; banco de proteína; engorde de ganado.

USE OF A TROPICAL KUDZU (*Pueraria phaseoloides*) BANK AS SUPPLEMENTARY PROTEIN IN A PARTIAL FEEDLOT SYSTEM OF FATTENING BULLS DURING RAINY SEASON. LOS SANTOS, PANAMÁ. 1998.

In Panama, the cost of the supplementary protein is high in partial feedlot systems of fattening cattle. Therefore, in order to reduce this cost, an experiment was carried out to evaluate the bioeconomical response to the partial substitution of fish meal by Tropical Kudzu (*Pueraria phaseoloides*) as a legume bank. The experiment was performed during the rainy season, and two treatments (TR) were evaluated with a randomized design: Without Kudzu intake (TSK) and with Kudzu intake (TCK). The partial feedlot system consisted in grazing during the night and feedlot during the day light. *Brachiaria decumbens* was used with a rotation of 7 to 21 days of occupation and resting and N fertilization; it was grazing between 5:00 pm and 6:00 am. The Kudzu was grazed daily (4:00-5:00 pm) under a continuous occupation system. The supplementary feed consisted of molasses, fish meal, urea and a mineral mixture but in TCK the animals received only 50% of the fish meal corresponding to the TSK. Twenty one animals were utilized including Zebu and Zebu x Brown Swiss bulls, with an average age of 19 months (± 4) and body weight of 310 kg (± 38), which were kept under a health plan for controlling internal and external parasites. Dry matter availability (DMA) and crude protein content (CPC) of *B. decumbens* were 2762 (± 148) and 2379 (± 158) kg/ha and 7.65 (± 0.53) and 7.84 (± 0.25)% for TSK and TCK, respectively. The grazing pressure (GP) did not vary too much between TR, with an average of 2.65 (± 0.20) kg DM/100 kg body weight/day. The stocking rates (SR) were 6.45 (± 0.10) and 9.02 (± 0.26) animal units/ha for TSK and TCK, respectively. The legume bank presented a DMA, CPC, GP, SR and DM intake (kg/100 kg body weight/day) of 1815 (± 99.5), 19.3 (± 0.4), 0.87 (± 0.02), 16.4 (± 0.5) and 0.75 (± 0.14), respectively. The ingestion of molasses and urea were the same for both treatments (1.12 and 0.02 kg DM/100 kg body weight/day) but the intake of fish meal were 0.088 and 0.038 kg DM/100 kg body weight/day for TSK and TCK, respectively. There was a significant effect of TR ($P < 0.001$) on animal performance, with a body weight gain of 0.857 (± 0.020) and 0.639 (± 0.017) kg/animal/day for TSK and TCK, respectively. With respect to TSK, the legume bank reduced the feed cost; however, it produced a lower income.

KEYWORDS: *Pueraria phaseoloides*; Tropical Kudzu; partial feedlot system; legume bank; fattening cattle.

INTRODUCCIÓN

Se ha estudiado el uso de leguminosas forrajeras como banco de proteína para la producción de leche y

carne bovina en sistemas a base de pasturas (Ruiloba y col., 1987; Vargas y col., 1988; Valdés, 1992; Ruiloba y Guerra, 1997; Romero y González, 2001; Lara y Reátegui, 2001), pero

sólo se ha obtenido un efecto complementario con dietas bajas en proteína cruda.

En Panamá, en sistemas de engorde intensivo de toretes bajo semiconfinamiento a base de melaza (Ruiloba y Maure, 2000), la proteína verdadera suplementaria representa alrededor del 20-40% del costo diario del suplemento, incluyendo como fuente de proteína verdadera, la harina de carne y hueso, torta de soya o harina de pescado. Este costo puede reducirse por medio de la sustitución parcial o total de estas proteínas por leguminosas, ya que los costos son menores. En este sentido, en terneros de lechería, se logró sustituir el concentrado por *Gliricidia sepium* (Rivera y Morales, 1991) y en producción de leche, la urea (Ruiloba y col., 1991) y harina de pescado (Ruiloba, 1991) por Kudzú.

En base a estas consideraciones, se llevó a cabo un experimento para evaluar la respuesta bioeconómica de la sustitución parcial de harina de pescado por Kudzú, en el engorde de toretes en un sistema de semiconfinamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en 1998, en la Finca Experimental El Ejido, IDIAP, ubicada a 26 msnm, con clima de Bosque Húmedo Premontano, temperatura anual promedio de 27°C y

precipitación anual de 1,112 mm. El suelo es alfisol, con textura arcillosa y pH de 5.5; éste contiene 3% materia orgánica, 2 ppm de P, 2.0 cmol de K, 1.0 cmol de Ca y 0.45 cmol. de Mg/kg.

Con un diseño completamente al azar se estudiaron dos tratamientos: sin consumo de Kudzú (TSK) y con consumo de Kudzú (TCK), los que se evaluaron bajo semiconfinamiento en el período lluvioso (septiembre-enero), a base de pastoreo nocturno en gramínea y alimentación suplementaria diurna en corral.

El pastoreo se realizó en *Brachiaria decumbens*, entre las 5:00 pm y 6:00 am, manejada a base de siete días de pastoreo y 21 días de descanso, con una carga animal inicial promedio de 6.5 UA/ha en pastoreo (gramínea + leguminosa) y fertilización urea (40 kg de nitrógeno/ha), en aplicaciones fraccionadas inmediatamente después del pastoreo. En TCK la carga animal inicial en la gramínea fue de 7.8 UA/ha. El período de pastoreo en cada cuadra se estableció visualmente, usando como criterio una altura residual promedio del pasto de 15 a 20 cm. Para el consumo de Kudzú, el animal disponía de un banco de Kudzú, que pastoreó diariamente por una hora (4:00-5:00 pm). El pasto se manejó bajo pastoreo continuo, con una carga animal inicial de 14.5 UA/ha y sin fertilización, ya que se fertilizó durante

el establecimiento y no había sido pastoreado.

La alimentación suplementaria se llevó a cabo en corral, bajo galera, de las 6:00 am a las 5:00 pm. El tratamiento TSK recibió melaza, harina de pescado y urea, inicialmente, a razón de 1.25, 0.10 y 0.02 kg (base fresca)/100 kg de peso vivo/día, respectivamente. El tratamiento TCK recibió igual cantidad de melaza y urea, pero 50% menos de harina de pescado. Ambos tratamientos recibieron en el suplemento 0.05 kg/animal/día de una mezcla mineral que contenía 7.0% de Ca, 5.0% de P y 5.0% de una premezcla comercial.

Se utilizaron nueve animales en TSK y 12 en TCK, que incluían Cebú y cruces de Cebú con Pardo Suizo, con una edad y peso vivo inicial promedio de 19 meses (± 4) y 310 kg (± 38), respectivamente, los cuales fueron tratados al inicio y a los 63 días contra parásitos internos y externos.

El trabajo se realizó en el período lluvioso e incluyó una fase de adaptación de 21 días y una fase de evaluación de 102 días. En la fase de adaptación se redujo gradualmente el tiempo de pastoreo diurno en la gramínea y se incrementó su estancia en el corral; paralelamente, se incrementó gradualmente (25, 50, 75 y 100%) la cantidad de suplemento, con cambios cada tres días. Los animales se pesaron a las 8:00 am al inicio y final de la fase de adaptación y aproxi-

madamente cada 25 días durante la fase de evaluación.

La disponibilidad de forraje de la gramínea se midió en cada parcela, un día antes de su pastoreo, utilizando la técnica del cuadrante, a una altura de 0.10 m; en cada muestreo se tomaron muestras para determinar su contenido de materia seca (MS) y proteína cruda. En el banco de Kudzú se midió la disponibilidad de forraje cada 30 días, cosechando el forraje a 0.15 m de altura; además, se midió el consumo utilizando la técnica de jaulas y la fórmula de Lineham, Lowe y Stewart (Mendoza y Lazcano, 1984), empleando seis jaulas de 1.25 x 1.25 x 1.50 m, distribuidas al azar en la parcela cada 30 días.

Para los análisis estadísticos, los parámetros evaluativos se sometieron a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (López y col., 2000) y a transformaciones para lograr su normalidad. Para la ganancia de peso vivo (GPV) en la fase de evaluación, el análisis de varianza se hizo en base al siguiente modelo:

$$GPV_{ijk} = U + TR_i + AN_j (TR_i) + PE_k + TR_i * PE_k + E_{ijk}$$

en donde,

U = Media general.
 TR_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$AN_j(TR)$	=	Efecto del j-ésimo animal anidado en el i-ésimo tratamiento.
PE_k	=	Efecto del k-ésimo período de pesada de los animales.
$TR_i \cdot PE_k$	=	Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y k-ésimo período de pesada de los animales.
E_{ijk}	=	Error aleatorio asociado al k-ésimo período de pesada de los animales, correspondiente al j-ésimo animal, dentro del i-ésimo tratamiento. Para la prueba de hipótesis de la variable TR se utilizó como error el componente $AN_j(TR)$.

Para los parámetros correspondientes a la pastura, se utilizó el mismo modelo sin el componente $AN_j(TR)$. Los parámetros que aún con las transformaciones no lograron una distribución normal se sometieron a la prueba no paramétrica de Wilcoxon (López y col., 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las disponibilidades de biomasa en oferta (DB) promedio de *B. decumbens*

se presentan en el Cuadro 1. El análisis de variancia indicó efecto de TR ($P < 0.09$) y PE ($P < 0.01$) sobre la DB, pero la interacción $TR \cdot PE$ no resultó significativa ($P > 0.48$). La DB promedio para TSK y TCK fue 2379 (± 148) y 2762 (± 158) kg de MS/ha/ período de pastoreo, respectivamente. La variación en DB entre PE puede estar relacionada con diferencias en carga animal, la que se incrementó a través del tiempo, y precipitación pluvial. La presión de pastoreo (PPA), kg MS/100 kg de peso vivo/día, sólo resultó afectada por PE ($P < 0.07$) (Cuadro 1). Las PPA obtenidas pueden considerarse adecuadas, ya que el tiempo diario de pastoreo era parcial y se recomienda entre 3 a 6 kg de MS/100 kg de peso vivo/día para pastoreo a tiempo completo (Cubillos y col., 1981; Spain y Pereira, 1984). La carga animal (CAA) promedio en la gramínea aumentó a través del tiempo, en función del mayor peso de los animales.

El período promedio de pastoreo por parcela dependió de la DB, por lo que siguió un patrón similar a ésta (Cuadro 1). El contenido de proteína cruda (PC) de la gramínea en oferta por tratamiento se sometió a una prueba no paramétrica, resultando no significativa, tanto con la prueba de t ($P > 0.669$) como la prueba de chi-cuadrado ($P > 0.644$). El promedio general de PC fue de 7.74 (± 0.28)%, base seca.

CUADRO 1. DISPONIBILIDAD DE BIOMASA (DB), PRESIÓN DE PASTOREO (PPA), CARGA ANIMAL (CAA) Y PROTEÍNA CRUDA (PC) PROMEDIO DE *B. decumbens* POR TRATAMIENTO Y PERIODO (PE).

PERIODO	DB (kg MS/ha/periodo de pastoreo)		PPA (kg MS/100 kg de peso vivo/día)		CAA (UA/ha)		Tiempo de pastoreo/parcela (días)		PC (% base seca)	
	TSK	TCK	TSK	TCK	TSK	TCK	TSK	TCK	TSK	TCK
1 (9 oct. - 3 nov.)	2450	2382	2.83	3.24	6.02	8.38	9.0	7.0	8.41	8.43
2 (4 nov. - 28 nov.)	3378	2789	2.60	2.30	6.30	8.65	13.0	9.0	8.04	7.45
3 (29 nov. - 23 dic.)	3064	2282	2.97	2.55	6.50	8.95	10.3	7.7	6.80	7.79
4 (24 dic. - 19 ene.)	2105	2064	2.37	2.37	6.79	9.48	8.0	5.0	7.14	7.59
Promedio	2762	2379	2.69	2.61	6.48	9.02	9.6	7.4	7.65	7.84
Error Estándar	148	153	0.20	0.20	0.10	0.26	0.7	0.7	0.53	0.25

TSK = sin consumo de Kudzu

TCK = con consumo de Kudzu

El manejo del banco de proteína dentro del sistema de semiconfinamiento resultó simple y los animales se adaptaron a éste rápidamente; sin embargo, el tiempo de pastoreo real se estimó entre 30 y 45 minutos.

En el Cuadro 2 se presentan diferentes parámetros referentes al comportamiento del banco de Kudzú. La PPA y CAA resultaron altas; pero, esto no afectó el comportamiento de la leguminosa, ya que la DB se incrementó a través del tiempo. Ruiloba y col. (1990) reportaron una carga animal de 19.9 UA/ha y disponibilidad en oferta de forraje de 1744 kg de MS/ha para un banco de Kudzú manejado en condiciones similares al del presente trabajo, pero con vacas de lechería.

El consumo promedio de Kudzú fue de 0.72 kg de MS/100 kg de peso vivo/día, con poca variación entre períodos de pastoreo. Este consumo es mayor al reportado por Ruiloba y col. (1997) en un banco de Kudzú con vacas de lechería, 0.44 kg de MS/100 kg de peso vivo/día. En términos de PC, este consumo representó 0.130 kg/100 kg de peso vivo/día, superior al nivel de PC de harina de pescado que debió sustituirse (0.028 kg/100 kg de peso vivo/día).

El consumo promedio de suplemento se indica en el Cuadro 3. El consumo de harina de pescado de TCK representó el 43.2% del consumo respectivo de TSK, lo que en términos de

PC representó un 54.9% de sustitución.

En el período de adaptación la ganancia de peso vivo (GPV) promedio fue de 1.224 y 0.626 kg/animal/día para TSK y TCK, respectivamente. En promedio (0.925 kg/animal/día), estas ganancias resultaron superiores a las obtenidas en el período de evaluación (0.724 kg/animal/día), aunque el consumo de suplemento fue 30% menor en el período de adaptación, lo que pudo implicar crecimiento compensatorio. Por otro lado, la diferencia entre tratamientos pudo implicar mayor dificultad en la adaptación al sistema con el banco de proteína, pero también un efecto negativo del Kudzú.

En la fase de evaluación, la ganancia de peso vivo (GPV) no presentó una distribución normal; ésta se logró con una transformación logarítmica, con la que se realizó el análisis de variancia. En el Cuadro 4 se indican los cuadrados medios. La interacción TR*PE resultó significativa ($P<0.01$), con una GPV mayor para TSK en todos los PE. Las GPV promedio ajustada fueron de 0.857 y 0.639 kg/animal/día y el error estándar de 0.020 y 0.017 para TSK y TCK, respectivamente. El peso vivo final promedio fue de 424.4 y 388.2 kg/animal/día para TSK y TCK, respectivamente.

CUADRO 2. DISPONIBILIDAD DE BIOMASA (DB), PRESIÓN DE PASTOREO (PPA), CARGA ANIMAL (CAA), PROTEÍNA CRUDA (PC) Y CONSUMO (CMS) PROMEDIO DE KUDZÚ TROPICAL POR TRATAMIENTO Y PERÍODO DE PASTOREO.

PERIODO	DB (kg MS /ha)	PPA (kg MS/100 kg de peso vivo/día)	CAA (UA/ha)	PC (%, base seca)	CMS (kg MS/100 kg de peso vivo/día)
1 (9 oct. - 3 nov.)	1650	0.85	15.6	19.2	0.90
2 (4 nov. - 28 nov.)	1802	0.85	16.3	20.1	0.62
3 (29 nov. - 23 dic.)	1994	0.91	17.3	18.6	0.73
4 (24 dic. - 19 ene.)	1900	0.90	18.0	17.8	0.65
Promedio	1836	0.88	16.8	18.9	0.72
Error Estándar	86.2	0.02	0.5	0.5	0.06

CUADRO 3. CONSUMO PROMEDIO DE SUPLEMENTO (kg/100 kg de peso vivo/día) POR TRATAMIENTO (*).

Ingrediente	TRATAMIENTO			
	TSK		TCK	
	MS	PC	MS	PC
Melaza	1.120	0.075	1.130	0.075
Urea	0.020	0.057	0.020	0.057
Harina de pescado	0.088	0.051	0.038	0.023
TOTAL	1.248	0.183	1.188	0.155

(*) Período de evaluación, 102 días.

MS = materia seca PC = proteína cruda

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS PARA LA GANANCIA DE PESO VIVO (GPV) EN BASE A UNA TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA.

Fuente de variación	gl	CM	Pr>F
Tratamiento, TR	1	0.2511	0.001
Animal, AN (TR)	19	0.0265	0.010
Período, PE	2	0.1504	0.001
TR * PE	2	0.0745	0.003

(*) Correspondiente a la suma de cuadrados tipo III.

La sustitución de la proteína de la harina de pescado por Kudzú disminuyó la GPV en un 25.4%, a pesar de que el consumo de proteína de Kudzú fue superior al correspondiente nivel de sustitución. Esta respuesta puede ser producto de una menor calidad proteica, principalmente en términos de proteína sobrepasante; una disminución de la digestibilidad de la ración, producto de un aumento en la tasa de pasaje (Siebert y col., 1979); o un incremento en el costo energético por eliminación del exceso de N absorbido, consecuencia de un alto consumo de proteína. Este último aspecto plantea la alternativa de sustitución de un mayor nivel de proteína soluble en el suplemento, en este caso, la aportada por la urea. En este sentido, Ruiloba (1991) logró la sustitución del 100% de la PC de la harina de pescado (0.071 kg/100 kg de peso vivo/día) y 71% de la urea (0.107 kg/100 kg de peso vivo/día) por heno de Kudzú, sin afectar la producción de leche y cambio de peso vivo de la vaca.

En términos económicos, el banco de Kudzú disminuyó en B/.12.80/animal el gasto en suplemento, pero produjo una reducción en la GPV con un valor de B/.23.50/animal, lo que no posibilita su utilización.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

- * No es viable la sustitución de la harina de pescado por Kudzú a través de un banco de proteína al 50% de su aporte proteico en el suplemento para el engorde intensivo de toretes, ya que el ahorro en harina de pescado no compensa el ingreso perdido por la disminución en la ganancia y peso vivo obtenida con el Kudzú.
- * El consumo de Kudzú resultó muy superior al correspondiente a la cantidad de proteína sustituida, lo que permite inferir que la calidad proteica de esta leguminosa es muy inferior a la calidad proteica de la harina de pescado.

BIBLIOGRAFÍA

- CUBILLOS, G. O.; VILLALOBOS, L. H.; ATAIDE, E. C. 1981. Comportamiento de la asociación Kudzú Tropical y pasto Ruzi bajo efecto de diferentes presiones de pastoreo e intervalos de descanso. I. Efectos sobre la composición botánica, producción y consumo de biomasa. En Resúmenes de la VII Reunión de ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal), 4-10 de octubre de 1981. Santo Domingo, República Dominicana. p. 39.

- LARA, D.; REÁTEGUI, K. 2001. Efecto del uso del *Centrosema macrocarpum* en la producción de leche en la Región del Alto Mayo, Amazonia peruana. En Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras: Un proyecto ejecutado por el Consorcio Tropileche/Federico Holmann y Carlos Lazcano. CIAT, Consorcio Tropileche, International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. p.42.
- LÓPEZ, G.; PÉREZ, J.; KLEINN, C. 2000. SAS: Aplicaciones en el campo agropecuario y de los recursos naturales. CATIE. Versión 1. Costa Rica. 128 p.
- MENDOZA, P.; LAZCANO, C. 1984. Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. En Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Memorias de una reunión de trabajo celebrado en Perú, 1-5 de octubre, 1984. Carlos Lazcano y Esteban Pizarro (eds). RIEPT, CIAT. Cali, Colombia. pp.143-165.
- RIVERA, J.; MORALES, P. 1991. Efecto de la suplementación con forraje de madreño (*Glyricidia sepium*) en la ración de terneros mamando a libre pastoreo, en la zona del litoral Atlántico de Honduras. En Resúmenes, XXXVI Reunión Anual, PCCMCA (18-22 de marzo de 1991). Panamá. p. 210.
- ROMERO, F.; GONZÁLEZ, J. 2001. Efecto de la alimentación con *Cratylia argentea* fresca y ensilada durante la época seca sobre la producción de leche y sus componentes. En Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras: Un proyecto ejecutado por el Consorcio Tropileche/Federico Holmann y Carlos Lazcano. CIAT, Consorcio Tropileche, International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. p. 15.
- RUILOBA, M. H. 1991. Sustitución de harina de pescado y urea por Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en la producción de leche. Revista Ciencia Agropecuaria (Panamá) 7:109.
- RUILOBA, M. H.; GUERRA, R. 1997. Efecto del banco de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) sobre la producción de leche a base de *Brachiaria decumbens* durante la época lluviosa. En XLIII Reunión Anual, PCCMCA (17-21 de marzo de 1997). Panamá, 1997. p. 254.
- RUILOBA, M. H.; MAURE, J. 2000. Sistemas de semiconfinamiento y confinamiento para el engorde intensivo y producción de leche.

Finca Experimental El Ejido, IDIAP, Los Santos, Panamá (Folleto Técnico). 7 p.

RUILOBA, M. H.; VARGAS, A.; NIELSEN, E. 1991. Utilización del Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en producción de leche. Revista Ciencia Agropecuaria (Panamá) 7:101.

RUILOBA, M. H.; PINZÓN R., B.; QUIROZ, R. 1987. Utilización del Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) como banco de proteína en la producción de leche. En Aspectos Técnicos de la Producción de Forraje y Leche en Panamá. IDIAP. Gualaca, Panamá. p. 15.

RUILOBA, M. H.; DE LA LASTRA, R.; NIELSEN, E. 1990. Efecto de la suplementación energética en invierno sobre la producción de leche a base de *Brachiaria decumbens* y un banco de Kudzú. Revista Ciencia Agropecuaria (Panamá) 6: 91.

SIEBERT, B. D. y col. 1979. The utilization by beef cattle of sugarcane supplemented with animal protein, plant protein or no-protein nitrogen and sulphur. Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry 16: 789.

SPAIN J. M.; PEREIRA, J. M. Sistemas de manejo flexible para evaluar germoplasmas bajo pastoreo. Una respuesta. En Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Memoria de una reunión de trabajo celebrada en Perú, 1-5 de octubre de 1984. Carlos Lezcano y Esteban Pi (eds.). RIEPT, CIAT. Cali, Colombia. pp. 85-98.

VALDÉS, R. L. 1992. Banco de Proteínas. Revista ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal) 1: 12.

VARGAS, A.; ROMERO, F.; BOREL, R. Suplementación de forrajes de Erythrina a toretes en pastoreo. En Resúmenes. XI Reunión de ALPA (Asociación Latinoamericana de Producción Animal) (18-25 de abril de 1988). La Habana, Cuba. p. 101.

NUEVA ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE TOMATE. IDIAP-T-7. AZUERO, PANAMÁ.

NEW ALTERNATIVE FOR PRODUCTION OF INDUSTRIAL TOMATO. IDIAP-T-7. AZUERO, PANAMA.

Pedro V. Him ¹; Gladys T. de Gutierrez ²; Nilso García ³; Abrahan Castillo ³

El cultivar IDIAP-T-7 surge como una necesidad para la producción nacional de tomate industrial en Panamá, dentro del Proyecto de Mejoramiento Genético de Tomate de IDIAP. Es bien sabido que el cultivo de tomate es muy afectado por varios patógenos, principalmente la bacteria *Ralstonia solanacearum*, considerada como el principal problema en los países del trópico, llegando a destruir plantaciones enteras. Por este motivo, hay que continuar creando nuevos cultivares cada cierto tiempo, con características de alto rendimiento, tolerantes a la bacteria y calidad de fruto. IDIAP-T-7 es el resultado del proceso de hibridación de Dina x Tai 43, seguido de evaluaciones y selecciones individuales desde la generación F2 hasta F5 continuando con las evaluaciones y selecciones masales hasta la F8. Una vez identificado y caracterizado el material promisorio, se incorpora a los distintos ensayos (observación, rendimiento, validación) para su evaluación y incorporación con otros cultivares utilizados para la producción comercial y materiales introducidos promisorios. Básicamente, estas evaluaciones y selecciones fueron practicadas en la localidad del INA, Divisa, en el campo experimental del IDIAP, Azuero y en fincas de productores. Entre los atributos del IDIAP-T-7 sobresalen los rendimientos superiores a 68.18 t/ha, alta tolerancia a marchitez bacteriana, virosis, altas temperaturas, hábito de crecimiento determinado, fruto tipo pera color rojo, la floración se presenta a los 25-30 días después del transplante (ddt) y la cosecha a los 65 ddt; pH= 4-5 y brix 5-6. Se recomienda cultivarlo en condiciones similares a la del presente estudio.

PALABRAS CLAVES: IDIAP-T-7; marchitez bacteriana; ddt; hibridación; generación filial.

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

² Ing. Agro. INA. Instituto Nacional de Agricultura. Divisa.

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

**PRODUCCIÓN DE HUEVOS CON GALLINAS PONEDORAS
Isa Brown BAJO DOS SISTEMAS DE CONFINAMIENTO.
PANAMÁ. 2003-2004.**

**EGG PRODUCTION OF *Isa Brown* LAYING HENS UNDER TWO
HOUSING SYSTEMS. PANAMA. 2003-2004.**

Luis Saldaña M.¹; Eric M. Candanedo Lay²

INTRODUCCIÓN

En la crianza tradicional de gallinas criollas en el área de Nuevo Tonosí y, en general, en el resto de la República de Panamá, se acostumbra alimentar las aves sólo con maíz, dejándolas en soltura para pastorear. El grano se suministra hasta tres veces por día, transformándose las aves en grandes consumidoras y en malas productoras de huevos. En el pastoreo, las aves consumen insectos, larvas de insectos (gusanos), lombrices, frutas, semillas, hojas verdes, piedrecillas o arena y agua, para complementar su alimentación. A cambio, producen carne y huevos que no suplen las necesidades familiares de sus dueños y no producen excedentes para comercializar. Se debe resaltar que para la producción de estos huevos se requiere la presencia de un gallo reproductor, lo que hace lento e ineficiente el proceso, con niveles de producción que promedian tres huevos por semana, equivalentes a 156 huevos por año.

En las últimas décadas han proliferado los sistemas de producción comercial intensiva, bajo confinamiento total en jaulas o galeras (North y Bell, 1993), en los que se utilizan gallinas ponedoras que poseen la capacidad genética de producir un promedio de 300 huevos por año, con un peso alrededor de 60 g por unidad. Son de fácil manejo, por su docilidad y no requieren la presencia de un gallo reproductor para producir huevos, por lo que este proceso se realiza en un tiempo más corto, con mayor frecuencia y eficiencia. Su carne también es

¹ Ing. Agr. Zoot., M. Sc. Dr. Ciencias Agrop. en Prod. Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Oriental
e-mail: lsmiranda@idiap.gob.pa

² M. Sc. Agronomía, Ph. D. en Fitonematología. Coordinador por IDIAP del Proyecto "Integración de Sistemas Productivos en las Áreas Urbana y Rural y Comercialización en el Distrito de Portobelo, Colón, Panamá". e-mail: ecandanedo@idiap.gob.pa

aprovechada para la comercialización al final del ciclo productivo de 72 semanas. Aunque la producción comercial de huevos, bajo este sistema, es un negocio rentable, los costos de alimentación son elevados, con una media de B/.0.52 por docena, equivalente a B/.0.04 por postura, sin incluir los costos de infraestructura, manejo y bioseguridad, lo que hace que esta tecnología no esté al alcance de los pequeños productores.

Entre las razas de gallinas ponedoras se destaca la *Isa Brown* por su gran plasticidad genética, que la hace capaz de adaptarse a diversas condiciones de producción y por su alto potencial productivo de alrededor de seis huevos por semana, que corresponde a 312 huevos por año. Para aprovechar este potencial, las parvadas de pollonas *Isa Brown* deben tener un peso corporal uniforme al inicio del período de postura (a las 20 semanas), de 1.45 kg, conforme a los estándares establecidos por la industria. Las pollonas deben tener un esqueleto fuerte, con buen desarrollo óseo y muscular, pero sin exceso de grasa (Vilariño y col., 1996).

En Panamá, no se han realizado investigaciones sobre los sistemas de producción alternativa entre la crianza tradicional y los sistemas de producción comercial intensiva. La fundación CIPAV de Colombia, ha identificado especies forrajeras para la alimentación animal, en sistemas alternativos de producción,

comparables con las raciones comerciales (Vargas y Delgadillo, 1998). Resultados de investigaciones en la Universidad EARTH de Costa Rica indican que los huevos producidos bajo semiconfinamiento en carreta móvil superan estadísticamente los producidos bajo el sistema convencional de confinamiento total en el color de la yema y las unidades Haugh y no muestran diferencias significativas en el grosor de la cáscara (Muñoz y Vellojín, 2002). En Alemania, se ha estudiado la respuesta fisiológica de gallinas ponedoras a tres sistemas de confinamiento (Shini, 2003).

Para documentar las bondades y beneficios de los sistemas alternativos de producción, éstos tienen que ser evaluados con los mismos parámetros que se aplican a los sistemas de producción comercial intensiva (Guerra, 2000). Entre los sistemas de evaluación de calidad más utilizados a nivel mundial está el desarrollado por Roche Vitamins que se basa en el grosor de la cáscara del huevo (cuyos valores óptimos fluctúan entre 0.36 y 0.38 mm), en la coloración de la yema (que no tiene efectos nutricionales pero sí en la preferencia del consumidor) y en las unidades Haugh, que vinculan la consistencia del albumen (clara) con la frescura y el peso del huevo. La pigmentación de la yema se evalúa mediante una escala internacional de colores con 15 gradaciones que van desde el amarillo

claro hasta el naranja rojizo. Por otro lado, las unidades Haugh también indican la resistencia del huevo a la manipulación y el transporte (Roche, 2000).

En este estudio se evaluó la factibilidad económica de un sistema alternativo de producción de huevos, adaptado a pequeños productores de escasos recursos económicos, con fines de autoconsumo y comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el área peri-urbana de Nuevo Tonosí, Portobelo, provincia de Colón, república de Panamá, se compararon dos módulos de producción de huevos: 1) el sistema comercial convencional de confinamiento total en galera y 2) el sistema de semi-confinamiento en carreta móvil y pastoreo libre. La prueba se realizó en los meses comprendidos entre enero de 2003 a marzo de 2004, como uno de los componentes del Proyecto **Integración de sistemas productivos en las áreas urbana y rural y comercialización en el distrito de Portobelo, Colón, Panamá**, con recursos del Fondo Mixto Hispano-Panamense de Cooperación, de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) de la República de Panamá.

El módulo de producción bajo confinamiento total fue implementado por

el grupo de pequeños productores asociados "Divino Niño", mientras que el módulo del sistema alternativo de semi-confinamiento, por el grupo familiar del señor Martín Arias.

Se utilizaron 80 pollonas de 17 semanas de vida de la raza de gallinas ponedoras **Isa Brown**, divididas en dos grupos de 40 aves. El Grupo 1 fue manejado con el sistema de producción intensiva convencional de confinamiento total, con dieta basada estrictamente en alimento concentrado. El Grupo 2 fue manejado con el sistema alternativo de semi-confinamiento en carreta móvil (Foto 1) con pastoreo en Ratana (*Ischaemun indicum*), mezclada con especies que crecían naturalmente en el sitio del estudio y dieta basada parcialmente en alimento concentrado y complementada con el pastoreo.

Durante el ciclo de producción de los dos grupos se usaron tres tipos de alimentos: 1) Desarrollo de pollonas; 2) Pre-postura y 3) Postura. Las aves se mantuvieron bajo estudio desde la semana 17 hasta la semana 72, al finalizar su ciclo de postura.

En ambos grupos de la prueba, se realizaron dos recolecciones diarias de huevos durante el ciclo de postura. Las variables evaluadas fueron: calidad externa e interna de los huevos (en términos del grosor de la cáscara, medida con un calibrador mi-

crométrico; color de la yema según escala internacional de colores y las unidades Haugh). Este último parámetro se midió con un medidor de unidades Haugh del laboratorio de Fincas Industriales Melo, S. A., en Cerro Azul, Pacora, provincia de Panamá. También se midió la producción de huevos por cantidad y peso.

Descripción del sistema de producción del Grupo 1: Confinamiento total.

Las gallinas se mantuvieron todo el tiempo en confinamiento durante el ciclo de postura de 52 semanas, que

transcurrió entre la semana 20 (inicio de postura) hasta la semana 72 (final del período de postura).

La galera tenía una superficie de 8.0 m², con capacidad para una población de 40 gallinas (5 aves/m²), con dos bebederos, dos comederos y dos ponederos de cinco niales cada uno, en su interior. Para optimizar la iluminación natural y la distribución de la temperatura interior, la galera fue construida ubicando su eje longitudinal en la dirección Este-Oeste, siguiendo el movimiento de rotación del planeta en su órbita alrededor del sol. El techo tenía una altura de 2.10



FOTO 1. Carreta móvil utilizada en el sistema alternativo de producción de huevos.

m y fue construido con pencas de la palma real y hojas de zinc. Las paredes se construyeron con bambú y fueron cubiertas externamente con una malla plástica hecha con sacos de poliuretano, que se mantenía enrollada durante el día y se extendía en las noches muy frías. La cama de las gallinas era de cascarilla de arroz y tenía un espesor de 3 a 5 cm. Se cambiaba periódicamente para mantener su altura o cuando despedía un fuerte olor a amoníaco.

Los bebederos se mantenían siempre con agua fresca y limpia. El alimento concentrado se suministró según la etapa del ciclo de producción: 85 g por ave por día de alimento para engorde o desarrollo, a las pollonas entre 17 y 18 semanas de vida; 96 g por ave por día de alimento pre-postura, a las pollonas entre 19 y 20 semanas de vida; y 115 g por ave por día a las gallinas entre 21 y 72 semanas de vida. Esta última cifra equivale a un promedio de 11.5 kg, por cada 100 aves por día durante el período de postura de 52 semanas. La ración completa de alimento concentrado se colocaba en los dos comederos a las seis de la mañana.

Descripción del sistema de producción del Grupo 2: Semi-confinamiento en carreta móvil y pastoreo.

El alimento concentrado se suministró según la etapa del ciclo de pro-

ducción: 82.5 g por ave por día de alimento para engorde o desarrollo, a las pollonas entre 17 y 18 semanas de vida; 88.0 g por ave por día de alimento pre-postura, a las pollonas entre 19 y 20 semanas de vida; y, entre las semanas 21 y la 72, las gallinas recibieron 94.5 g por ave por día, lo que equivale a 9.45 kg por cada 100 aves por día, durante el período de postura de 52 semanas. La alimentación era complementada con pastoreo, durante el cual las aves consumían plantas tiernas y depredaban insectos, larvas de insectos (gusanos) y lombrices que formaban parte de la flora y la fauna del suelo. La carreta era cambiada de posición, dentro del área de estudio, con base en el agotamiento de las fuentes alimenticias. La ración completa de alimento concentrado se colocaba en los dos comederos a las seis de la mañana y se permitía el pastoreo libre hasta las seis de la tarde, cuando las aves eran recogidas para el descanso nocturno.

Para la construcción de la carreta de postura móvil se utilizó: bambú (*Guadua angustifolia*), caña brava (*Gynerium sagittatu*), pencas de palma real y de palma de coco (*Cocos nucifera*), madera, una lona de plástico transparente, Sarán (60% de sombra), alambre dulce, hilo para amarrar, un eje con llantas, cadenas para remolcar, dos comederos, dos bebederos y dos ponederos de cinco

nidales cada uno (Coto, 2002). La carretera medía 3.8 m x 2.9 m y tenía un eje con dos llantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba se resumen en los Cuadros 1 y 2 y en las Figuras 1 al 4.

En el Cuadro 1 se observa que con el sistema de producción alternativo se produjeron 952 docenas de huevos, 12 docenas más que con el sistema de producción comercial convencional, durante el ciclo de postura de 364 días o 52 semanas. Esta no es una diferencia significativa en un ciclo completo de producción. Sin embargo, con el sistema alternativo (semi-confinamiento + pastoreo) se obtuvo mejor grosor de la cáscara del huevo (que reduce significativamente las pérdidas de huevos por transporte y manipulación), una pigmentación de la yema más intensa, según la escala internacional de Roche (incrementa la preferencia por el consumidor) y un valor de unidades Haugh mucho más

elevado (77.85 vs 57.17) que indica una mayor consistencia del albumen.

Una manera sencilla y práctica de evaluar la consistencia del albumen, que también es un indicio de la frescura, es esparcir el huevo sobre una superficie a nivel y medir la altura de la curva que se forma. Si el albumen queda muy esparcido sobre la superficie la densidad o consistencia es baja y también, el valor en unidades Haugh.

En la Figura 1 se observa que, con el sistema alternativo, el período de mayor producción de huevos ocurrió entre las semanas 21 a la 40 (20 semanas, con 5,141 huevos o 428.4 docenas), con un pico de producción entre las semanas 26 a la 30 (1,318 posturas, equivalentes a 109.8 docenas). La línea de tendencia de la producción muestra una pendiente negativa indicando que a mitad del ciclo de postura (semanas 26 a la 30) se alcanza el máximo de la producción y, a partir de ese momento, la producción declina hasta niveles de 53% o menos, que ya no son rentables e indican la necesidad de renovar las

CUADRO 1. COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DEL HUEVO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

Sistema de producción	Huevos producidos (doc)	Días en Postura (sem)	Peso del huevo (g)	Grosor de la cáscara (mm)	Color de yema (escala Roche)	Unidades Haugh
Semi-confinamiento	952.25	364 (52)	60.34	0.0038	9.67	77.85
Confinamiento	939.67	364 (52)	59.25	0.0037	7.67	57.17

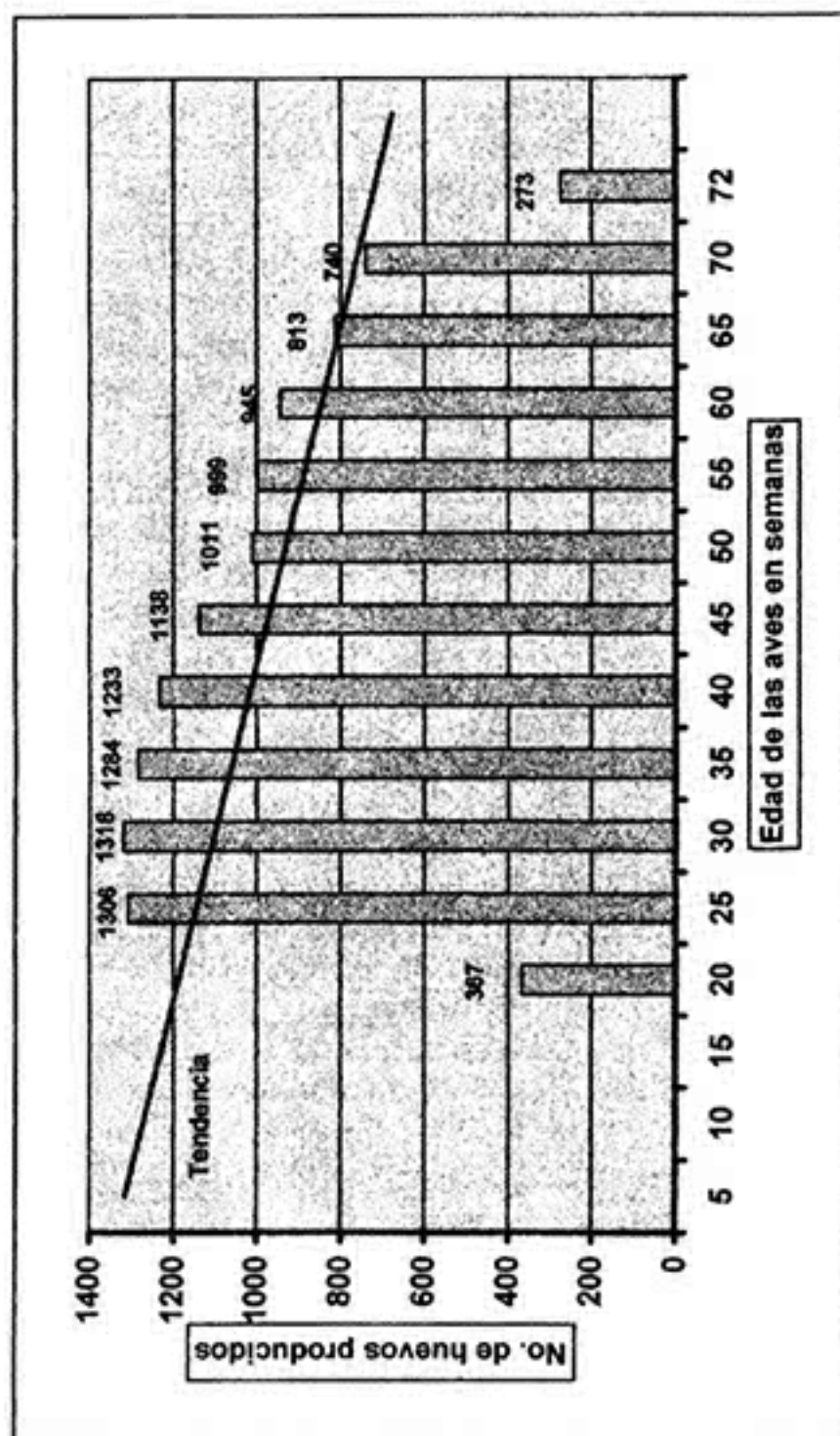


FIGURA 1. Isa Brown SEGÚN LA EDAD DE LAS AVES EN SEMI-CONFINAMIENTO + PASTOREO.

parvadas o someterlas a *muda forzada* (Buxade, 1995), con base en las tendencias del mercado. Esta Figura también revela que la productividad de las aves se mantuvo igual o por encima de la línea de tendencia durante 45 semanas consecutivas, lo que indica que las gallinas *Isa Brown* se adaptaron y respondieron muy bien al sistema de producción alternativo.

La Figura 2 resalta que, con la práctica alternativa, la productividad se mantuvo arriba del 90% por un período de 15 semanas consecutivas (semanas 21 a la 35) y el pico de la producción alcanzó niveles del 94.14%, comportamiento que resulta satisfactorio para la industria. Este resultado puede mejorarse, para alcanzar niveles de 90% o más, en el período de postura comprendido entre las semanas 36 y 40 (con una productividad de 88%), mediante un manejo estricto del sistema de producción por parte de los productores beneficiarios del proyecto que, por primera vez, se incorporaban a este tipo de actividad siguiendo el método de "aprender haciendo".

En la Figura 3 se observa que con el sistema de producción comercial convencional (confinamiento total), el período de mayor producción de huevos ocurrió entre las semanas 26 a la 45 (20 semanas, con 4,815 huevos o 401.2 docenas), con un pico de producción entre las semanas 31 a la 35 (1,287 posturas, equivalentes a 107

docenas). La línea de tendencia de la producción también muestra una pendiente negativa, indicando que en la semana 35 del ciclo de postura se alcanza el máximo de producción y, a partir de ese momento, la producción declina hasta llegar a producciones del 54% o menos, que ya no son rentables. También se observa que la productividad de las aves se mantuvo por encima de la línea de tendencia durante 45 semanas consecutivas, lo que indica que las gallinas *Isa Brown* también se adaptaron y respondieron muy bien al sistema de producción comercial convencional.

La Figura 4 muestra que, con el sistema de confinamiento total, la productividad de las aves al culminar el ciclo de postura (semana 72) se redujo a 51.79 %, valor cercano al obtenido al inicio del ciclo de postura (56.96%). Esto indica que los niveles de productividad de las aves decayeron a valores insostenibles, desde el punto de vista económico, muy por debajo de la línea de tendencia de la producción. Sin embargo, bajo el sistema de confinamiento total, durante el pico de producción (semanas 31 a la 35), se obtuvieron porcentajes de producción diaria superiores al 90%. Este nivel no logró mantenerse más allá de las cinco semanas, debido probablemente a inconsistencias en el manejo. Situación similar ocurrió entre las semanas 26 y la 30, observándose una caída inesperada de la producción

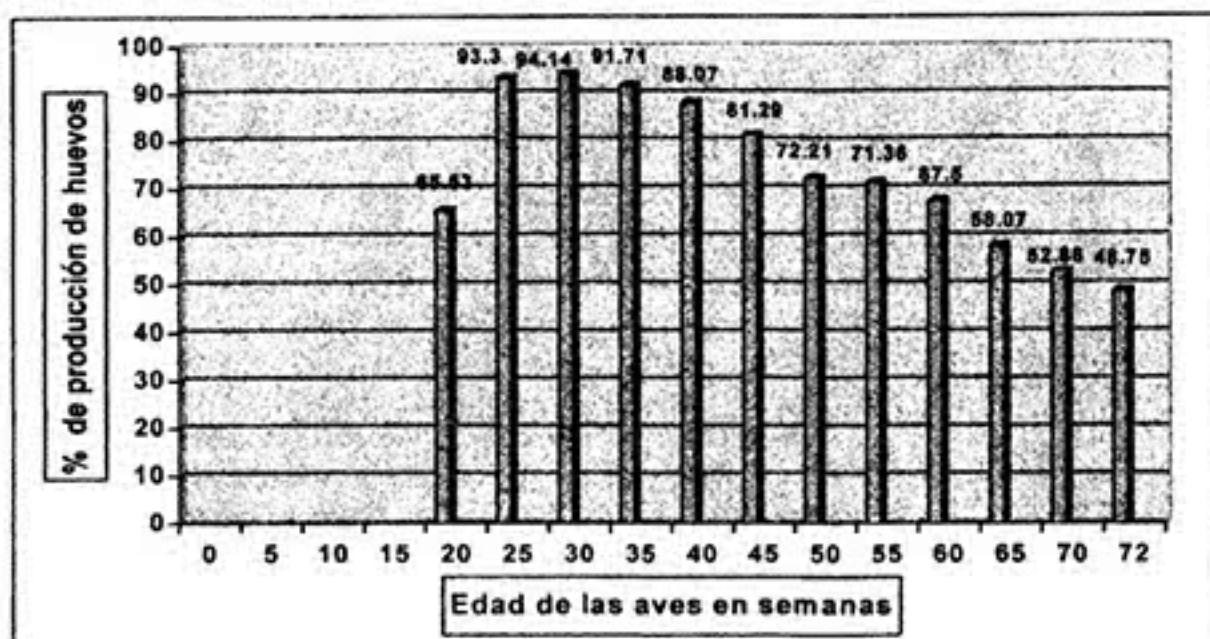


FIGURA 2. PRODUCTIVIDAD DIARIA POR AVE DURANTE EL CICLO DE POSTURA EN GALLINAS *Isa Brown* BAJO SEMI-CONFINAMIENTO + PASTOREO.

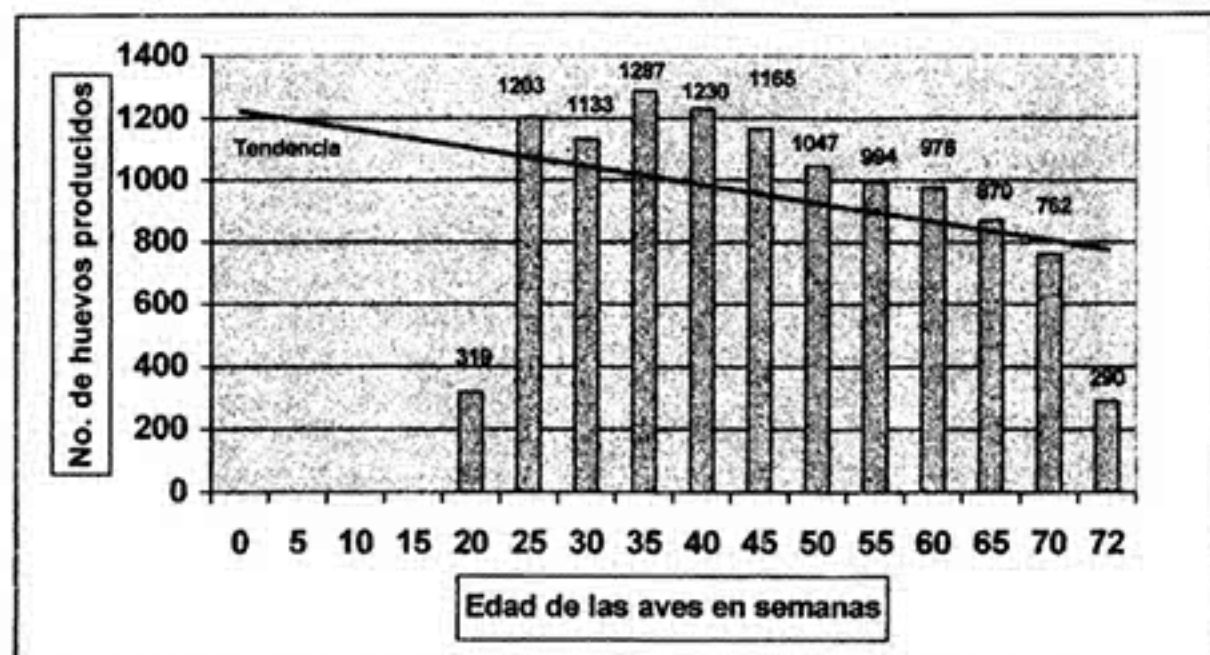


FIGURA 3. PRODUCCIÓN DE HUEVOS CON GALLINAS *Isa Brown* SEGÚN LA EDAD DE LAS AVES EN CONFINAMIENTO TOTAL.

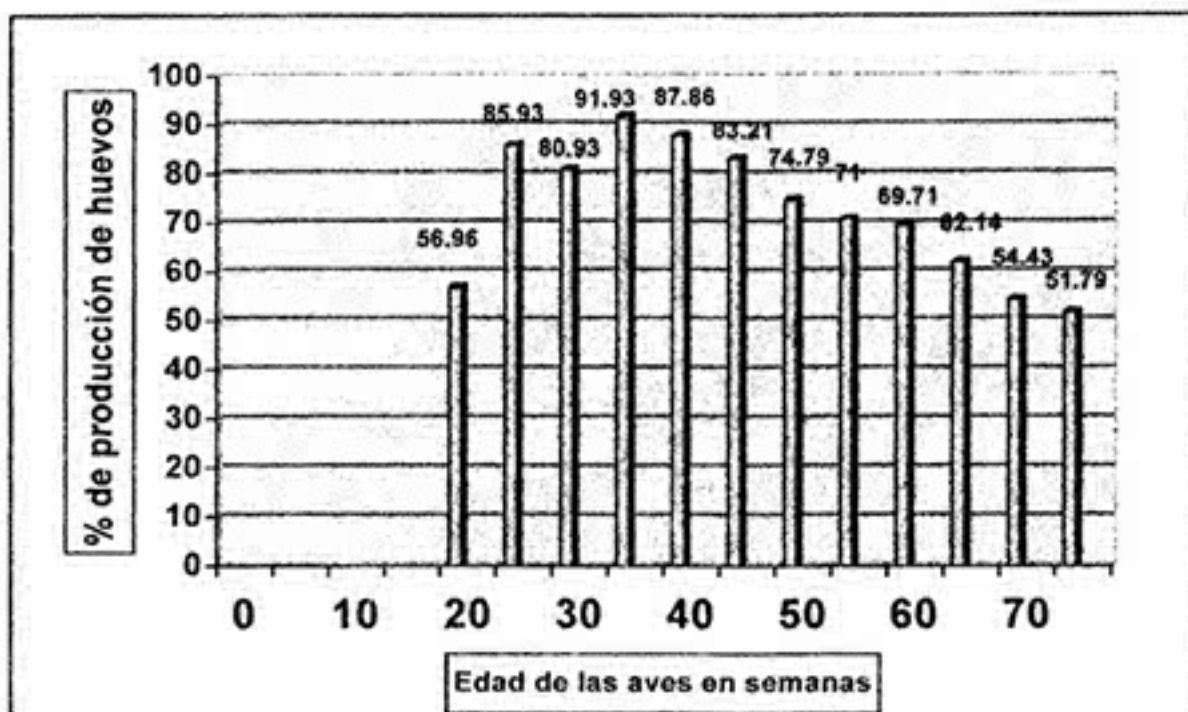


FIGURA 4. PRODUCTIVIDAD DIARIA POR AVE DURANTE EL CICLO DE POSTURA EN GALLINAS *Isa Brown* BAJO CONFINAMIENTO TOTAL.

provocada por estrés hídrico y alimenticio en las aves, resultantes de irregularidades en el abastecimiento de agua y desviaciones del programa de suministro de las raciones de alimento concentrado.

El Cuadro 2 muestra que el costo de producción por docena de huevo, bajo el sistema alternativo de producción (semi-confinamiento + pastoreo), fue de B/.0.6739, equivalente a B/.0.0562 por unidad y un total de B/. 600.62. Este total sólo incluye los costos del alimento concentrado (B/.460.62) y de las 40 pollonas de 17 semanas (B/.140.00). Bajo este sistema de producción, el con-

sumo de alimento concentrado (1,471.4 kg) fue menor que bajo la práctica comercial convencional (1,778.02 kg), debido a que las aves complementaban su alimentación durante el pastoreo, consumiendo tejidos vegetales tiernos, insectos, larvas de insectos (gusanos), lombrices y piedrecillas. El precio de venta por docena (B/. 1.00) fue igual para las dos prácticas comparadas, generándose un ingreso total por venta de B/.952.25 y un beneficio neto de B/.351.63, bajo la práctica de semi-confinamiento + pastoreo. Con esta práctica, se obtuvo el mayor ingreso total (debido a una

CUADRO 2. VARIABLES ECONÓMICAS DE LA PRODUCCIÓN DE HUEVOS CON GALLINAS *Isa Brown*.

Sistema de producción	Costo de producción (B/.) ¹			Precio de Venta (B/.)		Ingreso total por Venta (B/.)	Beneficio Neto (B/.)
	Por docena	Por unidad	Total	Por docena	Por unidad		
Semi-confinamiento	0.6739	0.0562	600.62	1.00	0.083	952.25	351.63
Confinamiento	0.7477	0.0623	695.37	1.00	0.083	939.67	244.30

¹ Sólo contempla costos de alimento y pollonas.

mayor producción de huevos), con un beneficio neto que superó en 43.93% al obtenido con la práctica comercial convencional (B/.244.30). Este resultado obedeció a que el costo del alimento concentrado, bajo el sistema de confinamiento total (B/.555.45) superó en 20.59% al obtenido con el sistema de semi-confinamiento + pastoreo.

El beneficio neto bajo el sistema de semi-confinamiento + pastoreo hubiese sido significativamente mayor vendiendo el producto como "huevos de patio", con un valor agregado entre B/.0.15 y B/.0.25 por docena, generando ingresos netos adicionales entre B/.142.84 y B/.238.06.

Por otro lado, el peso promedio final de las gallinas, al finalizar su ciclo de postura de 52 semanas, fue de 1.75 kg, en ambos sistemas. Esto incrementó los ingresos netos de las dos prácticas en B/.154.00. Esta cifra se hubiera incrementado entre B/.50.82 y B/.84.70, para el sistema alternativo, si

se hubiesen vendido estas aves como "gallinas de patio", con el valor agregado entre B/.0.33 y B/.0.55 por kilogramo de carne en pie.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se llegan a las siguientes conclusiones:

- * Los dos sistemas de producción comparados, produjeron beneficios netos al confrontar los costos de producción (alimento concentrado + pollonas) con los ingresos totales (brutos).
- * El sistema de semi-confinamiento + pastoreo mostró un nivel de producción de huevos superior al del sistema de confinamiento total, con 952 y 940 docenas de huevos, respectivamente.
- * Bajo el sistema de semi-confinamiento la calidad externa e inter-

- na del huevo superó la del sistema de confinamiento total en peso, grosor de la cáscara, pigmentación de la yema y consistencia del albumen (unidades Haugh).
- * Con el sistema de semi-confinamiento + pastoreo, el período de mayor producción de huevos ocurrió entre las semanas 21 a la 40, con una productividad diaria promedio de 92%. Por otro lado, con el sistema de confinamiento total, el período de mayor producción de huevos ocurrió entre las semanas 26 a la 45, con una productividad diaria promedio de 86%.
 - * El beneficio neto por venta del producto, bajo el sistema de semi-confinamiento + pastoreo, superó en 44% al obtenido con la práctica comercial convencional, debido a un costo de producción más bajo, por efecto del pastoreo, que redujo en 17% la ingesta total de alimento concentrado consumido, en relación al consumido por las aves en confinamiento total.
 - * El margen de beneficio neto hubiera sido mayor con el sistema de semi-confinamiento + pastoreo, vendiendo el producto como "huevos de patio", con un valor agregado adicional entre B/. 0.15 y B/. 0.25 por docena, con incrementos netos adicionales del orden de B/. 142.84 y B/. 238.06, respectivamente.
 - * El ingreso neto total del sistema alternativo hubiese sido mayor si la carne de las gallinas, al finalizar el ciclo de postura (52 semanas), se hubiese vendido como carne de "gallina de patio".
 - * De acuerdo a las condiciones de la prueba, la producción de huevos con gallinas *Isa Brown* bajo el sistema de semi-confinamiento + pastoreo obtuvo niveles superiores a los de la práctica comercial convencional de confinamiento total, el costo de la infraestructura necesaria para su implementación (carreta móvil) es bajo (gran parte de los materiales y toda la mano de obra para su construcción se obtienen localmente), sus costos de operación (aves y alimento concentrado) son reducidos y su manejo es sencillo, características que lo hacen apto para el autoconsumo y la producción comercial en explotaciones pequeñas de productores de escasos recursos económicos del área de Nuevo Tonosí, Portobelo, provincia de Colón.

BIBLIOGRAFÍA

- BUXADE C., C. 1995. Avicultura clásica y complementaria. En Vol. 5, Serie Zootecnia, Bases de Producción Animal. Editorial Mundi Prensa. 424 p.

- COTO, B. 2002. Guía para el manejo de una granja avícola. En línea. Consultado 29 de mayo del 2004. Disponible en: http://www.mag.go.cr/tec_granja.htm
- GUERRA, M. 2000. Factores que afectan la calidad del huevo. *Revista Agricultura* 4 (42): 38-40.
- MUÑOZ, J. ; VELLOJÍN, J. 2002. Diseño y evaluación de un sistema de producción de huevos con gallinas bajo pastoreo en el trópico húmedo. Universidad EARTH. Costa Rica.
- NORTH, O.; BELL, D. 1993. Manual de producción avícola. Manual Moderno S. A. México, D.F. 829 p.
- ROCHE, 2000. Programa de monitoreo de calidad de huevo. Roche Vitaminas, S. A. Madrid, España.
- VARGAS, J.; DELGADILLO, O. 1998. Plantas forrajeras utilizadas por campesinos para alimentar animales en el Valle del Cauca. CIPAV. Cali, Colombia. 47 p.
- VILARIÑO, L.; LEÓN, A. M.; PICARD, M. 1996. Efecto de la composición y presentación del alimento sobre el comportamiento de las aves en el trópico. *Zootecnia Tropical*, 14 (2): 191-213.
- SHINI, S. 2003. Physiological responses of laying hens to the alternative housing systems. *International Journal of Poultry Science* 2 (5): 357-360.

**PREVALENCIA DEL *Herpesvirus bovino tipo 1 (BHV-1)* EN CUATRO
HATOS LECHEROS DE LA PROVINCIA DE LOS SANTOS,
PANAMÁ. 2000.**

**PREVALENCE OF *Herpesvirus bovino tipo 1 (BHV-1)* IN FOUR DAIRY
HERDS IN LOS SANTOS, PROVINCE, PANAMA. 2000.**

Marcelino Jaén T.¹; Víctor Vega Barrios²; Odalis E. González³

INTRODUCCIÓN

Entre los principales factores que afectan la reproducción de los bovinos, las enfermedades del sistema reproductivo y, entre ellas, las de etiología viral son importantes (Tórtora, 1998). En el ganado bovino, el *Herpesvirus tipo 1 (BHV-1)* produce la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR), infección de las vías respiratorias altas, la cual se caracteriza por traqueitis, rinitis y fiebre. En las hembras también se produce la forma genital o Vulvovaginitis Pustular Infecciosa (VPI) y en los machos, la Balanopostitis Infecciosa (IBP). Además, puede causar conjuntivitis (asociada a formas respiratorias) y otras formas clínicas menos frecuentes como encefalomiелitis, enteritis, mastitis, metritis, dermatitis y lesiones interdigitales e inmunosupresión.

Los bovinos que se recuperan de una infección se mantienen como portadores latentes del virus por largo tiempo; sin embargo, factores de tensión naturales y artificiales pueden reactivarlo provocando signos clínicos; además, esta re-excreción del virus pone en riesgo a otros bovinos que se encuentran libres en el hato.

¹ M. Vet., M.Sc. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: idiap_div@cwpanama.net

² M. Vet., Laboratorio Regional de Salud Animal, Divisa, MIDA

³ Lic. Química, Laboratorio Regional de Salud Animal, Divisa, MIDA.

Por otro lado, el virus también causa una infertilidad transitoria caracterizada por no retorno al estro, reabsorción embrionaria y abortos que se producen en cualquier período de gestación, pero con más frecuencia en el último tercio y, por lo regular es un feto autolizado y no fresco. También, predispone a infecciones bacterianas secundarias; en general, afecta la conversión alimenticia y la producción de leche que se traduce en altas pérdidas económicas en los hatos donde esta enfermedad está presente (Britta y col., 2000; Gibbs e Iveyemanu, 1997; Kahrs, 1981; Vilchis y col., 1985).

La transmisión horizontal de la infección es por contacto entre el bovino infectado y el receptivo. En la forma respiratoria, el virus se elimina por las secreciones respiratorias y conjuntivales y se transmite directamente por aerosoles e indirectamente mediante agua o alimentos contaminados. En los hatos extensivos, la forma clínica venérea (VPI) se transmite principalmente por monta directa y por el semen en los programas de inseminación artificial (Gibbs y col., 1977; Kahrs, 1981; Vilchis y col., 1985). La investigación de anticuerpos, aislamiento del virus y la detección de antígenos han sido las técnicas de laboratorio más utilizadas. En este sentido, la seroneutralización y más recientes las inmunoenzimáticas, son las de mayor uso para estudios epidemiológicos (Bommell y Kilhn, 1982; OIE, 1996; Tórtora, 1998; Prieto, 2000).

En Panamá, la epidemiología de algunas enfermedades virales que afectan a los bovinos han sido poco estudiadas, como es el caso del *Herpesvirus bovino tipo 1* y aunque no se ha aislado este agente viral se reportan datos de prevalencias en bovinos de algunas regiones del país (Berroa y col., 1992; IDIAP, 2000).

Un mejor conocimiento de la prevalencia de este herpesvirus bovino en las fincas estudiadas, contribuiría a mejorar la toma de decisiones e implementar medidas de prevención y control, así como establecer bases para otros estudios. Por este motivo, el objetivo de este trabajo fue determinar la prevalencia punto del *Herpesvirus bovino tipo 1* (BHV-1) en bovinos de cuatro lecherías especializadas de bajura de la provincia de Los Santos, República de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este estudio, se escogieron a conveniencia, por la anuencia del productor colaborador, cuatro fincas (Cuadro 1) representativas del sistema lechero de bajura de la provincia de Los Santos, en la República de Panamá. El trabajo se desarrolló durante agosto - septiembre de 2000. Las fincas, según la clasificación de zonas de vida Holgdrice, se localizan en las zonas de Bosque Seco tropi-

CUADRO 1. LOCALIZACIÓN Y ZONAS DE VIDA DE CUATRO FINCAS LECHERAS MUESTREADAS EN LA PROVINCIA DE LOS SANTOS. PANAMÁ. 2000.

No. Finca	Distrito	Corregimiento	Localidad	Zona Ecológica
1	Pocri	Paraíso	Paraíso	Bosque seco tropical
2	Los Santos	Los Santos	Bongo	Bosque seco tropical
3	Los Santos	Los Olivos	Guayabal	Bosque seco tropical
4	Tonosí	Tonosí	Búcaro	Bosque húmedo tropical

cal y Bosque Húmedo tropical (Atlas Nacional de Panamá, 1975).

Los bovinos presentaban características de las razas Holstein, Pardo Suizo y cruce en diferentes grados con *Bos indicus* (Cebú). Las fincas se manejan bajo un sistema especializado de bajura con ordeño mecánico.

Mediante el programa epidemiológico Episcopé (1991) y con base en una prevalencia estimada de 30%, un error de 5%, una confianza de 95% y una población total de 1,362 animales, se calculó una muestra de 330 bovinos. Sin embargo, debido a que no hubo identificación de los bovinos y la presencia de sueros hemolizados y contaminados, sólo fue factible analizar una muestra total de 276 sueros sanguíneos distribuidos entre las fincas.

La muestra consistió en novillas de un año hasta la edad reproductiva y vacas en producción. A cada bovino se le extrajo una muestra sanguínea mediante punción con agujas en la vena yugular, las que se vertieron en tubos de vidrio de 10 ml sin anticoagulante; éstas

se trasladaron al laboratorio zonal de Salud Animal del MIDA en la ciudad de Los Santos, donde se les extrajo el suero mediante centrifugación y, posteriormente, se enviaron y almacenaron en congelación en el Laboratorio Regional de Salud Animal del MIDA en Divisa.

Se utilizó la prueba inmunoenzimática (ELISA indirecta), según protocolo metodológico con sueros controles, antígeno, conjugado y reactivos del Laboratorio Svanovir Biotech (Svanovir EIA Kit cat. IBR-ab 10-020 Batch Kit IBR-ab 9576-HBB). Para la lectura de la prueba se utilizó un Immunoskan Plus II (BDSL) con una densidad óptica de 450 nanómetros. La dilución utilizada según protocolo fue de 1/25.

Los valores de densidad óptica (DO) de la celda en la placa sensibilizada con IBR, son corregidos por sustracción de los valores de densidad óptica correspondientes a las celdas que contienen el antígeno control. Todas las muestras se corrigieron antes de interpretarse.

La fórmula es la siguiente:

$$\frac{OD - OD}{(IBR \quad (control))} = \text{Valor corregido}$$

Para la interpretación de la prueba ELISA indirecta según protocolo Svanovir-Biotech EIA Kit cat. IBR-ab 10-020) se considera una muestra sanguínea positiva si los valores de densidad óptica (DO) corregida son 2.5 veces más alto que la media de los valores corregidos del suero de referencia negativo. Las muestras corregidas con valores de densidad óptica menores a 0.200 son consideradas negativas.

La tasa de prevalencia punto se calculó por finca mediante la fórmula (De Graff, 1998):

$$P = a/(a+b)$$

P= Tasa de prevalencia punto

a= Número de bovinos seropositivos en un tiempo dado

b= Número de bovinos seropositivos y seronegativos en ese mismo periodo de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque en Panamá no se ha realizado el aislamiento del *Herpesvirus bovino tipo 1* (BHV-1), este estudio (Cuadro 2) reporta presencia serológica en los hatos. La prevalencia general fue de 19.5% (54/276) con un rango de 8.6 a 33.3% y un 80.5% (222/276) de seronegativos. Esta prevalencia se considera baja a moderada. Además, es importante indicar que en estos hatos no se aplica ningún tipo de vacuna contra este herpesvirus.

Estos resultados parecen indicar que existe poca diferencia entre la prueba de seroneutralización (SN) utilizada ampliamente en otros países y

CUADRO 2. SEROPREVALENCIA DEL *Herpesvirus bovino tipo 1* (BHV-1) EN FINCAS LECHERAS DE LA PROVINCIA DE LOS SANTOS. PANAMÁ. 2000.

Número Fincas	Total Muestras	Muestras Positivas	Muestras Negativas	Porcentaje de seroprevalencia
Finca 1	65	15	50	23.1
Finca 2	66	22	44	33.3
Finca 3	64	10	54	15.6
Finca 4	81	7	74	8.6
TOTAL	276	54	222	19.6

la técnica de ELISA indirecta considerada más rápida y menos laboriosa, pero igual en sensibilidad y especificidad a la SN. Algunos reportes realizados en hatos de Panamá no vacunados mediante la técnica de SN indican poca diferencia con estos resultados. Así, Berroa y col. (1992) encontraron un 37.5, 26.1 y 34.8% de seropositivos contra este virus en 340 bovinos hembras de 10 fincas de leche y carne de la región Oriental y Occidental de Chiriquí y región Occidental de Panamá, respectivamente.

Rodríguez (1990), en siete provincias de Costa Rica, reporta un 35.6% (733/2061) y Prieto (2000) en la región de Asturias, España, encontró un 7.9% de prevalencia en 180 muestras analizadas de 45 rebaños. Por otro lado, en México, Vilchis y col. (1985), al utilizar una muestra mayor, reportan rangos de 19.0 a 84.0% en hatos de carne y leche especializada. Sin embargo, se tomó una pequeña muestra no significativa 25/2011 (1.24%) de sueros de bovinos vacuna-

dos. Concordando con el reporte serológico en hatos no vacunados, realizado mediante un ELISA indirecto, en un hato bovino de carne *Bos indicus*, en el distrito de San Francisco, Veraguas y en Gualaca, Chiriquí, se encontró un 38.2 y un 26.9% de seroprevalencia, respectivamente (Jaén y col., 1999). Sin embargo, difiere del estudio realizado en el Estado de Pará en Brasil (Molnár y col., 2001), el cual reporta una prevalencia de 71.27% (129/181) y de 62.68% (541/869) provenientes de la Isla de Marajó y de tierra firme, respectivamente.

En los estudios de Panamá y Brasil, se utilizó un ELISA indirecto con protocolo y un paquete de diagnóstico comercial del Laboratorio Svanovir Biotech de Suecia. No obstante, cuando se analizó la seroprevalencia por edad (Cuadro 3), se encontró una tendencia a mayor seropositividad en las vacas que las novillas

CUADRO 3. SEROPREVALENCIA POR EDAD DEL (BHV-1) EN FINCAS LECHERAS DE BAJURA DE LA *Herpesvirus bovino tipo 1* PROVINCIA DE LOS SANTOS. PANAMÁ. 2000.

	Finca 1		Finca 2		Finca 3		Finca 4
Edad de los bovinos	1-3 años	Mayor 3 años	1-4 años	Mayor 4 años	Novillas	Vacas	Vacas
Porcentaje de seroprevalencia	9,6 (3/31)	35,3 (12/34)	6,25 (1/16)	42,0 (21/50)	0,0 (0/26)	26,3 (10/38)	8,6 (7/81)

(Fincas 1, 2, 3) excepto en la Finca 4, donde sólo se tomó muestras a vacas siendo la prevalencia baja (8.6%). En parte se explica, debido a que las hembras prepúberes, al no ser activas sexualmente, la probabilidad de contagio por monta directa fue ser menor.

Por otro lado, la Finca 4, localizada en un Bosque Húmedo Tropical, fue la única que presentó una baja prevalencia (8.6%). Probablemente factores particulares del manejo y zona contribuyeron a la presencia de estos resultados. No obstante, es importante acotar que el 91.4% de los bovinos seronegativos en esta finca están en riesgo de infectarse con este *Herpesvirus bovino tipo 1*.

Para interpretar mejor los resultados de los Cuadros 2 y 3, se indica la opinión de Straub (1990), el cual comenta que en los programas de prevención y control se debe tomar en cuenta los resultados de evaluación serológica en los hatos. En este sentido, las pruebas serológicas al herpesvirus con resultado positivo indican que el bovino ha sido expuesto al antígeno viral, pero no es posible establecer si sufrió o sufre rinotraqueitis infecciosa, vulvovaginitis, balanopostitis, encefalitis, conjuntivitis. Además, si el bovino tuvo aborto y si fue vacunado con una vacuna atenuada, temperatura sensitiva o inactivada. Por otro lado, indica que una prueba serológica negativa significa que el bovino no tiene anticuerpos para ser detectados por la prueba; por lo tanto, el bovino puede ser

un animal libre o puede ser portador latente; en este sentido, un resultado serológico negativo no es prueba de que el individuo sea libre al BHV-1.

Con base en estas premisas, se puede inferir que aunque no se haya aislado el virus en hatos de Panamá, los bovinos seropositivos al *Herpesvirus bovino tipo 1* encontrados en estas fincas, se consideran portadores o potencialmente transmisores, esto significa que epidemiológicamente estos bovinos permanecerán en estado de latencia o pueden enfermarse bajo condiciones de tensión, tanto artificial o natural.

Por lo tanto, se pueden recomendar medidas preventivas, tales como: evaluar un programa de prevención y control que involucre mantener hatos cerrados, o sea, evitar que entren bovinos infectados con BHV-1; realizar pruebas serológicas bajo tensión de los bovinos, que sirvan de base para eliminar los reactores positivos en la finca con menor prevalencia, así como seguimiento serológico, para establecer un programa de vacunación en los otros hatos, previa confirmación serológica de otros virus o bacterias que afecten la reproducción.

También se recomienda implementar medidas preventivas de desinfección de materiales como agujas, jeringas, guantes, artículos de inseminación artificial, entre otros; así

como la correcta eliminación de bovinos muertos por causas desconocidas y fetos abortados. Por último, es importante que se aúnen esfuerzos, para que se logre el aislamiento de este *Herpesvirus bovino tipo 1* y así confirmar la presencia de la enfermedad en Panamá.

BIBLIOGRAFÍA

- ATLAS GEOGRÁFICO DE PANAMÁ. 1975. Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. Mapa Ecológico, Lámina No. 27.
- BERROA, D.; ÁBREGO, S.; JIMÉNEZ, C.; CARTIN, A; TAYLOR, R. 1992. Presencia de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR) y Diarrea Viral Bovina (DVB) en fincas ganaderas de Panamá. *En* Resumen de los trabajos presentados en la Jornada Científica Agropecuaria, XVII Aniversario. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, IDIAP. Región Occidental pp. 41-42.
- BOMMELL, W.; KILHN, U. 1982. ELISA- the nucleus of the IBR/IPV control programme in Switzerland. *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science* 22: 242-251.
- BRITTA, N.; ULLA, S; LEIF, R. 2000. A retrospective evaluation of a Bovine Herpesvirus-1 (BHV-1) antibody ELISA on bulk-tank milk samples for classification of the BHV-1 status of Danish dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 47: 91-105.
- DE GRAFF, T. 1998. Curso de Epidemiología. *En* Memorias del curso de Perfeccionamiento internacional. Encuestas epidemiológicas como base de planificación para programas de Sanidad Animal. Centro de Fomento de la Alimentación y la Agricultura (ZEL) de la Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE), Feldafing, República Federal de Alemania.
- EPISCOPE. 1991. Agriculture University. Department of Animal Husbandry, Netherlands (programa de computadora).
- GIBBS, E.P.J.; R IVEYEMANU, M.M. 1997. Bovine Herpesviruses. Part 1. *Vet. Bul.* 47: 317-343.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA PANAMÁ. IDIAP. 2000. Informe Técnico Anual. Proyecto de Investigación y Transferencia en el Manejo Integral del Sistema de Producción de Cría y Ceba en bovinos *Bos indicus* en la Región Central de Panamá.
- JAÉN, M.; RODRÍGUEZ, G. 1999. Prevalencia de la Rinotraqueitis In-

fecciosa Bovina y Diarrea Viral Bovina en un hato de cría y uno de leche en Panamá. Informe Técnico Anual. Dirección Nacional de investigación Pecuaria. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

KAHRS, R.F. 1981. Infectious bovine rhinotracheitis. In *Viral Diseases of Cattle*. The Iowa. State University Press, Ames Iowa. pp. 135-156.

MOLNÁR, E.; CAMELO, A.S.A.; SILVA, E.B.; MONÁR, I. 2001. Prevalencia da infecção pelo vírus da Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) em bubalinos e bovinos no Estado do Pará, Brasil. *Reprod. Anim.* 25 (2): 252-254.

OFFICE INTERNACIONAL DES EPIZOOTIES (OIE). 1996. World Organisation for Animal Health. Manual of Standards for Diagnostic Test and Vaccines. List A and B diseases of mammals, birds and bees.

PRIETO, J.M. 2000. Aborto bovino de etiología vírica. Experiencias de nueve años de Diagnóstico de laboratorio. Laboratorio de Sanidad Animal de Gijón (LSA-CIATA) (en línea) España. Consultado el 14 de noviembre. *Disponible en:* <http://www.arrakis.es/~cvb/aborto.htm>

RODRÍGUEZ, L. 1990. Diagnóstico, situación actual en Costa Rica, pre-

vención de IBR/IPV. En Simposio sobre Leucosis Virica y Rinotraqueitis Infecciosa Bovina en Costa Rica. MAG-UNA-GTZ. Costa Rica. pp. 26-27.

STRAUB, O.CH. 1990. Programa de control de IBR/IPV: Experiencias en Alemania. En Simposio sobre Leucosis Virica y Rinotraqueitis Infecciosa Bovina en Costa Rica. MAG-UNA- GTZ. Costa Rica. pp. 67-76.

SVANOVIR BIOTECH. Protocol of Infectious Bovine Rhinotracheitis IBR-ab EIA kit Catie. 10-020.S-75183 Uppsala, Sweden.

TORTORA, P. J. 1998. Propuesta metodológica para el diagnóstico y la investigación de las enfermedades del aparato reproductor. En *Reproducción Animal: Métodos de estudio en Sistemas*. IICA, San José, Costa Rica. pp. 33-71.

VILCHIS, C. M.; SUSANA, M.; ROSALES, C.; AGUILAR A, S.; VARGAS, J.L.; PEÑA, I.M.; JORGE, J.G.; BATALLA, D.C. 1985. Estudio epizootológico de la Rinotraqueitis infecciosa bovina en ganado bovino productor de leche y productor de carne. *Técnica Pecuaria en México* 49: 106-115.

REVISTA CIENTÍFICA
Ciencia Agropecuaria N.16

Es una Publicación de:



Edición

Elizabeth S. De Freitas G.
Neysa G. de Rojas

Diseño y Diagramación

Elizabeth S. De Freitas G.

Asistencia

Osiris Valdés

Colaboradores

Pedro Guerra
Eric Candanedo L.
Osvaldo Cerrud

Impresión

Gloria Barria

Compaginación

Fabiola Abrego
Francia de Sánchez
Damaris Quintero

Encuadernación

Herminio González
Eyda de Pinzón

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