



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 24

PANAMÁ-2016



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
no. 24 (2016). Panamá, PA. Semestral
115 p.
ISSN: 0258-6452
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 24

PANAMÁ-2016

Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
La versión electrónica de la revista Ciencia Agropecuaria, se puede consultar en:
<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

Editor Principal

Ismael Camargo Buitrago

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Editora Asociada

Neysa Garrido Calderón

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Consejo Editorial

Román Gordón Mendoza

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

José A. Yau

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Hilda Lezcano

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – Universidad de Panamá

Axel Villalobos Córtes

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Audino Melgar Moreno

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Esteban Arosemena

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Diseño y Diagramación

Gregoria del C. Hurtado Ch.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Revisión y Traducción de Resúmenes

Audino Melgar Moreno

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Rodolfo Morales Muñoz

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|------|---|
| 1-18 | IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA GENERADA
EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA REGIÓN DE AZUERO
<i>Román Gordon-Mendoza; Jorge Enrique Franco-Barrera;
Ismael Camargo-Buitrago</i> |
|------|---|
-

- | | |
|-------|--|
| 19-34 | LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO TIPO CHILENO
<i>Emigdio Rodríguez-Quiel; Francisco González-Guevara</i> |
|-------|--|
-

- | | |
|-------|---|
| 35-51 | LÍNEAS DE FRIJOL POROTO BIOFORTIFICADO
DE GRANO ROSADO EN PANAMÁ
<i>Emigdio Rodríguez-Quiel; Román Gordon-Mendoza;
Francisco González-Guevara</i> |
|-------|---|
-

- | | |
|-------|---|
| 52-82 | ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LOS FACTORES CRÍTICOS
RELEVANTES PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA
EN PANAMÁ
<i>Julio Santamaría-Guerra; Maritza Domínguez-Hernández;
Jaime Espinosa-Tasón; Avelino Moreno-Saavedra</i> |
|-------|---|
-

NOTAS TÉCNICAS

- | | |
|-------|--|
| 83-92 | DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS DE COSECHA DE ARROZ Y
MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL
<i>Rodolfo Morales-Muñoz; Lwonel Agudo-Martínez;
Jaime Espinosa-Tasón</i> |
|-------|--|
-

- | | |
|--------|---|
| 93-102 | <i>Canavalia ensiformis</i> COMO ABONO VERDE EN EL
ESTABLECIMIENTO DE <i>Brachiaria brizantha</i> cv. TOLEDO
<i>Benigno Guerrero-Rojas; Domiciano Herrera-Domínguez;
Jacinto Frías-De León; Dixon Ramos-Batista</i> |
|--------|---|
-

COMUNICACIÓN CORTA

103-110

**CURVAS DE LACTACIÓN DE BOVINOS MESTIZOS PARDO
SUIZO EN LA REGIÓN DE AZUERO**

*Axel Villalobos-Cortés; Benigno Guerrero-Rojas;
Jessica Hassán-Vasquez; Domiciano Herrera-Domínguez*

111-115

NORMAS PARA AUTORES

IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA GENERADA EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA REGIÓN DE AZUERO¹

*Román Gordon-Mendoza²; Jorge Enrique Franco-Barrera³;
Ismael Camargo-Buitrago⁴*

RESUMEN

Los últimos 20 años, el proyecto de maíz en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá ha evaluado híbridos, así como distintas prácticas agronómicas que le permitieron generar tecnología para los productores de la región de Azuero. Para determinar el efecto de las tecnologías generadas en el rendimiento de grano, se analizó la prueba Regional de Maíz de 1995 a 2014, se evaluaron 166 híbridos en 199 localidades. En este lapso se distinguen cuatro etapas (1995-1998, 1999-2002, 2003-2009 y 2010-2014), se modificó la densidad de siembra, el manejo de la fertilización incluyendo el fraccionamiento de la urea, la dosis de nitrógeno y la aplicación de azufre al momento de la siembra. A partir del año 2007 se incluyó el análisis del efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento de grano. Los resultados del análisis indicaron que el rendimiento de grano aumentó de 4,59 t.ha⁻¹ a 7,57 t.ha⁻¹ con una mayor población de plantas al momento de la cosecha, lo que inició con 4,57 plantas.m⁻² y en la actualidad es de 6,45 plantas.m⁻². Al realizar el estudio en 10 híbridos en las distintas fases se observó un aumento del rendimiento de 0,30 t.ha⁻¹ a 1,50 t.ha⁻¹. Se analizó otras características agronómicas como mazorcas/planta, mazorcas cosechadas, tamaño de mazorcas para explicar el aumento del rendimiento obtenido. La fecha de siembra fue un factor condicionante para el rendimiento, al igual que los híbridos y el manejo agronómico.

PALABRAS CLAVES: Cambios tecnológicos, rendimiento, híbridos, manejo agronómico, fecha de siembra.

¹Recepción: 31 de marzo de 2016. Aceptación: 10 de mayo de 2016. Investigación financiada por los Proyectos Manejo Integral del cultivo de maíz y Generación de variedades e híbridos de maíz del IDIAP.

²M.Sc. en Protección Vegetal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA).
e-mail: gordon.roman@gmail.com

³M.Sc. en Ciencias Ambientales. IDIAP. CIAA. e-mail: joenfra13@gmail.com

⁴Ph.D. en Mejoramiento Genético. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG).
e-mail: camargo.ismael@gmail.com

IMPACT OF GENERATED TECHNOLOGY ON CORN CROP FOR AZUERO REGION

ABSTRACT

Over the past 20 years, the Agricultural Research Institute of Panamá evaluated corn hybrids, new agronomic practices and design recommendations for producers of this crop in the Azuero region. With the aim of to determine the effect of new recommendation on grain yield, a Regional Corn Test was analyzed from 1995 to 2014. During this period, 166 hybrids were evaluated in 199 locations. In this period four stages (1995-1998, 1999-2002, 2003-2009 and 2010-2014) have been distinguished. the recommendation of the plant population and management of fertilization were modified including urea fractionation, increasing doses of nitrogen and the sulfur application at planting time. Since 2007 the analysis of the date of planting over grain yield was included. The results of this analysis showed that the yield of the grain come up from 4,59 t.ha⁻¹ to 7,57 t.ha⁻¹ with a major population of plant at harvest time wich did start with 4,57 plantas.m⁻² and at the present is 6,45 plantas.m⁻². In conducting the study in 10 hybrids in the different phases, increased performance thereof between 0,30 t.ha⁻¹ to 1,50 t.ha⁻¹ was observed. The study analyzes other agronomic characteristics as cobs/plant, corn cropped, size of cobs to explain the increased yield obtained. The planting date was a determining factor for the gain due both, to new hybrids and the agronomic management.

KEYWORDS: Technologic changes, performance, hybrids, agronomic management, planting date.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes para el País, entre las políticas sectoriales del Ministerio de Desarrollo Agropecuario está considerado como uno de los rubros prioritarios. En el año 2013 se promulgó la Ley 107 denominada la Ley de Granos a través del programa de incentivos de la producción nacional de granos, la cual busca garantizar la

seguridad alimentaria, disminuir el costo de la canasta básica, lograr la autosuficiencia de varios rubros, entre ellos el maíz, así como mejorar la rentabilidad. Adicional, en el sector agropecuario nacional se han organizado cadenas agroalimentarias entre ellas la Cadena de Maíz, creada para coordinar todos los esfuerzos entre los distintos actores de la actividad. Con la generación de tecnologías se fortalece

la base agrotecnológica del país. De esta manera se busca cerrar la brecha entre la demanda y la oferta, tanto para la alimentación humana como para la formulación de piensos para animales.

Ante la situación mundial sobre el uso del grano de maíz para la producción de etanol en los países desarrollados, el valor de la tonelada ha ido en aumento, lo cual es una oportunidad para el productor de incrementar la producción y contribuir con la seguridad alimentaria nacional. Adicional, un clima adverso y desastres naturales derivados, entre otros factores del calentamiento global y la crisis del precio de los alimentos, han aumentado la vulnerabilidad y el riesgo de las comunidades rurales y de los productores en general, causando un impacto significativo en la seguridad alimentaria y la pobreza extrema. Sequías al inicio de los ciclos de siembra, lluvias intensas en algunos períodos de cultivo y la aparición de nuevas plagas están originando trastornos importantes en la productividad y la seguridad alimentaria.

Todos los sistemas de producción de grano se caracterizan por su bajo rendimiento, lo que se refleja en la media nacional. Entre las causas, se debe a diversos factores bióticos y abióticos, además de técnicas de manejo inadecuadas en lo que respecta

a densidad, control de malezas, plagas y fertilización. A pesar de esto, el promedio del rendimiento en la región de Azuero se ha incrementado en los últimos años con alzas y bajas alternadas, coincidiendo con la ausencia o presencia de problemas con la intensidad y la distribución de las lluvias.

En la región de Azuero el área sembrada por este cultivo ha fluctuado en los últimos años, pero la misma alcanzó un promedio de 18 mil hectáreas y una producción de 45 000 t de grano (MIDA 2008). En Los Santos se produce el 74,63% del maíz nacional, por la alta cantidad de hectáreas que se disponen para la siembra, además de los diferentes sistemas de producción emprendidos que permiten la participación desde productores de agricultura familiar hasta comerciales. Esta actividad involucró en promedio 600 productores de las provincias de Los Santos y Herrera en todo el período. Este número se redujo de 694 en el período 1990-1996, a unos 556 entre los años 1998-2004, es decir han salido en promedio 138 productores (MIDA 2010).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) por medio de los proyectos de Investigación e Innovación ha generado tecnología durante los últimos 20 años, tanto en determinar la población óptima de plantas

(Gordon *et al.* 2002a, 2002b y 2000a) y manejo de la fertilización del cultivo (Gordon *et al.* 2016, Gordon y Franco 2013, Gordon *et al.* 2004f, 2004g). También se ha invertido y trabajado en el área de generación y selección de híbridos para el sistema mecanizado de la región (Camargo *et al.* 2004, 2002, Gordon *et al.* 2006). Debido al impacto del cambio climático, se estudió la variabilidad de las lluvias sobre la afectación en la producción de este rubro en Azuero (Gordon *et al.* 2004a, 2004b). El objetivo de este estudio fue determinar el impacto de los resultados de las investigaciones realizadas en los proyectos de maíz del IDIAP, sobre la productividad del cultivo en la región de Azuero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de los datos experimentales

Para la realización de este estudio se tomó la base de datos de la Prueba Regional de Maíz que incluye los ensayos de 1995 a 2014 (20 años) del proyecto Generación de Variedades e Híbridos de Maíz del IDIAP, en este período se realizaron experimentos en 199 localidades y se evaluaron 341 entradas (Cuadro 1). Para el análisis, se dividió esta base en cuatro períodos. El primer período (A) consistió de cuatro años de 1995 a 1998, el segundo (B) incluyó de 1999 a 2002 con cuatro años, el tercero (C) y cuarto (D) comprendió los períodos

2003-2009 y 2010-2014, siete y cinco años, respectivamente. Durante el primer período se aplicaron las recomendaciones tradicionales que realizaba el IDIAP antes de la implementación de los proyectos de agronomía, mientras que a partir de 1999 la recomendación varió de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos del proyecto Manejo Integral del Cultivo de Maíz.

Descripción de la tecnología por períodos analizados

En el primer período (A) se utilizó una tasa de siembra de 5,33 plantas.m⁻² con un arreglo de 0,75 m entre hileras y una distancia de 0,50 m entre golpes, dejando dos plantas por golpe. La fertilización base fue a razón de 227 kg.ha⁻¹ de fórmula completar al momento de la siembra y la aplicación de fertilizante suplementaria consistió de urea a los 30 días después de la siembra (dds) hasta completar 130 kg N.ha⁻¹, incluyendo ambas aplicaciones (Cuadro 2).

En el segundo período (B) se aumentó la tasa de semillas al momento de la siembra a 6,25 plantas.m⁻², el arreglo topológico de 0,80 m entre hileras por 0,20 m entre golpes, dejando una planta por golpe. Se mantuvo la cantidad de 227 kg.ha⁻¹ de abono completo al momento de la siembra, esta aplicación incluyó el uso de azufre a razón de 20 kg.ha⁻¹. La

fertilización suplementaria de nitrógeno se realizó en dos momentos, la primera a los 21 dds y la segunda entre 35 y 37 dds, se conservó la dosis de 130 kg N.ha⁻¹.

La innovación en el tercer período (C) fue aumentar la dosis de nitrógeno en

forma de urea hasta alcanzar 200 kg N.ha⁻¹ utilizando una aplicación al momento de la siembra junto al fertilizante completo y el fraccionamiento en dos aplicaciones. La innovación del cuarto período (D) consistió en aumentar la población inicial de plantas a 6,66 planta con un arreglo

CUADRO 1. NÚMERO DE LOCALIDADES Y ENTRADAS EVALUADAS EN LOS ENSAYOS DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ, PANAMÁ, 1995-2014.

Año	Período	N° Localidades	N° Entradas	N° Repeticiones	N° datos
1995	A	5	15	4	300
1996	A	11	20	4	880
1997	A	7	20	3	420
1998	A	9	16	4	576
1999	B	11	20	3	660
2000	B	10	19	3	570
2001	B	9	20	3	540
2002	B	11	18	3	594
2003	C	10	15	3	450
2004	C	11	18	3	594
2005	C	9	14	3	378
2006	C	12	10	3	360
2007	C	11	26	3	858
2008	C	11	18	3	594
2009	C	12	20	3	720
2010	D	10	24	3	720
2011	D	10	12	3	360
2012	D	10	12	3	360
2013	D	10	12	3	360
2014	D	10	12	3	360
1995-1998	A	32	71		2 176
1999-2002	B	41	77		2 364
2003-2009	C	76	121		3 954
2010-2014	D	50	72		2 160
Totales		199	341		10 654

CUADRO 2. TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LOS CUATRO PERÍODOS DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA REGIONAL DE MAÍZ, PANAMÁ, 1989-2014.

	A 95-98	B 99-02	C 03-08	D 09-14
Cantidad semilla.ha ⁻¹	53 333	62 500	62 500	66 666
Fertilizante (kg.ha ⁻¹)	227	227	227	273
Azufre (kg S.ha ⁻¹)	0	20	20	20
Aplicación de Urea (dds)	30	21 y 37	21 y 37	21 y 37
Dosis de N (kg.ha ⁻¹)	130	130	200	200

de 0,75 m entre hileras y 0,20 m entre golpes; adicional se aumentó la dosis de fertilizante completo al momento de la siembra a razón de 273 kg.ha⁻¹ y se mantuvo tanto la doble aplicación de urea como la dosis de azufre (Cuadro 2).

Efecto de la fecha de siembra sobre la tecnología

A partir del año 2007 se incluyó el análisis del efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento de grano. Para esto se procedió a la siembra de dos ensayos por año en la estación experimental El Ejido. Se sembró un ensayo a finales de agosto, principios de septiembre (siembra temprana) y otro a principios de octubre (siembra tardía). El estrés esperado estuvo en función de la distribución de lluvias de cada año y principalmente afecta las etapas de floración y llenado de grano del ensayo sembrado tardíamente.

Análisis estadísticos realizados

A cada ensayo se le realizó el análisis estadístico individual respectivo al modelo utilizado (Alfa Látice), así como el análisis combinado a través de localidades por año (Vargas *et al.* 2013). En cada experimento, se calculó los distintos componentes de varianza del modelo lineal. Se utilizó el método REML implementado en el procedimiento MIXED de SAS. Adicional a las varianzas del modelo, se calculó el Coeficiente de variación (CV), Repetitividad (h²), Rango (R), Diferencia mínima significativa (DMS), Error estándar de la diferencia (EED) para el rendimiento. También, se calculó el cociente sugerido por Gordon-Mendoza y Camargo-Buitrago (2015), entre el DMS y el Rango (D/R).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de los estadísticos fueron las siguientes:

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Block_j(Rep_i) + Gen_k + \varepsilon_{ijk}$$

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Block_k(Loc_i Rep_j) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl}$$

$$h^2 = \frac{\delta_{Trat}^2}{\delta_{Trat}^2 + \frac{\delta_{Error}^2}{No\ rep}}$$

$$h^2 = \frac{\delta_{Trat}^2}{\delta_{Trat}^2 + \frac{\delta_{Trat \times Loc}^2}{No\ loc} + \frac{\delta_{Error}^2}{(No\ loc \times No\ rep)}}$$

$$Indice\ D/R = \frac{DMS}{RANGO}$$

$$DMS_{5\%} = t * S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$$

$$CV = \frac{\sqrt{CMError}}{\bar{x}} * 100$$

$$EED = \sqrt{\frac{2\ CM\ Error}{No\ reps \times No\ Loc}}$$

Se analizaron las variables rendimiento de grano, peso de mazorcas, número de plantas y mazorcas cosechadas, número de mazorcas/planta. Se calcularon las estadísticas descriptivas de cada variable por período (promedio, moda, mediana, desviación estándar, varianza, rango, error estándar, curtosis, índice de simetría). Se realizó una prueba de t para determinar diferencias por período de recomendación.

A partir del año 2007 se sembró en la estación experimental El Ejido el ensayo en dos fechas, la primera se considera como temprana (agosto o inicios de septiembre) y tardía (octubre o finales de septiembre) para determinar el efecto del estrés hídrico sobre los híbridos evaluados cada año. Para el análisis del efecto de los híbridos se tomaron los

que se introdujeron en cada período y que ocuparon las posiciones de mayor rendimiento durante la fase evaluada. Luego, se calculó el rendimiento con los distintos cambios tecnológicos evaluados para cada híbrido. Finalmente, se tomaron las estadísticas de producción de maíz en el sistema mecanizado de la región de Azuero que recoge la Dirección Nacional de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario para evaluar el avance que indican los productores del rubro en la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadísticos combinados por año e individual por localidad

En relación a los valores de repetitividad calculados por años el valor más bajo fue 0,64 obtenido en el año 2006, seguido por los años 1995 y 2005

con 0,72 y 0,75, respectivamente, el resto fue superior a 0,90 (Cuadro 3). Esto indica la precisión y manejo que se le dio a los ensayos a través de los años como lo muestran Gordon-Mendoza y Camargo-Buitrago (2015). En relación al cociente D/R se encontró valores por debajo de 0,30; lo que revela la precisión para separar los mejores híbridos evaluados

por año. Con respecto al coeficiente de variación, el cual es utilizado en algunos casos para indicar el buen manejo de los ensayos se observa que todos están por debajo del 18% (Cuadro 3).

Los valores de repetitividad promedio por período fueron de 0,75; 0,84; 0,76 y 0,88 para los períodos A, B,

CUADRO 3. CUADRADO MEDIO DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS COMBINADO POR AÑO Y DE PRECISIÓN EXPERIMENTAL, AZUERO - PANAMÁ, 1995-2014.

Año	CM Genotipos	CM Localidad	CM Loc x Gen	CM Error	Error Estándar	Repetitividad	D/R	CV
1995	0,10	0,70	0,09	0,43	0,208	0,72	0,20	17,8
1996	0,30	0,24	0,09	0,35	0,126	0,95	0,14	12,3
1997	0,31	1,68	0,10	0,32	0,174	0,91	0,15	12,7
1998	0,45	1,25	0,14	0,34	0,137	0,95	0,11	12,2
1999	0,34	1,16	0,14	0,31	0,138	0,94	0,12	9,7
2000	0,30	0,63	0,11	0,29	0,138	0,94	0,15	8,6
2001	0,56	0,35	0,21	0,34	0,159	0,94	0,10	9,7
2002	0,88	1,58	0,14	0,28	0,131	0,98	0,01	9,9
2003	0,68	0,46	0,23	0,44	0,170	0,95	0,02	9,0
2004	0,19	0,40	0,11	0,35	0,145	0,91	0,16	8,8
2005	0,12	0,95	0,21	0,46	0,185	0,75	0,24	9,6
2006	0,05	0,86	0,23	0,34	0,138	0,64	0,29	9,6
2007	0,78	1,05	0,29	0,47	0,169	0,95	0,08	10,6
2008	0,49	0,91	0,21	0,49	0,172	0,94	0,12	10,1
2009	0,75	1,84	0,21	0,43	0,154	0,96	0,08	9,4
2010	0,61	2,84	0,33	0,53	0,187	0,92	0,12	9,6
2011	2,90	1,95	0,40	0,32	0,147	0,98	0,05	7,4
2012	0,67	2,62	0,14	0,55	0,192	0,95	0,13	12,0
2013	2,04	2,70	0,42	0,79	0,230	0,97	0,10	13,4
2014	1,18	5,52	0,38	0,38	0,160	0,96	0,08	7,9

C y D, respectivamente, indicando buena precisión y manejo experimental (Figura 1). En relación al cociente D/R el mismo fue similar para los cuatro períodos en donde estuvieron entre 0,27 y 0,36, indicando buena precisión para separar la media entre los híbridos evaluados (Gordon-Mendoza y Camargo-Buitrago 2015). El coeficiente de variación al igual que los otros dos estadísticos presentó promedios generales con una ligera dispersión para los ensayos del primer período.

Análisis de rendimiento de grano y otras variables por período de evaluación

Un avance en la productividad del cultivo en la región de Azuero fue el incremento del rendimiento de 4,58 t.ha⁻¹ a 7,54 t.ha⁻¹, con ganancias intermedias para cada período de 1,24 t.ha⁻¹, 0,98 t.ha⁻¹ y 0,75 t.ha⁻¹. El incremento en rendimiento con el avance del tiempo fue significativo de acuerdo a las Pruebas de t de Student realizadas entre los distintos períodos. Se

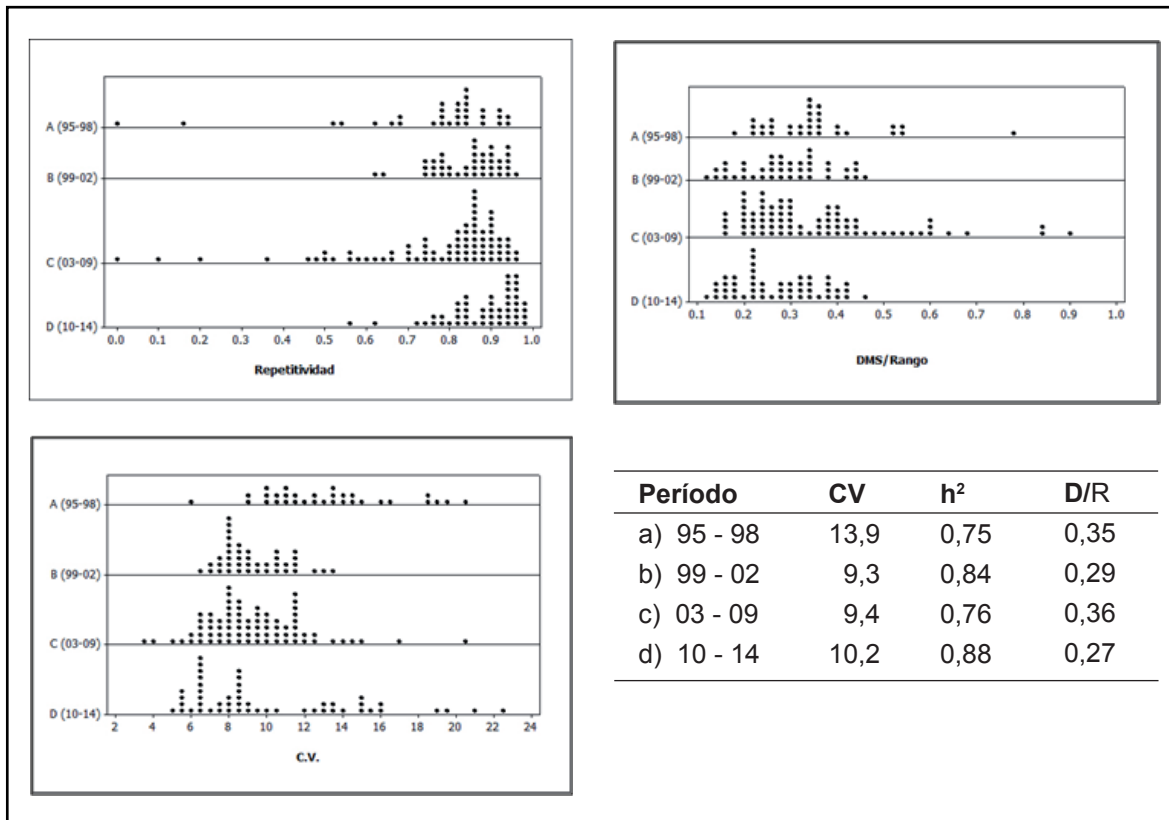


Figura 1. Distribución de los valores de repetitividad, coeficiente de variación y D/R por ensayo individual según período de evaluación.

obtuvo un aumento global de $2,96 \text{ t.ha}^{-1}$ durante las etapas consideradas en el estudio (Cuadro 4).

Cuando se analiza tanto el rendimiento mínimo como el máximo obtenido en los períodos de estudio, se observa un incremento gradual. Los datos para los cuatro períodos presentan una distribución normalizada cuando se observan las cajas de Tukey. El mayor incremento se dio en el primer cambio realizado en el período 1999-2002, con un aumento de $1,24 \text{ t.ha}^{-1}$. Este aumento del rendimiento se explica en parte por los cambios agronómicos del manejo del cultivo (Gordon *et al.* 2002c, 2000b, 1995, 1992), así como por el uso de genotipos de mayor potencial en los distintos períodos evaluados (Gordon *et al.* 2006, 2004c, 2004d, 2004e).

El aumento de la población de plantas al momento de la cosecha cuando pasamos de una media de 4,58 a 5,85 y manteniendo un número de mazorcas por planta similar entre el primer y segundo período de estudio, explica en gran medida la ganancia en rendimiento obtenido con este primer cambio tecnológico (Shapiro y Wortmann 2006, Farnham 2001) (Cuadro 5). En este primer cambio no se encontró diferencias estadísticas entre el peso de mazorcas de los dos períodos. Debido al manejo agronómico que se dio

con el fraccionamiento de la aplicación suplementaria del nitrógeno y azufre al momento de la siembra, se pudo obtener peso de mazorcas similares.

El incremento del rendimiento al pasar del segundo al tercer período de estudio se explica en el mayor peso de las mazorcas (13 g) que se dio al aumentar la dosis de N de 120 a 200 kg N.ha^{-1} (Binder *et al.* 2000). El incremento entre el número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha también es responsable en parte del aumento del rendimiento observado ($0,98 \text{ t.ha}^{-1}$). El aumento de rendimiento de $0,75 \text{ t.ha}^{-1}$ al pasar al último período de evaluación se explica tanto por la mayor población al momento de la cosecha ($0,17 \text{ plantas.m}^{-2}$), así como por el número de mazorcas cosechadas (0,12) y el mayor peso de las mazorcas (9 g) al introducir el cambio en la fertilización inicial.

Efecto de nuevos híbridos en el rendimiento de grano

Los híbridos que fueron evaluados por primera vez en cada período, se puede observar el promedio del rendimiento de los dos mejores años por período (Cuadro 6). Se encontró que la media general de $5,14 \text{ t.ha}^{-1}$ en el primer período se aumentó a $6,56 \text{ t.ha}^{-1}$; luego a $7,25 \text{ t.ha}^{-1}$ y finalmente a $8,34 \text{ t.ha}^{-1}$. Esto demuestra el avance en el potencial genético de los materiales con el transcurrir del tiempo. En el período

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE GRANO PROMEDIO, MÁXIMOS Y MÍNIMOS OBTENIDOS EN t.ha⁻¹ POR PERÍODO DE EVALUACIÓN, VALOR DEL ESTADÍSTICO T Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA.

Período	Promedio	Diferencia	Valor t	Rendimiento de grano promedio	
				Mínimos	Máximos
1995-1998	4,58			3,15	5,76
1999-2002	5,81	1,24	18,0**	3,86	7,24
2003-2009	6,79	0,98	15,9**	4,97	8,26
2010-2014	7,54	0,75	8,4**	5,10	9,82

** Diferencias estadísticas al 1% de probabilidad.

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO Y OTRAS VARIABLES AGRONÓMICAS SEGÚN CAMBIO TECNOLÓGICO, 1995-2014.

Período	Plantas. m ⁻²	Mazorca/ planta	Mazorca. m ⁻²	Peso Mazorca (g)	Altura planta (cm)	Altura mazorca/ Altura de planta
1995-99	4,62	0,957	4,38	104	220	0,50
Diferencia	(1,23**)	(-0,001 n.s.)	1,23**	(-1 n.s.)	(6**)	(0,03*)
2000-02	5,85	0,956	5,61	103	225	0,53
Diferencia	(0,20**)	(0,006 n.s.)	0,24**	(13**)	(5**)	(0,00 n.s.)
2003-08	6,05	0,962	5,87	117	230	0,53
Diferencia	(0,17**)	(-0,003 n.s.)	0,12**	(9**)	(-4**)	(0,001 n.s.)
2009-14	6,22	0,959	5,97	126	226	0,52

Valores en paréntesis representan la diferencia entre períodos continuos, **, *, n.s. diferencia al 1%, 5% y no difiere estadísticamente de acuerdo a la prueba de t.

CUADRO 6. RENDIMIENTO (t.ha⁻¹) DE LOS DOS MEJORES AÑOS DE LOS HÍBRIDOS SOBRESALIENTES POR PERÍODO, AZUERO, PANAMÁ, 1995-2014.

1995-1998		1999-2002		2003-2008		2009-2014	
Híbrido	t.ha ⁻¹	Híbrido	t.ha ⁻¹	Híbrido	t.ha ⁻¹	Híbrido	t.ha ⁻¹
3018	5,51	C-8007	7,56	30F-35	7,77	P-4226	9,43
P-9490	5,37	3041	6,67	PZ-240	7,53	P-4082W	9,13
XL-380	5,22	30K-75	6,43	30F-32	7,38	P-3862	9,10
3031	5,19	P-0102	6,40	30R-92	7,21	P-3523	8,76
X-3058K	5,05	30F-80	6,31	IDIAP-M-0512	7,15	IDIAP-M-1010	7,70
X-304C	4,84	PB-0105	6,29	30K-73	6,96	DAS-3383	7,40
HS-6	4,83	P-0104	6,28	2B-688	6,73	XB-6012	7,19
Promedio	5,14		6,56		7,25		8,34

2009 a 2014, tres de los mejores siete híbridos presentados superaron la media de $9,0 \text{ t.ha}^{-1}$. En su mayoría estos híbridos de maíz son simples con excepción de algunos generados en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá como las cruza triples IDIAP-M-1010, IDIAP-M-0512, PB-0105, P-0104, P-0102 y P-9490.

Híbridos como 3018, P-9490 y HS-6 se evaluaron en el primer período y presentan una ganancia de peso entre $1,00 \text{ t.ha}^{-1}$ y $1,50 \text{ t.ha}^{-1}$. Al pasar del segundo al tercer período, los híbridos como X-1358K, P-0102 y PB-0103 mostraron diferencias alrededor de una

tonelada por el cambio tecnológico. Finalmente, el cambio de los híbridos de mayor potencial al aplicarles la tecnología del cuarto período como 30F-80, 30K-73 y 30F-35 muestran incrementos en su rendimiento por arriba de $0,80 \text{ t.ha}^{-1}$. En resumen, el potencial de rendimiento de estos diez híbridos al cambio tecnológico propuesto fue de 4,83; 6,14; 7,08 y $7,57 \text{ t.ha}^{-1}$ al pasar por cada período de evaluación (Figura 2).

Efecto de las fechas de siembra sobre el rendimiento de grano

En los últimos dos períodos del estudio la siembra del ensayo en la estación experimental El Ejido ha mostrado

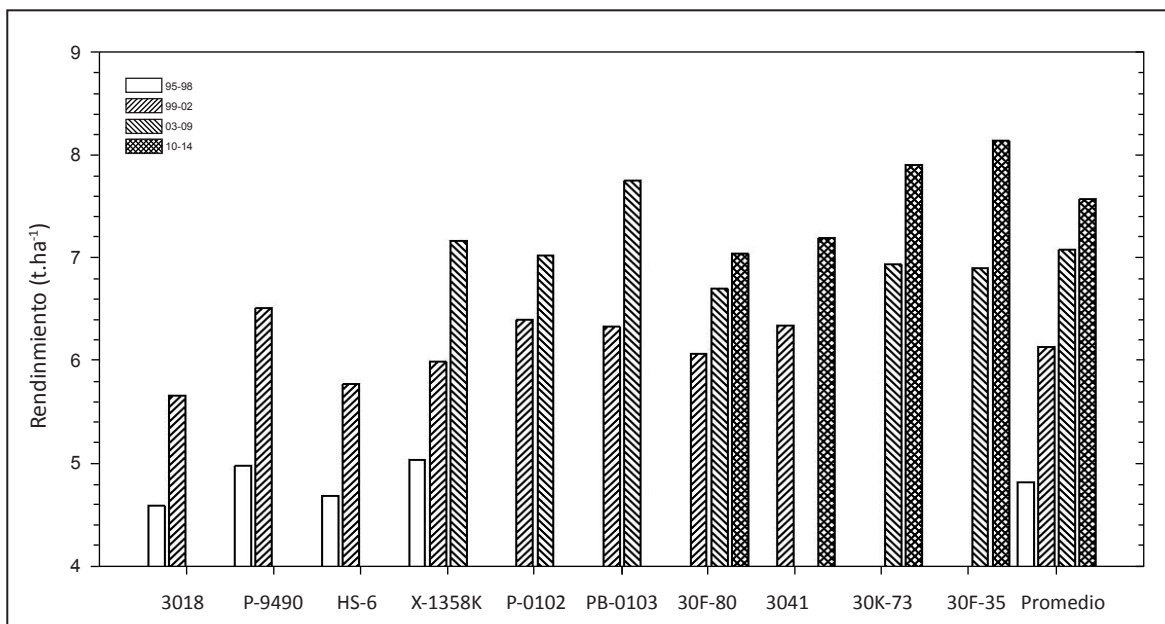


Figura 2. Respuesta del rendimiento de grano de 10 híbridos de mayor potencial por período, Azuero - Panamá, 1995-2014.

el efecto que tiene el estrés hídrico en las etapas críticas de la formación y llenado de grano de los genotipos evaluados (Cuadro 7). El promedio de reducción de los tres años en el período de evaluación 2007-2009 fue de 0,79 t.ha⁻¹ y este aumentó en el siguiente período (2010-2014) a 2,59 t.ha⁻¹. La mayor reducción en el rendimiento (diferencias mayores a 1,00 t.ha⁻¹) se observa cuando la siembra tardía se realiza en octubre como lo fue en los años 2007, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014. La baja precipitación pluvial que se presentó en los últimos cuatro años (2011 a 2014) incidió en el bajo rendimiento (rendimiento promedio menor de 4,00

t.ha⁻¹) obtenido en la siembra tardía en comparación con la temprana, debido principalmente a la escasez de lluvia en la fase posterior a la floración (50 - 80 dds) y llenado de grano (81 - 100 dds), lo que tiene a su vez, efecto en la baja humedad del suelo en las dos fechas de siembra pero con mayor énfasis en la siembra tardía (Figura 3). Este resultado indica que a pesar de tener híbridos con alto potencial de rendimiento y utilizar la mejor tecnología con que cuente el productor, el factor de agua disponible en el suelo para la formación del grano es crítica en la región de Azuero.

CUADRO 7. PRECIPITACIÓN PLUVIAL (ppt) ACUMULADA DESPUÉS DE LA FLORACIÓN (mm) Y RENDIMIENTO DE GRANO (t.ha⁻¹) OBTENIDO POR FECHA DE SIEMBRA SEGÚN PERÍODO DE EVALUACIÓN, EL EJIDO - PANAMÁ, 2007-2014.

Año	Fecha de siembra		Dif. (días)	ppt (50-80 dds)		ppt (81-100 dds)		Rendimiento de siembra		Dif. (t.ha ⁻¹)
				Siembra				Temprana	Tardía	
	Temprana	Tardía		Temprana	Temprana	Tardía	Tardía	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	
2007	30-ago	01-oct	32	189,0	37,0	37,0	18,0	7,02	5,74	-1,28
2008	29-ago	24-sep	26	59,0	78,0	78,0	0,0	6,89	6,28	-0,61
2009	03-sep	29-sep	26	153,0	31,0	31,0	14,0	7,81	7,51	-0,31
2007-2009			28,0	133,7	48,7	48,7	10,7	7,23	6,45	-0,79
2010	01-sep	01-oct	30	255,0	131,0	131,0	0,0	8,92	7,83	-1,09
2011	02-sep	07-oct	35	101,0	68,0	68,0	0,0	7,65	3,91	-3,73
2012	30-ago	03-oct	34	182,0	37,0	37,0	0,0	6,62	2,44	-4,18
2013	04-sep	03-oct	29	131,8	42,3	42,3	0,0	6,42	3,68	-2,74
2014	25-ago	07-oct	43	38,2	49,0	49,0	0,0	5,34	2,62	-2,71
2010-2014			34,2	141,6	65,5	65,5	0,0	7,31	4,72	-2,59

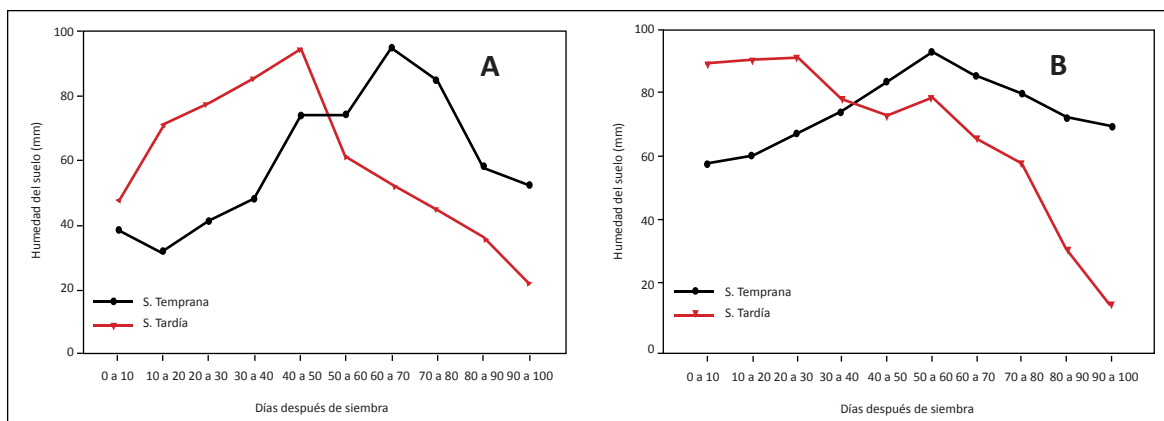


Figura 3. Humedad del suelo promedio en mm por fecha de siembra según los períodos de evaluación de la tecnología del proyecto 2007-2009 (A) y 2010-2014 (B), El Ejido, Panamá.

Rendimiento por año Tecnología IDIAP vs Registro anual MIDA

El progreso del rendimiento de grano anual de los ensayos con Tecnología IDIAP y el registrado por el Programa de Maíz de la Dirección Nacional de Agricultura del MIDA es similar pero distinto en magnitud (Figura 4). A diferencia de los datos experimentales, el rendimiento de los productores de maíz de la región de Azuero es obtenido por encuesta oral.

Se observa que en la fase previa (1995 – 1998) a la ejecución y divulgación de los resultados de los proyectos de IDIAP a productores, la tasa de crecimiento del rendimiento en los ensayos era nueve veces mayor al reportado por los productores de la región. A partir del año 1999 se observa

en las dos curvas de crecimiento una pendiente similar (0,093 vs 0,091) en los dos registros, sugiriendo un crecimiento de aproximadamente 90 kg/año. A pesar de presentar la misma tasa existe una diferencia de aproximadamente 2 t.ha⁻¹ entre los dos registros. Lo que sugiere que se debe identificar el factor que limita la adopción de la tecnología por parte de los productores o que se debe mejorar en el sistema de recopilación de la información pasando de un sistema de encuesta al productor por uno que capte realmente cuál es el rendimiento obtenido en campo por los productores de este rubro.

Independientemente del resultado de un estudio de brecha, las causas deben ser analizadas para ir cerrando la misma, de tal manera que la actividad

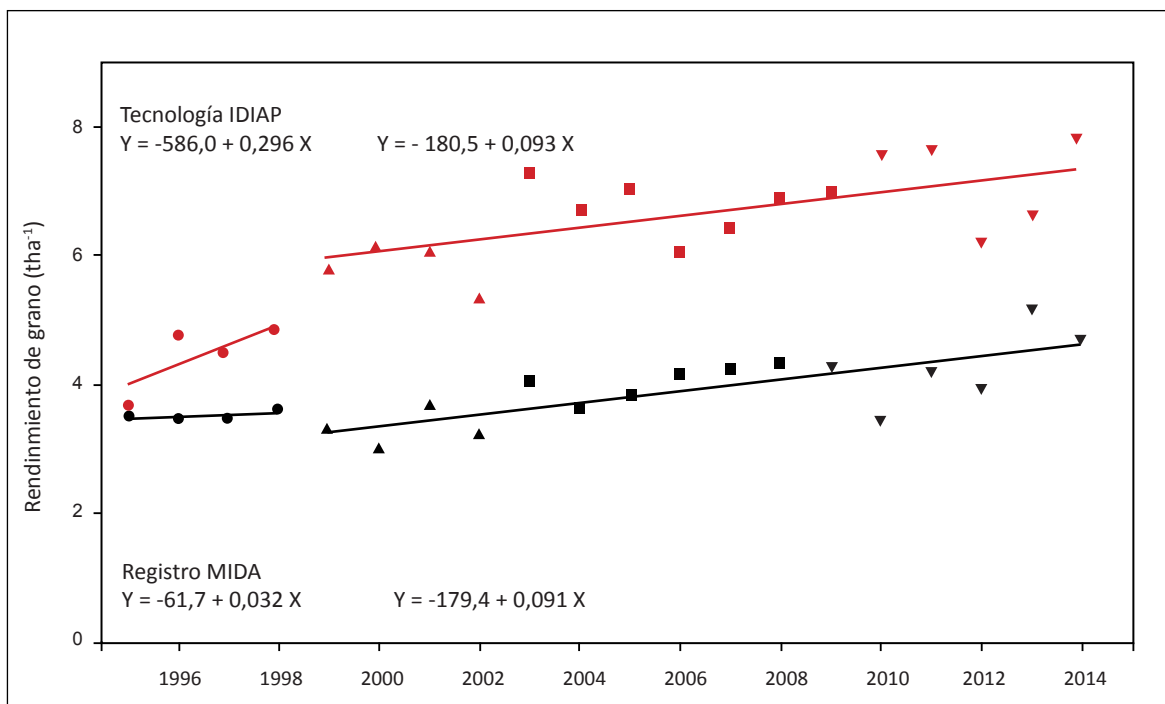


Figura 4. Progreso del rendimiento promedio anual de los ensayos con tecnología IDIAP vs el registro de producción de grano de los productores de maíz de la región de Azuero, 1995-2014.

siga siendo atractiva para los productores del rubro. También se debe realizar una mayor difusión de la Tecnología IDIAP por parte de extensionistas MIDA, así como de otros entes dedicados a la extensión de tecnología agropecuaria en el país.

CONCLUSIONES

- Se ha observado y documentado un continuo crecimiento del potencial de rendimiento del cultivo en la región de Azuero debido a factores de manejo agronómico como factores genéticos que son producto

de la Investigación del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

- El potencial de rendimiento obtenido está influenciado fuertemente por la fecha de siembra que se utilice en la región, principalmente por la distribución de las lluvias en el período de siembra.
- Existe una brecha entre el rendimiento potencial de la Tecnología IDIAP y el rendimiento reportado por los productores de la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Binder, DL; Sander, DH; Walters, D. 2000. Maize Response to Time of Nitrogen Application as Affected by Level of Nitrogen Deficiency. *Agron. J.* 92: 1228–1236.
- Camargo, I; Gordon, R; Franco, J; González, A. 2004. Interpretación de la interacción genotipo-ambiente y Confiabilidad de la respuesta de cinco híbridos de maíz en 30 ambientes de Azuero, Panamá, 2001-2003. *Revista Ciencia Agropecuaria* 16: 1-16.
- Camargo, I; Gordon, R; Franco, J; González, A. 2002. Confiabilidad de nuevos híbridos de maíz en Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): 7-11.
- Farnham, DE. 2001. Row Spacing, Plant Density, and Hybrid Effects on Corn Grain Yield and Moisture. *Agron. J.* 93: 1049–1053.
- Gordon-Mendoza, R; Franco, JE; Villarreal, JE; Smyth, TJ. 2016. Manejo de la fertilización fosforada en el cultivo de maíz, El Ejido, Panamá, 2004-2013. *Revista Agronomía Mesoamericana* 27(1): 95-10.
- Gordon-Mendoza, R; Camargo-Buitrago, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agron. Mesoam.* 26(1): 55-63.
- Gordon, R; Franco, J. 2013. Manejo de la fertilización suplementaria y efecto de dos mejoradores de suelo en maíz. *Revista Ciencia Agropecuaria* 21: 1-24.
- Gordon, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17(2): 189-199.
- Gordon, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2004a. 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. *Revista Ciencia Agropecuaria* 16: 17-30.
- Gordon, R; Camargo, Franco, J; González, A. 2004b. Impacto de la Precipitación Pluvial en el Rendimiento de Grano de Maíz en la Región de Azuero, Panamá, 1995-2003. II. Análisis del

- Rendimiento y su Relación con la Época de Siembra. *Revista Ciencia Agropecuaria* 16: 31-44.
- Azuero, Panamá, 2000-2002. *Revista Ciencia Agropecuaria* 17: 1-16.
- Gordon, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2004c. Evaluación de la estabilidad de 15 híbridos de maíz en diez ambientes de Azuero, Panamá, 2003. *Revista Ciencia Agropecuaria* 16: 45-62.
- Gordon, R; Franco, J; González, A. 2004g. Determinación de la dosis óptima de Nitrógeno para el cultivo de maíz con tres modelos de respuesta, Azuero, Panamá, 2000-2002. *Revista Ciencia Agropecuaria* 15: 1-16.
- Gordon, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2004d. Determinación de la adaptabilidad y estabilidad de 18 híbridos de maíz de grano blanco, a través de ambientes contrastantes, Azuero, Panamá, 2002. *Revista Ciencia Agropecuaria* 16: 63-80.
- Gordon, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2002a. Respuesta de dos cultivares de maíz a la densidad de plantas bajo dos niveles contrastantes de N, Panamá. 1993-1994. *Revista Ciencia Agropecuaria* 12: 71-84.
- Gordon, R; Franco, J; González, A. 2002b. Determinación de la densidad óptima de plantas de los cultivares de maíz P-9422, P-9490 y X-3018, Panamá. 1997. *Revista Ciencia Agropecuaria* 12: 113-124.
- Gordon, R; Franco, J; González, A. 2004e. Determinación de la adaptabilidad de híbridos de maíz, utilizando el análisis Biplot GGE, Azuero, Panamá, 2002. *Revista Ciencia Agropecuaria* 15: 17-36.
- Gordon, R; Franco, J; González, A. 2002c. Evaluación de diferentes fuentes y época de aplicación de azufre en el cultivo de maíz en la Región de Azuero, 1997-1998. *Revista Ciencia Agropecuaria* 11: 1-12.
- Gordon, R; Franco, J; González, A. 2004f. Uso del clorofilómetro SPAD-502 en el manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz,

- Gordon, R; González, A; Franco, J. 2000a. Determinación de la densidad óptima de plantas de los cultivares de maíz P-9490, CB-HS-8GM2 y X-1358K. Azuero, Panamá, 1998. Revista Ciencia Agropecuaria 10: 113-122.
- Gordon, R; González, A; Franco, J. 2000b. Manejo de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz. Azuero, Panamá, 1996 – 1998. Revista Ciencia Agropecuaria 10: 123-134.
- Gordon, R; De Gracia, N; González, A; Franco, J; de Herrera, A. 1995. Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de Fósforo y Azufre, Panamá 1989-1992. Revista Ciencia Agropecuaria 8: 193-214.
- Gordon, R; González, A; Franco, J; De Gracia, N; Raun, W. 1992. Evaluación de dosis y métodos de aplicación de azufre y su efecto residual en el cultivo de maíz en dos localidades de Azuero, Panamá. Revista Agronomía Mesoamericana 3: 52-56.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Pa). 2008. Estadísticas de las principales variables de los rubros agrícolas de Panamá, 1998. Dirección Sectorial de Planificación y Política Agropecuaria. 30 p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Pa). 2010. Estadísticas de Productos agrícolas (en línea). Consultado mayo 2013. Disponible en <http://www.mida.gob.pa>
- Shapiro, CA; Wortmann, CS. 2006. Corn Response to Nitrogen Rate, Row Spacing, and Plant Density in Eastern Nebraska. Agron. J. 98: 529–535.
- Vargas, M; Combs, E; Alvarado, G; Atlin, G; Mathews, K; Crossa, J. 2013. META: A suite of SAS Programs to Analyze Multi environment Breeding Trials. Agron. J. 105: 11–19.

LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO TIPO CHILENO¹

Emigdio Rodríguez-Quiel²; Francisco González-Guevara³

RESUMEN

Con el objetivo de obtener variedades de grano tipo chileno, se establecieron experimentos para evaluar su comportamiento agronómico. En el primer año, se determinó que existen diferencias estadísticas entre las variedades para los valores de la afectación a mustia hilachosa. Se determinó que las variedades NUA 336 y NUA 140 son superiores, a pesar que obtuvieron un valor de 35% de área foliar afectada. Por otra parte, el rendimiento mostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos, las variedades NUA 140 y NUA 336, obtuvieron 2040 kg.ha⁻¹ y 1810 kg.ha⁻¹, respectivamente. En el segundo año, se midió el porcentaje de severidad de la mustia hilachosa entre variedades presentando diferencia significativa ($P \leq 0,0340$). Las NUA 336 y NUA 140 mostraron mejor comportamiento y valores de 35% de follaje afectado por la mustia hilachosa, mientras que el Criollo y el NUA 249 alcanzaron un 50%, lo que las clasifica como susceptibles. Se analizó el rendimiento y se encontró diferencia estadística ($P \leq 0,0340$), siendo la mejor la NUA 140 con 2487 kg.ha⁻¹, la cual no es apta para las condiciones agroecológicas donde se realiza la siembra de frijol poroto en Panamá. Seguida de las líneas NUA 249 y NUA 336 con 2217 kg.ha⁻¹ y 2168 kg.ha⁻¹, esta última con mejor color de grano. La NUA 336 es una variedad con tamaño y color del grano similar al criollo del productor que obtuvo un rendimiento de 1728 kg.ha⁻¹ siendo el último material de la evaluación. Se validaron las variedades y mostraron excelente rendimiento.

PALABRAS CLAVES: Variedades, comportamiento agronómico, rendimiento, severidad de la mustia hilachosa, hábito de crecimiento.

¹Recepción: 25 de febrero de 2016. Aceptación: 13 de mayo de 2016. Financiado por el proyecto de Frijol Poroto del IDIAP.

²M.Sc. en Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).
e-mail: emigdirodriguezq@gmail.com

³Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: pancho125710@yahoo.com

KIDNEY BEAN LINES OF CHILEAN GRAIN TYPE

ABSTRACT

With the objective to get varieties of Chilean bean grain type, experiments were conducted established to evaluate its agronomic performance. During the first year of evaluation, statistic differences between variety were determined for the values of affectation to web blight. It was determined that both, NUA 336 and NUA 140, in spite of presenting 35% leaf area affected, were superior. On the other hand, treatments yield in kg.ha^{-1} showed to be significant. The varieties NUA 336 and NUA 140, yielded 2040 kg.ha^{-1} and 1810 kg.ha^{-1} , respectively. During the second year, the percentage of severity of web blight was measured, it showed significant difference between varieties ($P \leq 0,0340$). The NUA 336 AND NUA 140 indicated better behavior and values of web blight affectation of 35%, while Criollo and NUA 249 reached 50% affectation, which classifies them as susceptible varieties. Agronomic performance was studied founding that NUA 140 yielded 2487 kg.ha^{-1} ($P \leq 0,0340$), which it is not suitable for agro-ecological conditions where bean cropping is done in Panamá. It was followed by NUA 249 and NUA 336 lines, with 2217 kg.ha^{-1} and 2168 kg.ha^{-1} , respectively. This last one, with better color of grain than the other evaluated varieties. The NUA 336 yielded 1728 kg.ha^{-1} , it is a variety with size and color similar to the creole variety and it was the last material to be evaluated. Varieties were validate and showed excellent performance.

KEYWORDS: Varieties, agronomic performance, yield, severity of web blight, growth habit.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de México y desde hace alrededor de ocho mil años su cultivo se ha desarrollado y extendido a prácticamente todo el mundo. El género muestra alrededor de 52 especies, de las cuales *P. vulgaris* es la más importante en cuanto a la superficie sembrada y la producción (Aguilar 2013).

Es la leguminosa de grano de mayor consumo en el mundo. Su mayor área de producción se encuentra concentrada en América Latina, donde se localiza cerca del 45% de la producción mundial. Además, representa la región de mayor consumo del grano (Araya 2003).

La superficie mundial sembrada con poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) Cranberry no supera las 500 000 ha.

En la República Argentina, el 10% de la superficie de siembra corresponde a otros colores no tradicionales, como los Cranberry, cuya producción total oscila entre 10 000 t/año y 15 000 t/año de frijol (Vizgarra 2006).

En Panamá, el frijol poroto se cultiva en áreas con elevación entre 500 msnm y 1150 msnm, temperatura que fluctúa entre 13° y 25° C, las cuales son condiciones necesarias para su adecuado desarrollo y fructificación. Se recomienda, evitar la siembra en zonas de menos elevación, donde la temperatura sobrepasa los 25° C, pues la planta presenta mayor desarrollo vegetativo y un alto porcentaje de aborto de flores (Rodríguez *et al.* 1995). Además, en estas condiciones el ataque de enfermedades es severo, tanto en el follaje como en la raíz, (*Fusarium*, *Rhizoctonia*) afectando directamente el rendimiento (López *et al.* 1987).

La mustia hilachosa es conocida por los agricultores como fuego o quemazón y es causada por el hongo *Thanatephorus cucumeris* (Frank), Donk, estado sexual; *Rhizoctonia solani* Kuhn, estado asexual. Esta enfermedad se desarrolla, principalmente, en las regiones tropicales con temperatura y humedad entre moderada y alta. El desarrollo del patógeno es favorecido por la presencia

de plantas con alto contenido de nitrógeno y eficientes en calcio (López *et al.* 1987).

Thanatephorus cucumeris ataca follaje, tallos, ramas, granos y vainas de la planta de frijol poroto en cualquiera de los estados de su desarrollo; sin embargo, no causa lesiones en las raíces. Los esclerocios (estructuras vegetativas del hongo) constituyen el inóculo primario que es diseminado a través del viento, la lluvia, escorrentía, por el movimiento dentro del cultivo, de los implementos agrícolas y del hombre. Estas estructuras pueden permanecer viables en el suelo por uno o más años y de igual forma puede sobrevivir como micelio vegetativo en residuos de cosecha (Corrales 1985).

Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en las hojas de la planta como pequeñas lesiones acuosas circulares de 1 mm a 3 mm de diámetro, y son de coloración más clara que la hoja. Estas lesiones son originadas principalmente por el salpique de las gotas de lluvia que llevan los esclerocios y/o micelio, junto con partículas de suelo (Corrales 1985). Se recomienda un manejo integrado para el control de la enfermedad, lo cual incluye: buenas prácticas agronómicas, como la utilización de semilla certificada libre de patógenos, tanto interna, como externamente; rotación de cultivos, especialmente con Poaceas

como el cultivo de maíz en siembra bajo el sistema de mínima labranza; uso de variedades de resistencia intermedia a la enfermedad y control químico, aplicación preventiva, con azoxystrobin ($0.05 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$) a los 15, 30 y 45 días de germinado el frijol (Rodríguez *et al.* 2009).

Los suelos livianos son apropiados para el cultivo de frijol poroto. Estos deben tener alto contenido de materia orgánica favoreciendo la retención de humedad, el pH de 5,5 a 6,0; un buen drenaje y permeabilidad (Name y Cordero 1991).

La planta de frijol requiere de buena disponibilidad de agua, principalmente durante los primeros 60 días, durante la etapa de su desarrollo vegetativo y llenado de vainas. Posteriormente, los requerimientos disminuyen, siendo mínimos en las últimas etapas antes de la madurez fisiológica.

Las variedades que tradicionalmente se consumen en Panamá son el Rosado Criollo, IDIAP R2, IDIAP R3, Chileno Criollo, Calima y Mantequilla (Rodríguez 2009). Los consumidores panameños compran frijol poroto preferiblemente con granos de color rosado, tipo chileno, calima y mantequilla.

En Panamá se liberaron dos variedades que expresaron alto rendimiento, NUA 45 y NUA 11 y dos variedades que mostraron alto contenido de hierro y zinc la NUA 24 y la NUA 27. Estas líneas con grano tipo calima, fueron validadas y liberadas posteriormente (Rodríguez *et al.* 2013).

Se estableció en la cadena agroalimentaria que el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) debía obtener mayores opciones de variedades de diferentes colores de grano para tener mejores opciones de venta. Esto incluye las variedades con tipo de grano chileno.

El objetivo fue evaluar las variedades de frijol poroto tipo chileno con la criolla del agricultor, que las nuevas líneas superen su resistencia a la mustia hilachosa y que tengan un rendimiento superior.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en la localidad de Río Sereno ubicada a $08^{\circ}49'22,9''$ de latitud Norte y a $082^{\circ}50'40,9''$ de longitud Oeste. Se evaluó un grupo de seis líneas y variedades de frijol poroto: NUA 336, NUA 306, NUA 123, NUA 249, NUA 140 y el

criollo del productor. Se utilizó un diseño de Bloque Completo al Azar con cuatro repeticiones y cuyo modelo matemático es el siguiente:

El modelo aditivo lineal es:

$$\chi_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = la media general,

β_i = es el efecto debido a los bloques,

τ_j = es el efecto debido al tratamiento,

ε_{ij} = es el error experimental.

Se utilizó el método de cero labranza, con siembra manual colocando dos semillas por golpe a una distancia entre plantas de 20 cm y 50 cm entre calles, lo que proporcionó una densidad de 200 000 plantas.ha⁻¹.

La maleza se controló con glifosato previo a la siembra a razón de 3 L.ha⁻¹, posteriormente se aplicó entre calles glufosinato de amonio de forma dirigida en dosis de 1 L.ha⁻¹. Se realizó una evaluación

del ataque de mustia hilachosa a las plantas, por lo que no se aplicó ningún fungicida para el control. Posterior a la valoración se efectuó la aplicación de azoxystrobin en dosis de 100 g.ha⁻¹ de producto comercial para el control de la enfermedad. Los insectos se controlaron con Neen en dosis de 1 L.ha⁻¹, con su efecto repelente. La cosecha se realizó de forma manual cuando las plantas alcanzaron la madurez.

Se evaluaron las variedades durante los años 2011-12, 2012-13 bajo el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar y 2013-14 (Cuadro 1) y en el año 2014 se realizó la validación de las variedades estudiadas en parcelas de 200 m² por variedad y la descripción varietal del cultivar NUA 336. Se tomaron las variables: Porcentaje de severidad de la mustia hilachosa y rendimiento (kg.ha⁻¹).

CUADRO 1. LÍNEAS Y VARIEDADES EVALUADAS. PANAMÁ, 2015.

Líneas Evaluadas	Años de Evaluación			Localidad
	2011-12	2012-13	2013-14	
NUA 336	2011-12	2012-13	2013-14	Río Sereno
NUA 140	2011-12	2012-13		Río Sereno
NUA 249	2011-12	2012-13	2013-14	Río Sereno
NUA 123	2011-12	2012-13	2013-14	Río Sereno
NUA 306	2011-12	2012-13	2013-14	Río Sereno
Chileno Criollo	2011-12	2012-13	2013-14	Río Sereno

La mustia hilachosa se evaluó de acuerdo a la escala de evaluación internacional propuesta por Corrales 1985 (Cuadro 2). Además, se realizó en una feria comunitaria una prueba sensorial con la degustación del frijol poroto, el cual fue analizado utilizando estadística descriptiva para las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La única línea que difiere con el NUA 336 es la línea NUA 140 la que tiene hábito de crecimiento tipo III, con varias guías y ramas, que se postra sobre el suelo ocasionando que al llegar la planta a la madurez fisiológica los granos se manchen por estar en contacto con el suelo. El rendimiento expresado por la línea NUA 336 en promedio de los tres años de evaluación es 1970 kg.ha⁻¹, superando al Chileno criollo por el rendimiento obtenido. En cuanto a la severidad de la mustia hilachosa el Chileno criollo se encuentra entre el rango de los materiales susceptibles con 40% del área foliar afectada y el NUA 336 en el rango de las líneas que muestran resistencia intermedia con 35% del área foliar afectada por el hongo (Cuadro 3).

En validaciones de tecnología realizadas con anterioridad se comparó la variedad IDIAP R2 con las Rosado criollo y Argentino, se demostró que la variedad IDIAP R2 es superior en rendimiento (1750 kg.ha⁻¹), en tanto que el Argentino y Rosado criollo produjeron 1601 kg.ha⁻¹ y 1583 kg.ha⁻¹, respectivamente (Rodríguez *et al.* 2015).

El IDIAP puso a disposición de los agricultores variedades mejoradas de color de grano tipo calima como el IDIAP NUA 45, IDIAP NUA 24, IDIAP NUA 27 e IDIAP NUA 11, son de alto rendimiento y están en los campos de los agricultores con el manejo agronómico del productor (Rodríguez 2012).

La variedad de mayor rendimiento reportada en esta evaluación fue el IDIAP NUA 45 con un rendimiento entre 1640 kg.ha⁻¹ y 2874 kg.ha⁻¹, y varió de acuerdo a la localidad estudiada; por otra parte, la variedad IDIAP NUA 11 reportó un rendimiento entre 994 kg.ha⁻¹ y 2371 kg.ha⁻¹. Las variedades IDIAP NUA 24 e IDIAP NUA 27 fueron liberadas por su mayor contenido de hierro (Rodríguez 2012).

CUADRO 2. ESCALA DE EVALUACIÓN DE LA MUSTIA HILACHOSA.

Grado de afectación	Severidad (%)	Tipo de reacción
1	0	Resistencia
2	1 a 5	Resistencia
3	6 a 10	Resistencia
4	11 a 20	Resistencia intermedia
5	21 a 30	Resistencia intermedia
6	31 - 40	Resistencia intermedia
7	41 - 60	Susceptible
8	61 - 80	Susceptible
9	81 - 100	Susceptible

Fuente: López 1985

CUADRO 3. RENDIMIENTOS Y SEVERIDAD DE LA MUSTIA HILACHOSA DE LAS LÍNEAS EN EVALUACIÓN DURANTE TRES AÑOS. PANAMÁ, 2015

Línea o Variedad	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)			Promedio	Severidad de la mustia hilachosa (%)		Promedio
	2011-12	2012-13	2013-14		2011-12	2012-13	
NUA 336	1810 b*	2168 b	1934	1970	35 a	35 a	35
NUA 140	2040 bc	2487 c	-----	2263	35 a	35 a	35
NUA 249	1780 ab	2217 b	1903	1966	40 ab	50 b	45
NUA 123	1510 a	2119 b	1928	1852	50 b	60 b	55
NUA 306	1740 ab	1827 ab	2326	1964	60 c	60 b	60
Chileno	1430 a	1728 a	1923	1693	40 ab	50	55
Criollo							

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Duncan.

Mustia hilachosa 2011-12

Se practicó un análisis de varianza para los datos colectados y se encontró que las repeticiones no mostraron diferencias estadísticas ($P \geq 0,5549$). Por otra parte, los tratamientos o variedades mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,0009$) entre sí, lo que permitió hacer una comparación

de las medias de cada tratamiento. El coeficiente de variación fue de 11,92% y se considera como excelente para este modelo estadístico (Cuadro 4).

Se compararon las medias de los tratamientos a través de la prueba de Duncan y se encontró que el NUA 336 y NUA 140 son diferentes al resto de los

tratamientos, con un valor de 35% de área foliar afectada, quedando en la escala dentro de los genotipos que muestran resistencia intermedia a la enfermedad, se diferencian claramente de NUA 123 y NUA 306 los que mostraron valores entre 50% y 60% del área foliar afectada por el

patógeno, siendo líneas que están en el rango de las líneas susceptibles. El criollo del productor mostró 40% de afectación por el patógeno, lo que la coloca como una variedad de resistencia que está en el límite de la tolerancia intermedia y la susceptibilidad (Figura 1).

CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA SEVERIDAD DE LA MUSTIA HILACHOSA. PANAMÁ, 2011-12.

F de V	gl	CM	Probabilidad
Tratamientos	5	290	0,0009 **
Repeticiones	2	16,67	0,5549 ^{ns}
Error	10	26,67	
Total	17		

CV = 11,92% ** Diferencias altamente significativas. ns = Diferencia no significativo.

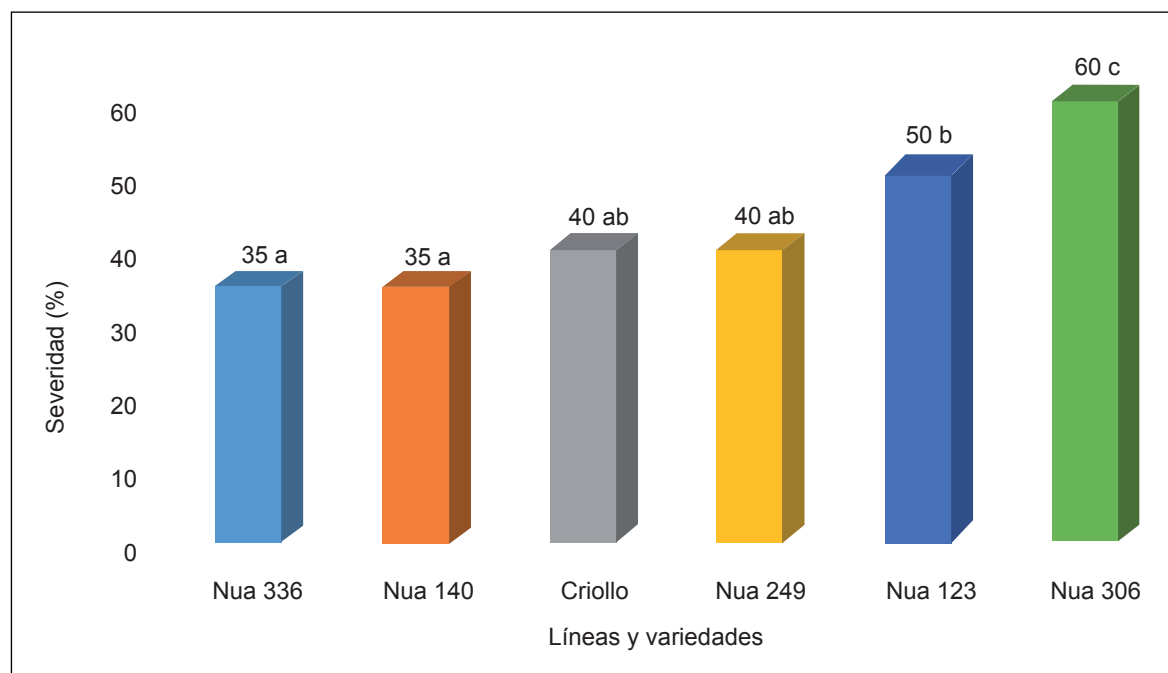


Figura 1. Valores de la mustia hilachosa para las líneas de frijol poroto. Panamá, 2011-12.

Rendimiento 2011-12

Se colectaron los datos para el rendimiento de grano en kg.ha^{-1} y se determinó que existían diferencias significativas para los tratamientos ($P \leq 0,0487$) y diferencias no significativas para las repeticiones ($P \geq 0,6041$). El coeficiente de variación para el experimento fue de 12,30% (Cuadro 5).

Se practicó la prueba de separación de medias de Duncan y se determinó que las mejores líneas en base al rendimiento de grano fueron NUA 140 y NA 336, con 2040 kg.ha^{-1} y 1810 kg.ha^{-1} , respectivamente. A pesar que la línea NUA 140 mostró un buen rendimiento, presenta un hábito de crecimiento tipo III, indeterminado postrado, el cual no es adecuado para las condiciones agronómicas de Panamá debido a la alta precipitación que se da en las zonas de producción del grano. Estas líneas superaron estadísticamente a las variedades criollas y NUA 123 que fueron las últimas del grupo y que rindieron 1430 y 1510 kg.ha^{-1} , respectivamente (Figura 2).

Mustia hilachosa 2012-13

En el año 2012 – 2013 se repitió el experimento, se analizó la variable porcentaje de severidad de la mustia hilachosa y se encontró que los tratamientos

mostraban diferencias significativas entre sí ($P \leq 0,0340$), en tanto que para las repeticiones no se detectaron diferencias significativas ($P \geq 0,4281$) (Cuadro 6). Esto indica que el año anterior, la presión de inóculo y las condiciones agroecológicas en los dos años de evaluación fueron similares. Las variedades susceptibles continuaron igual y la que mostraron tolerancia intermedia se mantuvieron a través de los años.

Se practicó la prueba de separación de medias, según Duncan, y se determinó que las líneas NUA 336 y NUA 140 fueron las que mejor comportamiento mostraron con respecto al valor de 35% de follaje afectado por la mustia hilachosa. Se presentaron diferencias entre criollo y NUA 249 que alcanzaron valores de 50% y se clasificaron en líneas susceptibles a este patógeno. Las últimas líneas fueron la NUA 123 y NUA 306 con valores de 60% se consideran susceptibles al ataque del hongo (Figura 3).

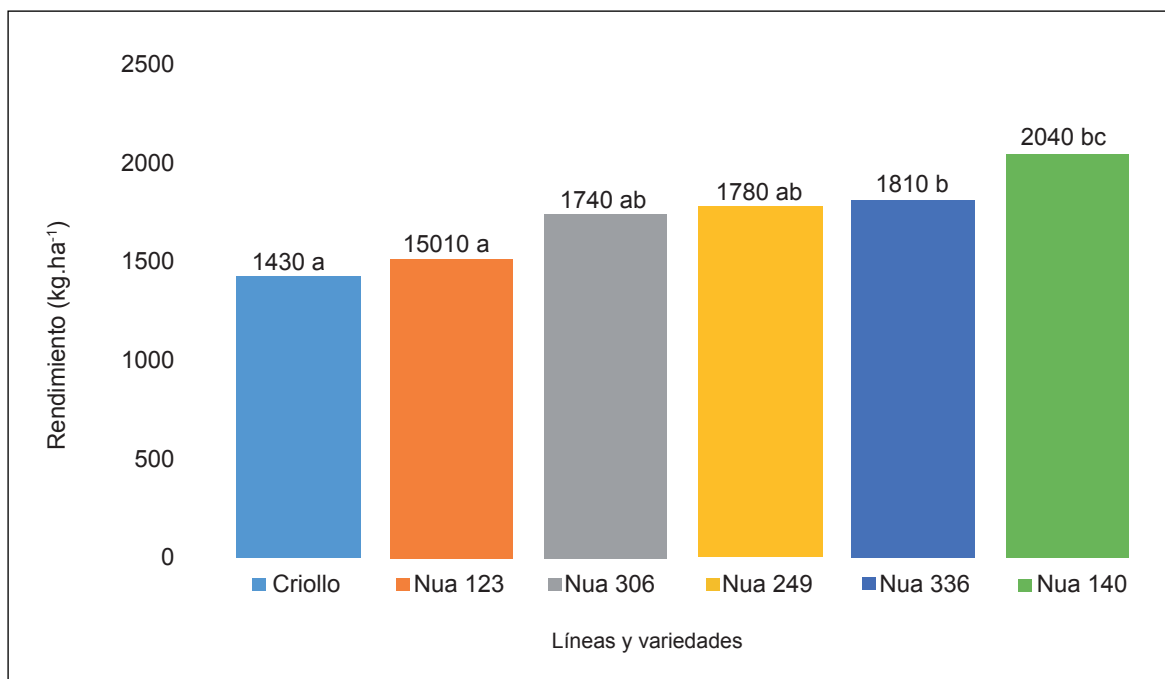
Rendimiento 2012-13

Se encontró significancia para los tratamientos cuando se midió el rendimiento (Cuadro 7), las mismas variedades que rindieron mayor cantidad de frijol poroto por hectárea en un año continuaron en el segundo año de evaluación.

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO (kg.ha⁻¹) PARA LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO. PANAMÁ, 2011-12.

F de V	gl	CM	Probabilidad
Tratamientos	5	0,11	0,0487 *
Repeticiones	2	0,02	0,6041 ^{ns}
Error	10	0,02	
Total	17		

CV = 12,30% * Diferencias significativas. ns = Diferencia no significativo.

**Figura 2. Rendimiento de líneas de frijol poroto. Panamá, 2011-12.****CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA SEVERIDAD DE LA MUSTIA HILACHOSA. PANAMÁ, 2012-13.**

F de V	gl	CM	Probabilidad
Tratamientos	5	15,11	0,0340 *
Repeticiones	2	16,67	0,5549 ^{ns}
Error	10	19,44	
Total	17		

CV = 16,3% ** Diferencias significativas. ns = Diferencia no significativo.

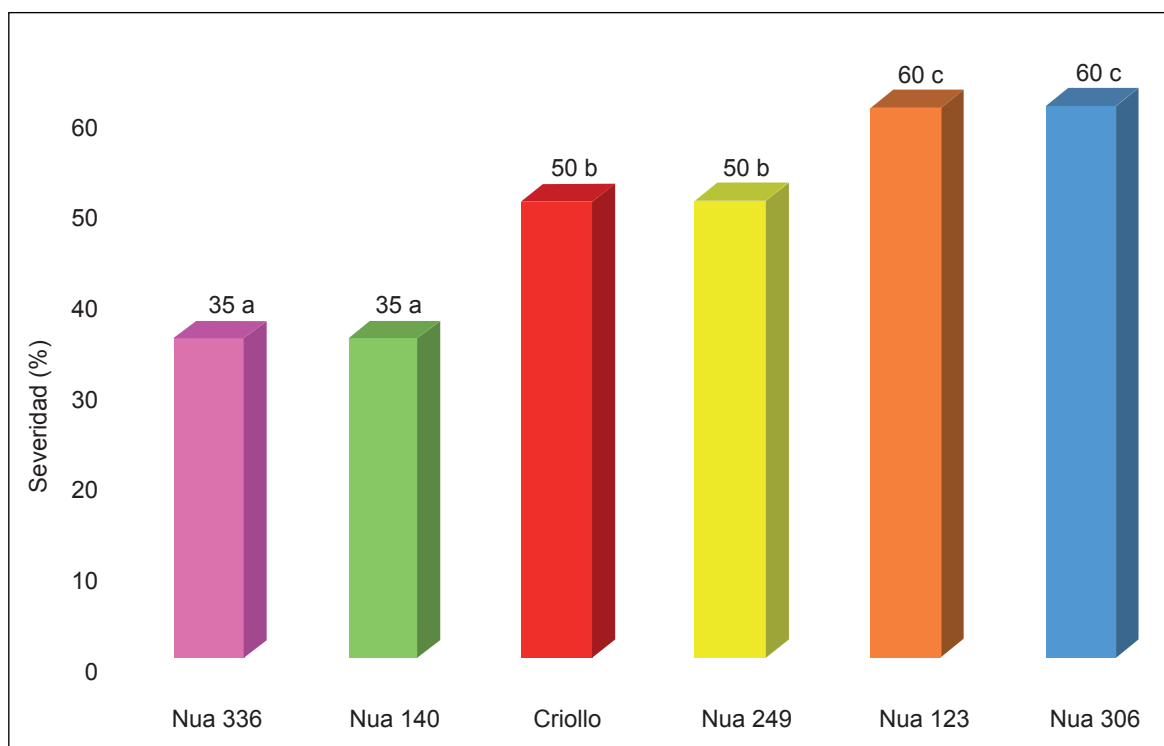


Figura 3. Valores de mustia hilachosa. Panamá, 2012-13.

CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO (kg.ha⁻¹). PANAMÁ, 2012-13.

F de V	gl	CM	Probabilidad
Tratamientos	5	15,36	0,0340 *
Repeticiones	2	16,67	0,5549 ^{ns}
Error	10	6,55	
Total	17		

CV = 16,3% ** Diferencias significativas. ns = Diferencia no significativo.

En cuanto al rendimiento, la mejor línea fue NUA 140 con 2487 kg.ha⁻¹, con anterioridad se indicó que tiene un hábito de crecimiento tipo III que no es apta para las condiciones agroecológicas donde se siembra frijol poroto en Panamá. Le siguen

las líneas NUA 249 y NUA 336 con 2217 kg.ha⁻¹ y 2168 kg.ha⁻¹, respectivamente. La línea NUA 336 presenta mejor color de grano que la NUA 249. El criollo del agricultor rindió 1728 kg.ha⁻¹ siendo el último material de la evaluación (Figura 4).

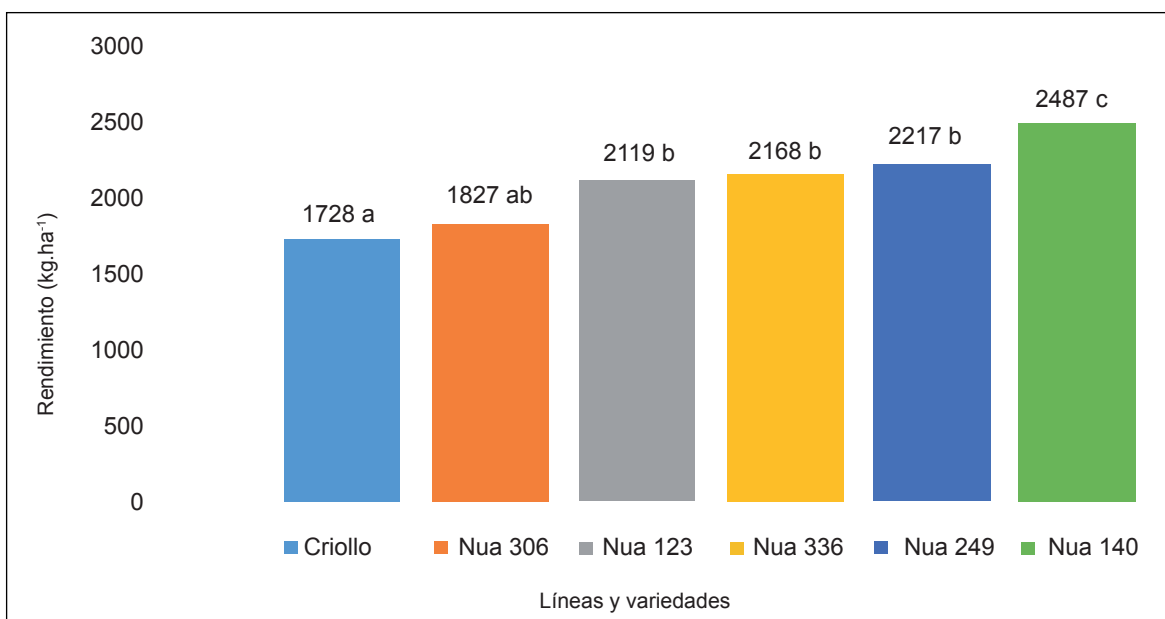


Figura 4. Rendimiento de las líneas en evaluación. Panamá, 2015.

Año 2013-14

En el ciclo agrícola 2013 - 2014 se realizó una parcela de validación o prueba semi comercial de las variedades, se incluyó el control de la mustia hilachosa como indica el IDIAP en su manejo agronómico y se encontró que la mejor variedad fue la línea NUA 306 con 2326 kg.ha⁻¹, es importante recordar que esta línea no tiene el mejor color de grano para el mercado panameño. El resto de las líneas y variedades, NUA 249, criollo del productor, NUA 123 y NUA 336 tuvieron un comportamiento agronómico similar con un rendimiento parecido y fluctuaron entre 1903 kg.ha⁻¹ y 1934 kg.ha⁻¹, respectivamente. Esto indica que al dar un manejo agronómico el potencial de rendimiento de las variedades se maximiza.

La experiencia en la producción de frijol ha demostrado que el rendimiento obtenido de forma experimental es superado por los agricultores que le dan un buen manejo a sus parcelas comerciales (Figura 5).

En Guatemala se liberó una nueva variedad de frijol negro y los resultados sugieren que a pesar que el 74% de los beneficiarios sembraron Superchiva para probar, el 1% dijeron que la sembraron por su valor nutricional. Además, los productores reemplazaron el 34% del área de frijol u otros cultivos, con la nueva variedad. También, el 76% de entrevistados reportaron que van a sembrar la variedad nuevamente y aumentarán el área sembrada en un 69%. Los productores

están dispuestos a pagar por semilla de esta variedad, 34% sobre el precio del grano (Reyes 2016). Este caso lo podemos comparar con la situación que se da en Panamá.

Por su parte en México la variedad 8025 mostró amplia adaptación, comportamiento productivo estable en los ciclos de temporal, humedad residual y tolerancia a la mancha angular, con un rendimiento promedio de 1265 kg.ha⁻¹, superando en 64%, 89% y 94% más al promedio de Negro Michigan, Negro

Jamapa y al rendimiento regional; y fue aceptada comercialmente por la empacadora regional. La variedad Negro 8025 es una opción de siembra para los productores de Veracruz que realicen agricultura por contrato o comercialicen en directo (Ugalde 2016).

En validaciones realizadas en ambientes contrastantes de El Salvador, se indicó que la tecnología evaluada alcanzó un rendimiento de 1,23 t.ha⁻¹ superando a la tecnología del productor en un 35,1%, con una Tasa de Retorno Marginal (TRM)

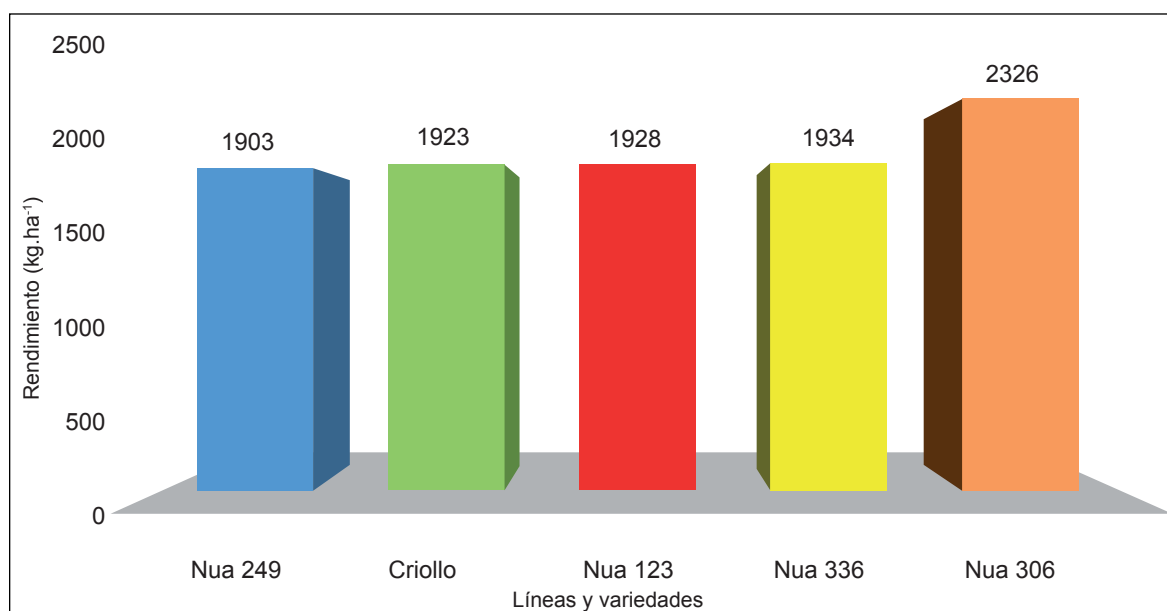


Figura 5. Parcelas semi comerciales de las variedades tipo chileno. Panamá, 2013-14.

de 0,54, los productores expresaron que la nueva tecnología era de su agrado por ser más productiva y ocasionar menos daño al medio ambiente (Reyes 2016).

Percepción de los consumidores de frijol poroto

Se utilizó una muestra de 30 consumidores de frijol poroto en la comunidad de Río Sereno, de los cuales 20 eran mujeres y 10 hombres. Se preparó frijol poroto con agua y sal, se les dio una porción a los encuestados para que evaluaran. Se preguntó a los encuestados el sabor, espesor del caldo, residuo de cáscara en el caldo, color del caldo y preferencia.

El 47% respondió que la variedad Chileno criollo tenía mejor sabor y el otro 47% respondió que la variedad NUA 336, lo que indica que ambas variedades son iguales, según la percepción del consumidor.

En cuanto al espesor del caldo, el 43% indicó que la variedad criolla espesaba más, mientras que el 43% señalaron que era la variedad NUA 336 y el 14% indicó que las dos variedades eran iguales. Con respecto a la presencia de residuos de cáscara en el caldo el 47% indicó que sí, el 50% dijo que no, mientras que el 3% señaló que las dos variedades eran iguales. De las dos variedades evaluadas la criolla del

productor presentó mejor color del caldo con un 50% de los encuestados, en tanto que el 43% señaló que la variedad NUA 336 es superior para esta característica y el 7% señaló que las dos variedades son iguales.

De último se preguntó la preferencia y el 47% señaló que la variedad criolla es la preferida y el 47% prefieren la variedad NUA336 y el 6% dijo que ambas variedades eran iguales. Estos indicó que la variedad que se propone liberar es aceptada por los consumidores, por tanto será aceptada al momento de su comercialización.

CONCLUSIONES

- Luego de tres años de evaluación se determinó que la variedad NUA 336 presenta características agronómicas, con un buen rendimiento y un porcentaje de severidad a la mustia hilachosa aceptable para una variedad de frijol poroto.
- El porcentaje de severidad de la mustia hilachosa de la variedad NUA 336 siempre estuvo entre los más bajos de las pruebas realizadas.

RECOMENDACIÓN

- Liberar la variedad como IDIAP NUA 336 por sus atributos cualitativos y cuantitativos mostrados durante los años de prueba.

BIBLIOGRAFÍA

- Araya, CM. 2003. Coevolución de interacciones hospedante - patógeno en frijol común. *Fitopatol. bras.* 28(3): 221-228.
- Méndez-Aguilar, R; Reyes-Valdés, MH; Mayek-Pérez, N. 2013. Advances and perspectives on the gene mapping of root rot resistance in common beans. *Journal Phyton* 82: 215-226.
- Corrales, PM. 1985. Enfermedades del frijol causadas por hongos. *In* Frijol: Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. 169 p.
- Name, B; Cordero, A. 1991. Recomendaciones para la Fertilización de Suelos. Hojas Guías por Cultivo. PA, IDIAP. 22 p.
- López, M; Fernández, F; Schoonhoven, A van. 1985. Frijol: Investigación y Producción. Cali, CO. CIAT. 417 p.
- Reyes, B; González, C; Pérez, S; Vásquez, M; Mejía, G; Tucux, M; Santos, J. 2016. Aceptabilidad de variedad de frijol con alto contenido de hierro: el caso de ICTA superchiva en Guatemala. *In* Reunión Anual del Programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales (PCCMCA). Memoria. San José, CR. 156 p.
- Reyes, C. 2016. Efecto de un paquete tecnológico en el rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en El Salvador. *In* Reunión Anual del Programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales (PCCMCA). Memoria. San José, CR. 156 p.
- Rodríguez, E; Lorenzo, E. 2009. Tecnologías para el manejo integrado del cultivo de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Panamá. Manual Técnico. PA, IDIAP. 24 p.
- Rodríguez-Quiel, E; Gordon-Mendoza, R; Gonzáles-Guevara, F; Quirós-Rodríguez, E; Hernández-Rojas, R; Palacios-Rodríguez, E; Melgar-Moreno, A. 2013. Líneas de Frijol con alto contenido de hierro y zinc. *Ciencia Agropecuaria* no. 21: 25-37.
- Rodríguez, E; De Gracia, R; González, F. 1995. Poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) Guía Técnica para su cultivo. PA, IDIAP. 27 p.

- Rodríguez-Quiel, E; Lorenzo, E; Gonzáles, F. 2015. IDIAP-R2 comparado con las variedades criollas de frijol poroto en Panamá. *Ciencia Agropecuaria* no.22: 59-69.
- Ugalde, F; Acosta, J; Leyva, S. 2016. Comportamiento productivo de la variedad de frijol negro 8025 en Veracruz, México. *In* Reunión Anual del Programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales (PCCMCA). Memoria. San José, CR. 156 p.
- Vizgarra, ON; Ploper, LD; Contreras-Cuenca, PD; Ghio, AC. 2006. Nueva variedad de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) no tradicional tipo Cranberry para el noroeste argentino. *Revista industrial y agrícola de Tucumán* 83(1-2): 29-37.

LÍNEAS DE FRIJOL POROTO BIOFORTIFICADO DE GRANO ROSADO EN PANAMÁ¹

*Emigdio Rodríguez-Quiel²; Román Gordon-Mendoza³;
Francisco González-Guevara⁴*

RESUMEN

Se generaron 16 poblaciones de frijol poroto entre progenitores criollos y mejorados de Panamá con líneas de alto rendimiento y contenido de micronutrientes, con el objetivo de evaluar y seleccionar las mejores líneas. En la generación F_6 (2011) se utilizó el índice de selección para las variables rendimiento de grano y calificación del ataque de la mustia hilachosa. En la generación F_7 (2012) se utilizó un diseño experimental alfa Látilce 7x7 con tres repeticiones y se caracterizaron las líneas por su contenido de hierro. Para el cálculo de las varianzas se realizó un análisis REML. Se realizó una selección participativa con agricultores que eligieron por forma, color y tamaño del grano. La línea P-0229 mostró en la primera y segunda evaluación mayor tolerancia en cuanto a mustia hilachosa. La diferencia mínima significativa para separar las medias de rendimiento fue 0.591 t.ha⁻¹. Se analizó el contenido de hierro en las 49 líneas evaluadas, donde la línea P-09-11 presentó el mayor contenido de hierro con 88 ppm. El cruzamiento Velazco Largo x NUA 35 produjo las líneas con mayor rendimiento y la cruza IDIAP R2 x NUA 35 produjo mayor tolerancia a la mustia.

PALABRAS CLAVES: Progenitores, micronutrientes, índice de selección, alfa látice.

¹ Recepción: 26 de febrero de 2016. Aprobación: 28 de abril de 2016. Investigación financiada por el proyecto Mejoramiento Genético del Frijol Poroto. Financiado por el IDIAP.

² M.Sc. en Fitomejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).
e-mail: emigdirodriguezq@gmail.com

³ M.Sc. en Protección Vegetal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail:gordon.roman@gmail.com

⁴ Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: pancho125710@yahoo.com

LINES OF PINK KIDNEY BEANS BIOFORTIFIED IN PANAMA

ABSTRACT

Sixteen populations of kidney beans were generated between creole parents and improved lines in Panamá, with high yield lines and micronutrient contents. the objective of this study was to evaluate and select the best pink beans lines. For F_6 generation (2011) was used the selection index for the variable grain yields and infection level of web blight. For F_7 (2012) generation an alpha lattice 7x7 experimental design with three repetitions was used, and the characterization of the lines was made for its content of Fe. To calculate the variances, it was used a REML analysis. It was done a participative selection with farmers, who chose lines by shape, color and size of grains. In a first and a second evaluation, line P-0229 showed to be more tolerant to web blight. The least significant difference to separate the means of yield was 0,591 t.ha⁻¹. Iron content was analyzed for the 49 evaluated lines. Line P-09-11 showed the major Fe content with 88 ppm. The crossing of Velazco Largo by NUA 35 produced the highest yield lines and the crossing IDIAP R2 by NUA 35 showed the major tolerance to web blight.

KEYWORDS: Parents, micronutrients, selection index, alpha lattice.

INTRODUCCIÓN

Las deficiencias de micronutrientes constituyen problemas de grandes magnitudes a nivel mundial; la Organización Mundial de la Salud afirma que la deficiencia de hierro es una de las principales causas de anemia. Las acciones que se adelantan para luchar contra la deficiencia nutricional están encaminadas hacia el suministro de suplementos de vitaminas y minerales, a la fortificación industrial de alimentos, la promoción para la diversificación de la dieta y, en los últimos años, a la biofortificación de productos agrícolas (Gómez-González *et al.* 2009).

En Panamá se cultiva entre 2600 ha y 4200 ha del frijol poroto con una producción que fluctúa entre 3091 t/año y 4272 t/año. El consumo nacional es por el orden de 5454 t de frijol. Las importaciones de frijol poroto generan fugas de divisas entre uno y dos millones de balboas por año para el país (MIDA 2014). La producción de frijol poroto agrupa 2861 productores, de los cuales el 35% pertenecen a la provincia de Chiriquí, los que en su mayoría son de áreas donde se utilizan alta tecnología, 34% a la prov. de Herrera, 21% a la prov. de Veraguas y el 13% a la comarca Ngäbe Buglé (CNB), siendo ésta considerada como un área de pobreza y extrema pobreza.

En la cadena agroalimentaria del frijol poroto, se consensuó las demandas tecnológicas de los agricultores. De este consejo se generó un plan de acción que fue revisado por el Proyecto Regional de Sistemas de Cadenas de PRESICA - IICA en el 2014, obteniendo las demandas y los problemas investigables para el rubro. Se destaca la validación de nuevas variedades en los campos de los agricultores, de grano rosado, tipo chileno y tipo calima con rendimiento superior a 2000 kg.ha⁻¹, tamaño del grano entre 1,50 cm y 1,65 cm, peso de 100 semillas de 50 g a 62 g y mayor contenido nutricional en las nuevas variedades.

En Panamá encontramos una situación que debe ser preocupación de los investigadores, empresas privadas e instituciones de gobierno, el 20% de la población total de niños muestran desnutrición (Beebe 1997). En el área urbana se diagnosticó un 13,6%, en la rural total un 29%, en la rural no indígena 18,5%, en la rural indígena 56%, en las áreas catalogadas como no pobres un 10,2%, en las pobres 29,8% y en las de pobreza extrema 39,6%. A nivel nacional las áreas con mayor nivel de desnutrición son: la comarca Ngäbe Buglé con 71,8%, la comarca Guna Yala con 66,3%, la comarca Emberá con 60,1%, Bocas del Toro con 36,3% y Chiriquí con 15,4% (FAO 2001).

En Colombia a través de la encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia (2005) muestran la prevalencia de anemia nutricional en el país. Las cifras en niños y en mujeres gestantes son preocupantes: niños entre las edades de uno a cuatro años 33,2%; de 5 a 12 años 37,6%; adolescentes gestantes de 13 a 17 años 52,4% y de 18 a 20 años 41,3% (Gómez-González *et al.* 2009).

Evaluaciones de germoplasma de frijol de grano tipo calima, se encontró líneas que tenían alto contenido de hierro y zinc, con buen rendimiento en diferentes zonas edafoclimáticas de Panamá (Rodríguez-Quiel *et al.* 2013).

Existen dos grandes ambientes para esta evaluación, uno formado por la comarca Ngäbe Buglé y Río Sereno, y el otro, por las localidades de Santa Fe, San Francisco en la provincia de Veraguas; Las Minas y Los Pozos en la provincia de Herrera (Rodríguez-Quiel *et al.* 2013). Se encontraron dos variedades que expresaron alto rendimiento (NUA 45 y NUA 11) y dos líneas que mostraron alto contenido de hierro y zinc (NUA 24 y NUA 27). Estas líneas con grano tipo calima, fueron validadas y liberadas posteriormente (Rodríguez-Quiel *et al.* 2013).

En Colombia el promedio los frijoles mejorados nutricionalmente evaluados en el Cesar presentaron 172% más de hierro, 94% más de zinc y 150% más de rendimiento con respecto al testigo regional, el frijol negro tipo caraota: El genotipo mejorado SMN18 presentó, con respecto al testigo, gran aceptación entre los productores y consumidores evaluadores, mostrando buenas características organolépticas, como espesor del caldo para el potaje, sabor y textura del grano (Tofiño *et al.* 2011).

En el proyecto de biofortificación del frijol común desarrollado en Panamá por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) con su socio colaborativo el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se realizaron cruzas entre las variedades nacionales y nuevas fuentes con alto contenido nutricional, con el propósito de generar líneas con las características solicitadas por la cadena agroalimentaria del frijol poroto.

El objetivo fue seleccionar los mejores genotipos en relación al rendimiento de grano, alto contenido de hierro (Fe) y tolerancia a la mustia hilachosa, después de generar líneas de grano de color rosado provenientes de cruzas entre progenitores de alto contenido de nutrientes y las variedades nacionales; evaluadas por sus características agronómicas y seleccionadas por su contenido nutricional sobresaliente para las condiciones de mercado exigidas por los consumidores locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de las líneas se realizaron 16 cruzamientos (Cuadro 1) entre las variedades criollas y nacionales con nuevas fuentes con alto contenido de minerales y mayor rendimiento provenientes del CIAT. Se utilizaron como progenitores masculinos las variedades IDIAP R2 y Rosado criollo y otros progenitores masculinos del proyecto de frijol del CIAT, la variedad Velazco se utilizó como progenitor femenino, siendo una variedad originaria de Cuba con un excelente color, tamaño y grano.

CUADRO 1. CRUZAMIENTOS DE FRIJOL POROTO PARA LA OBTENCIÓN DE LÍNEAS DE COLOR DE GRANO ROSADO, PANAMÁ - 2010.

N° de Población	Cruzamiento
1	IDIAP R2 x G23823E
2	IDIAP R2 x NUA 35
3	IDIAP R2 x NUA 45 (I)
4	PVA 1111 x NUA 45 (I)
5	PVA 1111 x NUA 430
6	PVA 1111 x NUA G23823E
7	PVA 1111 x NUA 35
8	ROSADO CRIOLLO x NUA 56
9	ROSADO CRIOLLO x NUA 45 (I)
10	ROSADO CRIOLLO x NUA 35
11	ROSADO CRIOLLO x NUA 428
12	ROSADO CRIOLLO x NUA 430
13	VELAZCO LARGO x NUA 428
14	VELAZCO LARGO x NUA 430
15	VELAZCO LARGO x NUA 420
16	VELAZCO LARGO x NUA 35

La siembra de las primeras F_2 se realizó en la localidad de Río Sereno y las poblaciones se avanzaron hasta la F_5 por selección masal. En la F_5 se seleccionaron 530 líneas, las semillas se procesaron y secaron al sol hasta alcanzar 12% de humedad.

En la F_6 se evaluaron las líneas generadas y se colocaron testigos tolerantes y susceptibles en el campo, resultando en 718 líneas y variedades. Se manejó una parcela útil de 1 m². Para su análisis se utilizó el índice de selección, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$IS = \{ [(Y_j - M_j)^2 * I_j] + [(Y_k - M_k)^2 * I_k] + [(Y_n - M_n)^2 * I_n] \}^{1/2}$$

Donde:

IS = Índice de selección

$Y_{j...n}$ = Variables medidas en unidades Z

$M_{j...n}$ = Meta de selección

$I_{j...n}$ = Intensidad de selección

La meta de selección para el rendimiento fue de dos unidades de la desviación estándar sobre la media general de la población. Mientras que para la mustia hilachosa la meta de selección fue de dos veces menos la desviación

estándar del promedio general. En relación a la intensidad de selección la misma fue realizada dando mayor énfasis al rendimiento (9) que a la enfermedad (6). Con la definición de estos parámetros del modelo se seleccionaron 100 líneas con el mayor índice de selección. Se manejó una parcela útil de 5 m².

En el siguiente ciclo agrícola fue sembrada la generación F₇, se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo Alfa Látxe 7x7 cuyo modelo matemático es el siguiente (Vargas *et al.* 2013).

$$X_{ji} = \mu + \text{rep}_i + \text{Block}_j(\text{rep}_i) + T_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Promedio general

rep_i = Efecto de la jth Repetición

$\text{Block}_j(\text{rep}_i)$ = Efecto de los jth bloque dentro de la ith repetición

T_k = Efecto del kth Tratamiento

ε_{ijk} = Error experimental

Se calculó la repetitividad y el coeficiente de variación para cada variable analizada. Las medias de los genotipos fueron separadas utilizando la diferencia mínima significativa DMS (Vargas *et al.* 2013).

En las validaciones de las líneas con alto contenido de hierro y mayor

rendimiento, se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar, cuyo modelo matemático es el sigue:

$$X_{ij} = \mu + r_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Promedio general

r_i = Efecto de la ith Repetición

T_j = Efecto del jth tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

Para la interpretación de la interacción de los genotipos con los ambientes se utilizó el modelo Biplot GGE cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{te} = \mu_i + T_t + \beta_e + \sum^n + \lambda_n + Y_{tn} + \delta_{en} + P_{ge}$$

Donde:

Y_{te} = Rendimiento promedio de un tratamiento t en un ambiente e

μ_i = Media General

λ_n = Es el valor singular para el PCA

N = Número de PCA retenidos en el modelo

Y_{tn} = Son los valores vectores de los tratamientos (PCA)

T_t = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente

δ_{en} = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)

P_{ge} = Residual

La participación de los agricultores se incluyó desde las etapas tempranas de la investigación seleccionando las mejores líneas por su forma, color y tamaño del grano. Esta metodología es conocida como fitomejoramiento participativo.

También, se tomó una muestra de las líneas evaluadas y se enviaron al laboratorio del CIAT ubicado en Cali Colombia para su análisis por rayos X y determinar el contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn).

La preparación de suelo se realizó utilizando la mínima labranza, la cual consistió en la chapia de las malezas existentes en el lote, a los 15 días se aplicó glifosato en dosis de 0,525 kg i.a.ha⁻¹, antes de la siembra se realizaron surcos en el suelo con una azada. La siembra se realizó a una distancia de 0,50 m entre surcos y 0,10 m entre plantas, obteniendo 200 000 plantas.ha⁻¹. Antes de la germinación se aplicó glufosinato de amonio en dosis de 300 g i.a.ha⁻¹, lo que completó el control de las malezas que persistían en el campo.

Para la fertilización se utilizó 113.6 kg.ha⁻¹ de 18-46-0 a la siembra más 181 kg.ha⁻¹ de urea, entre 25 y 30 días después de la siembra (Rodríguez *et al.* 1995). El control de malezas se realizó a los 25 días después de la siembra, con

una aplicación de glufosinato de amonio a razón de 150 g i.a.ha⁻¹, se asperjó con una bomba de tracción manual. Para complementar, se aplicó fluazifob – butyl a razón de 31 g i.a.ha⁻¹ para el control de malezas de hoja angosta (Gamboa y Alemán 1995).

El cultivo se mantuvo sin aplicaciones de fungicidas hasta los 45 días de la siembra para poder realizar la evaluación de la mustia hilachosa en las plantas de frijol, luego de completada esta etapa de la investigación se realizó una aplicación de azoxystrobin en dosis de 10 g i.a.ha⁻¹ (Rodríguez 2012).

En el año 2015 – 16 se realizó la prueba de validación de las mejores líneas por su rendimiento, porcentaje de severidad de la mustia hilachosa y contenido de hierro. Las líneas validadas fueron P-02-29, P-03-25 y P-1404 por su alto rendimiento y las líneas P-09-11, P-13-38 y P-14-04 por su alto contenido de Fe con 88 ppm, 78 ppm y 76 ppm de hierro, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de Líneas F₆ (2013)

La estadística descriptiva de la población inicial de 567 líneas, así como de la proporción seleccionada de 100 líneas a través del método utilizado de índice de selección se presentan en el

Cuadro 2. La ganancia genética del grupo de líneas seleccionadas para la variable rendimiento de grano fue de más de 1 t que representa 1,32 valores de N (valor normalizado). En cuanto a la mustia hilachosa se logró seleccionar un grupo de líneas con 4,9% menos de plantas que presentan los síntomas de la enfermedad en comparación con el promedio de la población, ésta reducción representó una disminución normalizada de 0,92 veces la media general indicando un avance genético en la tolerancia a este patógeno (Cuadro 2).

Las líneas con índice de selección cercano a cero son las de mejor adaptación a la zona donde se realizó la evaluación, este valor está en función de la desviación estándar para las dos variables consideradas (Cuadro 3).

Una vez identificadas las 100 líneas por esta metodología, los

productores a través del fitomejoramiento participativo seleccionaron 32 líneas tomando en cuenta el color y tamaño de grano. El rendimiento promedio de estas 32 líneas estuvo entre 3,90 t.ha⁻¹ y 4,80 t.ha⁻¹ (Cuadro 4). Para el siguiente ciclo de evaluación (F₇), se tomaron las líneas seleccionadas por los productores más 10 líneas adicionales seleccionadas en el proyecto y los testigos locales.

El fitomejoramiento participativo se basa en el principio de compartir conocimientos, materiales, tareas, responsabilidades, derechos y beneficios, así como en la toma de decisiones sobre el trabajo a realizar. Es una estrategia alternativa al proceso de fitomejoramiento convencional en donde los diferentes actores de la cadena productiva que trabajan juntos en el desarrollo de variedades y el fortalecimiento de los sistemas locales de producción de semillas (FPMA 2014).

CUADRO 2. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO ROSADO, PANAMÁ-2013.

	Rendimiento			Mustia		
	Población	Selección	Diferencia	Población	Selección	Diferencia
Promedio (t.ha ⁻¹)	2,700	3,726	1,026	28,9	24,0	- 4,9
Valor normalizado			1,32			- 0,92
CV (%)	28,8			18,3		
Mínimo (t.ha ⁻¹)	0,336			10		
Máximo (t.ha ⁻¹)	5,680			50		

CUADRO 3. MEJORES 20 LÍNEAS POR SU ÍNDICE DE SELECCIÓN EN FUNCIÓN AL PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LA MUSTIA HILACHOSA Y RENDIMIENTO DE GRANO, PANAMÁ - 2013.

Entrada	Índice de Selección	Severidad (%)	Rend. (t.ha ⁻¹)	Entrada	Índice de Selección	Severidad (%)	Rend. (t.ha ⁻¹)
572	0,809	20	4,220	556	2,253	20	3,709
84	0,824	20	4,308	180	2,485	20	3,645
65	0,875	20	4,162	178	3,126	25	4,205
86	1,367	20	3,967	675	3,128	25	4,196
85	1,470	20	3,935	514	3,138	25	4,167
421	1,538	20	3,914	412	3,143	25	4,353
99	1,545	20	3,912	564	3,163	25	4,389
73	1,832	15	3,991	420	3,188	25	4,424
181	1,907	20	3,806	428	3,189	25	4,084
183	1,935	20	3,798	425	3,197	25	4,074

CUADRO 4. MEJORES LÍNEAS SELECCIONADAS POR SU RENDIMIENTO A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN, PANAMÁ - 2013.

Línea	Índice de selección	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Línea	Índice de selección	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
P-16-14	3,875	4,850	P-02-31	3,197	4,074
P-02-20	3,404	4,607	P-06-09	3,197	4,074
P-07-23	3,524	4,552	P-13-35	3,200	4,070
P-03-23	3,188	4,424	P-06-18	5,503	4,042
P-11-25	3,163	4,389	P-02-12	5,509	4,037
P-16-40	5,463	4,379	P-07-05	5,509	4,032
P-05-20	5,456	4,358	P-16-42	3,239	4,029
P-05-37	3,143	4,353	P-03-20	5,515	4,023
P-03-13	5,451	4,338	P-15-32	5,520	4,014
P-16-50	5,451	4,338	P-02-06	5,524	4,009
P-16-17	0,824	4,308	P-14-42	5,524	4,009
P-16-12	0,809	4,220	P-14-44	3,265	4,005
P-03-02	3,126	4,205	P-16-44	3,265	4,004
P-14-17	3,128	4,196	P-11-34	3,262	4,000
P-03-01	3,138	4,167	P-16-13	5,543	3,981
P-16-42	0,875	4,162	P-07-14	5,550	3,972
Rosado C		2,100			

Evaluación de líneas F₇ (2014)

El análisis de varianza del experimento indicó que hubo diferencias significativas para todas las variables para los tratamientos o líneas evaluadas (Cuadro 5). La repetitividad para rendimiento y evaluación de la mustia fue de 0,25 y 0,45; respectivamente. Ambos valores sugieren buena precisión experimental de acuerdo a lo discutido por Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago (2015). Igualmente, indica que las líneas están emparentadas entre sí y que la contribución genética para la mustia hilachosa es mayor que para el rendimiento.

Al realizar la prueba de separación de medias utilizando la diferencia mínima significativa al 5% (0,591 t.ha⁻¹) para el rendimiento de grano se encontró un grupo de líneas que superaron al testigo criollo (2,231 t.ha⁻¹). Para la respuesta a la mustia hilachosa (DMS de 17,2%) se identificó un grupo de líneas que superaron al testigo. Las 37 líneas superiores al testigo del productor se presentan con valores de mustia entre 17% y 36% y rendimiento superior a 2,8 t.ha⁻¹ (Cuadro 6).

Estos nos indican que el cruzamiento con mayor rendimiento fue Velazco Largo x NUA 35 y el menor porcentaje de severidad a la mustia hilachosa fue IDIAP-R2 x NUA 35.

CUADRO 5. VARIANZA Y REPETITIVIDAD DE LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO, PANAMÁ - 2014.

	Rendimiento	Severidad de la mustia (%)	Plantas/m ²	Rendimiento/ planta
PROMEDIO	2,930	30,2	15,02	196,49
δ² repetición	0,001	0,001	0,001	0,001
δ² rep x blk	0,019	9,627	0,186	70,03
δ² tratamientos	0,014	30,189	0,001	174,56
δ² residual	0,132	112,393	2,238	714,84
Repetitividad	0,25	0,45	0,001	0,42
CV	12,4	34,9	9,95	13,6

CUADRO 6. RENDIMIENTO Y SEVERIDAD DE MUSTIA HILACHOSA EN LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO, PANAMÁ - 2014.

Entrada	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Severidad de la mustia (%)	Entrada	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Severidad de la mustia (%)
P 02-29	3,389	13,5	P 09-08	2,915	38,3
P 16-45	3,389	21,7	P 15-11	2,908	27,2
P 11-10	3,325	25,8	P 06-04	2,889	42,0
P 14-31	3,317	18,8	P 07-20	2,875	32,5
P 11-06	3,279	20,8	P 13-26	2,869	29,9
P 17-11	3,261	16,0	P 12-21	2,858	30,4
P 11-50	3,259	16,6	P 06-31	2,839	32,5
P 16-26	3,256	15,2	P 13-38	2,829	24,4
P 10-22	3,222	16,2	P 07-09	2,821	30,6
P 16-41	3,183	24,8	P 10-08	2,818	30,7
P 03-25	3,178	29,5	P 11-15	2,804	37,1
P 13-20	3,156	40,7	P 14-08	2,797	32,4
P 16-13	3,091	31,9	P 09-11	2,792	19,1
P 09-22	3,083	28,2	P 16-31	2,695	38,1
P 11-13	3,073	26,9	P 11-37	2,637	50,4
P 02-14	3,066	17,8	P 11-16	2,637	39,7
P 16-07	3,063	37,3	IDIAP R2	2,636	17,0
P 14-03	2,991	18,8	P 05-31	2,588	26,3
P 09-13	2,959	28,2	P 16-01	2,576	48,5
P 16-40	2,959	26,9	P 10-21	2,540	38,0
P 05-26	2,953	29,3	ROSADO	2,231	53,0
P 14-04	2,947	29,8	P 10-23	2,192	35,1
P 06-35	2,939	25,0	P 11-11	2,139	36,9

DMS 5%: Para el rendimiento es 0,591 y para la severidad de la mustia es 17,21

Análisis del contenido de Fe y Zn en el grano

Con base en el análisis de contenido de hierro sobresalieron las líneas P-09-11, P-13-38, P-11-37 y P-14-04 con 87,3 mg/kgm, 77,7 mg/

kg, 76,2 mg/kg y 74,8 mg/kg de Fe, respectivamente. Las mejores líneas para ambos elementos se presentan en el Cuadro 7. El coeficiente de variación fue de 17,2% para el rendimiento y 2,4% para la mustia hilachosa. Las líneas

con mayor contenido de hierro junto a las líneas P-03-25 y P-02-29, por sus características de color, tamaño del grano y rendimiento de 3,178 t.ha⁻¹ y 3,389 t.ha⁻¹, respectivamente. Se generaron líneas de grano de color rosado provenientes de cruza entre progenitores de alto contenido de nutrientes y las variedades nacionales que fueron evaluadas y seleccionadas por su rendimiento, severidad de la mustia hilachosa y su alto contenido de hierro.

En Guatemala el Instituto de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (ICTA) liberó la variedad ICTA Superchiva ACM en el 2014, con 40 - 50% más Fe que variedades disponibles y se diseminó el mismo año para promover su uso y consumo, y contribuir a reducir la deficiencia de Fe (Reyes *et al.* 2016). Los cultivares liberados en Panamá tienen entre 75 ppm y 77 ppm de Fe en las variedades de frijol tipo calima y se tiene una línea rosada con 88 ppm de hierro.

CUADRO 7. CONTENIDO DE HIERRO (Fe) Y ZINC (Zn) DE LAS LÍNEAS DE FRIJOL POROTO, PANAMÁ - 2014.

Línea	Fe (mg/kg)	Coeficiente de Variación	Zn (mg/kg)	Coeficiente de Variación
P-09-11	87,3 ±0,9192	1,05	32,5±0,3	1,09
P-13-38	77,7 ±0,9	1,18	32,0±0	2,87
P-11-37	76,2 ±0,7	0,09	30,0±0,2	0,71
P-14-04	74,8 ±0,4	0,57	31,5±0,2	0,67
P-03-25	69,8 ±0,1	0,10	34,8±2,1	5,89
NUA 24	69,4 ±0,8	1,12	33,8±0,1	0,42
P-02-29	69,0 ±0,3	0,41	31,5±1-9	6,06
P-11-16	66,4±0,6	0,85	33,2±0,1	0,43
P-11-13	66,0 ±1,01	1,61	30,6±0,8	2,77
NUA 45	65,9 ±1,7	2,58	35,7±0,6	1,58
P-09-08	65,0 ±0,6	0,98	28,4±1,2	4,23
P-16-26	65,0 ±1,1	1,63	30,9±0,2	0,69
P-16-31	64,9 ±2,0	3,05	31,2±1,3	4,31
P-07-09	64,8 ±0,5	0,76	31,7±1,1	3,35
P-13-20	64,7 ±0,1	0,22	27,9±0,07	0,25
IDIAP R-2	62,2 ±0,9	1,59	35,6±0,4	1,19
Rosado FAO	56,4 ±0,7	1,25	29,9±1,2	4,02
Rosado Caisán	55,2 ±0,2	0,38	32,5±0,4	1,31

En Colombia, se estudió la estabilidad del Fe y Zn en la semilla del frijol. Los contenidos de Fe y Zn se mantuvieron dentro del rango de biofortificación Zn>25 ppm, Fe>80 ppm, a pesar de los registros sobre el efecto de la interacción GXA, tipo y composición química edáfica, posiblemente debido a efectos genéticos en las variedades evaluadas. Se sugiere la liberación de dos nuevas variedades para el caribe seco de Colombia, CORPOICA Rojo 39 y CORPOICA 43 (Tofiño *et al.* 2016).

Validación de líneas élites (2015)

En el análisis de varianza se encontró que las localidades, los tratamientos y las localidades x tratamiento presentaron diferencias altamente significativas entre sí ($P \leq 0,01$) (Cuadro 8).

Para la interpretación de la interacción genotipo ambiente (Loc x Trat) se utilizó el análisis Biplot GGE, el análisis de varianza Tipo IV descompuso la interacción y en el mismo se encontró que los primeros dos ejes de los componentes principales explicaron el 91,7% de la interacción (Cuadro 9). Los valores o puntuaciones de los primeros dos ejes de los componentes principales

tanto para genotipos como para localidades se presentan en la Figura 1. Este analizó dos grupos de localidades, el primero o Grupo Ambiental A conformado por las localidades de Las Minas de Herrera, Cerro Mesa en la comarca Ngäbe Buglé, San Andrés en Chiriquí y Santa Fe de Veraguas. El segundo grupo o Grupo Ambiental B estuvo formado por la localidad de Río Sereno en Chiriquí. En el Grupo A sobresalió la líneas élites P 13-38, mientras que la P 03-25 fue la mejor en el Grupo B.

Cuando se preguntó a los agricultores la línea que preferían por su color y tamaño del grano indicaron que entre las tres líneas élites biofortificadas escogieron la P-09-11 y entre las líneas con alto rendimiento señalaron la P-13-38. La línea biofortificada seleccionada es de mayor contenido de hierro, lo que puede utilizarse como una razón adicional para su posterior liberación (Figura 2).

El primer criterio de selección para los agricultores es visual y luego el rendimiento *per se* de las variedades, por lo que será necesario incorporar estudios de aceptación y degustación antes de liberar una nueva variedad de frijol en el país.

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACIÓN DE LAS VARIEDADES, PANAMÁ-2015-16.

F de V	gl	CM	Valor de F	Prob
Localidades	4	14,689	239,6	0,0001
Rep (Loc)	10	0,061	0,85	0,5805
Tratamientos	7	0,961	13,37	0,0001
Loc x Trat	28	0,363	5,05	0,0001

CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV PARA EL BILOT GGE PARA LA VALIDACIÓN DE LAS VARIEDADES, PANAMÁ - 2015-16.

F de V	gl	CM	Valor de F	Prob	%
AMBIENTES	4	14,69	204,33	0,001	
GENOTIPOS	7	0,96	13,37	0,001	
ENV*GEN	28	0,36	5,05	0,001	
CP1	10	0,966	13,44	0,001	57,2
CP2	8	0,729	10,14	0,001	34,5

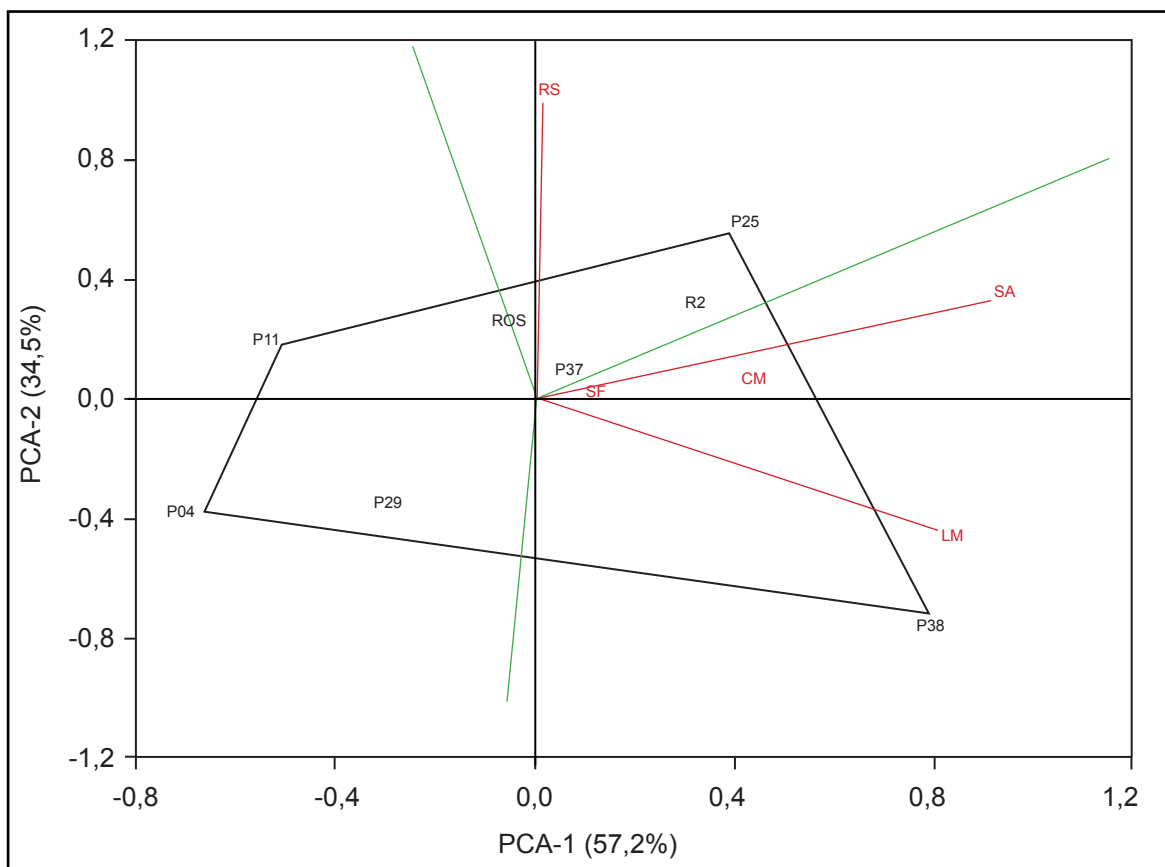
**Figura 1. Análisis Biplot GGE, Panamá - 2015-16.**



Figura 2. Entrevista con los productores colaboradores sobre su preferencia de tamaño y color del grano, Panamá - 2015-16.

CONCLUSIONES

- Se generaron cuatro líneas de frijol poroto de color rosado con un contenido de Fe entre 74 ppm y 87 ppm.
- Dos líneas de grano rosado biofortificadas fueron validadas y la línea P-09-11 fue la seleccionada por los agricultores y será liberada como variedad en el siguiente ciclo agrícola.
- Las líneas con alto rendimiento fueron validadas y los agricultores

seleccionaron la línea P-13-38 por su color y tamaño del grano que junto al rendimiento expresado será liberada en el año agrícola 2016-17.

BIBLIOGRAFÍA

Beebe, S. 1997. Mejoramiento de la calidad culinaria y nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); posibilidades y perspectivas. In Taller de mejoramiento de frijol para el siglo XXI. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. p. 249-256.

- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, IT). 2001. Perfiles Nutricionales por países. Colombia. 39 p.
- FPMA (Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica). 2014. Guía Metodológica de Fitomejoramiento Participativo. 74 p.
- Gamboa, CJ; Alemán, F. 1995. Manejo Integrado de Malezas en Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, CO. CIAT. 65 p.
- González, LK; Restrepo, J; Pachón, H. 2009. Caracterización del consumo de frijol y maíz en las familias de las madres comunitarias de los hogares infantiles del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar del departamento del Cauca, Colombia. *Perspect Nutr Humana* 11: 165-76.
- Gordón-Mendoza, R; Camargo-Buitrago, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agron. Mesoam.* 26(1): 55-63.
- MIDA(Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2014. Dirección de Agricultura - Informe de Avance de siembra y cosecha. Planificación MIDA.
- Reyes, B; González, C; Pérez, S; Vásquez, M; Mejía, G; Tucux, M; Santos, J. 2016. Aceptabilidad de variedad de frijol con alto contenido de hierro: el caso de ICTA superchiva en Guatemala. *In* Reunión Anual del Programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales (PCCMCA). Memoria. San José, CR. 156 p.
- Rodríguez, E; De Gracia, R; González, F. 1995. Poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) Guía Técnica para su cultivo. IDIAP, PA. 27 p.
- Rodríguez, E. 2012. Producción de semilla de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) con tecnología amigable con el ambiente. Manual técnico. IDIAP, PA. 34 p.
- Rodríguez-Quiel, E; Gordon-Mendoza, R; Gonzáles-Guevara, F; Quirós-Rodríguez, E; Hernández-Rojas, R; Palacios-Rodríguez, E; Melgar-Moreno, A. 2013. Líneas de Frijol con alto contenido de hierro y zinc. *Ciencia Agropecuaria* no. 21: 25-37.
- Tofiño, A; Tofiño, R; Cabal, D; Melo, A; Camarillo, W; Pachón, H. 2011. Evaluación agronómica y sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspect Nutr Humana* 13: 161-177.

centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales (PCCMCA). Memoria. San José, CR. 156 p.

Tofiño, A; Tofiño, R; Pastrana, I. 2016. Estabilidad del contenido de micronutrientes de variedades biofortificadas de frijol en el caribe Colombiano 2016. *In* Reunión Anual del Programa cooperativo

Vargas, M; Combs, E; Alvarado, G; Atlion, G; Mathews, K; Crossa, J. 2013. Meta: A Suite of SAS Programs to Analyze Multienviroment Breeding Trials. *Agronomy Journal* 105(1): 11-19.

ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LOS FACTORES CRÍTICOS RELEVANTES PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA EN PANAMÁ¹

*Julio Santamaría-Guerra²; Maritza Domínguez-Hernández³;
Jaime Espinosa-Tasón⁴; Avelino Moreno-Saavedra⁵*

RESUMEN

La reflexión prospectiva crítica reduce la incertidumbre en los procesos de formulación de estrategias, políticas y prioridades para la sostenibilidad institucional. El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) ha incorporado en su cultura institucional desde 1995, la planificación estratégica para orientar sus planes, programas y proyectos en el largo plazo. Esto ha significado, desarrollar sus capacidades para mejorar su comprensión del entorno operacional, proyectar las implicaciones de los cambios externos en su actividad sustantiva y diseñar estrategias para los posibles escenarios futuros. Entre 2003 y 2005 se realizó el primer estudio prospectivo sobre el futuro de la innovación agropecuaria y forestal en Panamá, cuyos resultados se utilizaron para actualizar el Plan Estratégico Institucional 2005-2015. La presente investigación prospectiva, mediante la técnica Delphi, movilizó la inteligencia y experiencia en investigación e innovación agropecuaria de 96 expertos, 50% de los cuales son investigadores del IDIAP, para identificar los factores críticos relevantes y describir su situación futura, en cuanto a su grado de influencia y previsibilidad en el 2030. Se identificaron con alto grado de consenso como tendencias establecidas: los avances en la tecnología de información, comunicación y el uso en transacciones del agronegocio, la variabilidad climática y la demanda por alimentos seguros y saludables. Los panelistas alcanzaron consenso en cuanto a los factores críticos relevantes con alta influencia y baja previsibilidad, por lo tanto, entre el comportamiento futuro incierto se destacan: cambio en la demanda de consumidores finales, control social de la innovación, acuerdo sociopolítico nacional, formulación e implementación de políticas agrícolas y las políticas de incentivo a la investigación agropecuaria

PALABRAS CLAVES: Prospectiva tecnológica, planificación estratégica, gestión de la innovación agropecuaria.

¹Recepción: 19 de mayo de 2016. Aceptación: 17 de junio de 2016.

²Ph.D. en Innovación Institucional. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: juliosguerra@gmail.com

³M.Sc. en Economía Agrícola. IDIAP. CIAOc. e-mail: maritzadominguesh@gmail.com

⁴M.Sc. en Economía de Recursos Naturales. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA). e-mail: jaet78@gmail.com

⁵M.Sc. en Gestión Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr). e-mail: morenoow2007@gmail.com

PROSPECTIVE ANALYSIS OF THE RELEVANT CRITICAL FACTORS FOR AGRICULTURAL INNOVATION IN PANAMA

ABSTRACT

Prospective critical thinking reduces uncertainty in the process of formulation of strategies, policies and priorities for institutional sustainability. The Institute of Agricultural Research of Panama (IDIAP) has incorporated in its institutional culture since 1995 strategic planning to guide their plans, programs and projects in the long term. This has meant, developing institutional capacities to improve their understanding of the operational environment, projecting the implications of external changes in its substantive activity and designing strategies for possible future scenarios. Between 2003 and 2005 was conducted the first prospective study on the future of agricultural and forestry innovation in Panama, which lit up the process of updating the Institutional Strategic Plan 2005 - 2015. The current prospective study, using the Delphi technique, mobilized intelligence and experience in agricultural research and innovation of 96 experts, 50% of whom are researchers at IDIAP, to identify relevant critical factors and to describe its future situation in regard to their degree of influence and predictability in 2030. It was identified with a high degree of consensus among the panelists, as firmly established trends: advances in information and communication technology and its use in transactions of agribusiness, climatic variability and the demand for safe and healthy food. The panelists also reached consensus in terms of relevant critical factors with higher influence and less predictability, therefore with uncertain future behavior, among which are: changes in demand of consumers, social control of innovation, socio political national agreement, formulation and implementation of agricultural policies and incentive policies for agricultural research.

KEYWORDS: Technological prospective, strategic planning, knowledge and innovation management.

INTRODUCCIÓN

La reflexión prospectiva crítica reduce la incertidumbre en los procesos de formulación de estrategias, políticas y prioridades para la sostenibilidad institucional. Diferentes modos de interpretación e intervención coexisten en cada época histórica, sin embargo, unos

dominan y otros son subordinados, dentro de una jerarquía establecida por el conjunto de las reglas del juego (su institucionalidad hegemónica). En situaciones como la actual donde la humanidad experimenta no una época de cambio sino un cambio de época (Castells 1996, De Souza Silva *et al.* 2001, Santamaría Guerra

2003), mientras se establecen las reglas actuales del desarrollo, experimentan una crisis de la legitimidad, y los agentes individuales y colectivos experimentan una crisis de percepción e interpretación. El efecto combinado y simultáneo de estas crisis crea perplejidad, incertidumbre y desorientación, que se expresan en la vulnerabilidad generalizada de los diferentes actores sociales.

En un cambio de época el mundo cambia más rápido, de lo que la mayoría de las personas percibe. Tal como ocurre con cualquier proceso de caducidad, es solo cuando miramos hacia atrás que llegamos a reconocer el ritmo y alcance de las transformaciones experimentadas y aún entonces la interpretación de lo ocurrido refleja tan solo la visión de mundo del historiador.

Atrapada en la crisis de percepción propia del cambio de época, la mayoría de los gerentes de Investigación y desarrollo son hoy rehenes de modelos instrumentales, como los de la calidad total, reingeniería y planificación estratégica, que prevalecieron en los años 80 y 90. La insuficiencia y obsolescencia epistemológica de estos modelos limita o impide la comprensión que dichos gerentes necesitan para asociar el fenómeno de la vulnerabilidad-sostenibilidad institucional de sus organizaciones con el fenómeno

histórico del cambio de época que está en marcha desde los años 60. Por eso, cerca de 75% de todas las iniciativas de cambio institucional de las dos últimas décadas fracasaron (Lissack 1997; Franklin 1998a, 1998b). Cerca de 80% de los fracasos ocurrieron durante el momento de la implementación de las propuestas de cambio (De Souza Silva *et al.* 2001, Mato *et al.* 2001). La mayoría se preocupó apenas en formular un nuevo documento (Plan Estratégico, Mapa de Ruta, Plan de Mediano Plazo, entre otros) y en cambiar la dimensión dura de las organizaciones sin un esfuerzo dirigido a cambiar la forma de pensar y actuar de las personas que las integran (De Souza Silva *et al.* 2005).

Uno de los eventos emergentes de la nueva época histórica (post industrial) es el surgimiento de un nuevo modo de innovación (De Souza Silva *et al.* 2005). Es así como la innovación agropecuaria no es más el resultado de la investigación focalizada en transferir los mejores medios técnicos para el logro de la productividad y la competitividad. En lugar de ser simplemente el producto de la investigación básica y/o aplicada realizada por científicos, la innovación es considerada como una propiedad emergente de la interacción entre muchos interesados en el desarrollo rural en los teatros de la innovación (Engel 1997, Röling y Wagemakers 1998).

En consecuencia, aquí se entiende la innovación institucional como un proceso interactivo de aprendizaje social en el contexto de su aplicación e implicaciones que conduce a sus participantes a negociar e implementar cambios transformacionales de la identidad de su organización. Con base en el cuestionamiento crítico de la identidad organizacional los participantes construyen una nueva coherencia institucional con el objetivo de alcanzar un grado mayor de correspondencia con las aspiraciones y necesidades de sus usuarios, clientes y beneficiarios (Santamaría Guerra 2003, 2004).

En un mundo incierto y de cambios rápidos, las instituciones deben procurar sostenibilidad. Esto implica la necesaria previsión del entorno futuro (escenarios), con la ayuda de técnicas de investigación, modelos analíticos y reflexión crítica. Al proyectar las implicaciones de los cambios en el entorno en su desempeño, deben formular estrategias apropiadas que emparejen las oportunidades y amenazas externas con los recursos, las fuerzas internas y las debilidades de la organización (Kourdi 2009).

Si se consideran una serie de posibilidades futuras, las decisiones estarán mejor informadas y las estrategias que surjan de este ejercicio de inteligencia

e imaginación colectiva le darán mayores opciones de persistencia en el tiempo. Según Ketelhöhn *et al.* (2004), desde el punto de vista empresarial, la estrategia de una empresa consiste en comprometer los recursos de la misma con un futuro deseado.

El contexto o entorno relevante de las organizaciones de ciencia y tecnología está compuesto por grupos sociales que generan eventos, hechos, conflictos, descubrimientos e innovaciones, y se encuentran influenciados por la emergencia y ascenso de nuevos temas científicos, producto de la elevada turbulencia asociada al cambio de época que promueve impactos en las organizaciones de investigación e innovación agropecuaria. Las instituciones se tornan inadecuadas para el proceso de generación de nuevas tecnologías, debido a cambios en paradigmas científicos, en metodologías y procesos de investigación (Perfecto *et al.* 2009).

Los cambios pueden ser de diferente naturaleza, de acuerdo con la velocidad y con la posibilidad de anticiparlos. Para el propósito de la gestión estratégica, se clasifican en:

- Tendencias: son cambios lentos y continuos.

- Discontinuidades: son cambios bruscos, repentinos, inesperados. Alterna las condiciones de las organizaciones demandando cambios en la estrategia de las organizaciones (De Castro *et al.* 2005).

El grado de turbulencia del entorno de una organización de investigación será definido por la cantidad de variables de alta influencia sobre la organización y el tipo de discontinuidad. El conjunto de factores del contexto, aquellos más influyentes sobre la organización de investigación y de comportamiento futuro más incierto, son considerados los factores de turbulencia. Estos son los que introducen la incertidumbre en la gestión y son capaces de inducir cambios futuros o innovación institucional en las organizaciones. La turbulencia es consecuencia de eventos de cualquier naturaleza (económica, social, política, eco-ambiental, tecnológica) que están ocurriendo en el contexto de las organizaciones de investigación agropecuaria. Estos indican una situación de alta incertidumbre y de amenazas a la sostenibilidad institucional de las organizaciones de investigación agrícola en la región (Santamaría Guerra *et al.* 2005).

En 1995 el IDIAP formuló su primer plan estratégico, el cual fue actualizado

en el 2005. En el 2008 se formularon seis planes estratégicos para cada uno de los Centros de Investigación Agropecuaria y actualmente se requiere pensar y formular las modificaciones que deben hacerse al rumbo institucional en función de los grandes cambios en el entorno que se han producido en los últimos 10 años. Estos cambios se refieren principalmente a la crisis tanto de la agricultura en Panamá, como del sistema agroalimentario mundial, debido a la necesidad de producir más alimentos, que además de inocuos para la salud humana, deben producirse conservando los recursos naturales y la biodiversidad.

Por la profundidad de los procesos de cambio del IDIAP se consideran innovaciones institucionales (Santamaría Guerra 2003), en los cuales la investigación prospectiva ha sido un factor relevante para reducir la incertidumbre propia de la planificación estratégica. Mediante el proyecto *Quo Vadis*, se permitió al IDIAP y otras Instituciones Nacionales de Investigación Agropecuaria (INIA) de América Latina, contar con criterios desde los futuros posibles para inspirar y orientar en el presente (ya pasado) los esfuerzos de revisión y formulación de políticas, planes, prioridades y estrategias de innovación institucional (Santamaría Guerra *et al.* 2005, De Castro *et al.* 2005).

Con el objetivo de realizar una reflexión colectiva de expertos sobre eventos futuros relevantes para mejorar el desempeño de la investigación e innovación agropecuaria en Panamá, se desarrolló un estudio Delphi. El método fue ideado en Santa Mónica, Estados Unidos en la *Research and Development Corporation (Rand Corporation)* para investigar el impacto de la tecnología en la guerra por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, (Godet 1996, Landeta 1999, Astigarraga 2008). Su denominación confirma su empleo inicial de carácter predictivo, cuando se trata de resolver problemas complejos en condiciones de incertidumbre y con escasa información disponible.

El método Delphi es un proceso de análisis basado en el juicio de un grupo de expertos, que pueden lograr consenso o no, mediante un proceso sistemático e interactivo (Linstone y Turoff 1975). Las características del método son el anonimato, la repetición controlada y el tratamiento estadístico de las respuestas; su técnica se apoya en el reconocimiento de la superioridad del juicio de grupo sobre el juicio individual; es reconocido como uno de los métodos más idóneos para estudios prospectivos o de futuro (Delbecq *et al.* 1989). A los expertos se les pregunta en sucesivas rondas sobre cuestiones referidas al futuro hasta lograr el consenso en las apreciaciones manteniendo la autonomía y anonimato (Figura 1).

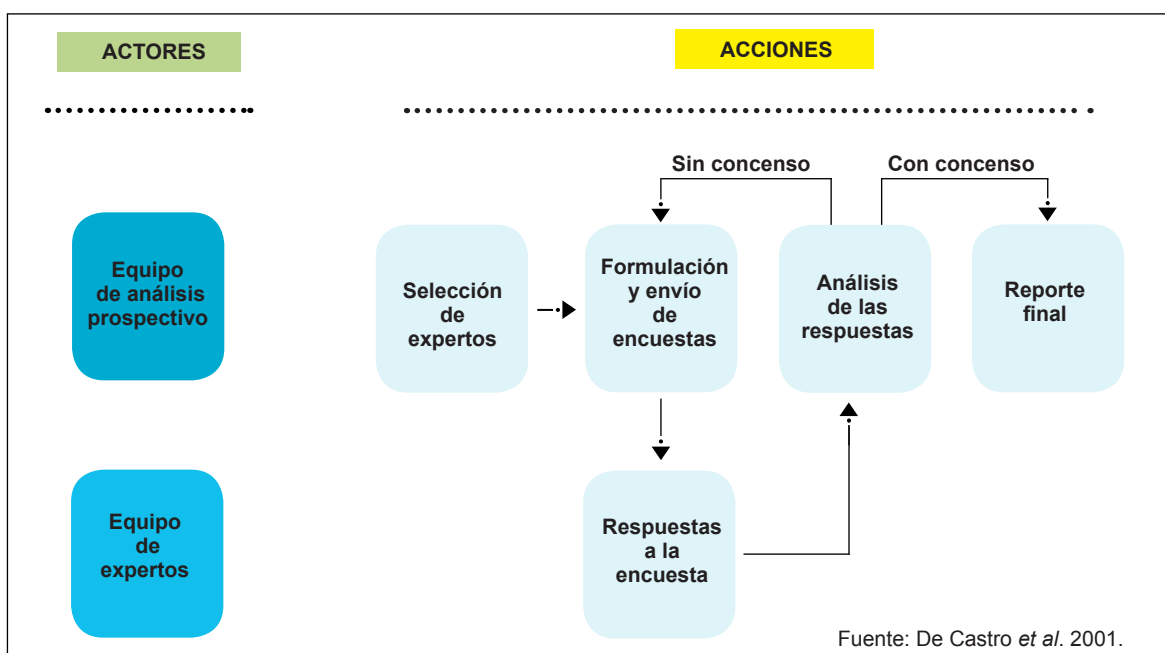


Figura 1. La técnica Delphi.

Por otra parte, el análisis prospectivo es el conjunto de conceptos y técnicas utilizadas para anticipar el comportamiento de variables socio-económicas, políticas, culturales, tecnológicas y de sus interacciones (De Castro *et al.* 2001). Según Johnson y Markovitch (1994), el análisis prospectivo es utilizado en problemas complejos y de largo plazo, donde los objetivos y soluciones están abiertos a preguntas, tomando en cuenta los factores externos, (entorno relevante). Por ellos, la prospección busca comprender el futuro a través de la comprensión de los factores externos a las organizaciones de Ciencia y Tecnología.

Este estudio se desarrolló con el propósito de mejorar la comprensión de los factores críticos relevantes que afectan la actividad agropecuaria en Panamá, lo que generará una serie de propuestas institucionales para la orientación de la innovación agropecuaria y que deben ser validadas con la clientela y finalmente incorporadas en los planes a largo plazo del IDIAP.

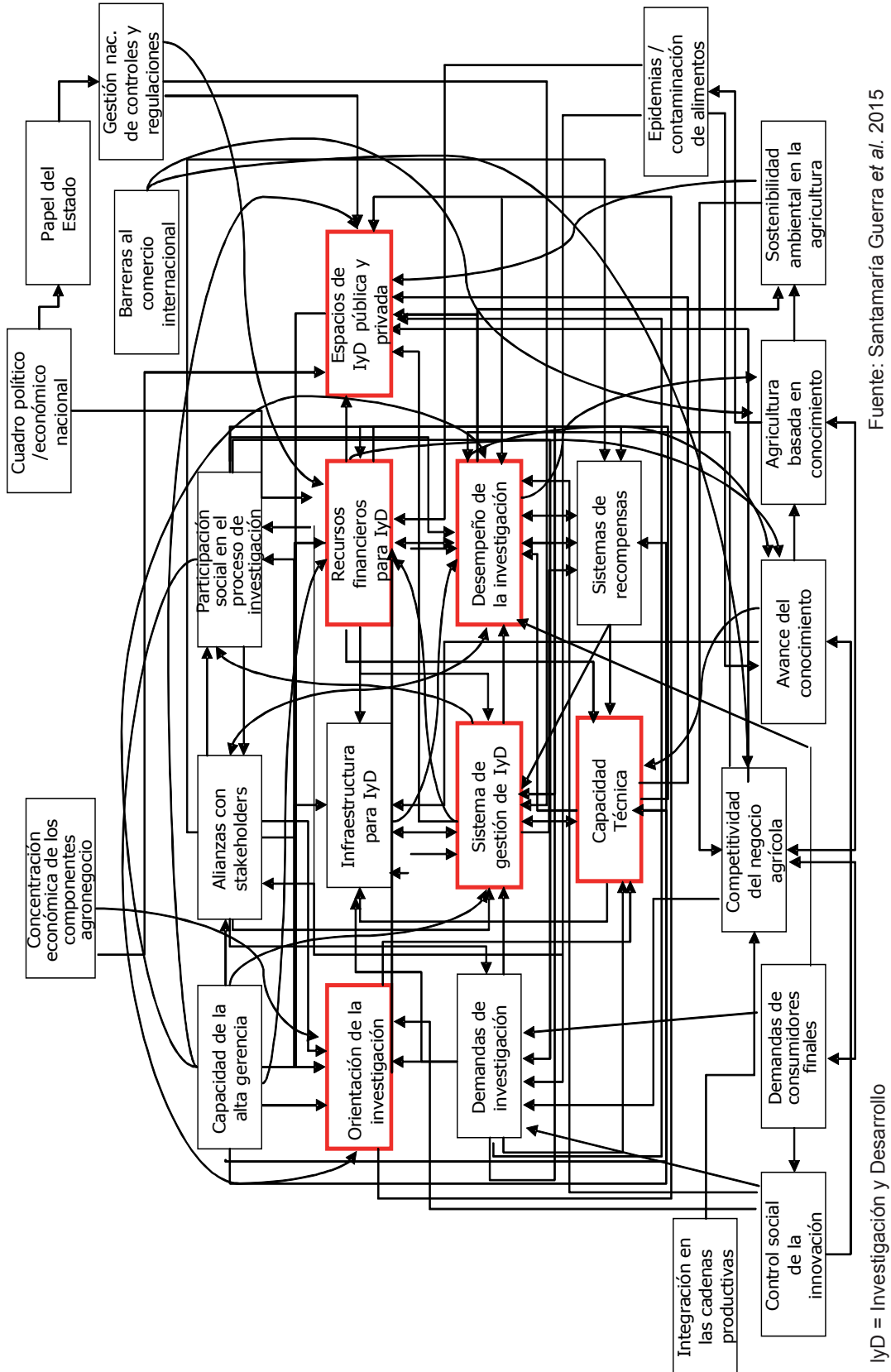
MATERIALES Y MÉTODOS

La estrategia metodológica combina métodos y técnicas de investigación prospectiva diseñada y ejecutada por un equipo de investigación multidisciplinario.

Factores críticos relevantes (FCR)

Para la selección de los factores críticos relevantes se utilizaron los modelos generales de los sistemas desarrollados por el proyecto Quo Vadis (Santamaría Guerra *et al.* 2005, De Castro *et al.* 2005) y los reportados por la Evaluación Internacional del Conocimiento la Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Agrícola (IAASTD) en el 2009 (Ginzo *et al.* 2009), en los cuales a partir de los marcos conceptuales y categorías del enfoque sistémico, se desarrolló un análisis del sistema agroalimentario mundial y de sus relaciones con el subsistema de investigación agrícola nacional y regional.

La organización de investigación agrícola y su contexto relevante fueron modelados, en base a la información obtenida en los respectivos estudios. Los modelos construidos fueron utilizados en la preparación de los cuestionarios aplicados en la encuesta Delphi. El modelo detallado del proyecto Quo Vadis (Figura 2), del cual fueron seleccionados 30 FCR, del IAASTD se seleccionaron otros tres y finalmente el equipo de investigación incorporó un FCR para un total de 34, que aparecen agrupados por estructuras o macrovariables en el Cuadro 1.



Fuente: Santamaría Guerra *et al.* 2015

Figura 2. Modelo general de la investigación agropecuaria y forestal en su contexto.

CUADRO 1. ESTRUCTURAS Y FACTORES CRÍTICOS RELEVANTES PARA LA INNOVACIÓN AGROPECUARIA.

Estructuras	Factores críticos relevantes
Regulaciones a las transacciones de bienes y servicios de la agricultura (incluye productos y servicios científicos y tecnológicos)	- Gestión del aparato legal sobre la propiedad intelectual - Propiedad intelectual - Barreras no arancelarias con base en criterios de desarrollo social - Controles y regulaciones de alimentos (rastreabilidad y certificación) - Barreras ambientales y arancelarias - Regulaciones sobre la investigación y desarrollo (IyD)
Desempeño de cadenas productivas (Rentabilidad, eficiencia, competitividad)	- Concentración económica de los componentes del agronegocio - Competitividad del negocio agrícola - Diferenciación de productos innovadores - Acceso a mercados de productos diferenciados - Diversificación de productos del agronegocio - Uso de la tecnología de información en transacciones en el agronegocio - Costo de bienes de consumo (commodities) - Cambios en demandas de consumidores finales - Demanda por alimentos seguros y saludables - Información al consumidor
Desempeño de sistemas de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria	- Agricultura basada en conocimiento - Avances de la biotecnología, nanotecnología, tecnología de la información y agroecología - Conocimiento tradicional y local - Percepción pública de la ciencia y tecnología (CyT) - Control social de la innovación
Entorno ambiental y sanitario	- Variabilidad climática - Sostenibilidad ambiental en la agricultura - Políticas de bioseguridad - Enfermedades, plagas y contaminación de alimentos
Políticas públicas	- Situación económica nacional - Acuerdo sociopolítico nacional - Papel del Estado - Formulación e implementación de políticas agrícolas - Política de incentivo a la investigación agropecuaria - Alternativas de recursos para el financiamiento de IyD

Cuestionario Delphi

El cuestionario Delphi fue desarrollado por el equipo de investigación prospectiva con base en el modelo general del proyecto Quo Vadis y el cuestionario original utilizado por Santamaría Guerra *et al.* 2005. El cuestionario fue entregado personalmente a los panelistas en abril y mayo de 2016, para que lo respondieran y se recogió una vez cumplimentado.

En la parte introductoria del cuestionario, se solicitó a los panelistas sus datos personales y organización representada, con el único fin de mantener contacto e informarlos sobre los resultados obtenidos. Además, el cuestionario se estructuró en tres bloques, considerados como críticos para el desempeño futuro del sistema de innovación agropecuaria estudiado, a saber:

1. Contexto organizacional: Complejidad y Turbulencia;
2. Orientación de la Investigación Agropecuaria;
3. Recursos y Alianzas con Grupos de Interés (los resultados de este bloque no se presentan en este artículo).

En cada uno de esos bloques, un conjunto de preguntas exploraron la situación presente y su proyección en el año 2030. Las preguntas se refirieron siempre a la investigación e innovación agropecuaria, independiente de una

organización en particular; en algunas preguntas, se solicitó una comparación entre los sectores público y privado en el país.

Las respuestas al cuestionario se basaron en una escala de valores del uno al 10, donde uno significó una relevancia casi nula y 10 extremadamente relevante; hubo una excepción donde las respuestas debieron darse en porcentaje. Si en algún aspecto en particular el panelista carecía del conocimiento, se le solicitó responder con una N en el espacio correspondiente.

Las respuestas de los expertos al cuestionario Delphi (escalas de 1 a 10), fueron capturadas en una base de datos en MS Excel. Para cada ítem o segmento se calculó el valor máximo y mínimo, la mediana, el primer y tercer cuartil, la diferencia intercuartílica, y el nivel de consenso. Este último fue aceptado como tal, cuando la diferencia entre el tercer y primer cuartil fue igual o menor a 2,5 y en un caso igual o menor a 25 (en el caso de la variable tipos de investigación).

Se utilizaron dos criterios para aceptar el consenso del grupo de expertos, a saber:

1. La diferencia intercuartílica fuera igual o menor a 2,5 (25 en tipos de investigación);

2. Más del 70% de los ítems o segmentos de una pregunta hayan sido consensuados.

En algunos de los bloques del cuestionario se calculó la Necesidad de Cambio, que es el producto de multiplicar la mediana en la importancia futura por la mediana del dominio actual restado a 10. Fue aplicada la fórmula:

$$(N = I*10-D)$$

donde;

N = necesidad de cambio (en la variable analizada)

I = Importancia futura de la variable

10-D = diferencia entre Dominio Máximo (10) y Dominio Evaluado por el panel.

Se utilizaron cuatro criterios para determinar la prioridad estratégica por ítem, a saber:

1. El mayor valor relativo de Necesidad de Cambio (a mayor relevancia futura y menor dominio actual, mayor prioridad);
2. La relación de los grados de importancia actual y futura (baja actual y alta futura = muy prioritarios o emergentes; alta actual y alta futura = prioritarios o atendidos; alta actual y baja futura = baja prioridad o descendentes; y baja actual y baja futura = casi nula prioridad o irrelevantes);

3. La relación de los niveles de influencia y previsibilidad futuras (más influyentes y menos previsibles = prioritarios o seguros generadores de turbulencia, más influyentes y más previsibles = regulares o de turbulencia prevista, baja influencia y baja previsibilidad = bajos o de probable turbulencia por cambios y baja influencia y alta previsibilidad = casi nulo o de escasa turbulencia y alto grado de control; y
4. Todos aquellos que no lograron consenso y por tanto, contienen un alto grado de incertidumbre que necesitan monitoreo estratégico.

Los resultados del estudio de prospección en el contexto operativo del IDIAP para el 2030, son presentados y comentados en función de la influencia futura de los factores críticos relevantes del contexto, previsibilidad del comportamiento de esos factores e incertidumbre críticas ((Influencia*(10-Previsibilidad))/10).

Selección de expertos

Un conjunto de criterios fueron consensuados por los miembros del equipo de investigación para seleccionar el grupo de expertos, específicamente por conocimiento y experiencia en ciencia y tecnología, dado por sus años de trabajo/

experiencia profesional, y que puedan ser complementados con los conocimientos teóricos adquiridos a través de las distintas formas de superación y grado académico o científico alcanzado en el tema de la investigación e innovación agropecuaria en Panamá. Además, se tomó como referencia el listado de participantes del panel Delphi del proyecto Quo Vadis en Panamá 2005 (Santamaría Guerra *et al.* 2005).

A continuación, se detallan los criterios de selección:

- a. El conocimiento y la experiencia profesional: Expertos vinculados al sector público de investigación, de recursos naturales, docencia, gerencia de investigación y desarrollo, consultoría y gerencia de empresas agropecuarias.
- b. La experiencia en gestión de ciencia y tecnología: Exdirectores del IDIAP, decanos, vicedecanos y profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Facultad de Medicina Veterinaria y de la Universidad Autónoma de Chiriquí, coordinadores de proyectos de instituciones gubernamentales del

sector agropecuario y consultores independientes.

- c. Investigadores del IDIAP: Grupo constituido por responsables de actividades de investigación e innovación matriculadas en el plan operativo anual (POA) 2016, con grado mínimo de maestría.
- d. Activistas de la sociedad civil: Expertos vinculados a organizaciones ambientalistas y asociaciones de productores agropecuarios.
- e. Productores agropecuarios líderes: Grupo compuesto por presidentes de gremios nacionales agropecuarios.

Se confeccionó un listado de 75 expertos externos y 80 expertos internos, de los cuales, se logró entregar el cuestionario a 62 externos y 79 internos, para un total de 141 cuestionarios entregados (Cuadro 2). Se recibieron debidamente cumplimentados 46 cuestionarios de expertos externos y 69 expertos internos. Se escogieron al azar 50 cuestionarios internos que cumplían con los criterios de selección y se analizaron junto con los 46 externos para un total de 96 cuestionarios.

CUADRO 2. PANELISTAS DEL ESTUDIO DELPHI 2016.

Nombre	Formación Académica	Organización/Empresa
Gregorio González S.	Maestría	Universidad de Panamá/Instituto PROMEGA
Rodrigo Marciaq R.	Licenciatura	El Santuario, S.A.
Simón Vásquez W.	Maestría	Universidad de Panamá/Facultad Ciencias Agropecuarias (FCA)
Federico Ernesto Selles A.	Maestría	Ministerio de la Presidencia/Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible
Juan Miguel Osorio R.	Doctorado	Universidad de Panamá/FCA
Omar Rigoberto Chavarría	Maestría	Independiente
Roger A. Sánchez	Doctorado	Universidad Autónoma de Chiriquí
Juan Corella J.	Doctorado	Universidad de Panamá/FCA
Juan Carlos Calzadilla C.	Maestría	Independiente
Norberto Suárez G.	Licenciatura	Asociación Nacional de Beneficiadores y Exportadores de Café
Carlos Morán	Maestría	Universidad de Panamá/Facultad de Medicina Veterinaria
Fabio Garibaldo Ayala	Licenciatura	Independiente
Celerino Rivera Vega	Maestría	Independiente
Nivaldo E. Vargas S.	Maestría	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Benjamín Name	Maestría	Independiente
Juan A. Bernal Vega	Doctorado	Universidad Autónoma de Chiriquí
Alvaro Adames F.	Maestría	Independiente
Rolando Sánchez Díez	Licenciatura	Asociación Panameña para Sostenibilidad Agricultura y Recursos Naturales
José Nazario Rivera	Maestría	Universidad de Panamá/CRU Los Santos
Priscila A. de González	Maestría	Independiente
Julio Bermúdez M.	Educ. básica	Asociación Panameña de Pequeños y Medianos Productores
Miguel Sarmiento	Maestría	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Edgar Alexis Polo L.	Maestría	Universidad de Panamá/FCA
Juan Caballero	Licenciatura	Agroquímicos Caballero
Renato Orlando Barrera F.	Maestría	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Juan Rodríguez	Licenciatura	Independiente
Víctor M. Guillén P.	Maestría	Universidad Tecnológica de Panamá/CEPIA
Gabriel De Saint Malo	Maestría	Independiente
Rolando Lasso G.	Doctorado	Semillas de Coclé, S.A.
Fanny M. Saavedra	Maestría	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Manuel De Gracia	Doctorado	Universidad De Panamá/FCA
Mahabir P. Gupta	Postdoctorado	Universidad de Panamá/CIFLORPAN
Melina Inés Sánchez P.	Maestría	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Marco Tulio Moscoso F.	Maestría	Instituto de Mercadeo Agropecuario
Reinaldo De Armas T.	Doctorado	Universidad de Panamá/FCA

Essye O.A. de Melamed	Maestría	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Luis Wong Vega	Postdoctorado	Universidad Santa María la Antigua
Javier Arosemena Jaén	Licenciatura	Independiente
Javier Tejeira	Licenciatura	TESRO, S.A.
Henry Arturo Kelso B.	Doctorado	Productos Agropecuarios Kebu
Damaris Sánchez	Postgrado	Fundación para el Desarrollo Integral, Comunitario y Conservación de los Ecosistemas en Panamá
Indira Molo-Alvarado	Doctorado	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
Rolando Armuelles B.	Doctorado	Independiente
Eddy E. Barraza A.	Doctorado	Universidad de Panamá
Euclides Díaz G.	Licenciatura	Asociación Nacional de Ganaderos
Carmen Damaris Chea	Postgrado	Independiente

Panelistas - IDIAP

Nombre	Formación Académica	Nombre	Formación Académica
Emigdio Rodríguez Q.	Maestría	Román Gordón M.	Maestría
Ricaurte Quiel	Maestría	Jorge Enrique Franco B.	Maestría
Ricardo A. Jiménez P.	Maestría	Arturo Batista	Maestría
Carlos Iván Saldaña R.	Maestría	Avelino Moreno	Maestría
Pedro Guerra M.	Maestría	Claudio Córdoba	Maestría
Luis Antonio Torres V.	Maestría	Andrés Ibarra J.	Licenciatura
Edwin Lorenzo H.	Maestría	José Ezequiel Villarreal N.	Doctorado
Maritza Domínguez H.	Maestría	Marcelino Jaén T.	Maestría
Gladys I. González D.	Maestría	Dangelo Jaramillo	Maestría
Liliam Marquínez	Maestría	Eric Manuel Candanedo L.	Doctorado
Ladislao Guerra M.	Maestría	Eloy Spencer Sánchez A.	Maestría
José Ángel Lezcano B.	Maestría	Felipe González	Doctorado
Leonardo A. Marcelino	Maestría	Rubén Darío Collantes G.	Doctorado
Arnulfo Gutiérrez G.	Doctorado	Axel Villalobos C.	Doctorado
Marcos Medina Z.	Maestría	Julio C. Miranda G.	Maestría
Oswaldo Cerrud	Licenciatura	Omar Alfaro	Maestría
Vidal A. Aguilera C.	Doctorado	Bruno Zachrisson	Doctorado
Anovel Amet Barba A.	Doctorado	Franklin Becerra B.	Maestría
José Ángel Herrera V.	Doctorado	José Alberó Yau Q.	Doctorado
Roderick A. González M.	Maestría	Jessica Hassán	Maestría
Juan Tomás Arosemena	Maestría	Esteban Ruíz	Maestría
Ramón F. García C.	Doctorado	Benigno Guerrero R.	Maestría
Délfida Rodríguez J.	Postdoctorado	Ginnette Rodríguez	Maestría
Zanya Aguilar R.	Maestría	Lilia Gil	Maestría
Carmen Bieberach F.	Maestría	Omaira H. de Rivera	Maestría
Rubén D. Samaniego S.	Maestría	Víctor Eurípides Escudero	Licenciatura
Raúl Antonio González P.	Maestría	Melvin Jaén	Maestría
Luis Alberto Barahona A.	Maestría	Evelyn Itzel Quirós M.	Doctorado
Sugey Bustamante R.	Maestría	Ruth Del Cid A.	Maestría

Rimsky Retally Q.	Maestría	Rito Herrera Vega	Doctorado
Marco Navarro	Maestría	Ovidio Castillo	Licenciatura
Tomás Ariel Vásquez Ulloa	Maestría	José L. Causadias	Licenciatura
Walker del C. González C.	Maestría	Virginia L. de Rodríguez	Postgrado
Ismael Camargo B.	Doctorado	Erick Quiroz	Licenciatura
Julio Alberto Lara M.	Maestría	Elis Colombia Rojas	Licenciatura
Domiciano Herrera	Maestría	Lorena Thompson	Profesorado
Jaime Espinosa T.	Maestría	Pastor Domínguez	Licenciatura
Esteban Arosemena	Maestría	Luis Castro	Licenciatura

Los 96 expertos representan 19 organizaciones vinculadas a la investigación e innovación agropecuaria, gestión de IyD, docencia, consultoría y otras especialidades como la extensión agropecuaria, transferencia de tecnología, planificación, seguimiento y evaluación, gerencia de empresas agropecuarias e

independientes (Figura 4). La mayor parte de los panelistas son investigadores o gerentes de organizaciones de IyD, con un promedio de 22 años de experiencia en su actividad principal. El 81% de los expertos que participaron, en cuanto a su formación académica, posee grado de maestría (M.Sc.) o doctor en ciencias (Ph.D.) (Figura 5).

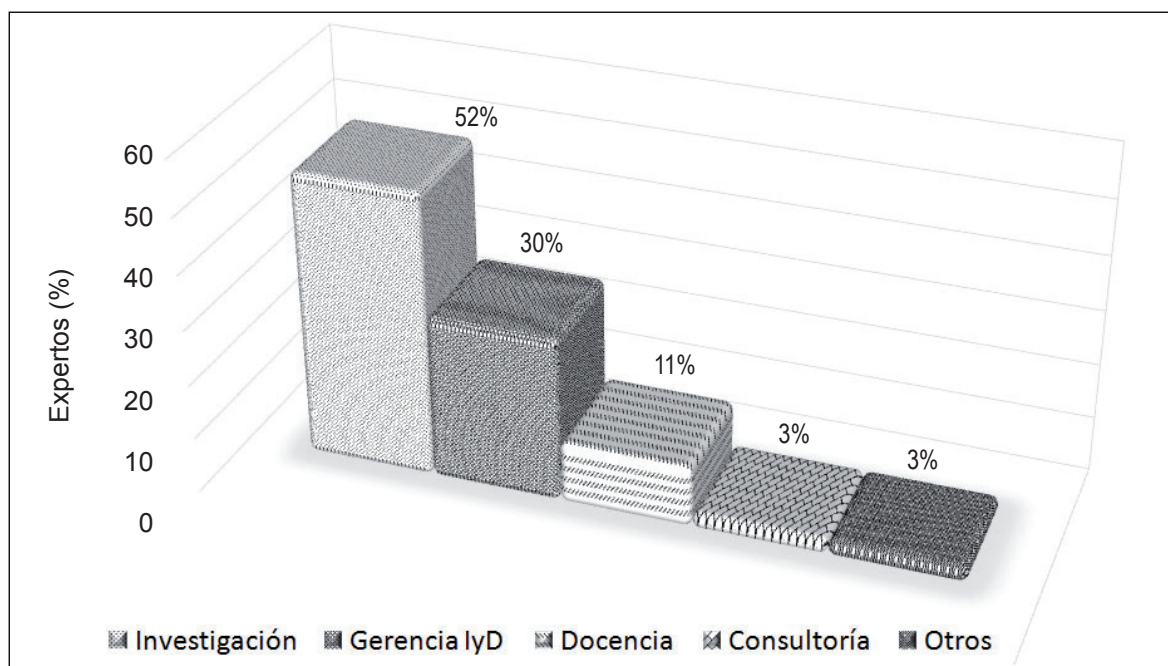


Figura 4. Actividad principal de los participantes del panel Delphi.

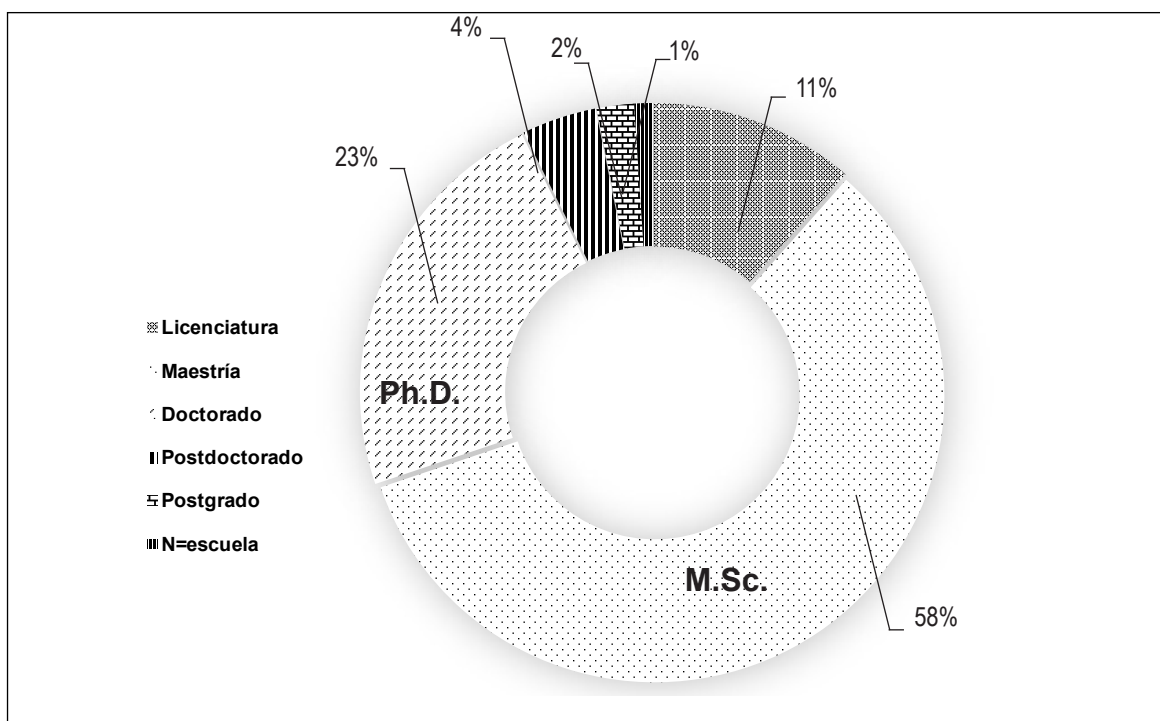


Figura 5. Formación académica de los expertos del panel Delphi.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contexto Organizacional: Complejidad y Turbulencia

Para los 34 FCR considerados, el nivel de consenso de los panelistas fue de 85,29%, para las medianas de influencia y previsibilidad, es decir cinco factores no obtuvieron consenso. El valor mínimo asignado fue de uno y el máximo 10, con una desviación estándar de 1,9529 en el caso de influencia y de 1,7864 para previsibilidad.

Cuatro factores fueron evaluados con alta influencia y alta previsibilidad. El índice de incertidumbre de estos cuatro

factores es igual a 0,8 y 0,9, lo cual las define como tendencias establecidas. Se adicionan como tendencias firmemente establecidas a las identificadas por el proyecto Quo Vadis en 2005: Variabilidad climática y Avances de la tecnología de la información, ambas con alta influencia y alta previsibilidad y baja incertidumbre (Cuadro 3).

Dieciséis FCR presentan incertidumbre moderada. Por primera vez: Controles y regulaciones de alimentos, avances de la agroecología e información al consumidor. Otros tres factores disminuyeron su grado

de incertidumbre, comparada con los resultados del proyecto Quo Vadis: Barreras ambientales, enfermedades, plagas y contaminación de alimentos y percepción pública de CyT (Cuadro 4). Los otros 10 FCR mantienen el mismo grado de incertidumbre registrado en el 2005. De los FCR con incertidumbre crítica del proyecto Quo Vadis, el referido al papel del estado, disminuyó su grado de incertidumbre (Santamaría Guerra *et al.* 2005).

Catorce FCR presentan incertidumbre crítica, de los cuales ocho muestran el más alto grado de incertidumbre registrado (2,4), destacándose cuatro en los cuales se obtuvo consenso en la percepción de los panelistas: Cambio en la demanda de los consumidores finales, control social de la innovación, formulación e implementación de políticas agrícolas y políticas de incentivo a la investigación agropecuaria. Por su alta influencia y alto grado de incertidumbre estos FCR son portadores de turbulencias que tienen el potencial de afectar el desempeño institucional (Cuadro 5). De estos cuatro FCR el cambio en la demanda de los consumidores finales y control social de la innovación aumentaron su grado de incertidumbre en relación a los resultados del proyecto Quo Vadis (Santamaría Guerra *et al.* 2005). Otros cuatro factores con

menor influencia futura y con alto grado de incertidumbre (2,1) se destacan por tener el consenso de los panelistas: Acuerdo sociopolítico nacional, conocimiento tradicional y local, acceso a mercados de productos diferenciados y diversificación de productos del agronegocio (Cuadro 5).

La mayoría de los FCR portadores de turbulencias y discontinuidades pertenecen al ámbito de las políticas públicas, lo cual coincide con los resultados del proyecto Quo Vadis (Santamaría Guerra *et al.* 2005). Otros tres FCR con alta incertidumbre están relacionados directamente al desempeño de cadenas productivas y uno es un factor emergente (Conocimiento tradicional y local) relacionado con el desempeño del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y su capacidad de incidir en el cambio tecnológico de los sistemas tradicionales de agricultura familiar.

Orientación de la investigación agropecuaria

En relación a los segmentos sociales y económicos, se constituyen en los público meta o beneficiarios de las actividades de investigación e innovación, un indicador de pertinencia es el grado de correspondencia de la orientación de la investigación con sus necesidades, demandas y aspiraciones.

CUADRO 3. TENDENCIAS ESTABLECIDAS EN EL CONTEXTO OPERATIVO DEL IDIAP PARA EL 2030.

Factores críticos relevantes	Influencia	Previsibilidad	Incertidumbre
Uso de la tecnología de información en transacciones en el agronegocio	8	9 ¹	0,8
Avances de la tecnología de la información	9	9	0,9
Variabilidad climática	9	9	0,9
Demanda por alimentos seguros y saludables	9	9	0,9

¹Sin consenso entre los panelistas.**CUADRO 4. FACTORES CRÍTICOS CON INCERTIDUMBRE MODERADA EN CONTEXTO OPERATIVO DEL IDIAP PARA EL 2030.**

Factores críticos relevantes	Influencia	Previsibilidad	Incertidumbre
Controles y regulaciones de alimentos (rastreadabilidad y certificación)	8	8	1,6
Barreras ambientales	8	8	1,6
Avances de la agroecología	8	8	1,6
Políticas de bioseguridad	8	8	1,6
Enfermedades, plagas y contaminación de alimentos	8	8	1,6
Concentración económica de los componentes del agronegocio	8	8	1,6
Competitividad del negocio agrícola	8	8	1,6
Diferenciación de productos innovadores	8	8	1,6
Costo de bienes de consumo ("commodities")	8	8	1,6
Información al consumidor	8	8	1,6
Percepción pública de la CyT	8	8	1,6
Papel del Estado	8	8	1,6
Sostenibilidad ambiental en la agricultura	8 ¹	8	1,6
Propiedad intelectual	8	8 ¹	1,6
Avances de la biotecnología y de la nanotecnología	9	8	1,8
Agricultura basada en conocimiento	9 ¹	8	1,8

¹Sin consenso entre los panelistas.

CUADRO 5. INCERTIDUMBRES CRÍTICAS PARA LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN AGROPECUARIA EN EL 2030.

Factores criticos relevantes	Influencia	Previsibilidad	Incertidumbre
Cambios en demandas de consumidores finales	8	7	2,4
Control social de la innovación	8	7	2,4
Formulación e implementación de políticas agrícolas	8	7	2,4
Política de incentivo a la investigación agropecuaria	8	7	2,4
Situación económica nacional	8	7 ¹	2,4
Gestión del aparato legal sobre la propiedad intelectual	8 ¹	7	2,4
Alternativas de recursos para el financiamiento de IyD	8	7 ¹	2,4
Regulaciones sobre IyD	8 ¹	7 ¹	2,4
Acuerdo sociopolítico nacional	7	7	2,1
Conocimiento tradicional y local	7	7	2,1
Acceso a mercados de productos diferenciados	7	7	2,1
Diversificación de productos del agronegocio	7	7	2,1
Barreras no arancelarias con base en criterios de desarrollo social	7 ¹	7	2,1
Barreras arancelarias	7 ¹	7	2,1

¹Sin consenso entre los panelistas.

Los panelista consideran como los segmentos más importantes en el futuro (2030) a los agricultores familiares (no vinculados a cadenas productivas), a los pequeños productores vinculados a cadenas productivas, a los pequeños y medianos productores agropecuarios, a los consumidores, a los formuladores de

políticas públicas, a los agroindustriales y a las comunidades rurales en agroecosistemas. Como se puede observar en los datos representados en la Figura 6, el conocimiento de las demandas de estos segmentos no acompaña su grado de importancia futura.

En particular, en el caso de los agricultores familiares (no vinculados a cadenas productivas) cuya mediana de importancia futura es la más alta (8), el conocimiento de sus demandas es el más bajo (5), por lo tanto se requiere desarrollar capacidades en prospección de

demandas de este segmento. La situación es similar aunque menos dramática en el caso de pequeños productores vinculados a cadenas productivas, consumidores, formuladores de políticas públicas y comunidades rurales en agroecosistemas (Figura 6).

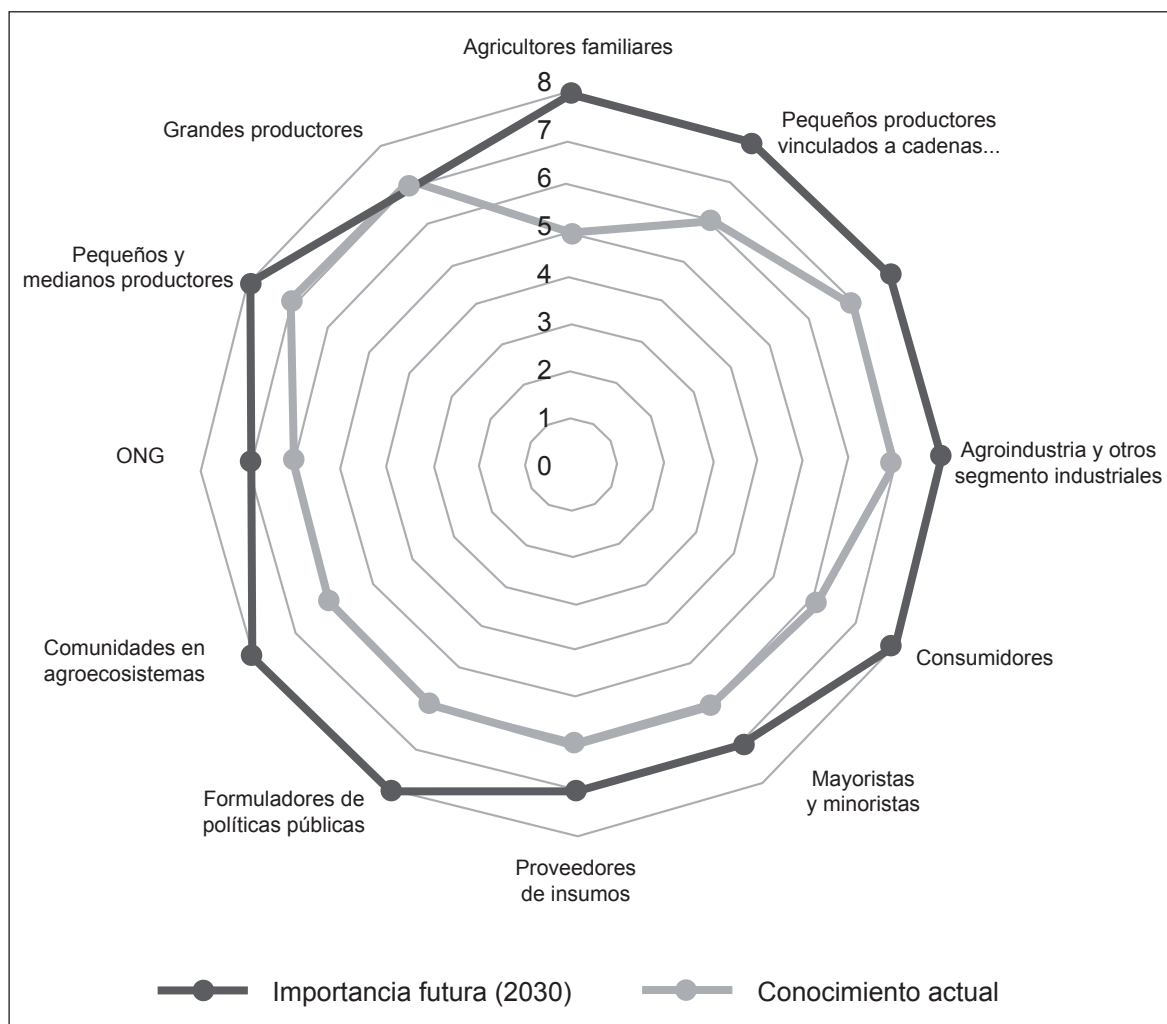


Figura 6. Importancia futura y conocimiento actual de las demandas de la clientela.

Al evaluar el esfuerzo actual y futuro dedicado a los diferentes tipos de investigación los panelistas alcanzaron el 100% de consenso. En la actualidad predomina la investigación aplicada y adaptativa, tanto en el sector público como en el privado. Según la percepción de los expertos, el sector público dedica mayor esfuerzo que el sector privado a la investigación básica y aplicada, mientras que el sector privado hace lo propio con

la investigación adaptativa y estratégica. En el futuro, esta situación se mantiene en la relación público/privado en cuanto a los esfuerzos dedicados a la investigación básica, aplicada y adaptativa, sin embargo para la investigación estratégica cambia. El sector público debería dedicar un esfuerzo mayor a la investigación estratégica, igualando en este campo al sector privado (Figura 7).

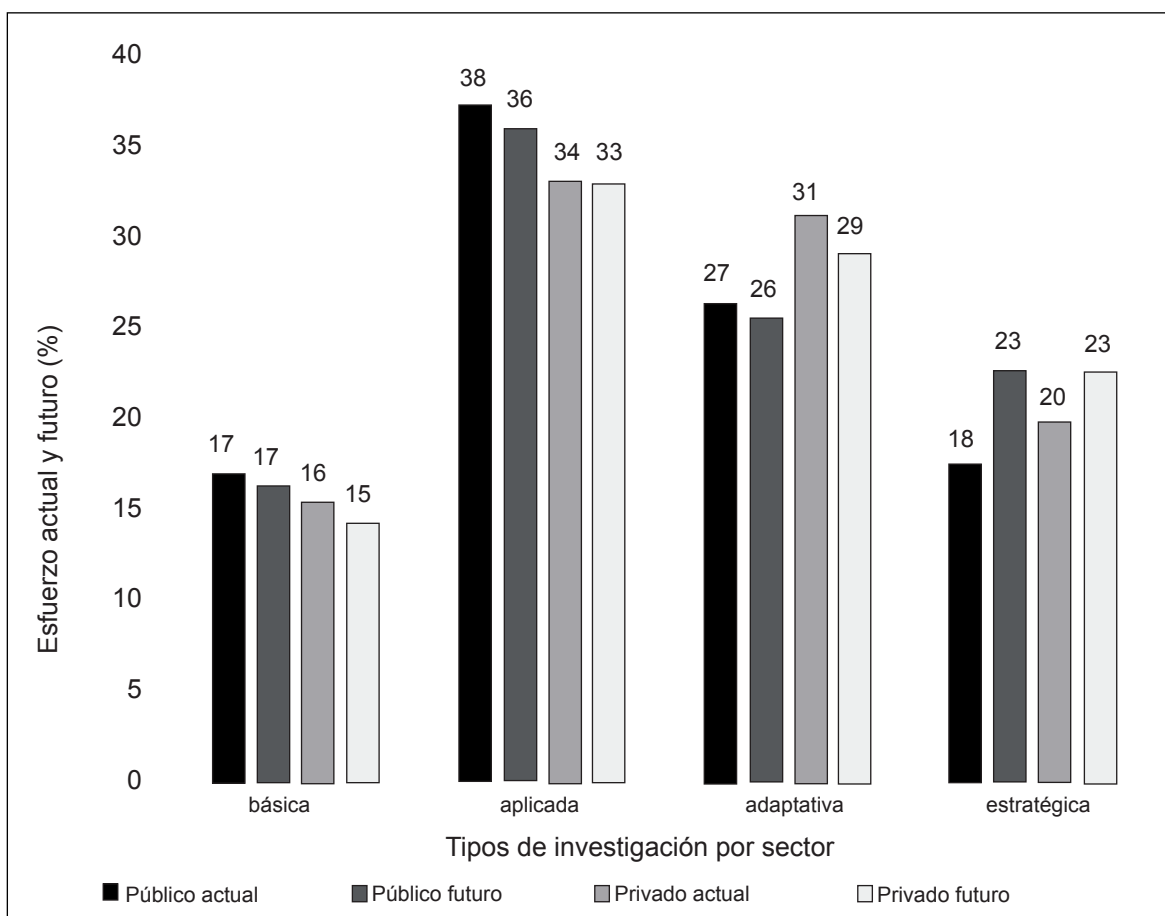


Figura 7. Esfuerzo actual y futuro (%) dedicado a tipos de investigación por sectores.

Con un amplio consenso (100%) al evaluar la importancia futura de procesos agropecuarios en los cuales se debe concentrar la investigación e innovación agropecuaria para generar conocimientos y productos tecnológicos diversificados, se destacaron todos los procesos calificados como indica la información (Cuadro 6). Con la más alta importancia (9,0) y el mayor consenso (1,0) resultó la evaluación precisa de la necesidad de insumos, agua, entre otras, para el desarrollo vegetal (agricultura de precisión). Mientras que en la evaluación de estos procesos en el 2005 (Santamaría Guerra *et al.* 2005), la más alta importancia la obtuvo el aumento de la productividad con una mediana de 9,0, en este estudio otros 13 procesos recibieron esta misma mediana, lo que claramente señala la necesidad de diversificación de los objetivos de los proyectos de investigación e innovación.

La calificación de los panelistas sobre la importancia futura de temas relativos a la sostenibilidad ambiental de la agricultura, resalta con la máxima calificación posible (10,0) y un consenso (1,0), la gestión de la calidad y del uso del agua (Cuadro 7). Este resultado es consistente con el relativo a procesos agropecuarios. La importancia futura de

los temas evaluados indica las prioridades que debería seguir la orientación de la investigación e innovación en el largo plazo y la necesidad de desarrollar capacidades para generar alternativas tecnológicas contextualizadas. Este resultado contrasta con los del proyecto Quo Vadis (Santamaría Guerra *et al.* 2005) en el cual la investigación en organismos genéticamente modificados (OGM) aparecía por encima del tema de agua, germoplasma y explotación sostenible de la biodiversidad.

En cuanto a la importancia futura de diferentes aplicaciones de la biotecnología, los cuales alcanzaron consenso en todas las aplicaciones (100%), es significativo que las medianas, son superiores a las obtenidas en el proyecto Quo Vadis (Santamaría Guerra *et al.* 2005). También, las prioridades se ordenan de manera diferente, otorgando mayor importancia a las aplicaciones dirigidas a procesos relacionados con biomasa y energía, producción vegetal y animal, que se sitúan en el mismo nivel que las aplicaciones relativas a productos, que obtuvieron las más altas medianas en la evaluación realizada mediante el proyecto Quo Vadis (Cuadro 8).

CUADRO 6. IMPORTANCIA FUTURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN PROCESOS AGROPECUARIOS.

Proceso relativo a:	Importancia futura 2030
Evaluación precisa de la necesidad de insumos, agua, entre otros, para el desarrollo vegetal (agricultura de precisión)	9
Control biológico de plagas y enfermedades	9
Mantenimiento, conservación y retención de nutrientes, suelos y residuos en el propio sistema productivo	9
Aumento de la eficiencia energética en los sistemas productivos	9
Tratamiento y reciclaje de residuos agropecuarios y agroindustriales	9
Elevada productividad	9
Integración entre agricultura y salud (biofortificación de alimentos, promoción de la calidad funcional)	9
Monitoreo de patógenos en la producción animal o vegetal	9
Monitoreo de seguridad y calidad en el procesamiento de alimentos	9
Procesos productivos con bajo impacto ambiental	9
Técnicas avanzadas de reproducción animal	9
Variedades vegetales y razas de animales adaptadas (ambientes hostiles)	9
Aumento de la eficiencia de procesos fisiológicos en plantas y animales	9
Resistencia a plagas y enfermedades	8
Desarrollo de productos adaptados a grupos específicos de consumidores	8
Integración de características químicas y genéticas (resistencia a herbicidas)	8
Maduración uniforme de los cultivos agrícolas	8
Procesos agropecuarios dirigidos a la seguridad biológica	8
Biodisponibilidad de nutrientes a partir de fuentes autóctonas	8
Plantas y animales con crecimiento acelerado	8
100% de consenso entre los panelistas.	

CUADRO 7. IMPORTANCIA FUTURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE LA AGRICULTURA.

Temas relativos a la sostenibilidad ambiental de la agricultura	Importancia futura 2030
Gestión de la calidad y uso del agua	10
Germoplasma, prospección y conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i>	9
Valoración económica de la biodiversidad y de los recursos naturales	9
Explotación económica sostenible de la biodiversidad	9
Conocimiento tradicional sobre la biodiversidad	9
Gestión de recursos pesqueros	9
Impacto del sector agropecuario sobre la fauna, flora y microorganismos nativos	9
Zonificación, manejo y agricultura conservacionista	9
Gestión de recursos forestales	9
Prospección y manejo sostenible de plantas (medicinales, aromáticas, cosméticos, condimentos)	8
Organismos genéticamente modificados (OGM) e impacto sobre la agrobiodiversidad	8
Especies exóticas invasoras actuales y potenciales	8 ¹
Conservación y manejo de polinizadores	8 ¹

¹Sin consenso entre los panelistas.

CUADRO 8. IMPORTANCIA FUTURA DE LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA.

Aplicaciones de la biotecnología en:	Importancia futura 2030
Biomasa y energía: aumento da eficiencia de procesos biológicos dirigidos a la producción de fuentes renovables y limpias de energía	9
Producción vegetal: detección de patógenos y enfermedades, desarrollo de alimentos funcionales, biofertilizantes, biopesticidas, mejoramiento genético de plantas	9
Producción animal: detección de enfermedades, enzimas para mejorar la digestibilidad de las raciones, mejoramiento genético de animales, terapias genéticas, tecnologías reproductivas avanzadas	9
Producción y calidad de alimentos: diagnóstico de microorganismos y contaminación, biopreservación, mejoría de aroma y sabor, desarrollo de alimentos funcionales	9
Producción forestal: evaluación de biodiversidad, diagnóstico de plagas y enfermedades, mejoramiento genético de especies forestales (inclusive para eliminar procesamiento químico, por ejemplo, en la producción de celulosa)	9
Ambiente: uso de microorganismos para limpieza ambiental, aumento de eficiencia nutricional de animales y plantas, bioprospección	9
Biofábricas para producción de materias primas industriales (fármacos, sustancias terapéuticas/oxidantes, fibras, entre otros)	8
100% de consenso entre los panelistas.	

Aunque desde finales del siglo pasado la agricultura ecológica y otras emergían como alternativa a la agricultura convencional productivista, es hasta la primera década del presente siglo que la agroecología se ha posesionado de manera que se puede hablar de una revolución agroecológica (Altieri y Toledo 2011). A los panelistas se les pidió calificar la importancia futura y dominio actual de conocimientos en aplicaciones de la agroecología en investigación e innovación agropecuaria en nuestro país.

La mayor contribución de la agroecología a la sostenibilidad de los modos de vida en el mundo rural se dará por el desarrollo de una agricultura basada en prácticas amigables con el ambiente, dirigida al manejo agroecológico de territorios, protección de las fuentes de agua y cosecha de agua para fines domésticos y productivos, entre otras prácticas agroecológicas (Cuadro 9).

Al mismo tiempo que reconocen la importancia futura de las aplicaciones de la agroecología para la investigación e innovación agropecuaria, los panelistas, alertan sobre el relativo bajo dominio actual de conocimientos en los temas agroecológicos. El cálculo de la necesidad de desarrollo de capacidades en los temas analizados, revela que esta debería enfatizar en los temas ambientales,

integración de vegetales y animales, eficiencia energética y en el diseño de sistemas resilientes a eventos climáticos y sociales extremos.

El estudio de manera general confirma las predicciones del proyecto Quo Vadis en el 2005. Las variaciones en el comportamiento de factores críticos en los últimos 10 años, sugieren que el IDIAP debe contar con una unidad o departamento adscrito a la alta gerencia y dedicado exclusivamente al desarrollo del pensamiento estratégico institucional, al monitoreo de los factores críticos relevantes y a desarrollar estrategias de sostenibilidad institucional.

El IDIAP y otras instituciones dedicadas a la innovación agropecuaria deberían aplicar la metodología utilizada por el proyecto Quo Vadis y validada por este estudio, para desarrollar esfuerzos de prospección tecnológica de cadenas productivas en temas específicos como el futuro de los recursos hídricos en el país. Los resultados sirven como referencia en el desarrollo de estrategias de innovación institucional, en la definición de líneas de investigación y de temas de capacitación para formación de investigadores.

El IDIAP y otras organizaciones de CyT deberían iniciar procesos de construcción de capacidades tendientes

CUADRO 9. IMPORTANCIA FUTURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN APLICACIONES DE LA AGROECOLOGÍA.

Aplicaciones de la agroecología en:	Importancia futura 2030	Necesidad de desarrollo de capacidades
Ambiente: manejo agroecológico de territorios, protección de fuentes de agua, cosecha de agua para fines domésticos y productivos.	10	5
Producción vegetal: manejo agroecológico de plagas y enfermedades, conservación y uso de biodiversidad funcional, bioinsumos, reguladores naturales y valoración de variedades criollas y acriolladas.	9	3,6
Producción animal: manejo agroecológico de enfermedades, ecto y endoparásitos, uso de fuentes alternas de alimentación, valoración de razas criollas y acriolladas.	9	3,6
Producción forestal: evaluación de biodiversidad, manejo agroecológico de plagas y enfermedades, conservación y uso de especies nativas, integración en sistemas agrosilvopastoriles.	9	3,6
Integración de vegetales y animales en arreglos que reciclan subproductos de cada actividad en busca de complementariedad.	9	4,5
Eficiencia energética de los sistemas productivos: aumento de eficiencia de procesos sistémicos.	9	4,5
Diseño e implementación de sistemas agroecológicos resilientes a eventos climáticos y sociales extremos.	9	4,5

100% de consenso entre los panelistas.

a superar sus limitaciones en cuanto a biotecnología, nanotecnología, agroecología, gestión de la innovación institucional, prospectiva tecnológica, implementación, seguimiento y evaluación de estrategias organizacionales, entre otras prioridades.

Durante la realización del estudio, se establecieron vínculos con el sector productivo, ONG, instituciones sector agropecuario, universidades y otras instituciones de innovación agropecuaria que mostraron interés en conocer los resultados y su utilización en el proceso de revisión de los planes estratégicos de IDIAP, estas relaciones con actores del contexto operativo deberían mantenerse, mejorarse, ampliarse e institucionalizarse.

CONCLUSIONES

- Los factores que presentan incertidumbres críticas ($\geq 2,1$) deberían ser priorizados en la descripción de los escenarios futuros a considerar debido a que son los portadores de turbulencia y discontinuidad.
- Los factores críticos relevante constituyen insumos para redefinir las prioridades científicas y tecnológicas para la investigación e innovación

agropecuaria con la participación de la comunidad científica y académica, los sectores productivos, los movimientos sociales, las comunidades rurales, los tomadores de decisiones y los formuladores de políticas.

- La metodología aplicada es pertinente para reducir la incertidumbre que caracteriza los procesos de planificación estratégica, aportando de esta manera a la comprensión del contexto cambiante de las organizaciones de ciencia y tecnología.

RECOMENDACIÓN

- La nueva Agenda de Investigación e Innovación Agropecuaria deberá priorizar una lista corta de desafíos que el contexto cambiante le impone a las instituciones de innovación agropecuaria y proponer estrategias para mejorar su desempeño y contribución al fortalecimiento de la base agrotecnológica nacional, a la competitividad del agronegocio, a la sostenibilidad ambiental, a la resiliencia socio climática de la agricultura y a la soberanía alimentaria, en beneficio de la sociedad panameña.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, MA; Toledo, VM. 2011. The agro ecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38(3): 587-612.
- Astigarraga, E. 2008. El método Delphi (en línea). San Sebastián: Universidad Deusto. Consultado 22 ago. 2012. Disponible en: http://www.prospectiva.eu/curso-prospectiva/Metodo_delphi.doc
- Castells, M. 1996. The rise of the network society. (The information age: economy, society and culture). Malden, Massachusetts: Blackwell Publishers. v.1, 555 p.
- De Castro, AMG; Valle Lima, SM; Maestrey, A; Trujillo, V; Alfaro, O; Mengo, O; Medina, M. 2001. La dimensión de futuro en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional (apoyo del ISNAR, COSUDE y Ministerio de las Relaciones Exteriores de los Países Bajos-DGIS). Proyecto ISNAR Nuevo Paradigma. San José, CR. 98 p.
- De Castro, AMG; Valle Lima, SM; De Souza Silva, J; Maestrey, A; Ramírez Gastón, J; Santamaría Guerra, J; Mengo, O; Ayala Sánchez, A. 2005. Proyecto Quo Vadis: El futuro de la investigación agrícola y la innovación institucional en América Latina y el Caribe. Red Nuevo Paradigma. Quito, EC. 276 p.
- Delbecq, AL; Van de Ven, A; Gustafson, D. 1989. Técnicas grupales para la planeación. México, DF. Trillas. 174 p.
- De Souza Silva, J, Cheaz, J; Calderón, J. 2001. La Cuestión Institucional: de la vulnerabilidad a la sostenibilidad institucional en el contexto del cambio de época. Serie Innovación para la Sostenibilidad Institucional. Proyecto ISNAR Nuevo Paradigma. San José, CR. 90 p.
- De Souza Silva, J; Cheaz, J; Santamaría Guerra, J; Mato, MA; Valle Lima, S; De Castro, AMG; Salazar, L; Maestrey, A; Rodríguez, N; Sambonino, P; Álvarez González, FJ. 2005. La Innovación de la Innovación Institucional: De lo universal, mecánico y neutral a lo contextual, interactivo y ético desde una perspectiva latinoamericana. Red Nuevo Paradigma. Quito, EC. 370 p.

- Engel, PGH. 1997. The Social organization of innovation: A focus on stakeholder interaction. Amsterdam, the Netherlands: Royal Tropical Institute. 237 p.
- Franklin, P. 1998a. Thinking of strategy in a postmodern way: towards an agreed paradigm; Parte 1. Strategic Change 7: 314-332.
- Franklin, P. 1998b. Thinking of strategy in a postmodern way: Part 2. Strategic Change 7: 437-448.
- Ginzo, HDSM; Valle Lima, S; Bellamy, A; De Castro, AMG; Guharay, F; Saldaña, R. 2009. Conocimiento y tecnologías agrícolas en ALC: Escenarios plausibles para desarrollo sostenible. *In Agriculture at a Crossroads: Evaluación internacional del conocimiento, ciencia y tecnología en el desarrollo agrícola. América Latina y el Caribe.* IAASTD. Washington DC, Island Press. v. 3, 239 p.
- Godet, M. 1996. Manuel de prospective stratégique: L'art et la méthode. Dunod, Paris. tomo 2, 214 p.
- Johnson, BB; Markovitch, J. 1994. Uses and application of technology futures in national development: Brazilian experience. Technological forecasting and Social Change. 45: 1-30.
- Ketelhöhn, W; Marín, JN; Montiel, E. 2004. Inversiones. Análisis de inversiones estratégicas. Bogotá, CO. Norma. 274 p.
- Kourdi, J. 2009. Estrategia. The Economist. Buenos Aires, AR. Cuatro Media. 220 p.
- Landeta, J. 1999. El método Delphi: Una técnica de previsión para la incertidumbre. Ariel. Barcelona. 223 p.
- Linstone, HA; Turoff, M. 1975. The Delphi method. Techniques and applications. Reading, Massachusset: Addison-Wesley. 452 p.
- Lissack, M. 1997. Of Chaos and complexity: managerial insights from a new science. Management Decision 35(3): 205-218.
- Mato, MA; Santamaría Guerra, J; De Souza Silva, J; Cheaz, J. 2001. La dimensión de gestión en la construcción de la sostenibilidad institucional. *Serie Innovación para la sostenibilidad institucional.* (con el apoyo del ISNAR, SDC y DGIS).

- Red Nuevo Paradigma del ISNAR. San José, CR. 120 p.
- Perfecto, I; Nivia, E; Ahumada, M; Luz, K; Pérez, R; Santamaría Guerra, J. 2009. La agricultura en América Latina y el Caribe: Contexto, evolución y situación actual. *In* Agriculture at a Crossroads: Evaluación internacional del Conocimiento, ciencia y tecnología en el desarrollo agrícola. América Latina y el Caribe. IAASTD. Washington DC, Island Press. v. 3, 239 p.
- Röling, N; Wagemakers, MAE. 1998. A new practice: Facilitating sustainable agriculture. *In* Röling, N; Wagemakers, MAE. eds. 1998, Facilitating Sustainable Agriculture. Cambridge, UK: Cambridge University Press. p. 3-22.
- Santamaría Guerra, J. 2003. Institutional Innovation for Sustainable Agriculture and Rural Resources Management: Changing the Rules of the Game. Doctoral thesis. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University. 215 p.
- Santamaría Guerra, J. 2004. Theories of Action for Institutional Innovation of Rural Research and Development Organizations. ISNAR Briefing Paper 74. International Service for National Agricultural Research, The Hague.
- Santamaría Guerra, J; Guerra, C; Macre, J; Guillen, V; Ruiz, I. 2005. Escenarios futuros para la tecnociencia y la innovación agropecuaria y forestal en Panamá. Panamá, IDIAP. 178 p.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a los expertos que participaron en el estudio por su colaboración cumplimentando el cuestionario; a Madhelane M. Miranda y Edwin E. Rueda quienes se encargaron de la captura de información y su registro; a Dalia Zambrano, Fanny Flores, Pastor Domínguez, Raúl González y Marco Medina, quienes participaron en las discusiones de la Comisión Estratégica Nacional del IDIAP para el desarrollo del estudio y colaboraron en la distribución y recuperación de los cuestionarios.

DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS DE COSECHA DE ARROZ Y MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL¹

*Rodolfo Morales-Muñoz²; Lwonel Agudo-Martínez³;
Jaime Espinosa-Tasón⁴*

RESUMEN

Panamá es uno de los países con poca capacidad para expandir su frontera agrícola. La implementación de la ley de incentivos a la producción de biomasa y biocombustibles, impulsó el uso de la caña de azúcar como la materia prima para cumplir con el porcentaje de etanol a mezclar con la gasolina. Sin embargo, la zafra se da en cuatro meses del año y durante los ocho meses restantes la biorefinería deberá procesar otra fuente de carbohidratos. Con el propósito de estimar la oferta de residuos de cosecha de arroz y maíz, se realizó una encuesta sobre el uso de los residuos de cosecha de arroz y maíz en las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas, para determinar la oferta de materia prima para la producción de etanol lignocelulósico. Se encontró 46 481 ha de arroz y maíz cultivadas en la zona, los productores que mostraron su disposición a la venta del rastrojo fueron el 60% y 53%, respectivamente. Se concluye que la oferta de residuos de cosecha de arroz y maíz para la producción de etanol lignocelulósico en el área es de 194 t/día, lo que correspondería a la capacidad de una planta de escala piloto o demostrativa.

PALABRAS CLAVES: Paja de arroz, rastrojo de maíz, etanol lignocelulósico.

¹Recepción: 24 de marzo de 2015. Aceptado: 29 de abril de 2016. El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), con el apoyo del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), la Universidad del Estado de Washington (WSU), la empresa Campos de Pesé y productores nacionales, ejecutó un proyecto de investigación sobre el uso de los residuos de cosechas de arroz y maíz para la producción de etanol.

²M.Sc. en Industrias Agrícolas Alimentarias. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: rodolfommz@yahoo.com

³M.Sc. en Ingeniería Ambiental. IDIAP. CIAC. e-mail: lwonelagudo@gmail.com

⁴M.Sc. en Socioeconomía. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: jaet78@gmail.com

AVAILABILITY OF RICE AND CORN HARVEST WASTE FOR ETHANOL PRODUCTION

ABSTRACT

Panama is one of the countries with limited surfaces to expand its agricultural border. The implementation of the law that creates the incentives for the biomass and biofuels production moved the use of sugarcane as raw material for ethanol production. Nevertheless the sugarcane harvest is only done four months during the dry season. During the remaining eight months the bio refinery will have to use another source of carbohydrates. With the purpose of determining the offer of crop residues for lignocellulosic ethanol a poll was done about the use of corn stover and rice straw. It was found that in the zone 46 481 hectares are cultivated between rice and corn. Around 60% and 53% of the producers would sell the stubble of rice and corn, respectively. The offer rice and corn harvest waste for the production of lignocellulosic ethanol in the area is 71 097 t of dry matter per year or 194 t/day, which capacity would correspond to a pilot plant or a demonstrative plant.

KEYWORDS: Rice straw, corn stover, lignocellulosic ethanol.

INTRODUCCIÓN

El modelo de desarrollo occidental con base en un alto consumo de combustibles fósiles derivados del petróleo que es un recurso finito. Los biocombustibles como el etanol son una alternativa para las carencias de combustibles fósiles. Entre las principales materias primas para la producción de etanol están aquellas ricas en carbohidratos como jugos azucarados, almidones y los materiales lignocelulósicos.

Con la ley que crea las políticas e incentivos para la producción de biomasa

y biocombustible (Asamblea Nacional 2011), la industria nacional comenzó a utilizar caña de azúcar como alternativa inmediata para producir etanol, sin embargo la zafra se da en cuatro meses durante la estación seca. El resto del año, la destilería deberá usar otras fuentes de carbohidratos como melazas o azúcar. Están surgiendo nuevas tecnologías para producir alcohol lignocelulósico y Panamá es un país con poca cantidad de tierra para expandir su frontera agrícola (Gazzoni 2009). Por lo tanto, surge la oportunidad de optimizar el uso de recursos como los residuos de cosecha en la producción de etanol.

Para que los residuos de cosecha como la paja de arroz y el rastrojo de maíz puedan ser utilizados en la producción de etanol es necesario darles un tratamiento previo. Uno de los tratamientos previos más utilizados es la hidrólisis con ácido sulfúrico. Sin embargo, se requiere el uso de material resistente a la corrosión y manejar un gran volumen de material neutralizante de la solución que se va a fermentar. Para vencer estas dificultades, se ha desarrollado un método conocido como Explosión en Húmedo (Njoku *et al.* 2013).

El uso de residuos de cosecha puede traer beneficios al cultivo como facilitar la germinación y emergencia de la semilla, además de incrementar la salud de la planta. Entre las desventajas de la remoción de los residuos, ocasiona una excesiva exposición del suelo lo que causa erosión. Los nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio removidos con el rastrojo deben ser reemplazados con fertilizantes lo que adiciona un costo al cultivo. La incorporación de la paja en los campos donde se cultiva arroz en fangueo produce metano que es un gas con mayor efecto invernadero que el dióxido de carbono (Abril *et al.* 2009). Al considerar la opción de utilizar los residuos de cosechas, se debe tener presente la sostenibilidad del proyecto basado en las buenas prácticas sobre conservación y fertilidad de suelo.

Para estimar la disponibilidad de rastrojo de maíz se utiliza el índice de cosecha, éste varía en un intervalo entre 47% y 56%. Esto significa que aproximadamente la mitad del peso de la porción de la planta de maíz arriba del suelo es material vegetal (el rastrojo) y la otra mitad es el grano. El índice de cosecha es completamente constante y no cambia mucho en el transcurso de los años aun cuando el rendimiento aumente (Ertl 2013).

La biorefinería requiere un suministro continuo de residuos de cosecha a través de todo el año. Al considerar un sistema logístico de recolección se debe tener en cuenta algunos puntos importantes como: la recolección y transporte a un almacenamiento local, el reemplazo de los nutrientes y el carbón orgánico del suelo, el pago al agricultor o propietario del terreno, compactación en el almacenamiento local y el transporte al usuario final (Morey *et al.* 2010).

En cuanto la relación entre el transporte de la biomasa y el tamaño óptimo de la refinería para la producción de etanol, usando la hidrólisis ácida a través de un modelo en Aspen Plus, se ha demostrado que la capacidad de producción y la producción mínima total, está impactada fuertemente por la

participación del productor de los residuos de cosecha (Leboreiro y Hilaly 2011). Se recomienda que el productor de biocombustible con residuos de cosecha debiera incorporar al agricultor con un 50% de participación.

El propósito de este trabajo fue estimar la oferta de residuos de cosecha de arroz y maíz en un área de un círculo con radio de 100 km tomando como centro la destilería de la empresa Campos de Pesé en Las Cabras, provincia de Herrera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el inventario de la oferta de materia prima, se escogió un área de un círculo con un radio aproximado de 100 km alrededor de la destilería de la empresa Campos de Pesé, en Las Cabras. Se observó las provincias y distritos del área seleccionada y se determinó el número de productores de maíz y arroz mecanizado registrados, en los avances de siembra y cosecha del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) para el mes de noviembre del año agrícola 2013-2014 (Santos 2013).

Con el apoyo de los extensionistas del MIDA, se realizó la encuesta a una muestra de 8,6% de los productores de maíz y a 10,6% de arroz.

En la fase de campo se tomaron datos como coordenadas geográficas de las fincas empleando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, siglas en inglés), nombre del corregimiento, distrito, cantidad de hectáreas cosechadas. Las preguntas del formulario de encuesta fueron cerradas, sobre el tipo de tenencia de la tierra, propiedad del rastrojo, prácticas sobre echar o no ganado a la parcela después de la cosecha, sobre la recolección del rastrojo en forma de pacas, disposición a vender el rastrojo en forma de pacas y participar como socio de una empresa que procesa residuos de cosecha. También, se recolectó información secundaria para complementar la investigación y análisis.

La información fue tabulada en una base de datos en MS Excel® versión 15 y analizadas en InfoStat® (InfoStat/L). Las respuestas de la encuesta se analizaron como variables dicotómicas, codificadas con valores de 1 para la presencia (afirmativa), y 0 para la no presencia (negativa). El análisis estadístico de los datos consistió en tablas y gráficos de frecuencia absoluta y relativa.

Para el cálculo de la oferta de residuos de cosecha se utilizó la ecuación siguiente:

$$D = r \times A \times c \times p \times (100-h)/100 \text{ [Ec. 1]}$$

Dónde:

D=Disponibilidad de residuo de cosecha en términos de materia seca.

r=Rendimiento de residuo en t/ha.

c=Porcentaje recolectado por motivos ambientales.

A=Área cosechada en hectáreas.

p=Porcentaje de productores que venden el residuo de cosecha.

h=Porcentaje de humedad del residuo de cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que el área del círculo de radio aproximado de 100 km alrededor de la destilería Campos de Pesé, comprendía las provincias de Herrera, Los Santos, Coclé y Veraguas. El total de productores de maíz mecanizado de las cuatro provincias fue de 725, mientras que los productores de arroz mecanizado fueron de 585.

Se realizó la encuesta un total de 105 productores. De este total hubo 43% de productores que producían maíz, mientras que 41% arroz. El 16% restante producía tanto arroz como maíz.

Maíz:

Los productores de maíz consultados fueron 62 distribuidos al azar en la zona de estudio (Figura 1). La frecuencia relativa muestra que el 53% de los entrevistados estarían dispuestos a vender el rastrojo de maíz y el 63% estaría dispuesto a participar como socio de una empresa procesadora de rastrojo de maíz (Figura 2).

Estimación de la oferta de materia prima: Rastrojo de maíz

La superficie sembrada y cosechada de maíz en las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas suma 15 924 ha (ver Cuadro). Si consideramos que el 53% de los productores venderían el rastrojo de maíz. El grano de maíz representa entre 47% y 56% de la biomasa arriba del suelo, el rastrojo de maíz corresponde aproximadamente a una igual cantidad en peso de maíz en grano cosechado, lo que se sugiere que debe tomar de 2,5 t/ha a 5 t/ha de rastrojo (Ertl 2013) y el resto se deja para la conservación del suelo. Se asume que se deja un 35% del rastrojo para la conservación del suelo. El rendimiento de grano promedio es de 4,54 t/ha y de rastrojo sería 4,82 t/ha con una humedad de 15%.

La oferta de materia seca (MS) de rastrojo de maíz se determinó usando la [Ec. 1] sería:

$$\begin{aligned} \text{Oferta de rastrojo de maíz} &= 4,82 \text{ t/ha} \times 15 \\ &924 \text{ ha} \times 53\% \times 65\% \times (100 - 15)/100 \\ \text{Oferta de rastrojo de maíz} &= 22\,475 \text{ t} \end{aligned}$$

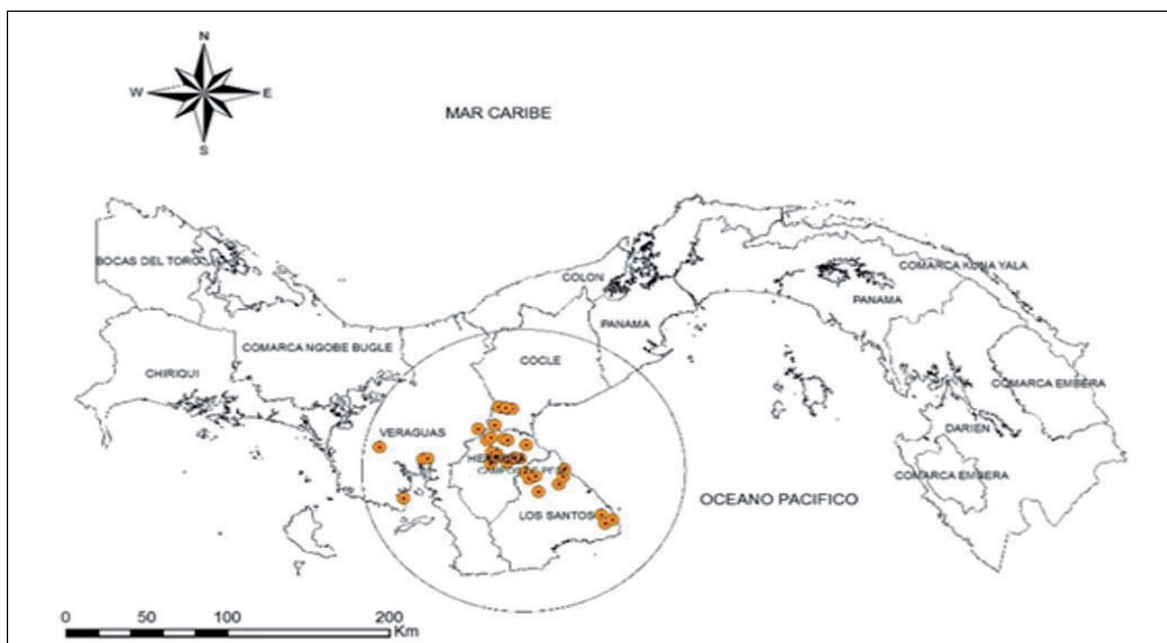


Figura 1. Distribución geográfica de la muestra de los productores de maíz encuestados.

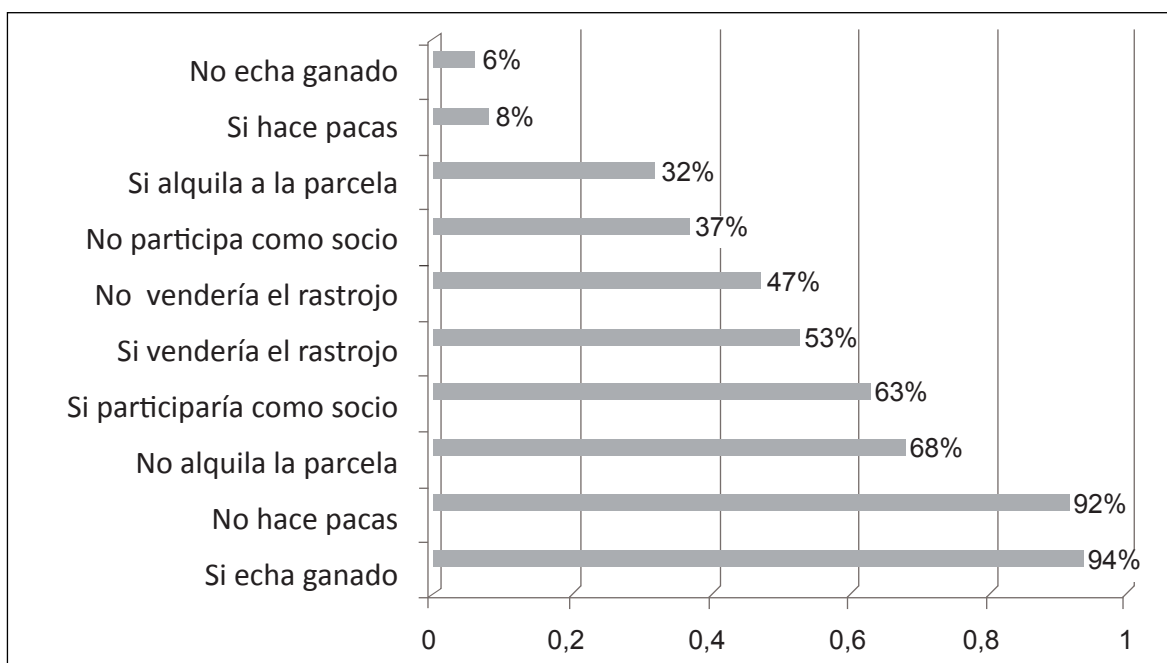


Figura 2. Frecuencia relativa de respuestas al uso del rastrojo de maíz en las provincias centrales de Panamá.

CUADRO. NÚMERO DE PRODUCTORES Y SUPERFICIE CULTIVADA DE MAÍZ Y ARROZ EN LAS PROVINCIAS CENTRALES DE PANAMÁ.

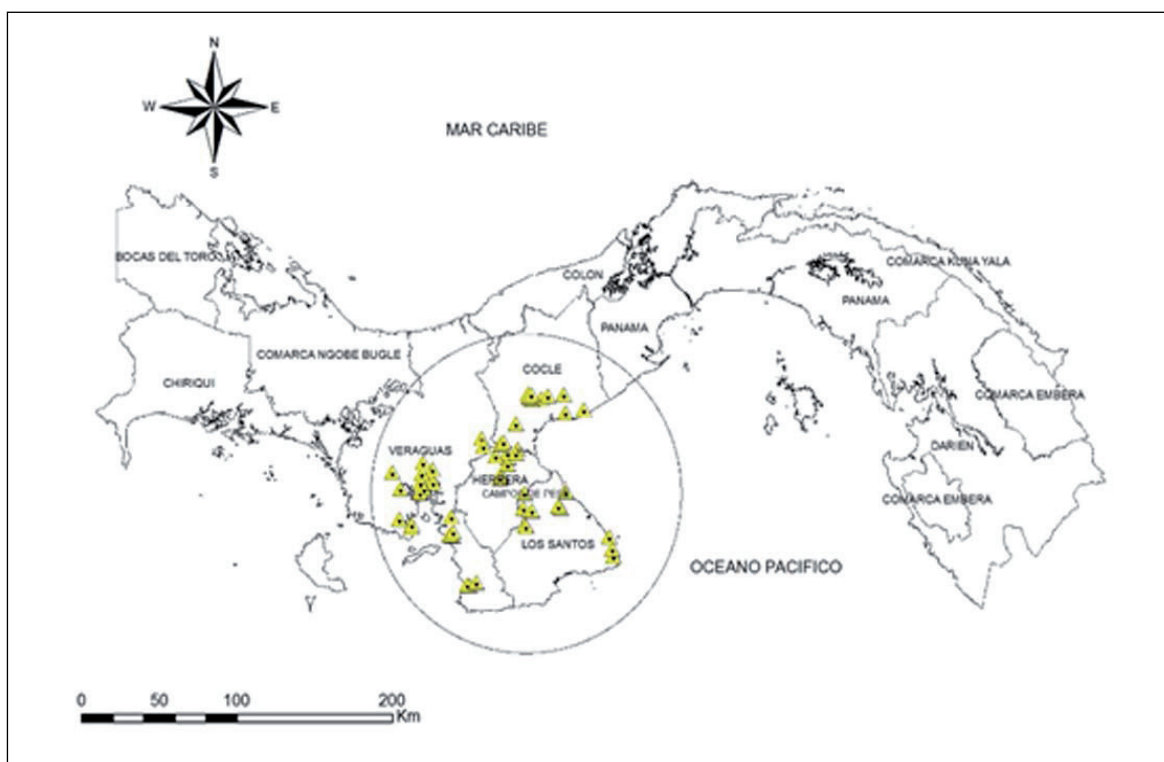
Provincia	Arroz mecanizado		Maíz mecanizado	
	Número de productores	Superficie cultivada (ha)	Número de productores	Superficie cultivada (ha)
Coclé	263	9 584	10	302,30
Herrera	45	655	126	1570,00
Los Santos	161	10 073	583	13 963,88
Veraguas	116	10 245	6	87,70
TOTAL	585	30 557	725	15 923,88

Fuente: Santos 2013

Arroz

Los productores de arroz consultados fueron 60 y lo que representó el 10,25% con una localización geográfica al azar (Figura 3). Las frecuencias relativas de las respuestas muestran que

el 77% de los productores de arroz, le echan ganado a la parcela después de la cosecha. Sin embargo, el 60% vendería la paja de arroz y el 57% estaría dispuesto a participar como socio de una empresa procesadora de paja de arroz.

**Figura 3. Distribución geográfica de la muestra de los productores de arroz encuestados.**

La paja de arroz se recoge durante la cosecha de la última coa desde el mes de octubre a diciembre. En la estimación de la cantidad de paja de arroz que se produce se utilizó una relación de residuo/producto de 1,5 es decir que por cada tonelada de arroz se produce 1,5 t de residuo o paja (Diep 2015).

Los productores que han hecho pacas de paja de arroz informaron que la máquina para embalar tiene una capacidad hasta 1000 pacas por día. Cada paca tiene un peso de 15,9 kg y 1 ha de arroz produce aproximadamente 300 pacas⁵, es decir 4,8 t/ha de paja de arroz. La diferencia entre los dos sistemas de cálculo puede estar influida por la altura de corte de la planta de arroz durante la cosecha.

La superficie sembrada y cosechada de arroz en las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas suma 30 557 ha (ver Cuadro). Si se considera que el 60% de los productores venderían el rastrojo de arroz, que de acuerdo a consultas hecha a productores (Figura 4), 1 ha de arroz produce 4,8 t/ha de paja y debe dejar un 35% de la paja de arroz en el campo para la conservación del suelo y tiene una humedad de 15%

(Diep 2015). Entonces la oferta materia seca (MS) de paja de arroz según la [Ec. 1] en la zona sería:

$$\text{Oferta de paja de arroz} = 4,8 \text{ t/ha} \times 30\,557 \text{ ha} \times 60\% \times 65\% \times (100 - 15)/100$$

$$\text{Oferta de paja de arroz} = 48\,622 \text{ t MS}$$

La oferta de rastrojo de maíz y paja de arroz es de 22 475 t MS/año y 48 622 t MS/año, respectivamente y la sumada es de 71 097 t MS/año.

Los productores que no venderían los residuos agrícolas de arroz y maíz representan 40% y 47% de la población potencial, respectivamente. Para promover el desarrollo del etanol lignocelulósico basado en residuos de cosecha de arroz y maíz se tendría que desarrollar una compañía para la utilización de estos residuos dentro de la población de productores de estos rubros.

El tamaño óptimo de una biorefinería para la producción de etanol lignocelulósico usando la hidrólisis ácida tiene una capacidad instalada para procesar 2 000 t MS/día (Leboreiro y Hilaly 2011). Al sumar la oferta es 71 097 t MS/año o 194 t MS/día y no es suficiente para abastecer una planta de producción

⁵ Quijada, S. 2014. Cosecha de pacas de paja de arroz (entrevista). Molino Lago Cirino. El Coco de Penonomé, Coclé, república de Panamá.

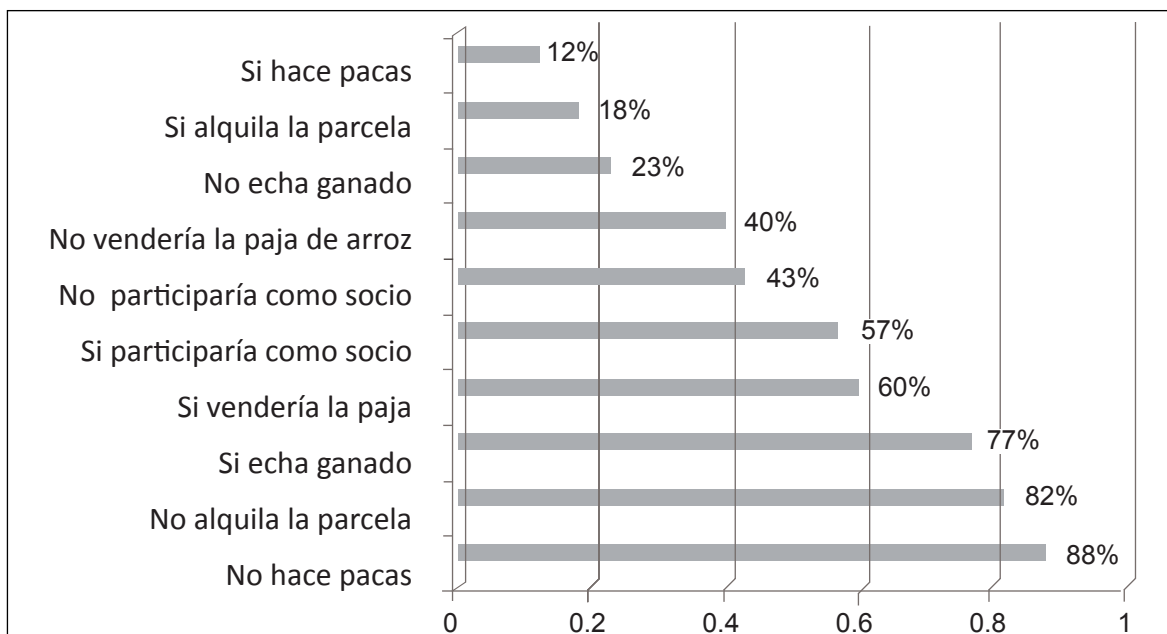


Figura 4. Frecuencia relativa de respuestas al uso del rastrojo de arroz en las provincias centrales de Panamá.

comercial de etanol lignocelulósico. La oferta de residuos de cosecha de arroz y maíz combinados correspondería a la capacidad de una planta piloto o demostrativa.

CONCLUSIONES

- La oferta de residuos de cosecha de arroz y maíz como materia prima para la producción de etanol lignocelulósico, en las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas en un radio de 100 km alrededor de la destilería de la empresa Campos de Pesé es de 71 097 t MS/año.

- La cantidad de materia seca que se obtiene es para abastecer una planta piloto o demostrativa de producción de alcohol lignocelulósico.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, D; Navarro, E; Abril, A. 2009. La paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento. Agron. 17(2): 69-79.
- Diep, NQ; Sakanishi, K; Nakagoshi, N; Fujimoto, S; Minowa, T. 2015. Potential for rice straw ethanol production in the Mekong Delta, Vietnam. Renewable Energy 74: 456-463.

- Gazzoni, DL. 2009. Biocombustibles y alimentos en América Latina y el Caribe. San José, CR. IICA. 118 p.
- Ertl, D. 2013. Sustainable Corn Stover Harvest (en línea). IOWA CORN. Consultado 2 feb. 2015. Disponible en https://www.iowacorn.org/documents/filelibrary/research/research_reports/IowaCornResearchBrochure_FINAL_31478BB786257.pdf.
- Asamblea Nacional. 2011. Ley N° 41 que establece lineamientos para la política nacional sobre biocombustibles y energía eléctrica a partir de biomasa en el territorio nacional. *In* Gaceta Oficial 26770: Diario Oficial. Panamá. 10 p.
- Leboreiro, J; Hilaly, AK. 2011. Biomass Transportation Model and Optimum Plant Size for the Production of Ethanol. *Bio resource Technology* 102(3): 2712-2723.
- Morey, RV; Kaliyan, N; Tiffany, DG; Schmidt, DR. 2010. A Corn Stover Supply Logistics System. *Applied Engineering in Agriculture* 26: 455-461.
- Njoku, SI; Uellendahl, H; Ahring, BK. 2013. Comparing oxidative and dilute acid wet explosion pretreatment of Cocksfoot grass at high dry matter concentration for cellulosic ethanol production. *Energy Science & Engineering* 1(2): 89-98.
- Santos, N. 2013. Registro de productores de maíz y arroz. (Correo electrónico). Los Santos, PA, MIDA.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) por su apoyo y seguimiento en utilización de los resultados de este trabajo dentro del marco de la Alianza de Energía y Clima Para Las Américas (ECPA). A la Dra. Birgitte K. Ahring de la Universidad del Estado de Washington (WSU) por sus recomendaciones y opiniones. Al señor Rafael González de la empresa Campos de Pesé por sus aportes. Al personal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario y muy especialmente a los extensionistas y productores nacionales que participaron en la recolección de la información.

***Canavalia ensiformis* COMO ABONO VERDE EN EL ESTABLECIMIENTO DE *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO¹**

***Benigno Guerrero-Rojas²; Domiciano Herrera-Domínguez³;
Jacinto Frías-De León⁴; Dixon Ramos-Batista⁵***

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la *Canavalia ensiformis* como abono verde sobre el rendimiento de biomasa y materia seca de *Brachiaria brizantha* CIAT-26110 cv. Toledo, se realizó un ensayo bajo condiciones de sequía prolongada y la práctica poco común de fertilizar la pastura. El estudio se llevó a cabo, en la estación experimental El Ejido, en Los Santos, Panamá. El diseño experimental utilizado fue un Completamente al Azar con seis tratamientos y tres repeticiones. Se utilizó una parcela experimental de 25 m². La *Canavalia* fue incorporada al suelo a los 75 días después de siembra y el pasto Toledo fue sembrado 30 días después. Los tratamientos fueron: T1 = *Canavalia*, T2 = *Canavalia* + 40 kg N/ha, T3 = *Canavalia* + 80 kg N/ha, T4 = 40 kg N/ha, T5 = 80 kg N/ha y T6 = testigo. El corte del Toledo se realizó 90 días después de la siembra. Para el análisis estadístico se incluyó la práctica de manejo con y sin *Canavalia* y niveles de nitrógeno (0, 40 y 80 kg/ha), se analizaron las interacciones y diferenciación de medias a través de Duncan. Los contenidos de materia seca para T2 y T3 (7,64 t/ha y 7,53 t/ha), fueron similares entre sí y diferentes al testigo con 4,13 t/ha. Se concluyó que el mayor rendimiento de materia seca del pasto Toledo, se obtuvo cuando se incluyó *Canavalia* más nitrógeno sintético. El aporte de nitrógeno por *Canavalia ensiformis*, sustituyó el máximo nivel de nitrógeno sintético recomendado para el establecimiento de pastos, reflejando un ahorro de 48% del costo de producción/ha/año.

PALABRAS CLAVES: Rendimiento, pasto, calidad nutritiva, práctica de manejo, nitrógeno sintético.

¹Recepción: 11 de septiembre de 2015. Aceptación: 25 de abril de 2016.

²M.Sc. en Gestión Agroempresarial y Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: beni_guerrero@yahoo.com

³M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. CIAA. e-mail: domyherrera@hotmail.com

⁴Téc. en Producción Animal. IDIAP. CIAA. e-mail: jfriasdeleon@gmail.com

⁵Téc. en Producción Animal. IDIAP. CIAA. e-mail: d_idz@hotmail.com

***Canavalia ensiformis* AS A GREEN FERTILIZER IN THE ESTABLISHMENT OF *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO**

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of *Canavalia ensiformis* green fertilizer on biomass yield and dry matter of *Brachiaria brizantha* CIAT-26110 cv. Toledo, a trial was conducted under conditions of prolonged drought and the uncommon practice of pasture fertilization. The study was established at the experimental station in El Ejido, Los Santos, Panama. It was used a completely randomized experimental design with six treatments and three repetitions. It was used an experimental plot of 25 m², where *Canavalia* biomass was incorporated into the soil 75 days after planting and Toledo grass was planted 30 days later. The treatments were: T1 = *Canavalia*, T2 = *Canavalia* + 40 kg N/ha, T3 = *Canavalia* + 80 kg N/ha, T4 = 40 kg N/ha, T5 = 80 kg N/ha and T6 = witness. Toledo cutting was performed 90 days. Management practice with and without *Canavalia* and nitrogen levels (0, 40 and 80 kg/ha) were included in the statistical analysis; also, interactions and differentiation of means by Duncan were analyzed. Dry matter content of T2 and T3 (7,64 t/ha and 7,53 t/ha) were similar and between then but different from control treatment (4,13 t/ha). It was concluded that the highest yield of Toledo, dry matter was found when *Canavalia* more synthetic nitrogen was included. The contribution of nitrogen per *Canavalia ensiformis*, replaced the maximum recommended level of synthetic nitrogen for pasture establishment, reflecting savings of 48% of the cost of production/ha/year.

KEYWORDS: Performance, grass, nutritional quality, management practice, synthetic nitrogen.

INTRODUCCIÓN

La fertilización de pasturas en la República de Panamá, es una práctica poco frecuente y su uso se limita a condiciones de bajo nivel de nutrientes. Existen varios factores que restringen el uso de fertilizantes químicos: entre ellos el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y el aumento del costo de producción que se traduce en bajo nivel de intensificación del sistema productivo pecuario.

Según datos recientes en la República de Panamá se reportan 1 384 455 hectáreas dedicadas a la ganadería, 65,3% con pasto tradicional como la Faragua, 16,7% con pastos mejorados y 18,0% pasto natural; distribuidas en 39 205 explotaciones ganaderas (INEC 2012).

En este sentido, en los últimos años el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, las instituciones del sector agropecuario

y empresas privadas, han estado impulsando y promoviendo la siembra de pastos mejorados, cuya cobertura (16,7%), representa 232 825 ha al nivel nacional (INEC 2012), y con ello, paquetes tecnológicos donde se prevé la utilización de fertilizantes químicos, principalmente.

Por otra parte, los pastos mejorados son exigentes en nutrientes, especialmente nitrógeno y requieren de acuerdo al tipo de suelo y nivel de uso, una mayor fertilización que puede suplir la *Canavalia* por su alto potencial de incorporar nitrógeno al suelo y otros nutrientes.

Las leguminosas constituyen abonos verdes por excelencia, debido a su capacidad de formar asociaciones simbióticas con bacterias del género *Rhizobium*. Estas bacterias tienen la función de fijar el nitrógeno atmosférico y mejorar la fertilidad, atenuando las variaciones térmicas del suelo (Quiroz *et al.* 1998).

Una alternativa para mitigar problemas de contaminación en el suelo por agroquímicos, es utilizar leguminosas de cobertura, con el fin de incorporar nitrógeno atmosférico al sistema, mediante la fijación biológica, según Wade y Sánchez 1983, Yost *et al.* 1985

y Barreto *et al.* 1994, encontraron que se puede sustituir hasta 170 kg de N, como abono verde.

La *Canavalia* debido al período vegetativo de cuatro a cinco meses y el amplio rango de adaptación a diferentes condiciones de suelos, es poco exigente en nutrientes, además de ser una planta vigorosa con un crecimiento agresivo, lo que permite competir con las malezas durante la fase de establecimiento, sin necesidad de aplicar químicos (Polo 2014).

El uso de *Canavalia ensiformis* y *Mucuna pruriens* como abono verde, fue estudiado por Barreto *et al.* (1994) y reportan que el factor que permitió relacionar la respuesta a nitrógeno, bajo sistema de abono verde, fue la cantidad de N almacenado en la biomasa superficial de las leguminosas estudiadas. La materia seca (MS) de las leguminosas al momento del corte en época lluviosa fue 1,956 t/ha y 4,065 t/ha para *Mucuna* y *Canavalia*, respectivamente.

En general, las pasturas están mostrando un bajo desempeño, reflejando una baja carga animal de 0,8 a 1,2 UA/ha, tiempo de vida útil relativamente corto, entre tres y cinco años; lo que se

debe al manejo inadecuado, agotamiento del suelo, sobrepastoreo, intensidad de la época seca, invasión de malezas, problemas de erosión, entre otros, lo que repercute en la degradación de pasturas y baja productividad de los sistemas prevalecientes.

En este sentido, se procedió a evaluar la *Canavalia ensiformis* como fuente de abono verde incorporado al suelo, previo a la siembra del pasto Toledo, para determinar el rendimiento de forraje verde y materia seca, así como su efecto residual en el desempeño productivo de la pradera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la estación experimental El Ejido, Los Santos, ubicada de Norte a Sur en la región central del país a 7° 53' 15" de latitud Norte y 80°53'15" de longitud Oeste, a una altura de 26 msnm, con una precipitación media anual de 1122 mm, distribuida entre seis y siete meses, y una temperatura media mensual de 27,5° C. Se clasifica como Bosque Seco Tropical, con clima tropical de sabanas y el suelo es un Alfisol, con porcentajes moderados de materia orgánica (3,5%) y pH de 5 a 6,5 (Holdridge 1967).

Los campos de El Ejido, comprenden una terraza aluvial antigua. Los suelos son profundos, bien drenados de color pardo rojizo en los horizontes superficiales y pardo amarillento en los horizontes más profundos. En los primeros horizontes el suelo es ligeramente ácido y se hace moderadamente alcalino con la profundidad (Jaramillo 1991). El terreno fue seleccionado tomando en cuenta la mayor uniformidad posible, en cuanto a pendiente y condiciones del mismo.

La preparación del terreno se realizó en forma convencional, luego se procedió a sembrar la *Canavalia*, utilizando un palo de punta para hoyar, donde fueron depositadas cuatro semillas por golpe. La limpieza fue realizada manualmente y se observó buen desarrollo de la *Canavalia* y a los 75 días después de siembra, fue incorporada integralmente al suelo mediante rastra mecánica.

Previo a su incorporación se realizaron cortes para determinar rendimiento y la relación hoja/tallo. El pasto *Brachiaria brizantha* CIAT-26110 cv. Toledo, fue sembrado 30 días después de incorporada la *Canavalia*, se utilizó semilla gámica en parcelas de 5 m x 5 m, en hileras separadas a 0,50 m (10 hileras de

pasto) y a chorro continuo entre plantas, utilizando una densidad de 6 kg/ha de semilla de pasto.

El diseño experimental utilizado fue Completamente al Azar. Se aplicaron seis tratamientos y tres repeticiones. El modelo matemático propuesto fue el siguiente:

$$\text{Modelo } Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij},$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta del pasto a los niveles de fertilizantes químicos y la Canavalia;

μ = Media de los tratamientos;

T_i = Tratamiento;

E_{ij} = Error experimental.

Para el análisis estadístico se consideró un arreglo factorial de 3 x 2, donde los factores considerados fueron el sistema con y sin Canavalia; los niveles de nitrógeno (0, 40 y 80 kg/ha) y también se analizó la interacción entre los factores.

Los tratamientos fueron: T1= Incorporación de Canavalia, T2 = Incorporación de Canavalia + 40 kg/ha de Nitrógeno químico, T3 = Incorporación de Canavalia + 80 kg/ha de Nitrógeno químico, T4 = 40 kg/ha de Nitrógeno químico; T5 = 80 kg/ha de Nitrógeno químico y T6 = Testigo absoluto (sin abono químico y sin Canavalia).

Se aplicó una fertilización base con 30 kg/ha de P_2O_5 y 20 kg/ha de K_2O . La fertilización con nitrógeno químico fue fraccionada en dos aplicaciones por año. El primer corte (establecimiento) fue realizado a 90 días después de siembra (dds) y se tomaron submuestras de todos los tratamientos, para determinar materia seca y calidad nutritiva.

Los datos obtenidos fueron tabulados en el programa Excel y analizados mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (PRMD), el modelo aplicado mostró nivel de confianza de ($P < 0,0002$) y coeficiente de variación de 9,7 se considera aceptable.

Entre las variables evaluadas para *Canavalia ensiformis*: rendimiento de materia verde y seca (t/ha), altura de planta (m), composición estructural de la planta (%), y para *Brachiaria brizantha* cv. Toledo: rendimiento de materia seca (t/ha) y altura de planta (m).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de abono verde, juega un papel fundamental en la fertilización del suelo y en el mejoramiento de la composición físico química y contribuye a reducir niveles de contaminación. Gordon *et al.* 1997a, 1997b, indican que el aporte

de la *Canavalia ensiformis* representó 190 kg N/ha, hubo respuesta altamente significativa en el rendimiento de maíz por el efecto residual de la *Canavalia* en los distintos sistemas evaluados y representó un ahorro de 70 a 80 kg N/ha/año.

La *Canavalia ensiformis* a los 60 días después de siembra (dds) presentó la mayor cantidad de tallo más raíces con 53,32%, mientras que a los 75 días, fue hojas con 41,65% y flores más vainas con 35,8% (Cuadro 1).

El mayor rendimiento de materia verde se obtuvo a los 75 dds, con 38 t/ha de forraje verde, equivalente a 8,91 t/ha de materia seca (MS) (Cuadro 2).

Con relación al rendimiento obtenido, Polo (2014) reportó que la *Canavalia* produce gran cantidad de materia verde (10 t/ha a 30 t/ha), y una vez descompuesta en el suelo, proporciona materia orgánica al suelo, sobre todo el elemento nitrógeno (hasta 230 kg/ha) y otros nutrimentos a los cultivos y pastos en asocio. Además, ayuda a mejorar la estructura del suelo y mantener la humedad por mayor tiempo.

Para la variable rendimiento de MS, los factores manejo de *Canavalia* y niveles de nitrógeno, no presentaron diferencias ($P>0,05$) (Cuadro 3). En el mismo, se observó que los mayores rendimientos de MS, se obtuvieron con

CUADRO 1. COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE *Canavalia ensiformis*, A 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.

Parámetros	60 días (%)	75 días (%)
Hoja	33,06 b	41,6 a
Tallo + raíz	53,32 a	22,6 b
Flores y vainas	13,62 b	35,8 a

Medias dentro de cada hilera con la misma letra no difieren entre sí al 5%.

CUADRO 2. RENDIMIENTO DE *Canavalia ensiformis*, A 60 Y 75 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.

Parámetros	60 días (%)	75 días (%)
Materia verde (t/ha)	33,00 b	38,00 a
Materia seca (%)	19,87 a	23,45 a
Materia seca (t/ha)	6,56 b	8,91 a
Altura de planta (m)	0,60 b	0,85 a

Medias dentro de cada hilera con la misma letra no difieren entre sí al 5%.

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y ALTURA DE PLANTA DE *Brachiaria brizantha* CIAT-26110 cv. Toledo (90 dds).

Tratamientos	Materia seca (t/ha)	Altura de planta (m)
T1	6,42 a $\pm$ 2,36	1,33 a
T2	7,64 a $\pm$ 1,08	1,36 a
T3	7,54 a $\pm$ 0,06	1,32 a
T4	5,41ab $\pm$ 1,79	1,37 a
T5	6,02ab $\pm$ 0,76	1,32 a
T6	4,13b $\pm$ 1,28	1,21 b

Medias dentro de cada columna con la misma letra no difieren entre sí al 5%.

los tratamientos 2 y 3, con 7,64 t/ha y 7,54 t/ha, respectivamente; y la mayor altura con el tratamiento 2 (1,36 m).

Cabe destacar que el mayor rendimiento, responde a los tratamientos Canavalia más Nitrógeno sintético. Sin embargo, no hubo diferencias con el T1, correspondiente a (Canavalia (sola), cuyo rendimiento fue de 6,42 t/ha, el cual resultó ligeramente superior al T5, correspondiente al máximo nivel de nitrógeno sintético con 80 kg, que representó el 48% de los costos de producción. En base a lo anterior, se puede inferir que con el aporte del nitrógeno de *Canavalia ensiformis* incorporado al suelo, es posible establecer pasturas y obtener un rendimiento aceptable.

En la siembra de maíz sin rotación de leguminosas, el óptimo ascendió a 139 kg N/ha. En tanto, que la rotación con Mucuna y Canavalia fue 123 kg N/

ha y 54 kg N/ha, respectivamente. Esto representó un ahorro de 85 kg N/ha, entre la siembra con Canavalia en comparación sin leguminosas (Gordon *et al.* 1997a), y esto se reflejó en un incremento de B/. 316,49 en el beneficio neto asociado con la alternativa de aplicar nitrógeno más Canavalia, respecto a no rotar con Canavalia.

Al analizar la interacción de la Canavalia por dosis de fertilizante sintético, Gordon *et al.* (1997a) reportaron que al pasar la dosis de 0 kg N/ha a 75 kg N/ha en el sistema Canavalia en rotación, hubo una ganancia de nitrógeno de 1,76 t/ha a 1,58 t/ha, que representa un 36,9% y 43,8% de incremento, con respecto a la dosis de 0 N. En los tres sistemas de rotación con Canavalia, no hubo respuesta a la aplicación de nitrógeno sintético, cuando se pasó de la dosis de 75 kg de N/ha a 150 kg de N/ha.

En el rendimiento de MS del pasto Toledo, se observó que el T1, mostró mayor rendimiento que los T4, T5, y T6, lo que indicó que fue superior al uso de 40 kg y 80 kg de nitrógeno sintético y como era de esperarse del testigo absoluto (Figura 1).

Al comparar el rendimiento de MS en la interacción de los factores del sistema Canavalia y niveles de nitrógeno sintético, se observó diferencias significativas, registrando 7,3 t/ha y 5,18 t/ha, con Canavalia y sin Canavalia, respectivamente, lo que muestra los beneficios del uso de la Canavalia como abono verde, en el establecimiento de pastos mejorados (Figura 2).

Para la región de Azuero, la siembra de la leguminosa Canavalia al inicio de la época lluviosa permite el aprovechamiento parcial del forraje para el ganado y luego incorporarla al suelo (Figura 3), en un período previo a la siembra de los pastos o cultivos como el maíz.

CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento de materia seca del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, se obtuvo cuando se incluyó Canavalia más nitrógeno sintético.
- El aporte de nitrógeno por *Canavalia ensiformis*, sustituyó el máximo nivel de nitrógeno sintético recomendado para el establecimiento de pastos, reflejando un ahorro de 48% del costo de producción/ha/año.

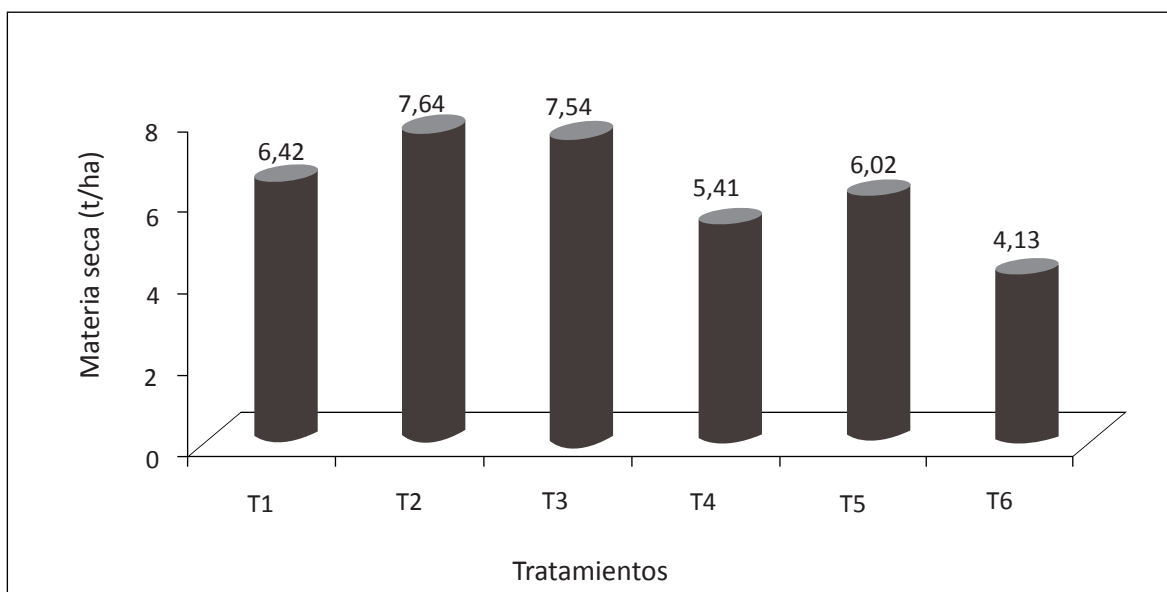


Figura 1. Rendimiento de materia seca al establecimiento del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.

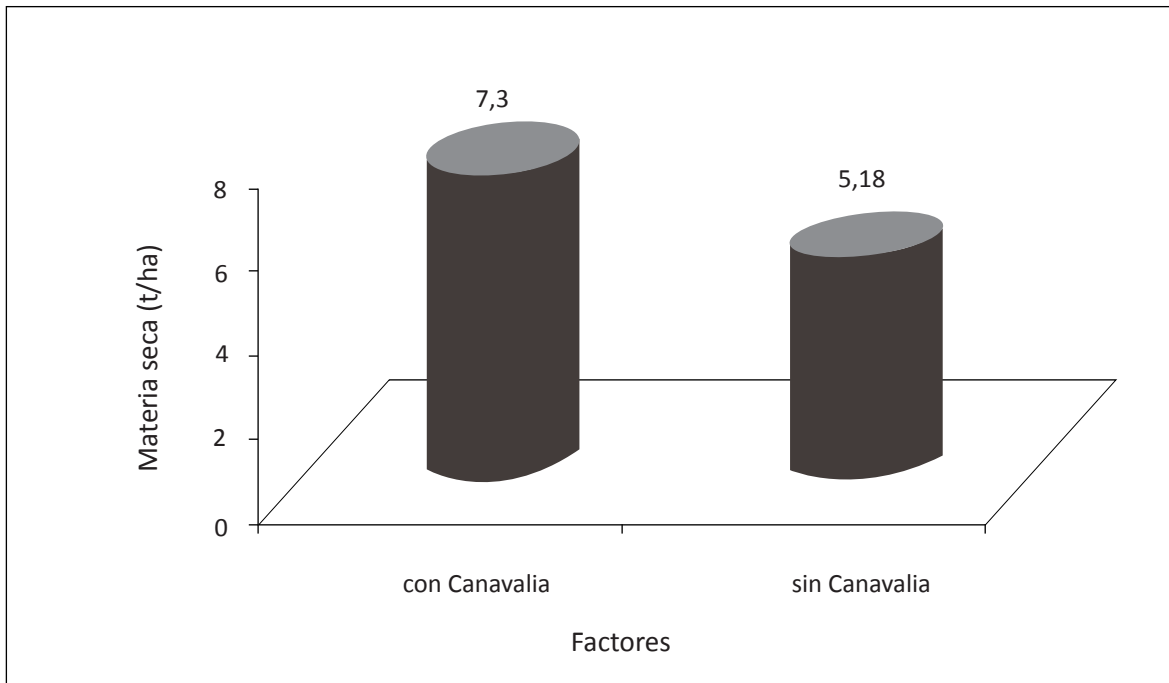


Figura 2. Efecto de los factores del sistema Canavalia/Nitrógeno, sobre el rendimiento de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.



Figura 3. *Canavalia ensiformis*, al momento de su incorporación al suelo, como abono verde (75 dds).

BIBLIOGRAFÍA

- Barreto, HJ; Pérez, C; Fuentes, MR; Quemé, JL; Larios, L. 1994. Efecto de dosis de urea-N, en el rendimiento del maíz bajo un sistema de rotación con dos leguminosas de cobertura. *Agronomía Mesoamericana* 5: 88-95.
- Gordon, R; Franco, J; De Gracia, N; Martínez, L; González, A; De Herrera, A; Bolaños, J. 1997a. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con Canavalia y Mucuna bajo dos tipos de labranza, Río Hato, Panamá, 1992-93. *In* Bolaños, J. ed. *Síntesis de Resultados Experimentales 1993-1995*, CIMMYT-PRM, Guatemala v. 4, p.106-110.
- Gordon, R; Franco, J; De Gracia, N; González, A. 1997b. Respuesta del maíz al nitrógeno y la rotación con Canavalia, bajo dos tipos de labranzas. Río Hato, Panamá, 1993-94. *Agronomía Mesoamericana* 8(2): 78-84.
- Holdridge, LR. 1967. Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. *Ecología basada en zonas de vidas*. San José, CR. 206 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA). 2012. VII Censo Nacional Agropecuario (2011). Características de la actividad Pecuaria. Panamá. v. 4.
- Jaramillo, ES. 1991. Pedones de Campo y Estaciones Experimentales del IDIAP. Panamá. 70 p. (Boletín Técnico no. 38).
- Polo L, EA. 2014. Mucuna y Canavalia. Abono Verde, cultivos de cobertura y forrajes suplementarios. Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Actualidad Agropecuaria* no. 184.
- Quiroz, E; Meneses, D; Cervantes, C; Urbina, L. 1998. Abonos Verdes. Una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo. Programa Regional de Reforzamiento a la Investigación Agronómica sobre los granos en Centroamérica (PRIAG). Panamá. 36 p.
- Wade, MK; Sanchez, PA. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the amazon basin. *Agronomy Journal* 75: 39-45.
- Yost, RS; Evans, DO; Saidy, NA. 1985. Tropical legumes for N production: growth and N content in relation to soil pH. *Trop. Agric. (Trinidad)* 62: 20-24.

CURVAS DE LACTACIÓN DE BOVINOS MESTIZOS PARDO SUIZO EN LA REGIÓN DE AZUERO¹

***Axel Villalobos-Cortés²; Benigno Guerrero-Rojas³;
Jessica Hassán-Vasquez⁴; Domiciano Herrera-Domínguez⁵***

RESUMEN

Se evaluaron cinco modelos matemáticos de curva de lactancia en un sistema doble propósito en la región de Azuero y la influencia de algunos factores fijos sobre los parámetros que describen la curva. Los modelos utilizados fueron: gama incompleto o de Wood, Lineal, Cuadrático o de Dave, Nelder y Bianchini y Sobrinho. Los factores fijos evaluados son el genotipo, época de parto y número de lactación. Se utilizó el método de Marquardt para el cálculo de los parámetros de los modelos. Como criterio de decisión se utilizó el menor valor de cuadrado medio del error de la ecuación estudiada, acompañado del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}). Finalmente, se utilizó un modelo mixto, para determinar la influencia de los factores fijos sobre los parámetros a, b y c que determinan la forma de la curva de lactación. De los modelos evaluados, el modelo de Dave fue el que mejor valor de ajuste presentó, con un cuadrado medio del error de 5,6127 y R^2_{aj} de 0,9284. Los efectos de genotipo y época del año ejercieron influencia sobre los parámetros de la curva de lactación.

PALABRAS CLAVES: Modelos matemáticos, producción animal, doble propósito, genotipo, época del año.

¹ Recepción: 28 de septiembre de 2015. Aceptado: 17 de marzo de 2016.

² Ph.D. en Conservación y mejora animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC)
Carlos Vermon Winter. e-mail: villalobos.axel@gmail.com

³ M.Sc. en Gestión Agroempresarial y Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA).

⁴ M.Sc. en Agroforestería Tropical. IDIAP. CIAA.

⁵ M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. CIAA.

LACTATION CURVE IN BROWN SWISS CROSSES IN THE REGION OF AZUERO

ABSTRACT

Five mathematical models of lactation curve were evaluated in the region of Azuero and the influence of some fixed factors over the parameters that describe the lactation curve. The models used were: incomplete gamma or Wood, Linear, Quadratic or Dave, Nelder and Bianchini and Sobrinho. The fixed factors evaluated were, genotype, calving season and parity number. Marquadt method was used to calculate the parameter models. The decision judgment was the maximum value of adjusted multiple coefficient of determination (R^2_{aj}) and the minimum value of mean square errors. Finally, a mixed model was used for the determination of the influence of the fixed factors, over a, b and c parameters in the shape of the lactation curve. From the evaluated models, the quadratic or Dave model show the best adjustment with 5,6127 of mean square errors and 0,9284 R^2_{aj} . The genotype and the calving season were a meaning influence the lactation curve parameters.

KEYWORDS: Mathematical models, animal production, dual purpose, genotype, season.

INTRODUCCIÓN

El concepto curva de lactancia o curva de lactación es definido por Papajscik y Boderó (1988), como una representación gráfica de la relación que existe entre la producción por día de leche y el tiempo que transcurre desde el momento del parto. El estudio de esta curva permite realizar estimaciones de la producción total de leche mediante una medición diaria y es una herramienta valiosa para el productor con respecto a la toma de decisiones gerenciales y de selección como la identificación de animales con mayor potencial productivo y el descarte de los animales poco productivos (Wood 1974, Gipson y Grossman 1990).

Además, el estudio de la curva de lactancia permite la identificación de fallas de manejo en los animales tales como mala alimentación, instalaciones inadecuadas y patologías no aparentes (Graminha *et al.* 1996). Por otro lado, la correlación positiva del peso al destete de los terneros y la producción de leche constituyen un factor de influencia en la ganancia de peso predestete (Valverde *et al.* 2004) particularmente en los sistemas doble propósito donde el ternero también es importante (Osorio 1998, Ruíz y Moro 1998).

Es primordial establecer los parámetros de la curva de lactación que

mejor se ajustan a la producción de leche de las vacas. El efecto del genotipo, hato y los efectos ambientales que afectan estos parámetros, determinan la forma de la curva, viéndose afectada, consecuentemente, la producción de leche (Fresno *et al.* 1992, Fresno 1993, Gonçalves *et al.* 1997). Existen muchos factores que pueden afectar la producción total de leche en una lactación (McManus *et al.* 1997). Los principales factores que pueden influenciar los niveles productivos de un hato bovino lechero y de su curva de lactación son la raza, época de parto, edad de la vaca, ambiente y estado fisiológico (Osorio y Segura-Correa 2005, Rodríguez *et al.* 2005).

Existen un gran número de modelos de curvas de lactación propuestos por diversos autores de los cuales podemos mencionar la función gamma incompleta (Wood 1967); el modelo de regresión lineal simple (Madalena *et al.* 1979, el modelo cuadrático (Dave 1971); el modelo de Nelder (1966) y el de Bianchini-Sobrinho y Duarte (1988).

En comparación con los sistemas especializados, la ganadería doble propósito es menos eficiente en producir leche por lactancia, de manera que el ternero se aprovecha para compensar esta deficiencia y la evaluación de la curva de lactancia en estos sistemas es de gran

utilidad sobre todo en la producción de terneros para la venta.

El objetivo de este trabajo fue comparar cinco diferentes modelos de curvas de lactación en un sistema doble propósito en la región de Azuero y la influencia de algunos factores fijos sobre los parámetros que describen la curva.

El estudio se llevó a cabo durante los años de 2000 a 2007, en la unidad productiva de leche de la estación experimental El Ejido, Los Santos, la cual se encuentra a una altura de 26 msnm con temperatura media anual de 27,5°C y precipitación media anual de 1122 mm. La finca tiene un total de 100 ha y con pasto *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon nlemfluensis* y *Digitaria swazilandensis*, el manejo se practica mediante pastoreo rotacional y suplementos, utilizando concentrados, mezclas líquidas (melaza, urea, maíz, soya) y una premezcla de sales minerales. Durante la época seca de enero a mayo, los bovinos se mantienen bajo estabulación, se alimentan con ensilaje de maíz y el suplemento. La unidad posee una galera de ordeño mecanizado en tándem con capacidad para cuatro vacas y dos ordeños simultáneos. Se practica el doble ordeño sin ternero y se cuenta con tanque de enfriamiento, sala de espera, depósito de medicinas y alimentos.

En cuanto al manejo de la salud y reproducción se dió seguimiento a un calendario de exámenes y tratamientos diseñados sobre el programa de manejo de hato lechero conocido en inglés como Veterinary Automated Management and Production control Programme (VAMPP®).

Como base de información, se utilizó el archivo histórico de los controles realizados en el hato lechero de la estación experimental El Ejido, perteneciente al IDIAP, durante los años comprendidos entre 2000 y 2007, lo que supone un total de 5677 controles efectuados.

La producción de leche se controló semanalmente y se registró mediante el programa VAMPP® mencionado previamente. Para el estudio del ajuste de la curva de lactación fueron seleccionados cinco modelos empíricos en función del número de lactación (vacas de primera, segunda, tercera, cuarta y quinta lactación), tratándo en todos los casos lactaciones estandarizadas a 305 días.

Para el cálculo de los parámetros de los modelos se utilizó el método de Marquardt (1963). Como criterio de ajuste de los modelos, se utilizó el menor valor del cuadrado medio del error (CME) de la ecuación estudiada, acompañado del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}).

Los modelos utilizados fueron: La función gamma incompleta (Wood 1967) $y(t) = a t^b e^{-ct}$, el modelo de regresión lineal simple (Madalena *et al.* 1979) $y(t) = a + bt$, el modelo cuadrático (Dave 1971) $y(t) = a + bt + ct^2$, el modelo de Nelder (1966) $y(t) = t/a + bt + ct^2$, Bianchini-Sobrinho y Duarte (1988) $y(t) = a + bt + c/t$ donde y representa la producción diaria de leche registrada al tiempo t , t son los días de lactación, a es la media de la producción al inicio de la lactación, b y c son constituyentes de la curva antes y después del pico de lactancia.

El modelo mixto final para determinar la influencia de los factores fijos sobre a , b , c , pico de producción (PPL) y días en que se alcanza la máxima producción de leche (DPL) fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + G_i + EP_j + NL_k + V(G)_{lm} + e_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = es el n-ésimo coeficiente de la curva que mejor se ajusta para la vaca l , del genotipo i , en la época j , en su lactancia k ;
 μ = es la media general;

G_i , EP_j , NL_k , = son los efectos fijos de genotipo ($i=1, 2$), Época ($j=1, 2$), Número de lactancia ($k=1, 2, \dots, 5$)

y V_l y e_{ijklm} = son los efectos aleatorios de vaca dentro de G_i

Los valores de los parámetros a , b y c , para los diferentes modelos no lineales

estudiados se observan en el Cuadro 1. Todos los modelos mostraron ajustes con un valor mínimo de 0,9240 para el modelo lineal y un valor máximo de 0,9284 para el modelo de Dave y valores de cuadrado medio de error que oscilaron entre 5,6127 para el modelo de Dave y 5,9583 para el modelo lineal.

El modelo que mejor valor de ajuste presentó fue el modelo de Dave, con CME de 5,6127 y R^2_{aj} de 0,9284 seguido por el modelo de Wood con valores de CME de 5,6632 y R^2_{aj} de 0,9278, con una diferencia de 0,89 y 0,06% entre los valores de CME y R^2_{aj} , respectivamente (Cuadro1).

Al comparar las curvas de lactancia de los genotipos estudiados, se observó diferencias significativas ($P<0,05$) en los parámetros que describen dichas curvas. En el caso del genotipo 1, el mismo presentó menor valor de **a**, una mayor respuesta del parámetro **b** y una mayor caída del valor del parámetro **c**, lo que

nos indicó que la curva de lactancia del genotipo 1 presentó una pendiente alta y prolongada para llegar al pico de lactancia que fue 9,52 kg de leche en 132 días, pero con una persistencia menor que el genotipo 2 (Cuadro 2).

Observando la curva descrita en el análisis se presentan picos poco pronunciados y un mayor número de días para alcanzar el pico de producción, a diferencia de los encontrados por Osorio y Segura (2005) que reportan menores DPL (51,91-61,30) para alcanzar el PPL (11,01-11,89). La conformación de la curva de lactación del genotipo 2 reflejaría una mayor producción de leche por lactancia. Por otra parte, se observó el efecto de la diferencia ($P<0,05$) entre la época lluviosa y seca, siendo la época lluviosa la que describió la curva con mayor valor de **a**, un menor valor de **b** y un mayor valor de **c**, describiendo una curva que presenta un menor tiempo para alcanzar el pico de lactancia y mayor persistencia de la curva.

CUADRO 1. PARÁMETROS ESTIMADOS PARA CADA UNO DE LOS MODELOS ESTUDIADOS.

Modelo	a	b	c	CME	R^2_{aj}
Dave	7,79	0,0226	-0,00009	5,6127	0,9284
Wood	4,36	0,2191	-0,00259	5,6632	0,9278
Nelder	0,54	0,0906	0,000141	5,7638	0,9265
Bianchini-Sobrinho	10,16	-0,00906	-25,8144	5,7832	0,9262
Lineal	9,28	-0,00542	...	5,9583	0,9240

a,b,c=Parámetros de la curva, CME=Cuadrado medio residual, R^2_{aj} =Coeficiente determinativo ajustado.

CUADRO 2. PARÁMETROS ESTIMADOS PARA EL MODELO DE DAVE PARA GENOTIPO, ÉPOCA Y NÚMERO DE LACTANCIA.

Efecto	a	b	c	DPL (d)	PPL (kg)
Genotipo					
1 (½ SXC)	6,06 ^a	0,0526 ^a	-0,0002 ^a	132	9,52
2 (¾ SXC)	7,77 ^b	0,0233 ^b	-0,0001 ^b	117	9,13
Época					
1 (Lluviosa)	7,87 ^a	0,02505 ^a	-0,00011 ^a	114	9,30
2 (Seca)	6,65 ^b	0,03621 ^b	-0,00014 ^b	129	8,99
Número de Lactancia					
1	7,29 ^{ns}	0,01742a	-0,00008 ^{ns}	109	8,24
2	7,61 ^{ns}	0,03897ab	-0,00015 ^{ns}	130	10,14
3	6,74 ^{ns}	0,04393b	-0,00018 ^{ns}	122	9,42
4	5,38 ^{ns}	0,05857b	-0,00021 ^{ns}	139	9,46
5	1,16 ^{ns}	0,10770b	-0,00035 ^{ns}	154	9,45

a,b,c=Parámetros de la curva, CME=Cuadrado medio residual, DPL=Día pico de lactancia, PPL=Producción al pico de lactancia, Variables con letras diferentes son significativas.

La diferencias entre ambas épocas se puede atribuir a una mayor disponibilidad de forraje en la época lluviosa por lo que mejoró los parámetros de la curva.

En los parámetros de la curva por número de lactancia no se encontró diferencia significativa ($P < 0,05$) a excepción de el parámetro **b**, que si mostró efectos diferentes.

En conclusión, el modelo cuadrático de Dave, se ajustó al comportamiento productivo del sistema doble propósito evaluado. Los efectos de genotipo y

época del año ejercieron influencia sobre los parámetros que describe la curva de lactancia y en cuanto al número de lactancia, a excepción de **b**, que no influyó sobre los parámetros.

BIBLIOGRAFÍA

- Bianchini-Sobrinho, E; Duarte, FAM. 1988. Genetic and environmental aspects of the linear hyperbolic lactation curve. Revista Brasileira de Genética 11(3): 671-678.
- Dave, BK. 1971. First lactation curve of the Indian water buffalo. INKUV Research Journal 5: 93-95.

- Fresno, M, Delgado, JV; Rodero, JM. 1992. Modelo de curva de primera lactación en cabras Canarias. Arch. Zootec. 41: 81-84.
- Fresno, M. 1993. Estudio de la producción láctea en la Agrupación Caprina Canaria. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, 169 p.
- Graminha, CV, Resende, KT; Ribeiro, SDA. 1996. Estudo comparativo entre as curvas de produção real e a curva de produção teórica em cabras leiteiras. *In* Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33. Fortaleza. p. 552-553.
- Gipson, TA; Grossman, M. 1990. Lactation curves in dairy goats; a review. Small Ruminant Research 3: 383-396.
- Gonçalves, TM; Martinez, ML; Milagres, JC. 1997. Curva de lactação na raça Gir. 2. Influência dos fatores de meio ambiente, estimativa de repetibilidade e herdabilidade para parâmetros da curva de lactação quadrática logarítmica. Revista Brasileira de Zootecnia 26: 88-97.
- Madalena, FE; Martinez, ML; Freitas, AF. 1979. Lactation curves of Hostein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. Anim. Prod. 29: 101-107.
- Marquardt, DW. 1963. An algorithm for least square estimation of non linear parameters. J. Soc. Ind. Appl. Matem. 11: 97.
- McManus, C; Guth, TLF; Saueressig, MG. 1997. Curvas de lactação em gado holandês em confinamento total no DF. *In* Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34. Juiz de Fora. p. 74-76.
- Nelder, JA. 1966. Inverse polynomials, useful group of multifactor response functions. Biometrics 22: 128-141.
- Osorio, M; Segura-Correa, J. 2005. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. Téc. Pec. Méx. 43(1): 127-137.
- Osorio, M. 1998. Características de los sistemas bovinos de doble propósito en el trópico. Observaciones sobre el comportamiento productivo de grupos raciales. *In* IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería bovina de Doble Propósito. Villa Hermosa. Tabasco, MX. p. 8-24.

- Papajscik, I; Boderó, J. 1988. Modeling lactation curves of Friesian cows in subtropical climate. *Anim. Prod.* 47: 201-207.
- Rodríguez, L; Ara, M; Huaman, R; Echevarría, L. 2005. Modelos de ajustes para curvas de lactación de vacas en crianza intensiva en la cuenca de Lima. *Rev Inv Vet Perú* 16(1): 1-12.
- Ruiz, F; Moro, J. 1998. Programa de mejoramiento genético con sementales híbridos en sistemas de doble propósito. *In* IV Foro de análisis de los recursos genéticos: Ganadería de doble propósito. Tabasco, MX. p. 35-43.
- Valverde, R; García-Muñiz, J; Núñez, R; Flores, A; Meraz, M. 2004. Comparación de ecuaciones para estimar curvas de lactancia con diferentes estrategias de muestreo en bovinos Angus, Suizo y sus cruces. *Vet. Méx.* 35(3): 187-201.
- Wood, PDP. 1967. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22: 35.
- Wood, PDP. 1974. A note of estimation of total lactation yield from production on a single day. *Anim. Prod.* 19: 393-396.

A. NORMAS GENERALES

La revista Ciencia Agropecuaria publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de las ciencias agropecuarias.

Los escritos deben ser redactados en español y enviados vía correo electrónico a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa (solicitar confirmación de lectura). La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con el editor principal de la revista. Deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector.

Los trabajos que ingresan a la revista son revisados, evaluados, que cumplan con el formato establecido (formato de revisión). Una vez ajustados al formato de la revista, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se evalúa la incorporación del trabajo al índice en curso.

Aquellos trabajos que no se ajusten a las normas para autores y formato de revisión (disponibles en: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los 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 enviarse vía correo electrónico a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa y su envío debe incluir carta de presentación del artículo, el documento, formato de revisión, declaración de inédito, aprobación de los autores y de las instituciones participantes mencionadas en el documento.

Todos los trabajos deben incluir título, autores, resumen y palabras claves como se describen en el artículo.

Los trabajos deben ser preparados en el procesador de texto Microsoft Word, en letra arial, tamaño 11, a espacio y medio. Márgenes superior e inferior de 2,5 cm (1 pulgada) e izquierdo y derecho de 3,05 cm (1,2 pulgadas) y un máximo de 25 páginas.

Los nombres científicos deben ser escritos en cursiva, mayúscula inicial para el género y la especie en minúscula; para la familia se debe escribir en regular o normal (en Word) con mayúscula inicial. Las abreviaturas y signos redactados con base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), también llamado Sistema Internacional de Medidas, usado internacionalmente y basado en el sistema métrico decimal.

Los cuadros y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas) se presentan en secuencia lógica de acuerdo al texto. Adicional, deben aparecer en archivos aparte en original y las fotos en formato JPG o TIF. El tamaño de la fuente igual que el texto en negrita. Los cuadros y leyendas de las figuras deben ser enumerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

Citación

Utilizar el sistema autor, año. Las citas de dos autores mencionar el apellido de ambos separado por la conjunción y con tres o más autores, se menciona el apellido del primer autor acompañado de la expresión latina *et al.* Ejemplo: (Gordón *et al.* 2004) o Gordón *et al.* (2004). Para dos o más artículos usando la misma cita, adicione letra minúscula (a, b, c, etc.) para el año en ambos texto y referencia. Separe las citas con una coma. Para citas de múltiples trabajos por el mismo autor, el nombre del autor se coloca una vez. Ejemplos:

(Murphy 2001, Murphy y Smith 2001, Murphy *et al.* 2001)

(Murphy 2001, Murphy y Wong 2001a, 2001b, Murphy *et al.* 2001)

(Murphy 2001, Murphy *et al.* 2001, 2002, Murphy y Davis 2002)

Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre del ingrediente activo.

B. NORMAS ESPECÍFICAS

1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

- a. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
- b. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y apellidos sin abreviar, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor y coautores. Indicar en el pie de página el grado académico, título o especialidad. Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis) correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes 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. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
- e. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o 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.
- f. **Materiales y métodos:** Se expondrá 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 sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos

empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.

- g. 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, los efectos e implicaciones.
- h. 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.
- i. 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.
- j. Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomada en cuenta las recomendaciones del documento sobre Redacción de Referencias Bibliográficas del IICA y el CATIE, 4ª edición.
- k. Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

- a. Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, 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. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de tres.

3. COMUNICACIONES CORTAS

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. No pueden tener una extensión mayor a 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

Costo de la revista 15.00 dólares de EEUU por unidad. Para pedidos fuera de Panamá, agregar el costo de envío en dólares EEUU: Grupo I: países de América \$ 5.80; Grupo II: Argentina, Bermudas, Bahamas, Brasil, Canadá, Chile, Guyana y Uruguay \$ 7.70; Grupo III: Europa \$ 11.45 y Grupo IV: Asia, África, Oceanía \$ 15.25.

El pago de la suscripción deberá hacerse anticipadamente.

Los cambios de dirección se deben notificar en el primer mes del año. Sólo se aceptan suscripciones por un año.

La publicación de artículos será sin costo alguno.

Los trabajos que ingresan a la revista se examinan que cumplan con el formato establecido. Una vez revisado y ajustado al formato, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se evalúa la incorporación del trabajo al índice en curso.

La publicación de los artículos es responsabilidad de los autores, quedando la revista científica CIENCIA AGROPECUARIA sin responsabilidad legal.

Correspondencia relativa a la suscripción y canje debe dirigirse a:
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)
Tel. (507) 976-1265 ó 976-1168 fax. 976-1349
e-mail: cidagro.idiap@idiap.gob.pa

Correspondencia relacionada al contenido editorial debe enviarse a:
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica
Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522
e-mail: cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa
Web: idiap.gob.pa
Clayton – Ciudad del Saber
IDIAP. 2016. Derechos Reservados

ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET

Texto completo

<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

<http://www.abcpanamá.org.pa/recursos-nacionales/>

Impresión 200 ejemplares

Digitalización 200 unidades

Publicación financiada con fondos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá,
bajo la administración del Ph.D. Axel Villalobos Cortés – Director General

