



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 26

PANAMÁ-2017



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
no. 26 (2017). Panamá, PA. Semestral
157 p.
ISSN: 0258-6452
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 26

PANAMÁ-2017

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

Jaime Espinosa-Tasón

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|-------|--|
| 1-16 | OPCIONES RACIALES BOVINAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR LOS GANADEROS DE ASOPEGA, GUALACA - PANAMÁ
<i>Pedro Guerra-Martínez; Ricaurte A Quiel-Batista;
Carlos I Martínez-Delgado; María M De Gracia-Victoria;
Olegario Ibarra-Guerra; Sonia E Quintero-Jiménez</i> |
| 17-35 | PERCEPCIÓN DE LOS GANADEROS DE ASOPEGA SOBRE LAS OPCIONES RACIALES BOVINAS, GUALACA - PANAMÁ
<i>Pedro Guerra-Martínez; Ricaurte A Quiel-Batista;
Carlos I Martínez-Delgado; María M De Gracia-Victoria;
Olegario Ibarra-Guerra; Sonia E Quintero-Jiménez</i> |
| 36-54 | FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE COQUILLO (<i>Jatropha curcas</i> L.) EN PANAMÁ
<i>Jaime Espinosa-Tasón; Luis Barahona-Amores</i> |
| 55-68 | RETROCRUZAS ENTRE CULTIVARES DE FRIJOLES PANAMEÑOS Y FUENTES DE ALTO CONTENIDO DE HIERRO
<i>Emigdio Rodríguez-Quiel; Román Gordón-Mendoza;
Francisco González-Guevara</i> |
| 69-83 | RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ Y EL ÍNDICE NORMALIZADO DE PRECIPITACIÓN EN AZUERO
<i>Román Gordón-Mendoza; Jorge Iván Núñez-Cano;
Jorge Enrique Franco-Barrera; Ana Elida Sáez-Cigarruista;
Jorge Enrique Jaén-Villarreal</i> |
| 84-96 | COMPORTAMIENTO DE ESPECIES MADERABLES NATIVAS Y EXÓTICAS CULTIVADAS EN SUELOS ULTISOLES DE VERAGUAS
<i>Jhon A Villalaz-Pérez; Osvaldo Cerrud-Pérez;
José E Villarreal-Núñez; Adolfo Santo-Pineda;
Luis A Barahona-Amores</i> |
-

97-111	FORMAS DE FÓSFORO EN SUELOS DE PANAMÁ <i>José Ezequiel Villareal-Núñez; Santander Jaramillo; Benjamín Name-Tuñón; Jhon Alexander Villalaz-Pérez</i>
--------	---

NOTAS TÉCNICAS

112-121	PRODUCTIVIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE CRUDO DE COQUILLO (<i>Jatropha curcas</i> L.) EN PANAMÁ <i>Jaime Espinosa-Tasón; Luis Barahona-Amores; Rodolfo Morales-Muñoz</i>
---------	---

122-131	PROTOCOLOS DE PCR EN LA DETECCIÓN DEL SEGUNDO EXÓN DEL GEN BOLA-DRB3.2 <i>Axel Villalobos-Cortés; Rita González-Herrera</i>
---------	---

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

132-152	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON RUMIANTES EN MÉXICO <i>Juan Carlos Martínez-González; Sonia Patricia Castillo-Rodríguez; Axel Villalobos-Cortés; Javier Hernández-Meléndez</i>
---------	---

153-157	NORMAS PARA AUTORES
---------	----------------------------

OPCIONES RACIALES BOVINAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR LOS GANADEROS DE ASOPEGA, GUALACA - PANAMÁ¹

***Pedro Guerra-Martínez²; Ricaurte A Quiel-Batista³; Carlos I Martínez-Delgado⁴;
María M De Gracia-Victoria⁵; Olegario Ibarra-Guerra⁵; Sonia E Quintero-Jiménez⁵***

RESUMEN

El objetivo fue identificar los criterios de evaluación y las ventajas y desventajas que consideran los ganaderos de ASOPEGA al evaluar las opciones raciales bovinas disponibles. Se utilizó la metodología de investigación participativa. Se encuestaron 14 de los 23 asociados. El principal problema del grupo fue: hatos bovinos con pobre comportamiento productivo y conformación cárnica. Como opciones tecnológicas, el 100% usan la suplementación energética-proteica-mineral, manejo de pastura, del hato y la genética. En mejoramiento genético, 92,9% indicaron usar inseminación artificial, 78,6% comprar mejores sementales y 100% transferencia de embriones. El 57,1%, 50,0% y 64,3% prefieren las razas Angus Rojo, Simmental y Brahman, respectivamente. Los sementales utilizados provienen de otros ganaderos (64,3%) y 42,9% son toros de inseminaciones. El 85,7% cambian sus sementales para evitar consanguinidad. Se identificaron 18 ventajas y cinco desventajas de los grupos raciales probados. El 50,0% opinaron que con cruces *Bos indicus* la principal ventaja es adaptabilidad; los cruces con *Bos taurus* es fertilidad (92,9%) y los cruces con sintéticos es peso al destete (50,0%). Para los tres grupos raciales las principales desventajas son: con *Bos indicus*, mal temperamento (50,0%), con *Bos taurus*, susceptibilidad a garrapatas (78,6%) y con sintéticos estas desventajas se señalaron por el 42,9% de los ganaderos. Los componentes con mayores ventajas son: la capacidad de pastoreo, el desarrollo pre-destete, reproducción y venta/mercado. Se concluye que los criterios para evaluar las opciones raciales identificadas son: adaptabilidad, comportamiento pre-destete, eficiencia reproductiva y demanda.

PALABRAS CLAVES: Encuesta, evaluación por ganadero, problemas de grupo, ventajas, desventajas.

¹Recepción: 30 de junio de 2016. Aceptación: 8 de marzo de 2017. Proyecto Desarrollo de una Sociedad del Conocimiento para Pequeños y Medianos Ganaderos de Panamá. Dirección Nacional de Productos y Servicios Científicos y Tecnológicos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).
e.mail: pedroguerram16@gmail.com

³M.Sc. Manejo de Recursos Naturales. IDIAP. CIAOc.

⁴Ing. Zoot. IDIAP. CIAOc.

⁵Asistente de Investigación. IDIAP. CIAOc.

BOVINE RACIAL OPTIONS AND EVALUATION CRITERIA FOR THE ASOPEGA'S CATTLEMEN, GUALACA - PANAMA

ABSTRACT

The aim was to identify the evaluations criteria and the advantages and disadvantages that the ASOPEGA's cattlemen consider in order to evaluate available bovine racial options. Participative research methodology was used. There were surveyed 14 of the 23 associated. The main problem of the group was: bovine heard with low productivity performance and beef conformation. As technological options, 100% uses energy-protein-mineral supplementation, pasture and heard management, and genetics. In genetic improvement, 92,9% indicated to use artificial insemination, 78,6% to buy better bulls and 100% to use embryo transfer. The 50,7%, 50,0% and 64,8% prefer breeds like Red Angus, Simmental and Brahman, respectively. Bulls in service came from other cattlemen (64,3%) and 42,9% come from artificial inseminations. The 85,7% change their bulls to avoid inbreeding. There were identified 18 advantages and five disadvantages from the tested genetic groups. The 50,0% said that with *Bos indicus* crosses the main advantages is adaptability; crosses with *Bos taurus* in fertility (92,9%) and with synthetic was weaning weight (50,0%). For the three genetic groups, the main disadvantages were: with *Bos indicus* bad temperament (50,0%), with *Bos taurus* is ticks susceptibility (78,6%) and with synthetic these disadvantages were indicated by 42,9% of the cattlemen. Component with high advantages were: grazing capacity, pre-weaning development, reproduction and sales/marked. It is concluded that the criteria to evaluate bovine racial options were: adaptability, pre-weaning performance, reproductive efficiency and demand.

KEY WORDS: Survey, cattlemen evaluation, group problem, advantages, disadvantages.

INTRODUCCIÓN

El Sistema Vaca-Ternero (77,2%) o también conocido como Cría es el representativo de todos los sistemas de producción bovino a nivel nacional, de acuerdo a Guerra M *et al.* (2009a, 2009b), Guerra M (2015), ANAGAN (2010) e INEC-CGR (2015a, 2015b). Los grupos raciales predominantes son los Cebuanos (*Bos indicus*) y algunos ganaderos han

estado incursionando en el cruzamiento interracial con razas europeas (*Bos taurus*).

La tecnología que utilizan los productores en sus fincas es para resolver uno o varios problemas. Cada una responde a preocupaciones y prioridades de los productores (Bellon 2002). En mejoramiento genético se desconoce que

practican o utilizan como tecnologías. Por otra parte, los rasgos o características son las que definen las tecnologías y su aceptación. Las características de la tecnología son consideradas como ventajas o desventajas y su elección depende del balance entre ellas.

El IDIAP tiene 20 años generando conocimientos en cruzamiento interracial bovino y a la fecha se carece del conocimiento sobre los criterios que aplican los ganaderos para evaluar las opciones tecnológicas raciales. En este proyecto se utiliza el enfoque de investigación en sistema de finca (Pedroza 2007, Hildebrand y Batista 2000, Anandajayasekeran 1996), enfoque participativo de Bellon (2002) y el disruptivo de investigación (Christensen 1997, 2000, 2003, Albernathy y Utterback 1978), por lo que es importante entender los criterios que utilizan los ganaderos para evaluar la tecnología generada por IDIAP, de manera que permita orientar la investigación genética con mayor precisión para cubrir las necesidades y demandas de los pequeños y medianos ganaderos. Por lo tanto, se requiere conocer las ventajas y desventajas de las opciones raciales bovinas generadas por IDIAP, las características implícitas que los ganaderos valoran y los criterios que aplican para juzgarla.

Para comparar y evaluar las opciones raciales bovinas se necesita estimar la importancia de cada una de sus características en relación con las demás (demanda de los ganaderos) y el grado en que cada opción las aporta (oferta de IDIAP). La opción que ofrece mayor número de características que los ganaderos consideran importantes es la de mayor valor.

A través de este estudio se propuso identificar las tecnologías en mejoramiento genético que los ganaderos utilizan en la actualidad, conocer las ventajas y desventajas que perciben los ganaderos en las opciones tecnológicas bovinas y percibir los criterios que aplican los ganaderos para evaluar las opciones tecnológicas bovinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación y análisis de las opciones tecnológicas bovina

A través de reuniones con los asociados de ASOPEGA (Asociación de Pequeños y Medianos Ganaderos de Paja de Sombrero) se definieron los problemas en mejoramiento genético del hato y como están resolviendo sus problemas, sus resultados y de que otra forma los resolverían. Basado en el inventario de tecnologías generadas (evaluación de cruces raciales) por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

(IDIAP) y de la demanda tecnológica se realizó un análisis de brecha tecnológica para identificar las opciones que podrían solucionar los problemas. Además, permitió desarrollar capacidades en las opciones tecnológicas seleccionadas por los ganaderos a través de charlas técnicas. Las opciones tecnológicas ofertadas en este estudio fueron aquellas en las áreas del mejoramiento genético del hato.

Evaluación de las opciones tecnológicas por los ganaderos

En el campo de mejoramiento genético, los ganaderos decidieron realizar cruzamiento sencillos de dos a tres razas (Guerra M *et al.* 2010, 2012a) entre sus razas consanguíneas con europeas puras (Angus Rojo, Simmental, Charolais, Limousin, Blonde d'Aquitaine), sintéticas (Beefmaster, Senepol y Brangus) y Brahman evaluadas previamente en la Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega" (Guerra M *et al.* 2009a, 2009b, 2013).

Tomando en cuenta las experiencias de los ganaderos colaboradores con los productos de estos cruzamientos permitió conocer los criterios que aplican los ganaderos; así como las ventajas y desventajas que identifican para evaluar las alternativas tecnológicas.

Concepto de la metodología

Cada tecnología que se propone a los pequeños y medianos ganaderos debe responder a sus preocupaciones de manera específica, que pueden considerarse como los rasgos o características que definen la tecnología. Algunas de estas características se consideran como positivas (ejemplo, alta ganancia de peso vivo) o negativa (ejemplo, poca tolerancia al calor). En consecuencia, la elección de una tecnología racial bovina depende en gran medida del balance entre sus características positivas (ventajas) y negativas (desventajas). Por lo tanto, es importante identificar las opciones tecnológicas y saber cómo los pequeños y medianos ganaderos perciben las ventajas y desventajas de cada una, porque sólo así se podrá evaluar la idoneidad de las nuevas tecnologías y la probabilidad de que sean adoptadas y, de ser necesario, modificarlas y adecuarlas a las necesidades del usuario (Bellon 2002).

Además, se tiene en cuenta que todas las respuestas se pueden agrupar como características relacionadas con una serie de componentes como: desarrollo pre-destete, desarrollo post-destete, desarrollo de novillas, entre otros. Las ventajas y desventajas sirven para identificar los criterios que los pequeños y medianos ganaderos aplican para juzgar las opciones raciales.

Evaluación de alternativas tecnológicas por los ganaderos de ASOPEGA

Población en estudio: Se tomaron como fuente de estudio 14 de los 23 ganaderos asociados de ASOPEGA (población total) de localidades como: La Esperanza; Caldera, Paja de Sombrero, Chalapa, Calabazal, Bajo Méndez, Estí, La Palma y Entre Ríos. En estas fincas colaboradoras, en sus hatos, se inseminó al inicio del proyecto (junio 2007) con razas índicas, europeas y sintéticas.

Instrumento para el estudio: Para la captación de la información se utilizó una encuesta con un cuestionario pre-establecido y validado. Esta encuesta se aplicó cara a cara (CIMMYT 1993) en una reunión participativa realizada en el auditorio de la Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega" en el Centro de Investigación Agropecuaria Occidental del IDIAP.

Contenido de la encuesta: La encuesta consistió en un cuestionario que permitiera obtener información sobre:

1. Definición del problema principal de su hato.
2. Lo que desean hacer para mejorar el comportamiento y características cárnicas del hato.
3. Lo que desean hacer para mejorar genéticamente el hato.

4. Las razas de su preferencia.
5. Fuentes de adquisición del semental y razones del por qué lo cambian.
6. Las ventajas y desventajas de los grupos raciales que han manejado en sus hatos.
7. Las características y criterios identificados de los grupos raciales.

Ejecución de la encuesta: La encuesta contempló definir el problema que se desea abordar y las opciones tecnológicas en mejoramiento genético que usan actualmente estos ganaderos para solucionar el problema. En esta etapa no fue el principal objeto de estudio establecer cuán importante son, sino compilar una lista muy completa de las opiniones de los ganaderos encuestados. Una vez identificadas las opciones tecnológicas raciales se procedió a identificar las ventajas y desventajas que perciben los ganaderos de cada opción. Luego, se procedió a identificar las propiedades, características básicas o inquietudes implícitas en la respuesta de los ganaderos. Estas características, propiedades o inquietudes fueron la base para definir los criterios.

Clasificación de las opciones raciales: Los grupos raciales se agruparon en cárnicos, doble propósito y sintéticos.

Análisis de los datos: Los datos fueron codificados en hojas electrónicas y se analizaron a través de estadísticos descriptivos (Steel y Torrie 1980, Ott 1988) y los resultados expresados en porcentajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la reunión participativa se llegó al consenso que el principal problema que poseen las fincas ganaderas de los 20 ganaderos participantes fue que el hato tiene pobre comportamiento y bajas características cárnicas. Los bajos índices zootécnicos observados en sus fincas y la baja calidad de la carne bovina en comparación con la carne de otras especies son factores asociados a esta percepción de los ganaderos encuestados (Guerra M *et al.* 2008, 2012d).

El 100% de los ganaderos entrevistados indicaron que para mejorar el comportamiento y características cárnicas del hato se debe mejorar la suplementación energética-proteica-mineral del hato; así como mejorar el manejo y calidad de las pasturas existentes, el manejo del hato y su mejoramiento genético (Cuadro 1).

El 87,5% de los ganaderos encuestados desean introducir pasturas nuevas a la finca, el 71,3% plantean

mejorar el plan sanitario y un 35,7% señalaron conservar forrajes para la época seca. El mejoramiento genético de los hatos ha sido un tema presentado con anterioridad y probado en las fincas de los socios de ASOPEGA y otras agrupaciones de pequeños ganaderos como alternativa impactante al aumento de la eficiencia y sostenibilidad del sistema bovino (Guerra M *et al.* 2009a, 2012b, 2012c), por lo que sus experiencias con estos animales ha podido influir en sus señalamientos como acción (100%) que podría mejorar el comportamiento y características cárnicas del hato.

El 92,9% de los ganaderos entrevistados expresaron que la inseminación artificial es una herramienta para mejorar genéticamente el hato (Cuadro 2), tal como lo señalara Bourdon (2000). Otra herramienta es la adquisición de sementales (78,6%) de fincas genéticamente superiores. Esta opción ha sido la más utilizada en Panamá, porque los pequeños ganaderos consideran que los sementales producidos en fincas grandes con supuesta mejor genética (importada o de inseminación artificial o de transferencia de embriones), sus sementales son de gran impacto genético en sus pequeñas fincas.

CUADRO 1. ASPECTOS QUE LOS GANADEROS DESEAN HACER PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS CÁRNICAS DEL HATO.

Acciones	%
Mejorar la suplementación energética-proteica-mineral	100,0
Introducir pasturas	87,5
Mejorar manejo y calidad de pasturas existentes	100,0
Conservar forraje para época seca	35,7
Mejorar plan sanitario	71,3
Mejorar manejo del hato	100,0
Plan de mejoramiento genético	100,0

CUADRO 2. ASPECTOS QUE LOS GANADEROS DESEAN HACER PARA MEJORAR GENÉTICAMENTE EL HATO.

Acciones	%
Uso de inseminación artificial	92,9
Programa de mejor semental	28,6
Comprar sementales	78,6
Comprar sementales al IDIAP	7,1
Uso de transferencia de embriones	7,1

Un 28,6% de ellos, sostienen que el programa de mejor semental del MIDA es otra herramienta para mejorar genéticamente el hato y un 7,1% indicaron que la compra de sementales al IDIAP y el uso de la transferencia de embriones mejorarían genéticamente sus hatos.

Más de la mitad (64,3%) de los ganaderos encuestados prefieren la raza Brahman para sus programas de mejoramiento genético del hato (Cuadro 3). Esto debido a la percepción de su tolerancia al ambiente tropical húmedo, a parásitos y enfermedades (Guerra M *et al.* 2009b, 2013). Entre las razas

Bos taurus de preferencia está el Angus Rojo (57,1%) y Simmental (50,0%). De acuerdo a los estudios de Guerra M *et al.* (2012c, 2012d, 2013), los cruces de Brahman con estas razas han mostrado mejor comportamiento pre y post destete, y calidad cárnica.

En menor preferencia está la raza Charolais (21,4%), Beefmaster (14,3%) y Blonde d'Aquitaine, Limousin y Senepol (7,0%). Estas razas fueron introducidas a través del cruzamiento en las fincas colaboradoras en la fase final del proyecto y quizás no se pudo apreciar todo el potencial racial que ellas preseen.

El 64,3% de los ganaderos en estudio informaron que adquieren sus sementales mediante compras en otra finca (Cuadro 4), mientras que un 42,9% lo prefieren que sean productos de la inseminación artificial y otros 21,4% reportan que los adquieren del programa del Mejor Semental del MIDA. El 7,1% los adquieren de las subastas ganaderas. La compra de sementales en otras fincas y los sementales del programa del mejor semental son las alternativas más usadas entre nuestros pequeños ganaderos por las razones ya expuestas y la obtención

de su propio semental de los programas de inseminación artificial lo mencionan basado en el buen comportamiento de estos animales bajo las condiciones climáticas de sus fincas.

El 85,7% de los ganaderos señalaron que cambian al semental por razones de parentesco o consanguinidad y por edad avanzada (28,6%). Estos ganaderos han notado que al aparear animales muy emparentados, su vigor y desarrollo desmejora notable con respecto al menor emparentado.

CUADRO 3. RAZAS BOVINAS DE PREFERENCIA DE LOS GANADEROS DE ASOPEGA.

RAZAS DE PREFERENCIAS	PORCENTAJE (%)
Brahman	64,3
Angus Rojo	57,1
Simmental	50,0
Charolais	21,4
Beefmaster	14,3
Blonde d' Aquitaine	7,1
Limousin	7,1
Senepol	7,1

CUADRO 4. FUENTE DE ADQUISICIÓN DEL SEMENTAL Y MOTIVOS DE CAMBIOS.

CATEGORÍAS	PORCENTAJE (%)
Otras finca	64,3
Subasta ganadera	7,1
Programa mejor semental	21,4
Inseminación Artificial	42,9
Razones para cambiarlo:	
Consanguinidad	85,7
Edad avanzada	28,6

Se muestran las 23 características que los ganaderos identificaron como criterios que definen la evaluación de las opciones tecnológicas raciales, en el Cuadro 5. De estas características hay 19 que fueron consideradas como ventajas (82,6%) y otras cuatro señaladas como desventajas (17,4%).

Entre los Brahman y cruces con *Bos taurus* el resultado de las ventajas fueron muy similares entre sí (Cuadro 5). El 92,9% de los ganaderos coinciden en que las ventajas del Brahman y los cruces con *Bos taurus* son la facilidad al parto, fertilidad, mansedumbre y vigor de la hembra. Por otra parte, el

CUADRO 5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS OPCIONES RACIALES QUE REPORTAN LOS GANADEROS.

Característica		Grupos Raciales (%)		
		Brahman	X-Bos <i>taurus</i>	X-Sintética
Ventajas	Precocidad	85,7	85,7	42,9
	Facilidad de parto	92,9	92,9	35,7
	Peso al destete	85,7	85,7	50,0
	Fertilidad	92,9	92,9	35,7
	Rendimiento de la canal	14,3	14,3	0,0
	Mansedumbre	92,9	92,9	50,0
	Color	71,4	71,4	35,7
	Vigor de la hembra	92,9	92,9	42,9
	Adaptabilidad	85,7	85,7	42,9
	Peso al nacer	78,6	78,6	42,9
	Desarrollo de novillas	85,7	85,7	42,9
	Facilidad de mercado	85,7	85,7	50,0
	Facilidad de pastoreo	85,7	85,7	50,0
	Habilidad maternal	85,7	85,7	42,9
	Conversión alimenticia	35,7	57,1	42,9
	Sobrevivencia del ternero	85,7	85,7	42,9
	Recuperación del parto	85,7	85,7	42,9
	Ausencia de cuernos	35,7	64,3	50,0
Desventajas	Mal temperamento	50,0	57,1	42,9
	Susceptibilidad parásitos internos	50,0	64,3	42,9
	Susceptibilidad garrapata	14,0	78,6	42,9
	Susceptibilidad verrugas	50,0	71,4	42,9
	Fotosensibilización	42,9	50,0	42,9

85,7% de los encuestados reportan que otras ventajas del Brahman y cruces con *Bos taurus* son: precocidad, peso al destete, adaptabilidad, desarrollo de novillas, facilidad de mercado, facilidad de pastoreo, sobrevivencia del ternero y recuperación al parto. Algunas de estas características han sido señaladas por Guerra M *et al.* (2009a, 2009b, 2013) favoreciendo en mayor parte a los cruces *Bos taurus* x *Bos indicus*.

Un 71,4% indican que el color es una ventaja, principalmente desde el punto de vista de la adaptabilidad Guerra M *et al.* (2009b), pero otro 78,6% señalaron que el peso al nacer es una ventaja, principalmente enfocado a menores pesos obtenidos, lo cual facilita el parto. La conversión alimenticia fue señalada como ventaja en el Brahman por el 35,7% de los ganaderos, pero un 57,1% en los cruces con *Bos taurus*. La ausencia de cuerno se ve como una ventaja en Brahman por el 37,5% de los ganaderos y un 64,3% en cruces con *Bos taurus*. El 14,3% de los encuestados manifestaron como ventaja el rendimiento en canal en el Brahman y animales cruzados (Cuadro 5).

Como la mayoría de las ventas se realizan en subastas o basado en el peso vivo en el matadero, aun algunos de estos ganaderos no perciben la opción de vender en canal y tener una idea de

cuánto es el peso de sus canales cuando deciden vender.

El mal temperamento, susceptibilidad a parásitos y a verrugas fueron reportadas como desventajas por 50% de los ganaderos con respecto a la raza Brahman, pero en los cruces con *Bos taurus* estas desventajas fueron reportadas por el 64,3%, 71,8% y 71,4% de los ganaderos, respectivamente (Cuadro 5). Mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades tienen los animales de encastes *Bos taurus* (Bourdon 2000) y por eso estas características son percibidas como desventajas, pero también podría ser por la falta de un plan sanitario adecuado y dirigido a la prevención y no la curación.

Para el caso de los animales cruzados con razas Sintéticas, el 50,0% de los ganaderos coinciden como ventaja el peso al destete, mansedumbre, facilidad de mercado, facilidad de pastoreo y ausencia de cuernos (Cuadro 5). Por otra parte, el 42,9% consideran las cuatro desventajas como tales.

Se presentan 28 características con sus calificaciones porcentuales de ventajas y desventajas agrupadas en nueve componentes y criterios, en el Cuadro 6. En el componente desarrollo pre-destete, el 100% coincidió que el peso

al nacer es una ventaja, por otra parte, la ganancia diaria de peso (GDP) y peso al destete fueron consideradas ventajas por el 92,9% de los encuestados y agrupadas en el criterio de conformación pre-destete. Para el componente desarrollo post-destete, la característica calificada de mayor ventaja (92,9%) fue la ganancia diaria de peso (GDP), seguida por conversión alimenticia y peso al sacrificio con calificación de ventaja por el 64,3% y 57,1% de los ganaderos, respectivamente.

En el componente desarrollo de novillas, como ventajas, los ganaderos señalan la ganancia diaria de peso (92,9%), edad al primer parto (92,9%) y conversión alimenticia (78,6%) con el criterio de evaluación como precocidad (Cuadro 6). El componente capacidad de pastoreo, el 100% de los ganaderos encuestados señalaron el pastoreo diario y sin selectividad al pastoreo como ventajas y en el criterio de adaptabilidad. El componente de mortalidad se observó cómo ventajas a las características de baja mortalidad al nacimiento y en la fase pre-destete con 85,7% en el criterio de sobrevivencia.

Un criterio muy importante para los ganaderos es la reproducción, en donde la natalidad, intervalo entre partos y respuesta a sincronización con 92,7%, 92,7% y 85,7%, respectivamente y en el criterio

de eficiencia reproductiva. Características como buen precio recibido, la demanda de los animales y buena conformación fueron calificadas como ventajas por el 92,9%, mientras que la precocidad fue definida como ventaja por el 78,6% de los ganaderos encuestados y los criterios que las agrupó fue la demanda y el componente es venta/mercado. Factores bióticos fue otro componente señalado por los ganaderos y agrupó las características (en parásitos porcentaje de ganaderos que la calificaron como una ventaja) como tolerancia a garrapata (42,9%), a mosca (92,9%), tórsalo (85,7%), verruga (78,6%) y a parásitos internos (71,4%). En el componente de factores abióticos se calificaron como ventajas la tolerancia al calor (92,9%), a la humedad (100,0%) y alergias (85,7%).

El componente que más se resaltó por los ganaderos encuestados fue la capacidad de pastoreo y el criterio de evaluación fue la adaptabilidad. Esta situación es explicable, ya que el sistema de alimentación que predomina en el 100% de estos ganaderos es el pastoreo directo los 365 días del año. De allí, la importancia que un animal adaptado tiene la capacidad de pastorear a cualquiera hora del día. Si aumenta el consumo, aumenta la ganancia diaria de peso y se reduce el período de ceba con una disminución del costo de mano de obra

CUADRO 6. COMPONENTES Y CRITERIOS QUE UTILIZAN LOS GANADEROS PARA EVALUAR LAS OPCIONES TECNOLÓGICAS RACIALES DE ACUERDO A LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Componente	Características	Ventajas	Desventajas	Criterios
Desarrollo Pre-destete	Peso nacimiento	100,0	0,0	Conformación pre-destete
	GDP Pre-destete	92,9	7,1	
	Peso destete	92,9	7,1	
Desarrollo Post-destete	Conversión-Alimentación	64,3	35,7	Conformación post-destete
	GDP post destete	92,9	7,1	
	Peso al sacrificio	57,1	42,9	
Desarrollo de novillas	Conversión-Alimenticia	78,6	21,4	Precocidad
	GDP	92,9	7,1	
	Edad al primer parto	92,9	7,1	
Capacidad de pastoreo	Pastoreo diario	100,0	0,0	Adaptabilidad
	Sin selectividad	100,0	0,0	
Mortalidad	Baja al nacimiento	85,7	14,3	Sobrevivencia
	Baja Pre - destete	85,7	14,3	
Reproducción	Natalidad	92,9	7,1	Eficiencia reproductiva
	IEP	92,9	7,1	
	Respuesta a la Sincronización	85,7	14,3	
Venta/Mercado	Buen precio	92,9	7,1	Demanda
	Hay demanda	92,9	7,1	
	Buena conformidad	92,9	7,1	
	Precocidad	78,6	21,4	
Factores bióticos	Tolerancia garrapatas	42,9	57,1	Resistencia a plagas
	Tolerancia mosca	92,9	7,1	
	Tolerancia tórsalo	85,7	14,3	
	Tolerancia a las verrugas	78,6	21,4	
	Tolerancia vermes	71,4	28,6	
Factores abióticos	Tolerancia calor	92,9	7,1	Tolerancia ambiental
	Tolerancia a la humedad	100,0	0,0	
	Tolerancia alergia	85,7	14,3	

y alimentación. Al final, esto conlleva a mejorar la eficiencia económica del sistema de producción.

El segundo componente fue el desarrollo pre-destete basado en el criterio de conformación. Esta situación se debe a que la mayoría de estos ganaderos venden sus terneros al destete y no logran cebarlos por limitaciones como tierra, capital y tecnología.

El tercer componente es la reproducción basado en el criterio de la eficiencia reproductiva. Mejorar la eficiencia reproductiva involucra aumentar la cosecha de terneros al destete y mayor número de animales para la venta, mejorándose así sus ingresos y eficiencia económica del sistema bovino.

CONCLUSIONES

- El principal problema que resaltaron los ganaderos encuestados fue que el hato tiene pobre comportamiento y baja calidad cárnica, afectando su competencia en el mercado.
- El mejoramiento genético es catalogado como importante, puesto que fue señalado por todos los participantes, y consideran la Inseminación Artificial como la tecnología que puede mejorar esa característica.

- Las ventajas que perciben los ganaderos de las opciones tecnológicas son 18 y las desventajas cinco, las cuales son utilizadas para evaluar los grupos raciales dentro de sus fincas.
- Los mayores componentes señalados por los ganaderos encuestados fueron los relacionados al desarrollo pre-destete, adaptabilidad y reproducción.
- Las características se agruparon en nueve criterios, de las cuales se basa el ganadero para evaluar las opciones bovinas raciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Albernathy, WJ; Utterback, JM. 1978. Patterns of industrial innovation. Technology Review. June-July:40-47.
- ANAGAN (Asociación Nacional de Ganaderos, PA). 2010. La economía de la ganadería de leche. Suplemento "Día del Ganadero 2010". p. 22-28.
- Anandajayasekeram, P. 1996. Farming system research: concepts, procedures and challenges. Keynotes paper presented at the Fourth Regional Conference of SAA-FSR. Zimbabwe, 2 to 4 october, 1996.

- Bellon, MR. 2002. Métodos de investigación participativa para evaluar tecnologías: Manual para científicos que trabajan con agricultores. México DF, MX. CIMMYT. 106 p.
- Bourdon, RM. 2000. Understanding animal breeding. 2nd Edition. New Jersey. USA. Prentice-Hall, Inc. 538 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo, MX). 1993. La adopción de tecnologías: Guía para el diseño de encuestas. CIMMYT. México, DF. Programa de Economía del CIMMYT. 95 p.
- Christensen, CM. 1997. The innovator's dilemma (en línea). When new technologies causes great firms to fail. Boston. MS. Harvard Bussiness School Press. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en <https://www.soloway.pbworks.com/w/file/46695705/theinnovatorsdilema.pdf>
- Christensen, CM. 2000. The evolution of innovation (en línea). New York, NY. CRC Press LLC. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en <https://www.eeec.ufg.br/~lgueden/moodle/get/2.pdf>
- Christensen, CM. 2003. The innovator's solution. Boston, MS. Harvard Bussiness School Press.
- Guerra M, P; Quiel B, RA; Chacón, O; Rodríguez, JL; Castillo, A. 2008. Exigencias, preferencias y limitaciones de los consumidores de carne bovina en Panamá. Ciencia Agropecuaria no. 20:58-79.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; Caballero C, S; González M, RA; Carreño, LA; Ibarra G, O; Guerra, O. 2009a. Aprovechamiento de la diversidad genética en los sistemas de cruzamiento terminal de dos y tres razas en un sistema vaca-ternero de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 30 p.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; De León G, RH; González M, RA; Barrios, J. 2009b. Tolerancia térmica de novillas y novillos en pastoreo a las condiciones ambientales del trópico húmedo del sistema de cría y ceba. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 17 p.
- Guerra M, P; Quiel B, RA; Vargas, AA. 2010. Cruzamiento entre *Bos taurus* x *Bos indicus* para la producción

- de carne. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 12 p.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; González M, RA; Caballero C, S. 2012a. Métodos simples de cruzamiento inter-racial para pequeñas y medianas fincas del sistema vaca-ternero y doble propósito bovino de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 20 p.
- Guerra M, P; Bernal, JL; Carreño, LA. 2012b. Desarrollo y selección de novillas de reemplazo del sistema vaca-ternero de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 24 p.
- Guerra M, P; Ono, T; Chacón P, O; Quiel B, RA; De Gracia, MM; González M, RA; Bernal R, JL. 2012c. Características cárnicas de la canal de animales Brahman, Criollos y sus cruzados de acuerdo al sistema de alimentación. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 24 p.
- Guerra M, P; Ono, T; Chacón P, O; Quiel B, RA; González, R; Bernal, JL. 2012d. Características de la canal y la carne bovina de acuerdo al grupo racial y sistema de ceba en pastoreo. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 8 p.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; Caballero C, S; González M, RA; De León G, RH; Carreño, LA; Ibarra, O; Guerra, O; Ríos, R. 2013. Evaluación de germoplasma bovino *Bos taurus* en cruzamiento con *Bos indicus* en un Sistema Vaca-Ternero de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 23 p.
- Guerra M, P. 2015. Situación actual de la ganadería de carne y las perspectivas futuras para el mejoramiento integral. Generalidades y situación actual de la ganadería en Panamá. *In* La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal. Editores: R. Núñez Domínguez, R. Ramírez Valverde, S. Fernández Rivera, O. Araujo Febres, M. García Winder, TE. Díaz Muñoz. Guadalajara, Jalisco. México. Printing Arts Mexico, S de RL de CV. p. 426-431.

- Hildebrand, PE; Bastidas, EP. 2000. Enfocando la difusión de tecnologías a partir de la investigación coordinada a nivel de fincas. IFAS. Universidad de Gainsville, Florida. 32611-0282. 6 p.
- INEC-CGR (Instituto Nacional de Estadística y Censo – Contraloría General de la República de Panamá). 2015a. Panamá en cifras. Años 2003 a 2013.
- INEC-CGR (Instituto Nacional de Estadística y Censo – Contraloría General de la República de Panamá). 2015b. VII Censo Nacional Agropecuario. Resultados Finales Básicos, 2011. Volumen VI. Características de la Actividad Pecuaria (en línea). Consultado 18 ago. 2016. Disponible en: <https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Default.aspx>.
- INEC-CGR (Instituto Nacional de Estadística y Censo – Contraloría General de la República de Panamá). 2015c. Situación Económica. Producción Pecuaria. Situación Pecuaria: año 2013 (en línea). Programa Anual de Estadística Agropecuaria. Consultado 18 ago. 2016. Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones>.
- Ott, L. 1988. An introduction to statistical and data analysis. 3rd Edition. Boston. USA. PWS-KENT Publishing Company.
- Pedroza, H. 2007. Enfoque integrado de investigación y extensión en sistemas agropecuarios. Enfoque IESA. IICA-INTA. Managua, NI. 136 p.
- Steel, RGD; Torrie, JH. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd Edition. New York. USA. McGraw-Hill Book Company.

PERCEPCIÓN DE LOS GANADEROS DE ASOPEGA SOBRE LAS OPCIONES RACIALES BOVINAS, GUALACA - PANAMÁ¹

***Pedro Guerra-Martínez²; Ricaurte A Quiel-Batista³; Carlos I Martínez-Delgado⁴;
María M De Gracia-Victoria⁵; Olegario Ibarra-Guerra⁵; Sonia E Quintero-Jiménez⁵***

RESUMEN

El objetivo fue identificar, analizar y comparar la percepción que tienen los ganaderos de ASOPEGA sobre las opciones raciales bovinas disponibles. Se utilizó una metodología participativa. Se identificaron 27 características para el análisis y se estimó la importancia como la relación entre ellas (demanda) y el grado que cada una aporta (oferta). La demanda se calificó: muy importante=1, moderadamente importante=2 y no importante=3, y la oferta en: muy buena=1, intermedia=2 y deficiente=3. Los datos se analizaron por métodos no paramétricos. Los ganaderos se agruparon por edad en: joven-media y media-mayor, tamaño de la finca en: Tamaño 1 (>50 ha), Tamaño 2 (26-50 ha) y Tamaño 3 (<26 ha) y grupos raciales en cárnicos, lecheros y sintéticos. De acuerdo a la edad, no hubo coincidencia en la importancia de las características de la demanda como tolerancia a garrapatas ($P<0,10$) y a parásitos internos ($P<0,50$). La principal prioridad en la demanda, para el grupo de joven-media fueron: capacidad de pastoreo y para los de media-mayor: el peso al destete. De acuerdo al tamaño de la finca, no hubo coincidencia en la tolerancia a garrapatas ($P<0,268$) y *Dermatobia hominis* ($P<0,268$). Para características de la oferta no hubo coincidencia entre los grupos raciales en conversión alimenticia ($P<0,391$) y tolerancia a humedad ($P<0,407$). La importancia de las características de la demanda fue muy similar entre edades (59,3% de las características) y no coincidente con respecto a tamaño de la finca (33,3% de las características). La oferta de características por grupos raciales apenas alcanzó el 33,3% de las expectativas.

PALABRAS CLAVES: Ganado de carne, características de demanda, características de oferta, grupos raciales, investigación participativa.

¹Recepción: 19 de julio de 2016. Aceptación: 3 de marzo de 2017. Proyecto Desarrollo de una Sociedad del Conocimiento para Pequeños y Medianos Ganaderos de Panamá. Dirección Nacional de Productos y Servicios Científicos y Tecnológicos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).
e.mail: pedroguerram16@gmail.com

³M.Sc. Manejo de Recursos Naturales. IDIAP. CIAOc.

⁴Ing. Zoot. IDIAP. CIAOc.

⁵Asistente de Investigación. IDIAP. CIAOc.

ASOPEGA'S CATTLEMEN PERCEPTIONS ABOUT BOVINE RACIAL OPTIONS, GUALACA - PANAMA

ABSTRACT

The objective was to identify, analyze and compare ASOPEGA's cattlemen perceptions about the available bovine racial options. Participative research methodology was used. It was identify 27 traits for the analysis and was estimated the importance as the relationships among them (demand) and the degree which each ones contribute (offer). The demand was qualified in: very important=1, moderately important=2 and not important=3, and the offer in: very good=1, intermediate=2 and deficient=3. Data were analyzed by non-parametric methods. Cattlemen were grouped by age in: young-medium and medium-old; farm size in: Size 1 (>50 ha), Size 2 (26-50 ha) and Size 3 (<26 ha). And genetic group in: beef, dairy and synthetic. According to age, there was no differences in the importance of the demand traits like tick tolerance ($P<0,10$) and internal parasites ($P<0,50$). The main priority in the demand for the young-medium age group was grazing capacity and for the medium-old age group was weaning weight. According to the farm size, there was no differences in tick tolerance ($P<0,268$) and *Dermatobia hominis* ($P<0,268$). For offer traits there was no difference among genetic groups in feed conversion ($P<0,391$) and humidity tolerance ($P<0,407$). The importance of demand traits was similar between age groups (59,3% of the traits) and do not coincide respect to farm size (33,3% of the traits). The offer traits for genetic group at least reach 33,3% of the expectations.

KEY WORDS: Beef cattle, demand traits, offer traits, genetic groups, participative research.

INTRODUCCIÓN

En el proyecto Desarrollo de una Sociedad del Conocimiento en el Sistema Vaca-Ternero de Panamá, se trabajó en las capacidades para el uso del cruzamiento interracial a través de la inseminación artificial como solución a la problemática del pobre comportamiento y calidad de la canal y carne bovina. El hato bovino del productor fue preparado para inseminarlo con razas cárnicas puras europeas y compuestas, para producir F₁

(50% europeo o compuesto + 50% Cebú) y se desarrollaron bajo las condiciones de cada finca, lo que permitió que los ganaderos pudieran percibir y evaluar su comportamiento.

Para comparar y evaluar las opciones raciales de manera sistemática, lo que recomienda Bellon (2002) es la necesidad de estimar la importancia de cada una de sus características en relación con las demás (la demanda

de características por parte de los ganaderos de ASOPEGA) y el grado en que cada opción racial las aporta (la oferta de características de cada opción racial). Bellon (2002), agrega que una opción tecnológica que ofrece muchas características que los ganaderos consideran importante, es valiosa para ellos que una que ofrece menos. Además, aunque una opción tecnológica ofrezca numerosas características, si estas no son muy importantes, su valor disminuye.

En este proyecto se utilizó el enfoque de investigación en sistema de finca (Pedroza 2007, Hildebrand y Batista 2000, Anandajayasekeran 1996) y el enfoque disruptivo de investigación (Christensen 1997, 2000, 2003, Albernathy y Utterback 1978), por lo que es importante entender los juicios y apreciaciones que utilizan los ganaderos para evaluar la tecnología generada por IDIAP, de manera que permita orientar la investigación genética con mayor precisión. Por lo tanto, se requiere conocer el valor relativo de cada característica respecto a las demás y la medida en que cada opción tecnológica proporciona cada característica (Bellon 2002).

El presente estudio tuvo como propósito identificar, comparar y analizar de manera sistemática las apreciaciones

que tienen los ganaderos de ASOPEGA de las opciones raciales bovinas evaluadas y difundidas por IDIAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación de las características y criterios para juzgar las opciones tecnológicas raciales

Del estudio sobre opciones raciales y criterios de evaluación por los ganaderos de ASOPEGA (Guerra *et al.* 2017), se obtuvo una lista de las características apreciadas por estos ganaderos e información acerca de las ventajas y desventajas de las opciones raciales, las características implícitas que los ganaderos valoran en ellas y, por consiguiente, los criterios que aplican para juzgarlas.

Opciones tecnológicas pertinentes

Para mejorar genéticamente el hato a través de la inseminación artificial, los ganaderos decidieron realizar cruzamiento sencillos de dos y tres razas (Guerra M *et al.* 2010, 2012a) entre sus grupos cebuanos consanguíneos con razas europeas puras (Angus Rojo, Simmental, Charolais, Limousin, Blonde d'Aquitaine), sintéticas (Beefmaster, Senepol y Brangus) y Brahman evaluadas previamente en la Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega" (Guerra M *et al.* 2009a, 2009b, 2013).

La experiencia de los ganaderos colaboradores con los productos de estos cruzamientos permitió conocer los elementos que toman en cuenta para la selección de la raza; así como las ventajas y desventajas que identifican para evaluar las alternativas tecnológicas.

Población en estudio

Se tomaron como fuente de estudio los 20 ganaderos asociados de ASOPEGA (población total) de localidades como: La Esperanza; Caldera, Paja de Sombrero, Chalapa, Calabazal, Bajo Méndez, Estí, La Palma y Entre Ríos. En estas fincas colaboradoras, en sus hatos, se inseminó previamente con razas índicas, europeas y sintéticas. Los productos fueron evaluados bajo condiciones de la finca del ganadero colaborador.

Metodología participativa

La metodología de estudio se basa en el Manual de Métodos de Investigación Participativa para evaluar Tecnologías de Bellon (2002), la cual ha sido adaptada a las condiciones de evaluación de opciones tecnológicas raciales bovinas en pequeñas fincas ganaderas familiares. Como primer punto de este estudio, el equipo de investigadores se reunieron con los ganaderos de ASOPEGA para explicarles el objetivo del estudio y se les informó que en discusiones con ellos, siguiendo la metodología de CIMMYT (1993), se

identificaron una serie de características que consideraron importantes en las opciones tecnológicas raciales ofertadas por IDIAP. Luego se les informó que en ese momento se deseaba saber cuán importantes eran esas características. Convenientemente se les informó que no todas las opciones tecnológicas raciales funcionan igualmente bien con respecto a cada una de las características identificadas. También era relevante conocer hasta qué grado cada opción tecnológica bovina ofrece cada una de las características, según los ganaderos.

Calificación de la importancia de cada característica identificada respecto a su demanda

Esto se realizó con el propósito de establecer la demanda de características por parte de los ganaderos de ASOPEGA. A cada participante y con respeto a cada característica identificada se le preguntó: ¿Considera usted que esta característica es muy importante, moderadamente importante o no importante?

Calificación de la importancia de cada característica respecto a su oferta

A los ganaderos se le pidió calificaran a cada opción tecnológica respecto a su *oferta* de cada característica. Para esto se les preguntó: ¿Cómo calificaría usted esta opción tecnológica racial en cuanto a su oferta de cada

característica? Las calificaciones fueron: muy buena, intermedia o deficiente.

Variables de clasificación

Los ganaderos fueron agrupados por edad (EDAD) en: joven-media (JM, 35 a 50 años) y media-mayor (MM, >50 años). Las fincas se clasificaron por su tamaño (TAM) en TAM1 (>50 ha), TAM2 (26 a 50 ha) y TAM3 (<26 ha) y por los grupos raciales (GR) en cárnicos (CAR), doble propósito (DPR) y sintéticos (SIN).

Los resultados se compararon a través de las variables de clasificación usando las calificaciones promedio (Bellon 2002). Estos promedios se emplean para comparar y ordenar la importancia de distintas características para los ganaderos (la demanda de características) o el comportamiento de distintas opciones raciales respecto a cada característica (la oferta de característica).

Análisis de la demanda de características

Para las clasificaciones por EDAD se estimaron los promedios de cada calificación presentada en los cuadros, basada en la siguiente escala: 1 = muy importante; 2 = moderadamente importante y 3 = no importante. Se utilizó una prueba de rangos con signos para dos muestras de Wilcoxon (una técnica estadística no paramétrica, Daniel 1978,

Steel y Torrie 1980, Ott 1988) para detectar estadísticamente si hubo diferencias entre las calificaciones con respecto a EDAD. Los resultados se expresan en calificación promedio, a partir de la cual es más fácil identificar las diferencias y tendencias, pero la prueba se basa en la hipótesis nula de que la mediana (no la media) de la población de diferencias es cero (Daniel 1978, Steel y Torrie 1980, Ott 1988). Una prueba no paramétrica como la que se usó resulta más apropiada porque las calificaciones son ordinales, su distribución básica es desconocida y probablemente no sea normal (Bellon 2002).

También se realizó un análisis de la demanda de acuerdo al TAM basado en la misma escala antes señalada. Para esto se utilizó un análisis de varianza de una sola vía utilizando rangos (un procedimiento no paramétrico) de Kruskal-Wallis (Daniel 1978, Steel y Torrie 1980, Ott 1988) para detectar si había diferencias en las calificaciones. En otras palabras, si las calificaciones otorgadas a una característica eran o no estadísticamente iguales entre los tres grupos de TAM.

La media o promedio de las muestras, se presentan en los Cuadros 1, 2 y 3 a partir de la cual es más fácil identificar las diferencias y tendencias, aunque la prueba se basa en la hipótesis

nula de que las tres funciones de distribución de la población son idénticas, en comparación con la hipótesis alterna de que no todas tienen la misma mediana (Daniel 1978, Steel y Torrie 1980, Ott 1988).

Análisis de oferta de características

Se basa en comparar las calificaciones otorgadas por los ganaderos al comportamiento de las opciones raciales. Para cada característica se califica cada opción racial en la escala: 1 = muy bueno; 2 = intermedio y 3 = deficiente. Para detectar las diferencias estadística entre las distintas opciones raciales con respecto a cada una de las características, se realizó un análisis de varianza de una sola vía de Kruskal-Wallis utilizando rangos no paramétricos para las clasificaciones (Daniel 1978, Steel y Torrie 1980, Ott 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las opciones tecnológicas raciales que utilizan los ganaderos para evaluar mostraron que cuando el promedio es igual a 1,00, indica que la característica es muy importante y no existe discrepancia por los ganaderos en cuanto a esta calificación, pero cuando es diferente de 1,00 indica discrepancia entre las calificaciones, aunque no indique significancia estadística ($P > 0,05$) (Cuadro 1).

La calificación de las características de importancia para los ganaderos de ASOPEGA de acuerdo a la demanda fue analizada en función de su categoría de EDAD (Cuadro 1). Las 25 características se agruparon en nueve demandadas con 36% en consenso entre JM y MM. Dentro de JM se detectaron 12 características de consenso (48%), mientras mayor consenso entre las características demandadas se encontró en los ganaderos MM (56%). Para los ganaderos clasificados como JM y MM, las características peso al nacimiento y al destete se calificaron como muy importantes en la demanda, pero discreparon en la ganancia diaria pre-destete (inquietud desarrollo pre-destete) en el grupo de ganaderos JM ($P=0,317$). Puede ser que para los ganaderos JM, los pesos al nacimiento y al destete son características de más fácil percepción que la ganancia diaria de peso y por ello le dan más relevancia. Sin embargo, en la inquietud desarrollo post-destete, la categoría MM calificó unánimemente de muy importante la demanda de las características ganancia diaria y peso al sacrificio; no así en la categoría JM ($P=0,317$). Esta actitud podría atribuirse a que una parte de estos ganaderos venden al destete la mayoría de sus machos y son pocos los terneros que ceban.

CUADRO 1. CALIFICACIÓN PROMEDIO DE LA IMPORTANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES RACIALES DE ACUERDO A LA EDAD DEL GANADERO (DEMANDA).

Inquietud	Características	Joven Maduro (JM)	Joven Mayor (JM)	Prob>(t) (a)
Desarrollo Pre-destete	Peso nacimiento	1,00	1,00	1,000 ns*
	Ganancia diaria	1,14	1,00	0,317 ns
	Peso al destete	1,00	1,00	1,000 ns
Desarrollo Post-destete	Ganancia diaria	1,14	1,00	0,317 ns
	Peso al sacrificio	1,14	1,00	0,317 ns
Desarrollo de novillas	Ganancia diaria	1,00	1,00	1,00 ns
	Edad al primer parto	1,00	1,00	1,00 ns
Capacidad de pastoreo	Pastoreo diario	1,00	1,00	1,000 ns
	Sin selectividad	1,00	1,00	1,000 ns
Mortalidad	Nacimiento	1,00	1,14	0,317 ns
	Pre - destete	1,00	1,14	0,317 ns
Reproducción	Natalidad	1,00	1,00	1,000 ns
	Intervalos/partos	1,00	1,14	0,317 ns
Venta/Mercado	Buen precio	1,14	1,14	1,000 ns
	Hay demanda	1,14	1,14	1,000 ns
	Buena musculatura	1,00	1,00	1,000 ns
	Precocidad	1,14	1,00	0,217 ns
Efecto de Factores bióticos	Tolerancia garrapatas	1,86	1,29	0,100 ns
	Tolerancia moscas	1,29	1,29	1,000 ns
	Tolerancia tórsalos	1,29	1,43	0,872 ns
	Tolerancia a las verrugas	1,14	1,14	1,000 ns
	Tolerancia vermes	1,57	1,29	0,496 ns
Factores abióticos	Tolerancia calor	1,00	1,00	1,000 ns
	Tolerancia a la humedad	1,14	1,00	0,317 ns
	Tolerancia alergia	1,14	1,14	1,000 ns

Nota: ns = no significativo.

Valor de P relacionado con el contraste de Wilcoxon.

Para la inquietud desarrollo de novillas y para las dos categorías de EDAD del ganadero, las características demandadas para ganancia de peso y edad al primer parto fueron calificadas como muy importante unánimemente (Cuadro 1). Los ganaderos de ASOPEGA comienzan a entender la importancia de las novillas como el futuro de su explotación (Guerra M *et al.* 2009b, 2012b, Guerra M 2015) y más relevante aun cuando son cruces de mejor conformación corporal y valor agregado. Similarmente se encontró la misma tendencia en la inquietud capacidad de pastoreo y características demandadas para pastoreo diario y pastoreo sin selectividad.

El pastoreo seguirá siendo la base de la alimentación de los bovinos de estos ganaderos. Para alcanzar buen desarrollo se requiere de una buena capacidad de pastorear, tolerar el estrés calórico y selectividad del recurso forrajero ofrecido (Guerra M 2009b, 2012b, Guerra M 2015).

La inquietud mortalidad y sus características mortalidad al nacimiento y pre-destete fueron consideradas muy importante por los ganaderos en la categoría MM, no así en la categoría JM ($P=0,317$). Esto indica una mayor preocupación del ganadero MM de

obtener una mayor cosecha de ternero, enfocándola a aumentar sus ingresos como producto de la venta de machos al destete y/o al sacrificio (Guerra M 2015).

La natalidad en la inquietud reproducción (Cuadro 1), la característica natalidad es muy importante en las dos categorías por EDAD del ganadero, pero en la característica intervalo entre partos, en la categoría MM la discrepancia fue detectada ($P=0,317$). Pareciera que para los ganaderos MM, la cantidad de terneros nacidos expresa más claramente la eficiencia reproductiva, que la característica intervalos entre partos; sin embargo, ambas características están estrechamente correlacionadas (Guerra M 2001).

En la inquietud Venta/Mercado, la característica buena musculatura fue calificada como muy importante en las dos categorías de EDAD del ganadero. Sin embargo, las características buen precio y hay demanda se detectaron discrepancia dentro de las dos categorías de EDAD del ganadero ($P=1,000$).

En este grupo de ASOPEGA, los ganaderos comercializan sus productos independientemente uno de otro, utilizan la subasta, el matadero, o la venta directa en campo. Cada forma de vender está relacionada al precio y los

menos alentadores son el matadero y venta directa en campo, de allí que se pudiera estar dando la discrepancia en importancia al precio y la demanda del mercado. Estudios previos de Guerra M *et al.*, 2009a, 2013, 2017, indican que estos productos genéticos obtenidos en finca de estos ganaderos tienen el potencial de satisfacer la demanda de los consumidores a través de una calidad diferente a lo que se producía tradicionalmente (Guerra M *et al.* 2008, 2012c, 2012d). La precocidad discrepó dentro de los JM, pero no entre MM ($P=0,217$). Para los ganaderos MM resulta muy importante acortar el periodo de ceba, principalmente porque le permite disminuir el costo y vender animales jóvenes con peso de mercado a muy buen precio.

Todas las características de la inquietud de efectos de factores bióticos discreparon dentro de las dos categorías: JM y MM. Las características tolerancia a garrapata, mosca, tórsalo, verrugas y vermes son consideradas por algunos muy importantes y por otros de poca importancia o ninguna importancia en cada categoría de edad (Cuadro 1).

La tolerancia al calor es una característica muy importante para los ganaderos en las dos categorías por EDAD en la inquietud de efecto de factores abióticos. Hay consenso en que

los sistemas basados en pastoreo la tolerancia al calor es una característica muy importante y el factor racial juega un papel muy importante (Guerra M *et al.* 2009b). Sin embargo, se encontraron discrepancia dentro de la categoría JM en tolerancia a la humedad ($P=0,317$). Esto indica que el ganadero de ASOPEGA percibe que la humedad tiene una gran influencia en el estrés calórico del animal y tiene su efecto indirecto sobre el consumo y bienestar (Guerra M *et al.* 2009b)

De acuerdo a las características que ofertan los tres grupos raciales (CAR, DPR y SIN) se observó que el 36% de ellas fueron calificadas de muy importantes (Cuadro 2). De estas 25 características, el 56% fueron calificadas de muy importantes en el grupos racial CAR, pero mayor aun en el grupo racial DPR (84%) y apenas 44% en el grupo racial SIN. El grupo racial DPR llena la mayoría de las expectativas que demandan los ganaderos de ASOPEGA.

En la inquietud desarrollo predestete (Cuadro 2), todos los ganaderos encuestados califican de muy importante las características ofertadas como peso al nacimiento y peso al destete para los grupos raciales CAR y DPR; sin embargo, se encontró discrepancia ($P=0,407$) para la ganancia diaria de peso (GDP) para el grupo racial SIN. Esta discrepancia puede

atribuirse a que por primera vez muchos de estos ganaderos están probando las razas SIN recomendadas por IDIAP. Además, en la inquietud desarrollo post-destete se encontró que el peso al sacrificio es muy importante en los tres grupos raciales; aunque se reportó discrepancia en conversión alimenticia ($P=0,391$) en los grupos DPR y SIN ($P=0,391$) y en la ganancia diaria de peso post-destete en el grupo racial SIN ($P=0,407$).

Nuevamente, se indica que la falta de conocimiento con los grupos raciales SIN, es quizás la fuente de la discrepancia entre estos ganaderos. Aunque los resultados de IDIAP (Guerra M *et al.* 2009a, 2009b, 2012b, 2013) han mostrado resultados muy alentadores en desarrollo y adaptabilidad.

Para la inquietud desarrollo de novillas, las características conversión alimenticia, ganancia diaria de peso (GDP) y edad al primer parto (EPP) no se reportaron discrepancias entre los ganaderos en los tres grupos raciales y todas fueron calificadas como muy importantes. Los resultados reportados por Guerra M *et al.* (2012b, 2009b) pueden sustentar la experiencia que los ganaderos de ASOPEGA están viviendo con sus novillas cruzadas; así como en la inquietud capacidad de pastoreo en las

características pastoreo diario y pastoreo sin selectividad en donde se detectó una unanimidad en la calificación de muy importante para los tres grupos raciales (Cuadro 2).

En la mortalidad como inquietud se detectó unanimidad de muy importante en las características mortalidad al nacimiento y pre-destete en los grupos raciales DPR y SIN (Cuadro 2), pero no así en el grupo racial CAR ($P=0,513$). Esta situación se debe a que el grupo racial cárnico incluye a los grupos índicos, principalmente Brahman, los cuales muestran mayor tolerancia a parásitos y enfermedades que los grupos taurinos. En la inquietud reproducción, para la característica natalidad se determinó una discrepancia para el grupo racial CAR, pero no para los grupos raciales DPR y SIN ($P=0,513$). Sin embargo, en la característica intervalo entre partos, la única unanimidad de muy importante se detectó en el grupo racial DPR, discrepándose en los grupos raciales CAR y SIN ($P=0,736$). Los largos intervalos entre partos, los cuales afectan la natalidad y lenta madurez sexual son características no muy favorables para los grupos índicos como el Brahman en comparación con los grupos taurinos (Guerra M y De Gracia 1992, Guerra M *et al.* 2009a, 2009b, 2012b, 2013).

CUADRO 2. CALIFICACIÓN PROMEDIO DE LA IMPORTANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES RACIALES DE ACUERDO AL GRUPO RACIAL (OFERTA).

Inquietud	Características	CAR	DPR	SIN	Valor P<
Desarrollo Pre-destete	Peso nacimiento	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	GDP pre-destete	1,00	1,00	1,20	0,407 ns
	Peso destete	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Desarrollo Post-destete	Conversión alimenticia	1,00	1,33	1,20	0,391 ns
	GDP	1,00	1,00	1,20	0,407 ns
	Peso sacrificio	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Desarrollo de novillas	Conversión alimenticia	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	GDP	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	EPP	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Capacidad de pastoreo	Pastoreo diario	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	Sin selectividad	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Mortalidad	Nacimiento	1,17	1,00	1,00	0,513 ns
	Pre - destete	1,17	1,00	1,00	0,513 ns
Reproducción	Natalidad	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	IEP	1,17	1,00	1,00	0,513 ns
	Respiración sincronizada	1,17	1,00	1,20	0,736 ns
Venta/Mercado	Buen precio	1,17	1,00	1,20	0,736 ns
	Hay demanda	1,17	1,00	1,20	0,736 ns
	Buena musculatura	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	Precocidad	1,00	1,00	1,20	0,407 ns
Efecto de Factores bióticos	Tolerancia garrapatas	1,67	1,00	1,20	0,237 ns
	Tolerancia moscas	1,17	1,67	1,20	0,282 ns
	Tolerancia tórsalos	1,17	1,00	1,20	0,208 ns
	Tolerancia a las verrugas	1,17	1,00	1,20	0,736 ns
	Tolerancia vermes	1,17	1,00	1,40	0,263 ns
Factores abióticos	Tolerancia calor	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	Tolerancia a la humedad	1,00	1,00	1,20	0,407 ns
	Tolerancia alergias	1,17	1,00	1,20	0,736 ns

Nota: ns = no significativo

GR = Grupos raciales; CAR = Cárnicos; DPR = Doble propósito; SIN = Sintéticos.

GDP = Ganancia diaria de peso; EPP = Edad al primer parto; IEP = Intervalo entre partos.

Valor de P asociado con la prueba de ANOVA de Kruskal-Wallis para las calificaciones.

Existe una inquietud que los ganaderos encuestados definieron como Venta/Mercado en donde la única característica calificada como muy importante para los tres grupos raciales fue la buena musculatura (Cuadro 2). Por otra parte, en el grupo racial DPR de detectó unanimidad en la calificación de muy importante para las características buen precio, existencia de demanda, buena musculatura y precocidad, pero discrepancias en los grupos raciales CAR y SIN ($P=0,736$ a $P=0,407$). Unanimidad como muy importante se registró para las demandas de buena musculatura y precocidad en el grupo CAR (Cuadro 2). Cruces con *Bos taurus* tipo cárnico ha mostrado mejor calidad de canal y carne, lo que le permite tener un mejor acceso a mercados de una mayor exigencia (Guerra M *et al.* 2012c, 2012d) y la oportunidad de cubrir la demanda y exigencias de los consumidores para acceder a mejores precios (Guerra M *et al.* 2008).

Entre los factores bióticos, todas las características discreparon entre los grupos raciales en sus calificaciones ($P>0,05$). Solamente la tolerancia a verruga se calificó como muy importante para el grupo racial doble propósito. Para las características ofertadas como tolerancia a mosca paleta, a tórsalo, a

verrugas y a vermes, fueron calificadas unánimemente como muy importantes en el grado racial DPR (Cuadro 2). La tolerancia al calor se calificó como una oferta muy importante en los tres grupos raciales, en la inquietud sobre efectos de factores abióticos; sin embargo la oferta sobre tolerancia a humedad fue unánime en los grupos raciales CAR y DPR; no así en SIN ($P=0,407$). La tolerancia a alergias por hongos en la piel discrepó entre los grupos raciales CAR y SIN ($P=0,736$). La adaptabilidad de los grupos raciales al ambiente climático cambiante es de preocupación por estos ganaderos, ya que el sistema de alimentación predominante es el pastores, tal como se señalara anteriormente (Guerra M *et al.* 2009b).

Las calificaciones promedio de la importancia de las características (demanda) de las opciones raciales de acuerdo al tamaño de la finca (TAM) se detallan en el Cuadro 3. De las 25 características demandadas de acuerdo al TAM, el 40% se calificaron de muy importante. En el TAM1, las 25 (100%) características demandadas se consideraron unánimemente de muy importante, mientras que en el TAM2 fueron el 60% de las características y en el TAM3 fue el 52%.

En la inquietud desarrollo pre-destete para las características peso al nacimiento y al destete no se detectaron discrepancia en esta demanda con respecto a los tres TAM, las cuales son muy importantes. Para la ganancia diaria de peso, se encontraron discrepancia entre los ganaderos de TAM3 ($P=0,513$). Independiente del TAM, en las tres categorías de TAM se demanda animales de mayores pesos al nacimiento y destete, ya que la mayoría tiene la opción de vender sus productos al destete.

Para las fincas de TAM1, en la inquietud desarrollo post-destete, existe una alta importancia (demanda) en la conversión alimenticia, ganancia diaria de peso post-destete y peso al sacrificio. Este grupo tiene un poco más de tierra y pastizales y pueden complementar su explotación con la ceba de machos. En el TAM2 se detectó discrepancia solamente en conversión alimenticia, pero en TAM3, en las tres características se detectaron discrepancias. Esto se relaciona a la poca capacidad de cebar los machos por limitaciones de tierra. No hubo diferencias significativas ($P>0,05$) en estas tres características con respecto al TAM.

En la inquietud desarrollo de novillas, para las características conversión alimenticia, ganancia diaria de peso y edad al primer parto la alta importancia en la demanda fue unánime ($P=1,000$). Da la impresión que la novilla es la categoría de mayor interés en estas explotaciones como se señaló anteriormente. Similarmente, en la inquietud capacidad de pastoreo y en las características pastoreo diario y sin selectividad la importancia en la demanda fue unánime ($P=1,000$) y debido a que el sistema de alimentación prevaleciente es el pastoreo.

La mortalidad y sus características mortalidad al nacimiento y pre-destete fue unánime en TAM1 y TAM3, no así en TAM2, pero las diferencias no fueron significativas ($P=0,513$). No se ha encontrado una justificación de esta discrepancia, solamente asumir que la mortalidad en este grupo de productores es poco marcada como en las otras dos categorías. En la reproducción, la natalidad es de alta importancia como demanda en los tres estratos de TAM ($P=1,000$).

CUADRO 3. CALIFICACIÓN PROMEDIO DE LA IMPORTANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES RACIALES DE ACUERDO AL TAMAÑO DE LAS FINCAS (DEMANDA).

Inquietud	Características	TAM1	TAM2	TAM3	Valor P<
Desarrollo Pre-destete	Peso nacimiento	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	GDP pre-destete	1,00	1,00	1,17	0,513 ns
	Peso destete	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Desarrollo Post-destete	Conversión alimenticia	1,00	1,17	1,17	0,835 ns
	GDP	1,00	1,00	1,17	0,513 ns
	Peso sacrificio	1,00	1,00	1,17	0,513 ns
Desarrollo de novillas	Conversión alimenticia	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	GDP	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	EPP	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Capacidad de pastoreo	Pastoreo diario	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	Sin selectividad	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
Mortalidad	Nacimiento	1,00	1,17	1,00	0,513 ns
	Pre - destete	1,00	1,17	1,00	0,513 ns
Reproducción	Natalidad	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	IEP	1,00	1,17	1,00	0,513 ns
	Respiración sincronizada	1,00	1,17	1,17	0,835 ns
Venta/Mercado	Buen precio	1,00	1,17	1,17	0,835 ns
	Hay demanda	1,00	1,17	1,17	0,835 ns
	Buena musculatura	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	Precocidad	1,00	1,00	1,17	0,513 ns
Efecto de Factores bióticos	Tolerancia garrapatas	1,00	1,83	1,50	0,268 ns
	Tolerancia mosca	1,00	1,83	1,33	0,648 ns
	Tolerancia tórsalo	1,00	1,83	1,50	0,268 ns
	Tolerancia a las verrugas	1,00	1,17	1,17	0,835 ns
	Tolerancia vermes	1,00	1,50	1,50	0,529 ns
Factores abióticos	Tolerancia calor	1,00	1,00	1,00	1,000 ns
	Tolerancia a la humedad	1,00	1,00	1,17	0,513 ns
	Tolerancia alergias	1,00	1,17	1,17	0,835 ns

Nota: ns = no significativo.

GDP = Ganancia diaria de peso; EPP = edad al primer parto; IEP = intervalo entre partos.
 Valor de P relacionada con la prueba de ANOVA de Kruskal-Wallis para las calificaciones.

En el intervalo entre partos no hubo discrepancia dentro de los ganaderos de TAM1 y TAM3, pero sí dentro de TAM2. Pareciera que este grupo, aun no relaciona la importancia en demandar animales con intervalos cortos, lo cual se relaciona con mejorar significativamente la natalidad. Animales con una buena musculatura (conformación), en la inquietud venta/mercado, es coincidente como demanda en los tres grupos de TAM. Pero para las demandas de buenos precios, existencia de demanda del producto y la precocidad si se encontraron discrepancias, aunque no significativas ($P>0,05$).

No hay unanimidad en la importancia en la demanda de la inquietud de efecto de factores bióticos para las características mostradas en el Cuadro 3. Los ganaderos con grandes fincas (TAM1) estuvieron de acuerdo en que las cinco características allí señaladas son de alta importancia en la demanda. Lograr animales de alta tolerancia a los factores bióticos implicaría mejorar la respuesta animal y reducir el costo de producción.

Con respecto a los efectos de los factores abióticos, la tolerancia al calor para reducir el estrés calórico y mejorar la respuesta animal es de unánime importancia en la demanda en los tres estratos de TAM ($P=1,000$). Para tolerancia a la humedad, la alta importancia a esta

demanda fue detectada dentro de TAM3 y TAM2, no así para TAM1. La tolerancia a alergias es solamente importante para los ganaderos del estrato TAM1. Sin embargo, la discrepancia en tolerancia a humedad y alergias no fue significativa entre TAM ($P>0,05$).

CONCLUSIONES

- Agrupar por edad, grupo racial y tamaño de la finca marcó diferencias en la demanda y oferta de características para las opciones raciales bovinas.
- Ganaderos agrupados en la categoría de Maduro-Mayor por su experiencia, mostraron mayor unanimidad en la demanda y oferta de características para las opciones raciales bovinas.
- Tomando en cuenta el grupo racial, la oferta de características para las opciones raciales apenas cubrió un tercio de lo que demandan los ganaderos de ASOPEGA. El grupo racial DPR llegó a cubrir la mayor parte de la demanda de las características estudiadas.
- Considerando el tamaño de la finca, aquellas con 26 a 50 ha fueron las que mayormente coincidieron en la importancia de las características demandadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Albernathy, WJ; Utterback, JM. 1978. Patterns of industrial innovation. *Technology Review*. June-July:40-47.
- ANAGAN (Asociación Nacional de Ganaderos de Panamá). 2010. La economía de la ganadería de leche. Suplemento "Día del Ganadero 2010". p. 22-28.
- Anandajayasekeram, P. 1996. Farming system research: concepts, procedures and challenges. Keynotes paper presented at the Fourth Regional Conference of SAA-FSR. Zimbabwe, 2 to 4 october, 1996.
- Bellon, MR. 2002. Métodos de investigación participativa para evaluar tecnologías: Manual para científicos que trabajan con agricultores. México DF, México CIMMYT. 106 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo, MX). 1993. La adopción de tecnologías: Guía para el diseño de encuestas. Programa de Economía del CIMMYT. 95 p.
- Christensen, CM. 1997. The innovator's dilemma. When new technologies causes great firms to fail (en línea). Boston. MS. Harvard Bussiness School Press. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en <https://www.soloway.pbworks.com/w/file/etch/46695705/theinnovatorsdilema.pdf>
- Christensen, CM. 2000. The evolution of innovation (en línea). New York, NY. CRC Press LLC. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en <https://www.eeec.ufg.br/~lgueden/moodle/get/2.pdf>
- Christensen, CM. 2003. The innovator's solution. Boston, MS. Harvard Bussiness School Press.
- Daniel, WW. 1978. Applied nonparametric statistics. Boston, Massachusetts. Houghton Mifflin.
- Guerra M, P; De Gracia G, MS. 1992. Comportamiento reproductivo de tres grupos raciales en sistemas doble propósito de Panamá. *Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas* 42:23-31.

- Guerra M, P. 2001. Registros para hatos de cría y cálculo de características de interés económico. Panamá. IDIAP. Folleto Técnico. 8 p.
- Guerra M, P. 2015. Situación actual de la ganadería de carne y las perspectivas futuras para el mejoramiento integral. Generalidades y situación actual de la ganadería en Panamá. *In* La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal. Editores: R. Núñez Domínguez, R. Ramírez Valverde, S. Fernández Rivera, O. Araujo Febres, M. García Winder, TE. Díaz Muñoz. Guadalajara, Jalisco. México. Printing Arts Mexico, S de RL de CV. p. 426-431.
- Guerra M, P; Quiel B, RA; Chacón, O; Rodríguez, JL; Castillo, A. 2008. Exigencias, preferencias y limitaciones de los consumidores de carne bovina en Panamá. *Ciencia Agropecuaria* no. 20:58-79.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; Caballero C, S; González M, RA; Carreño, LA; Ibarra G, O; Guerra, O. 2009a. Aprovechamiento de la diversidad genética en los sistemas de cruzamiento terminal de dos y tres razas en un sistema vaca-ternero de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 30 p.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; De León G, RH; González M, RA; Barrios, J. 2009b. Tolerancia térmica de novillas y novillos en pastoreo a las condiciones ambientales del trópico húmedo del sistema de cría y ceba. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 17 p.
- Guerra M, P; Quiel B, RA; Vargas, AA. 2010. Cruzamiento entre *Bos taurus* x *Bos indicus* para la producción de carne. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 12 p.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; González M, RA; Caballero C, S. 2012a. Métodos simples de cruzamiento inter-racial para pequeñas y medianas fincas del sistema vaca-ternero y doble propósito bovino de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 20 p.

- Guerra M, P; Bernal, JL; Carreño, LA. 2012b. Desarrollo y selección de novillas de reemplazo del sistema vaca-ternero de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 24 p.
- Guerra M, P; Ono, T; Chacón P, O; Quiel B, RA; De Gracia, MM; González M, RA; Bernal R, JL. 2012c. Características cárnicas de la canal de animales Brahman, Criollos y sus cruzados de acuerdo al sistema de alimentación. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 24 p.
- Guerra M, P; Ono, T; Chacón P, O; Quiel B, RA; González, R; Bernal, JL. 2012d. Características de la canal y la carne bovina de acuerdo al grupo racial y sistema de ceba en pastoreo. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 8 p.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; Caballero C, S; González M, RA; De León G, RH; Carreño, LA; Ibarra G, O; Guerra, O; Ríos, R. 2013. Evaluación de germoplasma bovino *Bos taurus* en cruzamiento con *Bos indicus* en un Sistema Vaca-Ternero de Panamá. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico. 23 p.
- Guerra-Martínez, P; Quiel-Batista, RA; Martínez-Delgado, CI; De Gracia-Victoria, MM; Ibarra-Guerra, O; Quintero-Jiménez J, SE. 2017. Opciones raciales bovinas y sus criterios de evaluación por los ganaderos de ASOPEGA, Gualaca - Panamá. Ciencia Agropecuaria no.26: En prensa.
- Hildebrand, PE; Bastidas, EP. 2000. Enfocando la difusión de tecnologías a partir de la investigación coordinada a nivel de fincas. IFAS. Universidad de Gainesville, Florida. 32611-0282. 6 p.
- INEC-CGR (Instituto Nacional de Estadística y Censo – Contraloría General de la República de Panamá). 2015a. Panamá en cifras. Años 2003 a 2013. Dirección de Estadística y Censo.
- INEC-CGR (Instituto Nacional de Estadística y Censo – Contraloría General de la República de Panamá). 2015b. VII Censo Nacional Agropecuario. Resultados Finales Básicos, 2011. Volumen VI. Características de la Actividad Pecuaria (en línea). Consultado

- 21 jun. 2016. Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Default.aspx>.
- INEC-CGR (Instituto Nacional de Estadística y Censo – Contraloría General de la República de Panamá). 2015c. Programa Anual de Estadística Agropecuaria. Publicaciones. Situación Económica. Producción Pecuaria. Situación Pecuaria: año 2013 (en línea). Consultado 21 jun. 2016. Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones>.
- Ott, L. 1988. An introduction to statistical and data analysis. 3rd Edition. Boston. USA. PWS-KENT Publishing Company.
- Pedroza, H. 2007. Enfoque integrado de investigación y extensión en sistemas agropecuarios. Enfoque IESA. IICA-INTA. Managua, Nicaragua. 136 p.
- Steel, RGD; Torrie, JH. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd Edition. New York. USA. McGraw-Hill Book Company.

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE COQUILLO (*Jatropha curcas* L.) EN PANAMÁ¹

Jaime Espinosa-Tasón²; Luis Barahona-Amores³

RESUMEN

Se estudió la viabilidad económica de la producción de coquillo como fuente de aceite vegetal para la producción de biodiesel. Los datos del costo de establecimiento, el manejo agronómico y la producción de tres parcelas de 0,5 ha, se registraron durante el período 2013 – 2015. Para el análisis se establecieron tres escenarios de producción en base al rendimiento estimado para un periodo de 11 años. Se calcularon los flujos netos de efectivo anual y se transformaron a un valor presente. Se calculó el valor presente neto, la tasa interna de retorno, el período de recuperación y la relación beneficio-costo. El estudio demostró un escenario tendencial con rendimiento positivo de la inversión en la plantación de coquillo. La inversión en la plantación mostró un período de recuperación de cinco años bajo el escenario tendencial. Después de haber recuperado la inversión inicial, se obtuvo un valor presente neto de B/.1503,00 ha⁻¹ que superó el factor de actualización. La tasa interna de retorno indicó que la inversión es económicamente rentable y la relación beneficio-costo resultante fue de B/.1,30.

PALABRAS CLAVES: Semilla de *Jatropha*, biocombustible, costo, manejo agronómico, viabilidad económica.

¹Recepción: 5 de octubre de 2016. Aceptación: 29 de marzo de 2017. Investigación financiada por el proyecto: PANAMÁ GREEN FUEL S.A. (PGF). Convenio: IDIAP – MIDA – PGF.

²M.Sc. en Socioeconomía Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA).
e-mail: j.espinosa.idiap@gmail.com

³Ing. en Fitotecnia. IDIAP. CIAA. e-mail: alberline@gmail.com

ECONOMIC FEASIBILITY OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF PHYSIC NUT (*Jatropha curcas* L.) IN PANAMA

ABSTRACT

The economic viability of the production of physic nut tree as a source of vegetable oil for biodiesel production was investigated. The data of the cost of establishment, the agronomic management, and the production of three plots of 0,5 hectares, were recorded during the period 2013 - 2015. For the analysis, three production scenarios were established based on the estimated yields for a period of 11 years. Annual net cash flow was calculated and converted to a present value. From the net cash flow, were calculated the net present value, the internal rate of return, payback period, and the benefit-cost ratio. The study has shown for the baseline scenario, positive returns on investment in planting physic nut tree. The investment in the plantation showed a recovery period of five years under the baseline scenario. Having recovered the initial investment, a net present value of B/.1503,00 ha⁻¹ that exceeded the discount factor was obtained. The internal rate of return showed the investment is economically profitable and the benefit-cost ratio result was B/.1,30.

KEY WORDS: Seed of *Jatropha*, biofuel, cost, agronomic management, economic viability.

INTRODUCCIÓN

La seguridad energética, el control de las emisiones de gases de efecto invernadero y la generalizada preocupación por el medio ambiente, han confirmado la necesidad de incursionar en la búsqueda de biocombustibles como una fuente alternativa a los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón). En Panamá se cuenta con un marco legal, "Ley 42 del 20 de abril de 2011", que establece los lineamientos para la política

nacional sobre biocombustibles y energía eléctrica a partir de biomasa en el territorio nacional. Mediante esta ley, se autoriza el uso de biodiesel como carburante y como aditivo en mezcla con el diésel.

Según proyecciones de la OECD-FAO (2016), se espera que para el año 2025 la producción mundial de biodiesel llegue a los 41,4 billones de litros, lo que correspondería a un incremento del 33% con respecto al nivel de 2015. Se espera

que la Unión Europea sea el mayor productor de biodiesel, otros países importantes son Estados Unidos, Brasil, Argentina e Indonesia. Será la política en lugar de las fuerzas del mercado la que seguirá influyendo en los patrones de producción en casi todos los países.

El biodiesel como un combustible renovable más limpio, se ha considerado como el mejor para la sustitución del combustible diésel debido a que se utiliza en cualquier motor de encendido por compresión sin ninguna modificación. Las principales ventajas del uso de biodiesel, son su renovabilidad y mejor calidad de las emisiones de gases de escape (Ong *et al.* 2011). En la industria del biodiesel es reconocido que el aceite crudo de coquillo produce biodiesel de muy alta calidad. El coquillo (*Jatropha curcas* L.) es una especie de planta suculenta que pertenece a la familia Euphorbiaceae, es autóctona de América tropical, en Panamá ha sido utilizada principalmente como cerca viva en fincas para la división de potreros.

Como cultivo para biodiesel, el coquillo tiene la ventaja de crecer en tierras marginales menos adecuadas para el cultivo de especies para la alimentación humana. Además, las fuentes de aceite comestible como la palma aceitera no son una materia prima ideal para la producción de biodiesel por estar en

competencia con los alimentos. El aceite de coquillo es una fuente de energía renovable no convencional, de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para diésel, keroseno y otros combustibles. El sistema básico de biodiesel de jatrofa consume ocho veces menos energía no renovable que el diésel convencional y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en un 51% (Almeida *et al.* 2011).

En Panamá es escasa la información que existe sobre el costo y rentabilidad de este cultivo para biodiesel. Por ser un cultivo exigente en mano de obra durante la cosecha, el salario del jornal es un factor determinante en la estructura final del costo de producción y la rentabilidad. Para el caso del cultivo a gran escala, existen diversas cosechadoras, la mayoría han sido adaptaciones de cosechadoras de café y bayas, así como máquinas de la industria de la oliva y la almendra que sacuden el tronco de los arbustos y recolectan los frutos del suelo. Sin embargo, aún se continúa investigando para la mecanización del coquillo.

Un estudio de factibilidad para la producción nacional de biocombustibles en Panamá, realizado por INTRACORP (2007), determinó para el caso del coquillo que el alto requerimiento de jornales por hectárea aunado al costo de mano de

obra en Panamá, dificulta el desarrollo competitivo del cultivo. Sin embargo, estas consideraciones pueden ser validas desde el enfoque de factibilidad a gran escala, sin considerar la posibilidad de mecanización de la cosecha. Para el caso de pequeños productores y asociaciones, generalmente la mano de obra es un aporte importante del productor y su familia, tal ha sido el caso en África, India y Asia, donde el cultivo de jatrofa ha representado una oportunidad de nuevas fuentes de ingresos, aprovechando también los subproductos una vez extraído el aceite.

El presente trabajo de investigación, tuvo por objetivo determinar el costo de establecimiento y mantenimiento anual de una plantación de coquillo y su nivel de rentabilidad para la producción de semillas como materia prima para la fabricación de biodiesel.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos localidades, una ubicada en la Estación Experimental de El Ejido, corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos, del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), localizada entre los 7°54'42" de latitud Norte y 80°22'09" longitud Oeste, a 25 msnm, con un suelo Alfisol (Jaramillo 1991) y una zona de vida clasificada como Bosque Seco

Premontano; la otra localidad fue Divisa, específicamente en el Instituto Nacional de Agricultura, en la localidad de Corita, provincia de Veraguas, localizada entre los 8°09'39" latitud Norte y los 80°43'32" longitud Oeste, a unos 17 msnm, con un suelo Entisol y una zona de vida clasificada como Bosque Húmedo Premontano (Holdridge 1978).

Para el análisis económico del cultivo de coquillo, se registró el costo de establecimiento y producción de tres parcelas de 0,5 ha, durante el período 2013-2015. Los parámetros de evaluación recopilados se presentan en el Cuadro 1.

Las parcelas se ubicaron dentro de los parámetros climáticos apropiados para el cultivo definidos por Barrance *et al.* 2003 (Figura 1). El material de siembra utilizado fue semilla botánica (vía sexual o gámica) de la empresa de biotecnología QUINVITA, dedicada al mejoramiento genético de jatrofa, se usó el cultivar comercial QVP 1010, el cual es utilizado en la India y en África (Hawkins y Chen 2015). La densidad de siembra fue de 625 plantas ha⁻¹, con un marco de siembra de 4 m x 4 m, se fertilizó a razón de 53 kg ha⁻¹ de N, 15 kg ha⁻¹ de P, y 30 kg ha⁻¹ de K.

CUADRO 1. PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE COQUILLO.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	REGISTRO
Numero de plantas	Número total de plantas en la parcela (espaciado 4 x 4 m)	Una vez establecida la parcela
Costo de mano de obra	Costo de jornal por día	Una vez por temporada (año)
Jornales para la siembra	Número de días-hombre necesario para la siembra completa	Una sola vez al establecimiento
Costo del fertilizante	Costo del fertilizante por kg	Una vez por temporada
Fecha de fertilización	Fechas de la fertilización	Dos veces por temporada
Jornales para la fertilización	Número de jornales necesario para la aplicación de fertilizantes	Dos veces por temporada
Plaguicidas	Nombre y cantidad aplicada de plaguicida en el mes en curso y fecha de aplicación	Mensual
Jornales para plaguicidas	Número de jornales requeridos para aplicación de plaguicidas en el mes	Mensual
Desmalezado	Número y fechas del desmalezado	Mensual
Jornales para desmalezado	Número de jornales requeridos para el desmalezado en el mes en curso	Mensual
Cosecha	Cantidad de granos cosechados en el mes en curso (kg)	Mensual
Jornales para la cosecha	Número de jornales requeridos para cosechar en el mes en curso	Mensual
Jornales para decortado	Número de jornales necesario para la decorticación de frutas después de la cosecha	Mensual

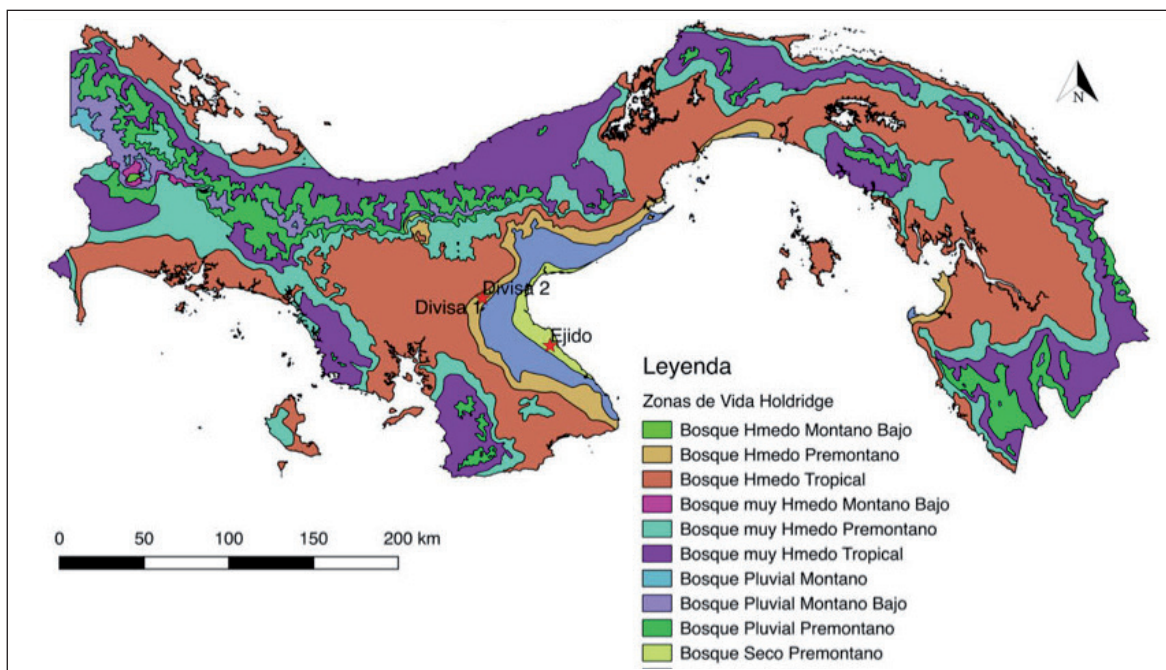


Figura 1. Ubicación de las parcelas del estudio según zona de vida (Holdridge 1978).

Supuestos para los escenarios de rendimiento

El rendimiento por hectárea varía según el potencial productivo del material de siembra, la densidad poblacional, el manejo nutricional, así como del uso o no de sistemas de irrigación. A partir del primer año, la producción va en aumento cada año, estabilizándose en el quinto año. Una plantación puede continuar durante 25 años produciendo frutos de buena calidad (Wahl *et al.* 2009, Kishor *et al.* 2011).

Debido a que las plantaciones del estudio son nuevas, y solo se cuenta con los datos de producción registrados para los tres primeros años del cultivo, se asumió para un escenario tendencial

que a partir del quinto año se alcanza un techo de producción de $3 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, este valor es conservador, considerando que la empresa QUINVITA en sus pruebas de accesiones en secano, a una densidad de $1110 \text{ plantas ha}^{-1}$, reportó un rendimiento promedio en semilla seca de $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Cuadro 2). El mejor resultado reportado en sus pruebas de cultivares ha sido un rendimiento en semilla seca de $7,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Hawkins y Chen 2015).

Con el rendimiento registrado de los tres primeros años (Cuadro 3) y los techos de producción considerados, se estimó la producción del cuarto año, simulando el crecimiento sigmoide con un pico asintótico en el crecimiento después del quinto año (Cuadro 4), basado en

la investigación de Wahl *et al.* (2009). Este comportamiento de crecimiento de la producción, es similar al obtenido por Trabucco *et al.* (2010) mediante un análisis de regresión a partir de cronosecuencias del rendimiento y la edad de las plantas de coquillo para estimar el rendimiento a la madurez.

Precios de venta de las semillas de coquillo

El retorno previsto de la inversión, para un período de 30 años, dependerá de los precios mundiales del diésel y biodiésel. Debido a que los precios no pueden ser garantizados y cualquier cambio futuro

(incrementos o disminuciones) afectaría el retorno, para el análisis asumimos que las demás variables se mantendrán constantes o sin cambio (*Ceteris paribus*), sin alterar el comportamiento futuro esperado de los precios del diésel y el biodiésel.

Para el análisis se utilizó el pronóstico de la OECD-FAO (2016) de los precios reales mundiales de semillas oleaginosas* elaborados a partir de series históricas (1995-2015) del precio medio ponderado pagado al productor en los mercados internacionales como Estados Unidos y la Unión Europea.

CUADRO 2. ESCENARIOS DEL TECHO DE PRODUCCIÓN DEL COQUILLO A PARTIR DEL QUINTO AÑO.

	Pesimista	Tendencial	Optimista
*t ha ⁻¹	1,5	3	4,5

* Semillas secas a 8% de humedad

CUADRO 3. RENDIMIENTO MEDIO OBTENIDO EN PARCELAS.

Rendimiento de semillas*	Año 1 2013	Año 2 2014	Año 3 2015
t ha ⁻¹	0,1	0,8	1,2

* secadas a 8% de humedad

CUADRO 4. INCREMENTO RELATIVO HASTA QUE SE ALCANZA EL RENDIMIENTO

Año	1	2	3	4	5
% de Rendimiento máximo	0	0	40	70	100

* Incluye semillas de palma aceitera, soya, girasol y colza

Análisis de la viabilidad económica

Para el análisis se omitió los posibles efectos externos positivos, servicios ecosistémicos, tales como el control de la erosión del suelo y la captura de CO₂. Actualmente, en Panamá se carece de certificados de créditos de impuestos o subsidios por la producción de energía renovable, por lo que fueron excluidos del análisis.

Se calculó el costo y beneficio por año para un período de 11 años de vida de las plantaciones. Para la evaluación se calculó el flujo neto de efectivo anual (FNE) y se transformó a un valor presente o valor actual. Para ello, se utilizó una tasa anual del 10% de descuento.

A partir de los FNE se calcularon los siguientes criterios de evaluación económica: Valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), el punto de equilibrio o período de recuperación, y la relación beneficio-costos (B/C). Estos criterios se utilizaron como indicadores de la viabilidad económica del proyecto (Baca 2010, Sapag 2011).

Valor presente neto (VPN): Mide la rentabilidad después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor presente de todos los flujos futuros, proyectados a partir del primer período

de operación, y le resta la inversión inicial expresada en el momento cero. Según Baca (2010), es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Los criterios de evaluación son: si $VPN \geq 0$, se acepta la inversión; si $VPN < 0$, se rechaza. La ecuación para calcular el VPN para el período en evaluación es:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

donde, $FNE_1, FNE_2 \dots FNE_n$ = flujo neto de efectivo anual (ingresos - egresos)

P = inversión inicial (corresponde al costo de establecimiento)

i = tasa de descuento anual de 10%

n = período de 11 años

Tasa interna de retorno (TIR): Mide la rentabilidad como porcentaje. Es la máxima tasa exigible, aquella que hace que el VPN sea cero, es decir, la tasa de interés que iguala los ingresos totales actualizados con el costo total actualizado.

Período de recuperación de la inversión (PRI): Es el período requerido para que los beneficios netos acumulados igualen a la inversión original. Establece la rapidez en tiempo con la que los beneficios son generados a través del proyecto.

Relación beneficio-costo (B/C):

Compara el valor actual de los beneficios proyectados con el valor actual del costo, incluida la inversión. Para que un proyecto sea económicamente factible, el producto de esta división debe ser igual o mayor que 1. Si el B/C de un proyecto es 1,5 esto significa que por cada balboa que se invierte el retorno (ganancia) es de 50¢.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Costo de establecimiento, mantenimiento y cosecha**

El costo de establecimiento (Cuadro 5) de una hectárea de coquillo resultó en B/.1235,20, este costo fue menor al reportado por Loaiza *et al.* (2012) en estudios realizados en Costa Rica, donde se estimó el costo de establecimiento en B/.2118,00. La diferencia es que en Costa Rica el manejo de poda fue intensivo desde el establecimiento, incrementando el uso de mano de obra; el costo del jornal fue similar de unos B/.15,00 la jornada de 8 horas.

Debido a la poca producción de frutos durante el primer año, la mano de obra requerida para la cosecha-poscosecha es mínima, sin embargo, en

el tercer año de producción su peso fue 45% del costo total y a partir del quinto año la cosecha-poscosecha representó el 67% del costo total (Figura 2).

Este resultado es similar al de otras experiencias y a la información sobre los componentes del costo de producción comercial de biodiesel de jatrofa, en donde el componente de mano de obra para el deshierbe ocupa gran parte del costo involucrado, comprendiendo más del 25% del costo total de establecimiento (Ofori y Lee 2011, Kishor *et al.* 2011, Nevase *et al.* 2012).

A partir del segundo año, el costo de mantenimiento anual de una hectárea resultó en B/.404,50, principalmente para cubrir el control de malezas y la fertilización en la plantación (Cuadro 6). Comparativamente Loaiza *et al.* (2012), obtuvieron un costo de mantenimiento mayor, debido a que el manejo de la plantación incluyó la poda bianual. Para el caso del presente trabajo, se realizó una poda apical en vivero dos días antes del trasplante a campo, para promover la ramificación y estructura arbustiva de la planta.

CUADRO 5. COSTO DE ESTABLECIMIENTO DE 1 ha DE COQUILLO.

DETALLE	UNIDAD	COEFICIENTE TÉCNICO	COSTO UNITARIO (B/.)	COSTO TOTAL (B/.)
ENCAMADO PARA VIVERO (6 camas: largo 10 m, ancho 1 m)				
Semillas	kg	1	15,00	15,00
Arado	hora	0,3	45,00	13,50
Fertilizantes	45 kg	1,2	31,00	37,20
Carbaryl para hormigas (<i>Atta</i> sp.)	kg	0,5	10,00	5,00
Insecticida	L	1	35,00	35,00
Mano de obra	jornal	12	15,00	180,00
Subtotal				285,70
PREPARACIÓN DEL SUELO				
Arado	hora	3	45,00	135,00
Glifosato	L	6	3,75	22,50
Fumigación por tractor	hora	1	45,00	45,00
Subtotal				202,50
TRANSPLANTE				
Fertilizantes	45 kg	4,5	31,00	139,50
Mano de obra	jornal	15	15,00	225,00
Subtotal				364,50
FASE VEGETATIVA				
Carbaryl para hormigas (<i>Atta</i> sp.)	kg	1	10,00	10,00
Subtotal				10,00
FASE REPRODUCTIVA				
Desyerbe entre hileras	jornal	6	15,00	90,00
Desyerbe en ronda	jornal	5	15,00	75,00
Glifosato	L	6	3,75	22,50
fumigación de herbicida	jornal	5	20,00	100,00
Insecticida-Acaricida	L	1	45,00	45,00
Fumigación de insecticida	jornal	2	20,00	40,00
Subtotal				372,50
COSTO DE ESTABLECIMIENTO				
TOTAL				1235,20
FASE COSECHA-POSCOSECHA				
Cosecha	jornal	1	15,00	15,00
Descascarado y secado	jornal	1	15,00	15,00
Total				30,00

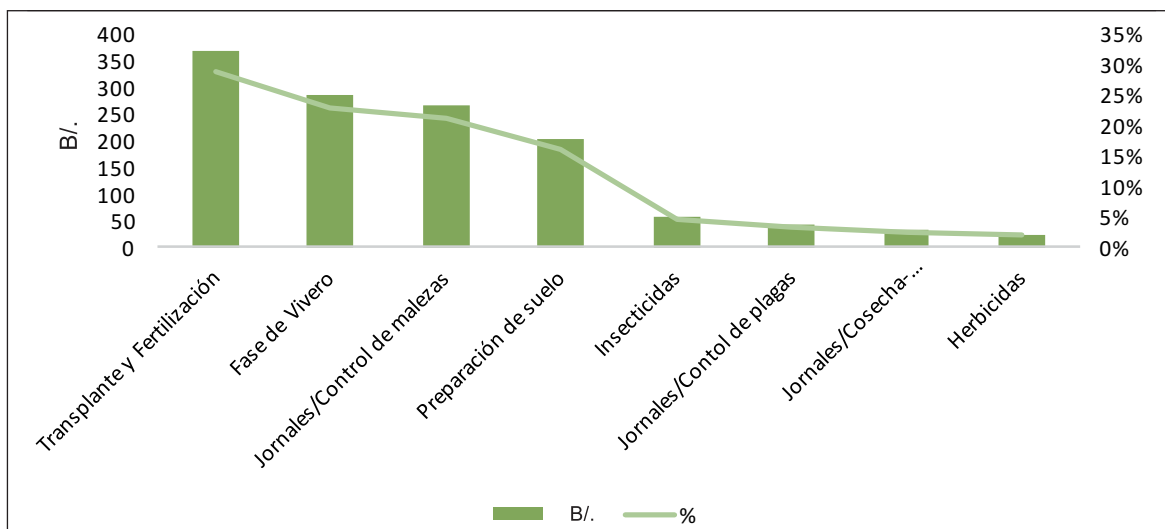


Figura 2. Componentes del costo de establecimiento de 1 ha de coquillo.

CUADRO 6. COSTO DE MANTENIMIENTO DE 1 ha DE COQUILLO.

DETALLE	UNIDAD	COEFICIENTE TÉCNICO	COSTO UNITARIO (B/.)	COSTO TOTAL (B/.)
MANTENIMIENTO				
Desyerbe	jornal	5	15,00	75,00
Glifosato	L	6	3,75	22,50
Fumigación de herbicida	jornal	5	20,00	100,00
Fertilizantes	45 kg	2	31,00	62,00
Mano de obra	jornal	4	15,00	60,00
Insecticida-Acaricida	L	1	45,00	45,00
Fumigación de insecticida	jornal	2	20,00	40,00
Total				404,50

Según QUINVITA (2013), al realizarse la poda apical antes del trasplante, evita la necesidad del manejo de poda en el cultivo, el cual tiene principalmente el propósito de desarrollar un mayor número de ramas, además de dar una mejor estructura al árbol, sin embargo, los ensayos sobre poda realizados por QUINVITA han demostrado que no existe diferencia en el número de

ramas por árbol, por lo que es innecesaria una poda agresiva del cultivo (OFI 2013).

La cantidad de jornales requeridos durante la fase de cosecha en el escenario tendencial, es incremental a medida que el proyecto avanza en el tiempo, a partir del quinto año se estabiliza en su máximo la producción y la cantidad de jornales requeridos para la cosecha se asume estable (Cuadro 7).

CUADRO 7. CANTIDAD DE JORNALES NECESARIOS PARA LA COSECHA, DECORTICACIÓN Y SECADO.

Jornales	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cosecha	1	5	14	25	36
Descascarado y Secado	0,4	3	7	13	18
Total	1,1	8	22	38	54

La cosecha, descascarado y secado de las semillas constituye uno de los principales componentes del costo de producción por ser una actividad que requiere una intensiva mano de obra. Wiskerke (2008) calculó que la cosecha, descascarado y secado de las semillas consumía el 80% del tiempo total para la producción de semillas. Otros componentes del costo de producción fueron el desyerbe (12%) y el abonamiento (4%).

Rendimiento de semillas secas

Una predicción precisa de la cantidad de semillas que los agricultores van a cosechar en su localidad específica con determinadas condiciones de clima y suelo es necesaria para su decisión de inversión. El rendimiento estimado para los tres escenarios se muestra en la Figura 3.

Según Trabucco *et al.* (2010), la estimación de la productividad de jatrofa para las condiciones climáticas actuales (años: 1950-2000) en promedio para las regiones tropicales nativas está entre 2,5 t ha⁻¹ año⁻¹ y 3,5 t ha⁻¹ año⁻¹ de semilla

seca, la misma es correspondiente con el escenario tendencial de este estudio. En León, Nicaragua, Foidl *et al.* (1996) registraron un rendimiento de 2,5 t ha⁻¹ de semilla seca en plantaciones de cuatro años de edad, el rendimiento proyectado a la madurez fue de 2,75 t ha⁻¹ año⁻¹ de semilla seca.

Análisis de la viabilidad económica

Los flujos netos de efectivo anual para una hectárea de coquillo, para el escenario optimista y tendencial, a partir del tercer año son positivos, se incrementó hasta alcanzar beneficios netos anuales por encima de B/.1300,00 y B/.700,00, respectivamente (Figura 4). Para el caso del escenario pesimista, los FNE son positivos a partir del quinto año.

En los años iniciales es común que los beneficios resulten negativos (Cuadro 8). Sin embargo, conforme al proyecto avanza y se alcanzan los objetivos, el costo cae de manera sustancial y el beneficio se incrementa de manera gradual hasta que se revierte la tendencia (Wahl *et al.* 2009, Kishor *et al.* 2011, Nevase *et al.* 2012).

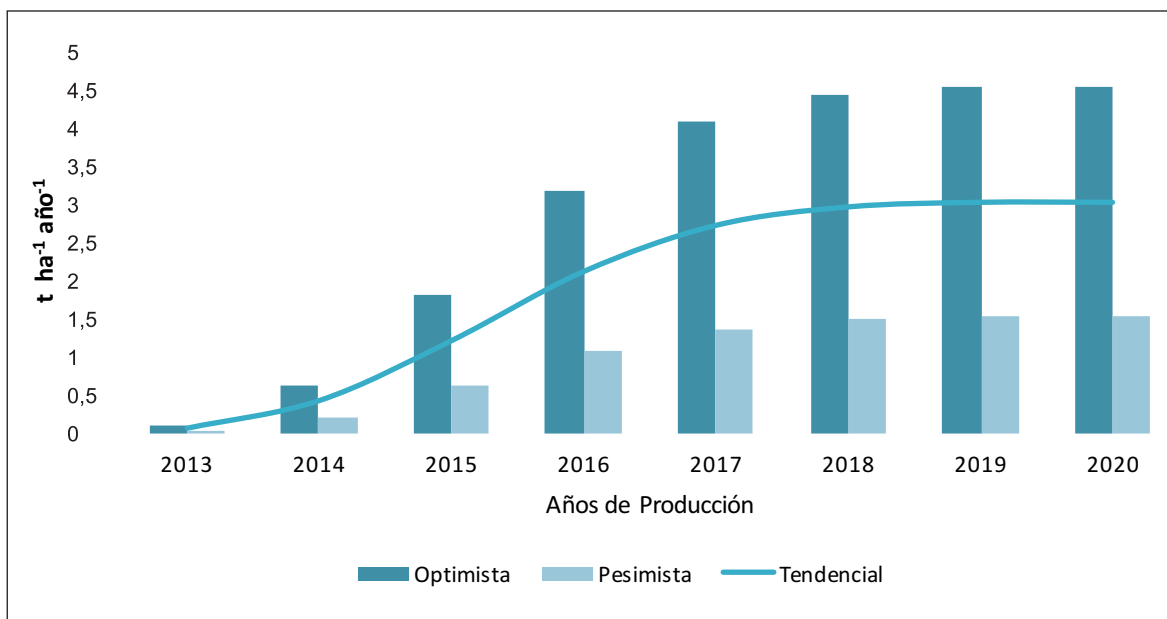


Figura 3. Rendimiento del coquillo bajo tres escenarios.

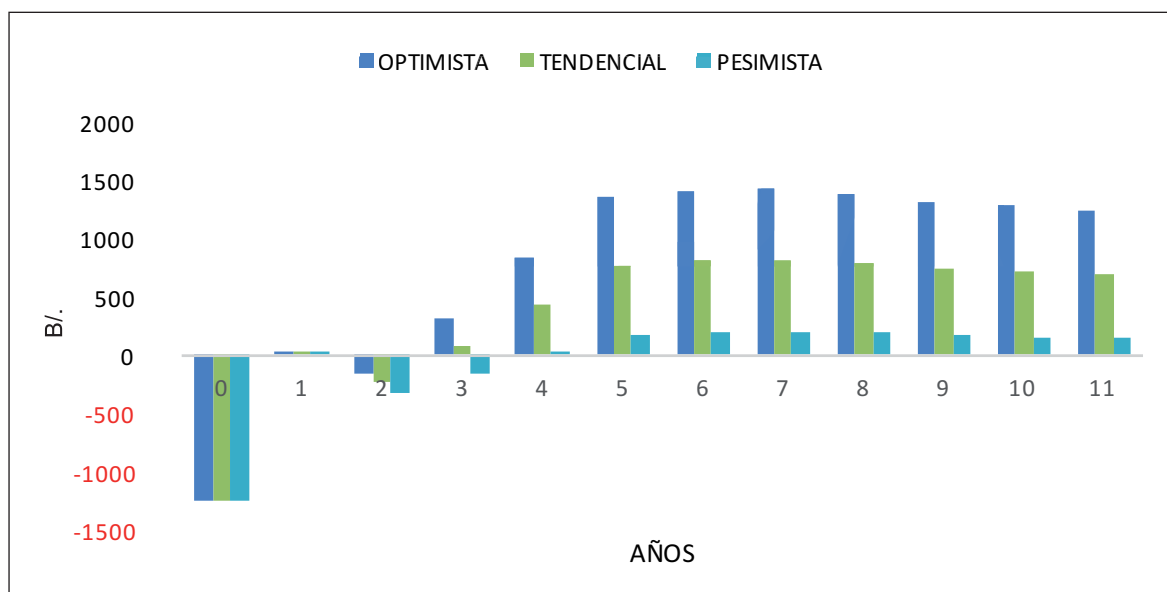


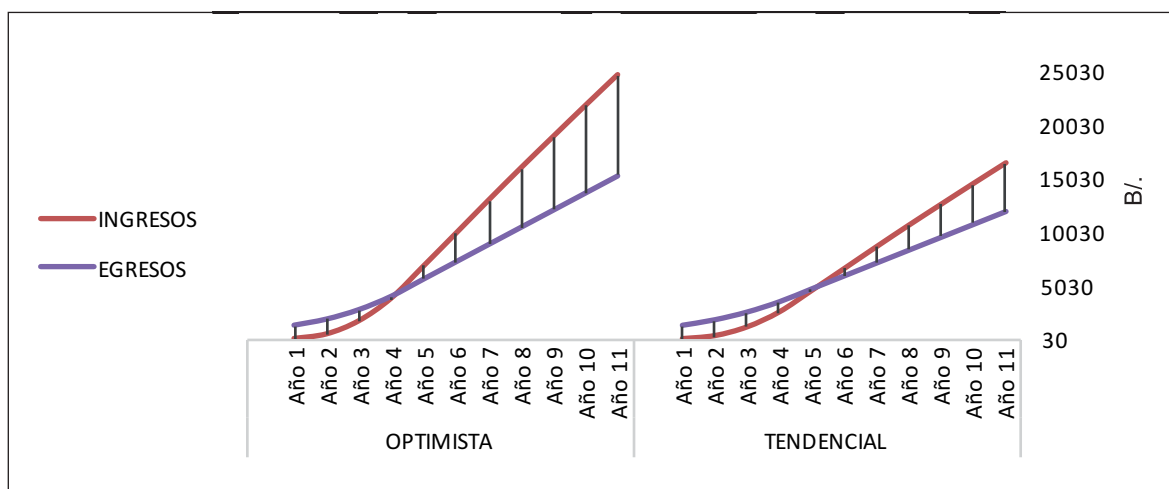
Figura 4. Flujos netos de efectivo anual.

El período de recuperación de la inversión inicial o el punto de equilibrio, para el escenario optimista resultó a partir del cuarto año y para el escenario

tendencial resultó a partir del quinto año (Figura 5). Resultados iguales al escenario tendencial de este estudio obtuvieron Kishor *et al.* (2011).

CUADRO 8. FLUJO NETO DE EFECTIVO ESTIMADO SEGÚN CADA ESCENARIO DE PRODUCCIÓN.

Optimista		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
t ha ⁻¹		0,09	0,63	1,80	3,15	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Precio (B/.t ⁻¹)		640,77	668,77	677,03	665,18	664,18	674,25	678,80	666,28	649,82	645,10	636,34
Ingresos	1235,20	57,67	421,33	1218,66	2095,30	2988,80	3034,11	3054,62	2998,25	2924,19	2902,94	2863,52
Egresos	1235,20	24,30	574,60	890,50	1255,00	1619,50	1619,50	1619,50	1619,50	1619,50	1619,50	1619,50
Flujo Neto		33,37	153,27	328,16	840,30	1369,30	1414,61	1435,12	1378,75	1304,69	1283,44	1244,02
Tendencial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
t ha ⁻¹		0,06	0,42	1,20	2,10	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Precio (B/.t ⁻¹)		640,77	668,77	677,03	665,18	664,18	674,25	678,80	666,28	649,82	645,10	636,34
Ingresos		38,45	280,88	812,44	1396,87	1992,53	2022,74	2036,41	1998,83	1949,46	1935,30	1909,01
Egresos	1235,20	16,20	517,90	728,50	971,50	1214,50	1214,50	1214,50	1214,50	1214,50	1214,50	1214,50
Flujo Neto	1235,20	22,25	237,02	83,94	425,37	778,03	808,24	821,91	784,33	734,96	720,80	694,51
Pesimista	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
t ha ⁻¹		0,03	0,21	0,60	1,05	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Precio (B/.t ⁻¹)		640,77	668,77	677,03	665,18	664,18	674,25	678,80	666,28	649,82	645,10	636,34
Ingresos		19,22	140,44	406,22	698,43	996,27	1011,37	1018,21	999,42	974,73	967,65	954,51
Egresos	1235,20	8,10	461,20	566,50	688,00	809,50	809,50	809,50	809,50	809,50	809,50	809,50
Flujo Neto	1235,20	11,12	320,76	160,28	10,43	186,77	201,87	208,71	189,92	165,23	158,15	145,01

**Figura 5. Beneficios netos acumulados.**

El escenario pesimista nos indica que bajo condiciones de bajo rendimiento de grano 1,5 t ha⁻¹ a partir del quinto año

del cultivo, no sería económicamente viable la inversión (Cuadro 9).

Para el escenario tendencial, después de haber recuperado la inversión inicial, se logra un valor presente neto actualizado de B/.1503,00 ha⁻¹ superando la tasa de descuento o factor de actualización. Con una TIR mayor que la tasa de descuento, se acepta la inversión; es decir, la inversión es económicamente rentable. La relación B/C resultante de 1,3 nos indica que, por cada balboa invertido, se recupera 30¢ de ganancia. El escenario optimista resultó mucho más viable económicamente, con una relación B/C de 1,6, después de haber actualizado la relación beneficio y costo a una tasa de 10%.

Según el análisis de Van Eijck *et al.* (2014) sobre el desempeño económico actual y futuro de biocombustibles de primera y segunda generación en los países en desarrollo, el VPN calculado para la jatrofa varía en un rango de B/.900 a 2000 ha⁻¹, considerada rentable en muchos casos.

El análisis de costo beneficio que se ha llevado a cabo para pequeños productores, sobre todo para pequeñas plantaciones de jatrofa en África y en la India, carecen de una referencia específica a la organización empresarial y a los tamaños de producción. Van Eijck *et al.* (2010) señalan que todavía hay muchas brechas en los datos económicos, y que

la fiabilidad del análisis de costo beneficio va a depender en gran medida de las estimaciones precisas de los flujos de efectivo esperados.

El cultivo de jatrofa para que sea rentable y sostenible, debe desarrollar un enfoque de cadena de valor, a través de la búsqueda de usos de mayor valor de los subproductos, lo que promovería el desarrollo de variedades con mayor rendimiento de semilla y más fiables en condiciones semiáridas, y optimizando las prácticas del cultivo.

Tendencias de los precios del aceite crudo y el biodiesel de coquillo

En relación con los aceites vegetales crudos no comestibles como el de coquillo, la opinión general es que su precio se determinará por el precio de los combustibles fósiles, en primera instancia, y luego por la disposición del mercado a pagar una prima por otras fuentes de energía sostenibles. Según Hawkins y Chen (2015) el precio es probable que sea una función de un número de influencias que incluyen:

- Precio de la materia prima competitiva (sustituta) comercializada internacionalmente, que incluye.
 - aceite mineral crudo (precios actuales del mercado son B/.447 t⁻¹).

- aceite de palma crudo
(precios actuales del mercado
son B/.650 t⁻¹ FOB)

- Conformidad y cumplimiento de la ley de mezcla en Estados Unidos (EEUU) o la Unión Europea (UE).
- Prima verde para la sostenibilidad y el perfil de carbono.

La evolución futura de los mercados de energía, así como posibles cambios de política son las principales incertidumbres asociadas a las perspectivas para los mercados de biocombustibles en la próxima década.

Sin embargo, tomando en cuenta las decisiones políticas, las incertidumbres sobre el futuro de los mercados de biocombustibles deben ceder un poco, al menos en el corto plazo. En la Figura 6, se muestra el precio del biodiesel pronosticado por la OECD-FAO (2016).

Según INTRACORP (2007) para el caso panameño la capacidad de conversión de coquillo a biodiesel solo dependería de maquinaria y equipo, debido a que los requerimientos energéticos y de personal en esta fase no son limitantes ya que se usa poca mano de obra y el consumo energético es bajo.

CUADRO 9. INDICADORES ECONÓMICOS PARA UNA HECTÁREA.

ESCENARIO	TIR	VPN	B/C
Optimista	37%	4001	1,6
Tendencial	23%	1503	1,3
Pesimista	-4%	-996	0,9

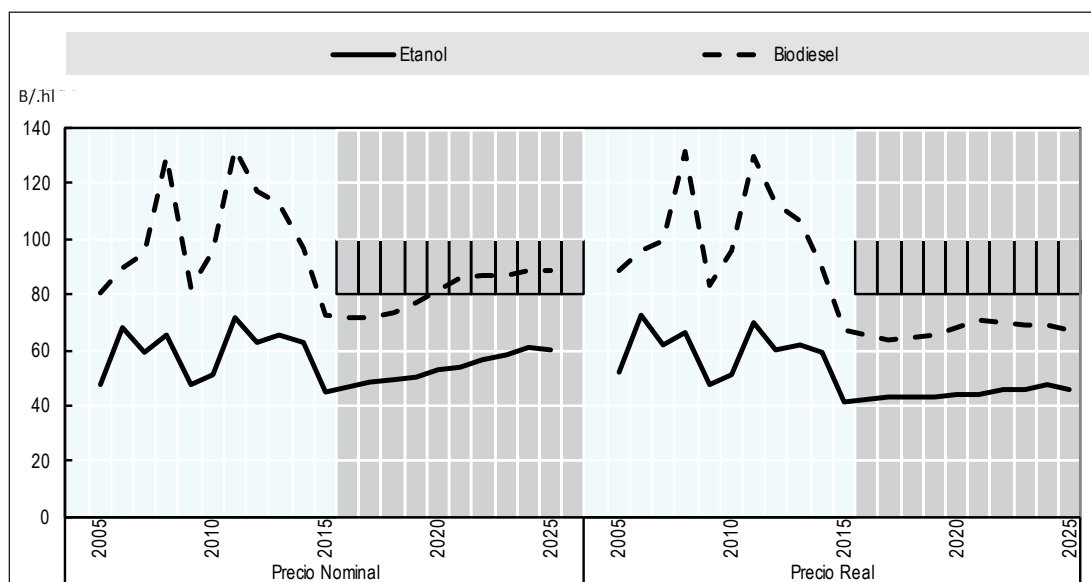


Figura 6. Pronóstico de los precios mundiales del biocombustible (OECD-FAO 2016).

CONCLUSIONES

- Para la producción, cosecha y poscosecha de semillas de coquillo, la mano de obra constituye uno de los principales componentes del costo de producción. Sin embargo, existe la posibilidad de mecanización de la cosecha y poscosecha, consideración que es importante cuando se cultiva a gran escala. En un escenario tendencial, la inversión en la plantación mostró un período de recuperación de cinco años, un VPN de B/.1503,00 ha⁻¹, y una relación B/C de B/.1,30. La evolución futura de los mercados de energía, así como posibles cambios de política son las principales incertidumbres asociadas a las perspectivas para los mercados de biocombustibles en la próxima década.
- Un enfoque de cadena de valor favorecería que el cultivo de coquillo sea más rentable y sostenible, a través de la búsqueda de usos de mayor valor de los subproductos, como lo es en la fabricación de jabones, insecticidas, lubricantes, como combustible para las cocinas, o como un sustituto de keroseno en faroles de alumbrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, J; Achten W, MJ; Duarte M, P; Mendes, B; Muys, B. 2011. Benchmarking the Environmental Performance of the Jatropha Biodiesel System through a Generic Life Cycle Assessment. *Environmental Science Technology* 45(12):5447-5453.
- Baca U, G. 2010. Evaluación de proyectos. Sexta edición. McGraw-Hill. México DF. 318 p.
- Barrance, A; Beer, J; Boshier H, D; Chamberlain, J; Cordero, J; Detlefsen, G; Finegan, B; Galloway, G; Gómez, M; Gordon, J; Hands, M; Hellin, J; Hughes, C; Ibrahim, M; Kass, D; Leaky, R; Mesén, F; Montero, M; Rivas, C; Somarriba, E; Stewart, J; Pennington, T. 2003. Central American trees: source book for extension workers. Oxford Forestry Institute, CATIE, Turrialba, CR. 1079 p.
- Foidl, N; Foidl, G; Sanchez, M; Mittelbach, M; Hackel, S. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology* 58:77–82.

- Hawkins, D; Chen, Y. 2015. Future Harvest. 21st Century *Jatropha*. Hardman & Co. London, United Kingdom. 121 p.
- Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura. 216 p.
- INTRACORP (Estrategias Empresariales). 2007. Estudio de factibilidad de la producción nacional de biocombustibles. Informe Final. INTRACORP, Estrategias Empresariales. Panamá, República de Panamá. 143 p.
- Jaramillo, S. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín técnico no. 38. 67 p.
- Kishor, G; Jitu, S; Choudhury, HK. 2011. Economic benefits and costs of *jatropha* plantation in North-East India. Agricultural Economics Research Review 24(1):99–108.
- Loaiza, J; Arnaez, E; Moreira, I; Herrera, F; Ureña, A; Hernández, J. 2012. Guía técnica para el establecimiento y producción de *Jatropha curcas* en Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 92 p.
- Nevase S,S; Gadge, SR; Dubey, AK; Kadu, BD. 2012. Economics of biodiesel production from *Jatropha* oil. Journal of Agricultural Technology 8(2):657-662.
- OECD-FAO (Organisation for Economic Co-operation and Development - Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, OECD Publishing, Paris.
- OFI (Oils and Fats International). 2013. *Jatropha*: “An untrained horse”. Feedstocks. Biofuels Issue (en línea). Consultado 30 mar. 2017. Disponible en <http://www.ofimagazine.com/content-images/backgrounders/Jatropha.pdf>
- Ofori B, C; Lee K, T. 2011. Feasibility of *Jatropha* oil for biodiesel: Economic Analysis. World Renewable Energy Congress. 8-13 May 2011, Linköping, Sweden. Bioenergy Technology (en línea). Consultado 30 ene. 2017. Disponible en http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol1/062/ecp57vol1_062.pdf
- Ong, HC; Mahlia, TMI; Masjuki, HH; Norhasyima, RS. 2011. Comparison of palm oil, *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for

- biodiesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(8):3501-3515.
- QUINVITA. 2013. *Jatropha curcas*: Nursery setup and plantation management. Quinvita training documents. PowerPoint slides, presentation in Quinvita Headquarter, Technologiepark 3, 9052, Ghent, Belgium.
- Sapag Ch, N. 2011. *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación*. 2ª edición. Pearson Educación, Chile. 544 p.
- Trabucco, A; Achten W, MJ; Rafaerts B, C; Orshoven, JV; Norgroves, L; Muys, B. 2010. Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *GCB Bioenergy* 2(3):139-151.
- Van Eijck, JAJ; Smeets W, EM; Jongschaap E, RE; Romijn, H; Balkema, A. 2010. *Jatropha Assessment: Agronomy, socio-economic issues, and ecology. Facts from literature*. Netherlands. Utrecht University Repository (en línea). Consultado 30 nov. 2016. Disponible en <http://edepot.wur.nl/163388>
- Van Eijck, J; Romijn, H; Smeets, E; Bailis, R; Rooijackers, M; Hooijkaas, N; Pita Verweij, AF. 2014. Comparative analysis of key socio-economic and environmental impacts of smallholder and plantation based *jatropha* biofuel production systems in Tanzania. *Biomass and Bioenergy* 61:25-45.
- Wahl, N; Jamnadass, R; Baur, H; Munster, C; Liyama, M. 2009. Economic viability of *Jatropha curcas* L. plantations in Northern Tanzania – Assessing farmers' prospects via cost-benefit analysis. ICRAF Working Paper no. 97. Nairobi. World Agroforestry Centre (en línea). Consultado 1 dic. 2016. Disponible en <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/WP16542.pdf>
- Wiskerke, W. 2008. Towards a sustainable biomass energy supply for rural households in semi-arid Shinyanga, Tanzania. A cost/benefit analysis. Utrecht University, Netherlands (en línea). Consultado 1 dic. 2016. Disponible en <http://www.compete-bioafrica.net/publications/publ/NWS-S-2008-13.pdf>

RETROCRUZAS ENTRE CULTIVARES DE FRIJOLES PANAMEÑOS Y FUENTES DE ALTO CONTENIDO DE HIERRO¹

Emigdio Rodríguez-Quiel²; Román Gordón-Mendoza³; Francisco González-Guevara⁴

RESUMEN

Se recibieron 31 poblaciones de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) con el objetivo de generar líneas y/o variedades de frijol poroto con grano de color rosado similar en características a las que utilizan los agricultores, con mayor rendimiento, mejor tolerancia a la mustia hilachosa y una precocidad similar a la variedad criolla. Durante dos años se evaluaron las líneas generadas utilizando un Alfa-Látice para su establecimiento en campo y posterior evaluación. Fueron seleccionadas 500 líneas en el primer año, y posteriormente las mejores 140 líneas, por sus características agronómicas. En el segundo año de evaluación la Diferencia Mínima Significativa para rendimiento fue de 0,5075 y las líneas con rendimiento superior a 1,1515 t ha⁻¹ superaron la variedad rosado o criollo del productor y con 1,7682 t ha⁻¹ superando a la variedad IDIAP R2. Resultaron 22 líneas con un rendimiento mayor a 1,2 t ha⁻¹ superando al rosado criollo estadísticamente. Se calculó la repetitividad o heredabilidad que indica la precisión del experimento y cuanto es la ganancia genética obtenida para cada variable evaluada, siendo mayor para el rendimiento, días a floración, días a madurez fisiológica con valores de 0,4; 0,94 y 0,95; respectivamente. Estos valores son considerados como medios a altos para la precisión del experimento. Se analizó el contenido de hierro en las líneas y ninguna línea superó los 75 ppm para que pueda ser considerada como línea biofortificada.

PALABRAS CLAVES: Altos minerales, color del grano, precocidad, mustia hilachosa, rendimiento.

¹Recepción: 7 de noviembre de 2016. Aceptación: 10 de marzo de 2017.

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

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

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

RETRO-BREEDING BETWEEN PANAMANIAN BEANS CULTIVARS AND HIGH-CONTENT IRON SOURCES

ABSTRACT

Bean lines (*Phaseolus vulgaris*) were generated from 31 populations, in similar farmer's creole bean characteristics, with pink grain color, greater yields, better tolerance to web blight (*Thanatephorus cucumeris*, (Frank), Donk) and similar precocity. Using an alpha-lattice design for two years the generated bean lines were evaluated. Due to their agronomic characteristics, 500 lines were selected in the first year, and later the best 140 lines. In the second year of the evaluation, the Minimum Significant Difference for yield was 0,5075 and lines with yields higher than 1,1515 t ha⁻¹ exceeded the producer's creole pink variety and surpassing the variety IDIAP R2 with 1,7682 t ha⁻¹. A total of 22 lines resulted with a yield of more than 1,2 t ha⁻¹, statistically outperforming the creole pink. It was calculated the repeatability or heritability that indicates the precision of the experiment and how much is the genetic gain obtained for each evaluated variable, resulting greater for the yield, days to flowering, days to physiological maturity with values of 0,4; 0,94 and 0,95; respectively. These values are considered as medium and high for the precision of the experiment. The content of iron in the lines was analyzed and no line exceeded 75 ppm so that it can be considered as a biofortified line.

KEY WORDS:

High minerals, grain color, precocity, web blight, yields.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace algunos años los programas de mejoramiento genético tenían como objetivo principal el rendimiento agronómico. La apertura comercial, la competencia de productores nacionales con agricultores extranjeros altamente tecnificados y las necesidades propias de la industria, han propiciado un reenfoque en los programas que incluye los aspectos de calidad industrial y nutricional (Vázquez *et al.* 2003).

El principal impedimento para lograr avances en el mejoramiento del frijol común cultivado es la reducida variabilidad genética por la utilización de progenitores genéticamente cercanos y por el efecto de autofecundación (Silbernagel y Hanna 1988, Singh 2001). En la actualidad se prefieren utilizar los mejores en un programa de mejoramiento de líneas élite dentro de la misma clase comercial y evitar utilizar germoplasma exótico. Lo anterior, lo hacen para poder

recuperar con relativa facilidad el tipo de grano comercial y las características de la planta que facilitan la mecanización y el cultivo intensivo.

Las deficiencias de micronutrientes constituyen problemas de grandes magnitudes a nivel mundial; la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que la deficiencia de hierro es una de las principales causas de las anemias. 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 de diversificación de la dieta y, en los últimos años, a la biofortificación de productos agrícolas (Gómez-González *et al.* 2009).

En Panamá encontramos una situación que debe ser preocupación de los investigadores, empresas privadas e instituciones de gobierno, el 20% de la población muestra desnutrición en la población total de niños en edad escolar (Beebe 1997). A nivel nacional las áreas con mayor nivel de desnutrición son las comarcas Ngäbe Buglé con 71,8%, Guna Yala con 66,3%, Emberá con 60,1%, y las provincias de Bocas del Toro con 36,3% y Chiriquí con 15,4% (FAO 2001).

En Panamá, en evaluaciones de germoplasma de frijol de grano tipo calima se encontró líneas que tenían alto contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn), con buen rendimiento en diferentes zonas edafoclimáticas. 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 cuanto al frijol de grano color rosado se evaluó un conjunto de genotipos de frijol común y se generó cuatro líneas de frijol poroto de color rosado con un contenido de Fe entre 74 ppm y 88 ppm. Dos líneas de grano rosado biofortificadas fueron validadas y la línea P-09-11 fue la seleccionada por los agricultores, con un contenido de 88 ppm de Fe. También, seleccionaron la línea P-13-38 por su color, tamaño del grano junto al rendimiento expresado. Estas líneas serán validadas con los agricultores en el año agrícola 2016-17 (Rodríguez-Quiel *et al.* 2016).

En Colombia, en 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).

El objetivo de la evaluación fue generar líneas y/o variedades de frijol poroto con grano de color rosado, similar en características a las que utilizan los agricultores, con mayor rendimiento, mejor tolerancia a la mustia hilachosa, mayor contenido de hierro en el grano y una precocidad similar a la variedad criolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2012 se recibieron del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 31 retrocruzas entre padres panameños y las F_1 de cruza directas entre padres panameños y nuevas fuentes de alto contenido mineral (Cuadro 1).

A partir de ese año, se avanzaron las generaciones hasta la F_5 a través de la selección masal y se seleccionaron 500 líneas F_{5-6} para su evaluación en el año 2014-15. Para su evaluación en campo se utilizó un diseño de Bloques al Azar en un

arreglo Alfa Látice 20x25. Se incluyó un testigo susceptible (criollo del productor) y uno tolerante a la mustia (IDIAP R2) cada 20 líneas. Se midieron las variables rendimiento, porcentaje de severidad de la mustia hilachosa, relación con el testigo tolerante (RTT) que consistió en dividir el valor obtenido por la línea entre el valor obtenido por el testigo tolerante más cercano. Adicional, se calculó la relación con el testigo susceptible (RTS) dividiendo el valor obtenido por la línea entre el valor obtenido por el testigo susceptible más cercano. Los valores para la severidad de la mustia hilachosa, RTT y RTS fueron transformados utilizando la raíz cuadrada del valor más 0,5 por ser variables de no paramétrico. Para el análisis se utilizó la metodología REML.

De las líneas F_{5-6} fueron seleccionadas 140 líneas F_{6-7} y evaluadas en campo en el año 2015-16. Para su evaluación en campo se utilizó el diseño de Bloques al Azar en un arreglo Alfa Látice 20x7. Se colocaron testigos susceptible (criollo del productor) y testigos tolerantes (IDIAP R2) cada 20 líneas. Se midieron las variables rendimiento, porcentaje de severidad de la mustia hilachosa, relación con el testigo tolerante (RTT) y relación con el testigo susceptible (RTS).

CUADRO 1. RETROCRUZAS REALIZADAS PARA DESARROLLO DEL EXPERIMENTO, PANAMÁ-2016.

N° de cruza	IDENTIFICACIÓN	PEDIGREE
1	NA 25906-12 WF2-(CM)2	PVA1076 x (PVA 1076xMIB748)
2	NA 25907-18 WF2-(CM)2	PVA1076 x (MIB749xPVA1076)
3	NA 25908-5 WF2-(CM)2	PVA1076 x (MIB751xPVA1076)
4	NA 25916-14 WF2-(CM)2	PVA1111 x (PVA1111xMIB764)
5	NA 25920-3 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADOxMIB748)
6	NA 25923-2 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADOxMIB753)
7	NA 25924-4 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADOxMIB754)
8	NA 25928-1 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADOxMIB755)
9	NA 25929-1 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco LargoxG14519)
10	NA 25930-1 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco LargoxG14519)
11	NA 25932-2-WF2-(CM)2	Velazco Largo x (MIB748x Velazco Largo)
12	NA 25932-3 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (MIB753x Velazco Largo)
13	NA 25933-3 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (MIB754x Velazco Largo)
14	NA 25675-10 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (MIB755x Velazco Largo)
15	NA 25679-8 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (MIB759x Velazco Largo)
16	NA 256680 10 WF2-(CM)2	PVA 1076 x (PVA1076 x G28823E)
17	NA 25681-3 WF2-(CM)2	PVA 1111 x (PVA1111 x NUA 430)
18	NA 25681-5 WF2-(CM)2	(PVA 1111 x G23823E) x PVA 1111
19	NA 25682-1 WF2-(CM)2	PVA 1111 x (PVA 1111 x NUA35)
20	NA 25682-5 WF2-(CM)2	PVA 1111 x (PVA 1111 x NUA35)
21	NA 25682-6 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADO x NUA56)
22	NA 25688-2 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADO x NUA56)
23	NA 25688-3 WF2-(CM)2	ROSADO x (ROSADO x NUA56)
24	NA 25675-10 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 428)
25	NA 25688-8 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 428)
26	NA 25689-2 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 428)
27	NA 25689-4 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 430)
28	NA 25675-10 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 430)
29	NA 25690-5 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 420)
39	NA 25691-8 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 35)
31	NA 25691-19 WF2-(CM)2	Velazco Largo x (Velazco Largo x NUA 35)

El modelo matemático para el Alfa Látice es:

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

Donde:

μ = Promedio general

Rep_i = Efecto de Repeticiones

$Block_j(Rep_i)$ = Efecto de los bloques dentro de las repeticiones

Gen_k = Efecto de genotipos

ε_{ijk} = Error experimental

Se calculó la repetitividad del carácter evaluado y coeficiente de variación. Para la separación de medias se calculó la Diferencia Mínima Significativa (DMS $P \leq 0,05$).

Para la preparación del suelo se utilizó el método de cero labranza, con siembra manual colocando dos semillas por golpe a una distancia entre plantas de 0,20 m y 0,50 m entre hileras, con una población inicial de 200 000 plantas ha^{-1} (Rodríguez 2012).

Se realizó un control de malezas previo a la siembra con la aplicación de glifosato a razón de 3,0 L ha^{-1} ; posteriormente se realizó un control de malezas entre calles con la aplicación de forma dirigida del herbicida glufosinato de amonio en dosis de 1,0 L ha^{-1} . Los insectos se controlaron con Neem en dosis de 1,0 L ha^{-1} . La cosecha se realizó de forma manual cuando las plantas alcanzaron la madurez.

Previo a la evaluación del ataque de mustia hilachosa a las plantas (Cuadro 2), no se aplicó ningún fungicida para el control del hongo causante de la enfermedad. Posterior a la clasificación del ataque por parcela, se efectuó la aplicación de azoxystrobin en dosis de 100 g ha^{-1} de producto comercial, para el control de la enfermedad.

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 a 40	Resistencia intermedia
7	41 a 60	Susceptible
8	61 a 80	Susceptible
9	81 a 100	Susceptible

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de líneas F_{5-6} en el ciclo 2014-15

Se calculó la repetitividad que indica cual es la precisión del experimento (Gordón y Camargo 2015) y cuanto es la ganancia genética obtenida (Vargas *et al.* 2013) para cada valor encontrado, siendo mayor para el rendimiento y la transformación de la relación con el testigo tolerante (RTT) con valores 0,37 y 0,30, respectivamente, los cuales son valores que indican que las líneas están emparentadas entre sí debido a que se utilizaron para las retrocruzas de las variedades IDIAP R2 y Rosado criollo (Cuadro 3). Rodríguez (2013) encontró una heredabilidad de 0,30 para el rendimiento de grano, similar a la encontrada en este estudio. Rodríguez-Quiel (2016) en la evaluación de las líneas de frijol poroto

biofortificado de grano rosado en Panamá encontró valores de heredabilidad del 0,25 para el rendimiento, similar al encontrado en esta ocasión.

Cuando se realizó la transformación de los valores de la mustia, transformación del valor de la línea comparada con el testigo tolerante y transformación del valor de la línea comparada al testigo susceptible, se observó que aumentó la heredabilidad y disminuyó notablemente el coeficiente de variación por ser valores no paramétricos. Para los valores de heredabilidad se pasó de 0,19; 0,24 y 0,18 a valores de 0,24; 0,30 y 0,29, respectivamente; mientras que para el coeficiente de variación disminuyó de 42,9; 66 y 70,9 a 20,5; 25,2 y 25,1 aumentando la precisión del experimento considerando el gran número de entradas

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ALFA LÁTICE DE LAS RETROCRUZAS, PANAMÁ 2014-2015.

FV	gl	REND	MUSTIA	RTT	RTS	TMUST	TRTT	TRTS
δ^2 repeticiones	1	0,120	0,001	0,001	0,05	0,04	0,001	0,001
δ^2 repxblk	24	0,105	76,5	0,10	0,54	0,71	0,03	0,05
δ^2 tratamientos	499	0,119	11,9	0,04	0,15	0,15	0,01	0,02
δ^2 del error	475	0,404	103,0	0,24	1,39	0,92	0,04	0,09
Repetitividad		0,37	0,19	0,24	0,18	0,24	0,30	0,29
DMS/Rango		0,39	0,38	0,26	0,26	0,37	0,30	0,29
CV		25,3	42,9	66,0	70,9	20,5	25,2	25,1
Promedio ajustado		2,516	23,6	0,74	1,66	4,68	0,81	1,22
DMS		1,25	19,94	0,96	2,31	1,88	0,40	0,60

FV= Fuente de variación; gl = Grados de libertad; REND= Rendimiento; RTT= Relación con el testigo tolerante; RTS= Relación con el testigo susceptible; TMUST= Transformación de los valores porcentuales de la mustia hilachosa; TRTT= Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo tolerante; TRTS= Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo susceptible.

en evaluación. Se seleccionó 140 líneas de frijol poroto para su posterior evaluación, lo que representó un 28% de presión de selección.

El grupo de líneas sobresalientes por sus características agronómicas se observa en el Cuadro 4. Se incluyó la fecha de madurez de cosecha y dentro de las líneas seleccionadas existen algunas con tiempo a cosecha similar al testigo criollo, lo que representaría ventajas de estas líneas con mayor rendimiento y con fechas de cosecha similares, superando al criollo en más de 1,5 t ha⁻¹ de grano.

En cuanto al rendimiento, existen líneas con rendimiento superior al criollo del productor entre 1,25 t y 2,5 t más de grano por hectárea con diferencias estadísticas medidas a través del DMS que fue de 1,25 t de grano; sin embargo, otros caracteres deberán complementarse como es el color y tamaño del grano para satisfacer las demandas de los usuarios y consumidores de la tecnología que genera el Instituto (Cuadro 4).

Once poblaciones mostraron mejores características para el rendimiento, para la severidad de la mustia hilachosa, la transformación del porcentaje y las transformaciones de las relaciones con los testigos tolerantes y susceptibles. Tres líneas derivadas del cruzamiento

PVA1076 x (MIB749xPVA1076) resultaron con un rendimiento superior en la prueba y una de ellas mostró mejor reacción a la mustia hilachosa. En este año, las líneas expresaron mayor rendimiento debido a que la mustia hilachosa se presentó con un promedio de 23,6% de infestación, como un comportamiento normal.

Evaluación de líneas F₆₋₇ en el ciclo 2015-16

Se calculó la repetitividad o heredabilidad que indica la precisión del experimento y cuanto es la ganancia genética obtenida para cada variable evaluada, siendo mayor para el rendimiento, días a floración, días a madurez fisiológica con valores de 0,4; 0,94 y 0,95, respectivamente, estos resultados son similares al reportado por Rodríguez-Quiel *et al.* 2013, 2016, respectivamente. En cambio, en el caso del gorgojo del frijol reportado por Posso *et al.* (1992) se derivaron líneas con alto nivel de resistencia y excelente condición agronómica, comercial y calidad proteínica. Las líneas derivadas presentaron un nivel de resistencia similar o superior al testigo resistente; se detectó resistencia de nivel intermedio mientras que las líneas derivadas de cruza con padres arcelina 3 y 4 resultaron susceptibles. Por otra parte, Herrera y Acosta (2008) reportó que retrocruzas realizadas en frijol negro obtuvieron plantas con

similitud fenológica y morfológica al progenitor recurrente, siendo el resultado esperado. Delgado *et al.* 2013 demostró en Colombia que la metodología de retrocruzas avanzados se mostró como eficiente para introgresar genes para alto rendimiento, desde accesiones silvestres

hacia cultivares mejorados. Las líneas de mejor comportamiento deberán seguir siendo avanzadas con dicha metodología, para la búsqueda de progenitores donantes de genes para alto rendimiento y para la obtención de nuevas variedades mejoradas de frijol arbustivo.

CUADRO 4. LÍNEAS SOBRESALIENTES POR SUS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, PANAMÁ 2015-16.

IDENTIFICACIÓN	RENDIMIENTO	MUSTIA	MUSTIA	MUSTIA	MADUREZ
P-RC -2-31	4,316	7,00	1,26	2,76	82
P-RC -2-23	4,029	10,50	1,79	5,24	76
P-RC-2-45	3,977	17,3	0,68	1,18	86
P-RC-28-28	3,932	14,5	0,90	2,08	76
P-RC-16-5	3,852	17,4	0,70	1,76	78
P-RC-16-4	3,814	22,8	0,74	1,61	78
P-RC-30-7	3,802	22,8	0,35	1,03	76
P-RC-24-4	3,789	15,7	0,74	1,65	76
P-RC-2-41	3,770	11,5	1,72	3,38	84
P-RC-16-19	3,748	20,4	1,14	2,73	78
P-RC-16-17	3,735	20,7	0,66	1,25	80
P-RC-25-38	3,662	17,3	0,89	1,04	76
P-RC-25-32	3,655	20,3	1,90	4,02	76
P-RC-30-1	3,638	31,7	0,49	1,53	78
P-RC-16-16	3,637	19,5	0,30	1,17	80
P-RC-16-8	3,630	17,3	0,73	1,20	80
P-RC-1-42	3,626	22,3	0,81	2,12	76
P-RC-16-12	3,619	9,0	0,72	2,06	80
P-RC-24-30	3,611	22,1	0,70	1,94	78
P-RC-24-24	3,568	18,9	0,93	1,78	76
P-RC-2-17	3,552	15,4	2,58	3,60	82
P-RC-14-53	3,524	21,3	0,62	1,63	76
P-RC-11-18	3,511	22,6	0,44	1,22	76
P-RC-16-6	3,500	29,2	0,71	1,84	82
IDIAP - R2	3,107	16,1	1,60	2,93	86
ROSADO FAO	2,156	30,3	0,24	0,28	74
ROSADO CAISAN	2,459	29,0	0,08	0,16	74

El DMS para rendimiento fue 0,5075 y las líneas con rendimiento superior a 1,1515 t ha⁻¹ superaron la variedad rosado o criollo del productor y con 1,7682 t ha⁻¹ superaron a IDIAP R2. Se mostraron estadísticamente superiores al rosado criollo 22 líneas con un rendimiento mayor a 1,2 t ha⁻¹ (Cuadro 5).

Es importante indicar que este año debido a las intensas lluvias durante los primeros 20 días de cultivo, causó que la presión de mustia fuera severa, por lo que se disminuyó los intervalos de aplicación del fungicida para el control de la enfermedad. Las líneas expresaron un promedio de 40,2% de infestación de la mustia hilachosa. Diez poblaciones

mostraron las mejores características para el rendimiento, porcentaje de la mustia hilachosa, la transformación del porcentaje de la mustia hilachosa y de las relaciones con los testigos tolerantes y susceptibles (Cuadro 6).

El cruzamiento PVA1076 x (MIB749xPVA1076) mostró mayor rendimiento y la mejor reacción a la mustia hilachosa, la que se mantuvo por debajo del promedio mostrado en el experimento.

De las líneas provenientes de las retrocruzas se seleccionaron las de mayor rendimiento, tamaño y color de grano más cercanos al criollo del productor y la variedad IDIAP R2 y los resultados indican que la retrocruza Velazco Largo x

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ALFA LÁTICE DE LAS RETROCRUZAS, PANAMÁ 2015-2016.

FV	gl	REND	MUSTIA	DF	RTS	TMUST	TRTT	TRTS	TRTS
δ ² repeticiones	2	0,066	123,62	0,248	0,724	0,001	0,003	0,028	0,001
δ ² repxblk	12	0,001	5,33	0,000	10,67	2,424	0,0001	0,385	0,156
δ ² tratamientos	139	0,044	14,61	6,783	0,169	0,077	0,001	0,014	0,007
δ ² del error		0,199	255,65	1,232	6,346	1,388	0,007	0,207	0,098
Repetitividad		0,40	0,15	0,94	0,07	0,14	0,23	0,17	0,18
DMS/Rango		0,29	0,35	0,04	0,25	0,27	0,35	0,28	0,31
CV		47,3	39,7	3,6	114,2	83,2	8,9	31,4	24,3
Promedio ajustado		0,943	40,2	31,04	2,20	1,41	0,94	1,45	1,28
DMS		0,507	18,2	1,54	2,86	1,33	0,09	0,52	0,36

FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; DF = Días a floración; DM = Días a madurez de cosecha; RTT = Relación con el testigo tolerante; RTS = Relación con el testigo susceptible; TMUST = Transformación de los valores porcentuales de la mustia hilachosa; TRTT = Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo tolerante; TRTS = Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo susceptible.

CUADRO 6. LÍNEAS SOBRESALIENTES POR SUS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, PANAMÁ 2015-16.

LÍNEA	RENDIMIENTO	MUSTIA	DF	DM	RTT	RST	TMUS	TRTT	TRTS
P-RC-2-17	2,077	28,5	32	82	3,4	1,9	0,88	1,66	1,39
P-RC-16-16	1,896	32,2	33	81	2,2	1,4	0,89	1,39	1,23
NUA 11	1,818	14,7	33	82	2,4	0,8	0,81	1,48	1,01
P-RC-16-6	1,760	32,7	32	81	2,0	1,3	0,90	1,38	1,23
P-RC-16-5	1,706	28,1	33	81	-0,1	-0,1	0,87	0,85	0,83
P-RC-24-30	1,705	19,3	33	82	0,8	0,3	0,82	1,07	0,88
P-RC-2-41	1,689	22,2	34	80	0,0	0,0	0,84	0,88	0,83
P-RC-30-1	1,633	30,2	33	76	-3,5	-1,5	0,87	0,46	0,59
P-RC-16-10	1,598	31,8	33	77	1,9	1,1	0,90	1,30	1,15
P-RC-25-32	1,593	22,0	31	77	1,5	0,8	0,83	1,11	1,01
NUA 45	1,553	14,7	32	82	1,5	0,8	0,81	1,15	1,01
P-RC-16-17	1,548	23,3	31	73	1,5	1,2	0,84	1,22	1,17
P-RC-11-42	1,543	28,0	35	78	1,6	1,2	0,87	1,18	1,16
P-RC-2-33	1,443	41,5	31	79	2,3	1,4	0,96	1,49	1,26
P-RC-16-7	1,436	37,7	34	80	2,0	1,4	0,93	1,45	1,32
P-RC-2-45	1,381	28,2	32	74	1,8	1,1	0,87	1,21	1,12
P-RC-16-19	1,378	26,4	33	80	-0,4	-0,3	0,86	0,78	0,76
P-RC-28-3	1,343	34,9	31	78	2,3	1,2	0,92	1,41	1,20
P-RC-24-4	1,338	15,3	31	74	1,6	0,9	0,80	1,19	1,05
P-RC-14-53	1,285	43,0	31	76	-0,1	2,1	0,95	1,26	1,51
IDIAF - R2	1,261	13,3	33	82	-2,8	1,3	0,79	0,44	1,21
P-RC-24-24	1,260	36,0	30	73	0,2	0,6	0,93	0,98	1,03
P-RC-25-38	1,212	24,9	32	80	1,7	1,1	0,85	1,20	1,11
P-RC-16-2	1,204	43,2	31	79	1,9	1,1	0,97	1,41	1,22
P-RC-16-12	1,204	32,8	30	73	2,6	1,4	0,89	1,43	1,24
P-RC-2-21	1,184	47,1	31	79	2,6	1,7	0,99	1,62	1,42
P-RC-10-9	1,169	31,1	30	78	1,9	1,4	0,90	1,43	1,30
P-RC -2-31	1,150	26,2	32	79	1,8	1,0	0,86	1,21	1,09
P-RC-28-5	1,142	30,9	32	79	1,5	0,9	0,90	1,24	1,09
P-RC-14-19	1,141	40,5	32	80	1,8	1,1	0,95	1,35	1,18
P-RC-28-15	1,135	31,8	32	77	0,9	1,3	0,90	1,29	1,28
NUA 24	1,134	24,7	34	86	1,7	2,6	0,87	1,28	1,61
R Criollo	0,644	44,7	32	77	7,57	2,6	0,97	1,93	1,61

(MIB755x Velazco Largo) es la que mayor contenido de este elemento tiene con 65,5 ppm del elemento. Sin embargo, el mismo no alcanza los niveles mínimos propuestos

por Harvest Plus los que indican que las líneas o variedades deben tener 75 ppm de hierro en adelante para ser considerada como líneas biofortificadas (Cuadro 7).

CUADRO 7. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HIERRO (Fe) EN LÍNEAS SELECCIONADAS DE LAS RETROCRUZAS.

LÍNEA	Fe (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Promedio	SD	CV (%)
PRC-14-7	65,5	65,5	65,5	0,00	0,0
PRC-24-26	61,7	62,3	62,0	0,42	0,7
PRC-5-12	61,8	61,4	61,6	0,28	0,5
PRC-30-23	60,5	59,6	60,1	0,64	1,1
PRC-34-31	60,9	59,0	59,9	1,34	2,2
PRC-28-5	59,7	59,6	59,7	0,07	0,1
PRC-24-25	58,7	58,5	58,6	0,14	0,2
PRC-24-16	58,3	58,6	58,4	0,21	0,4
PRC-25-14	56,4	54,0	55,2	1,70	3,1
PRC-16-17	54,6	53,8	54,2	0,57	1,0
PRC-16-12	52,6	54,3	53,5	1,20	2,2
PRC-23-5	51,8	52,4	52,1	0,42	0,8
PRC-23-24	50,4	52,6	51,5	1,56	3,0
PRC-24-24	51,3	50,3	50,8	0,71	1,4
PRC-11-18	50,4	50,9	50,7	0,35	0,7
Idiap-R2	50,4	50,5	50,4	0,07	0,1
PRC-23-4	50,8	48,9	49,8	1,34	2,7
PRC-28-31	49,4	49,3	49,4	0,07	0,1
PRC-16-8	49,7	48,9	49,3	0,57	1,1
PRC-23-20	48,1	47,3	47,7	0,57	1,2
PRC-11-42	47,1	47,9	47,5	0,57	1,2
PRC-14-24	47,5	47,4	47,4	0,07	0,1
PRC-24-12	47,4	46,2	46,8	0,85	1,8
PRC-23-21	46,4	46,9	46,6	0,35	0,8
PRC-27-4	45,7	45,0	45,4	0,49	1,1
PRC-23-10	44,6	45,7	45,2	0,78	1,7
PRC-31-7	45,0	44,0	44,5	0,71	1,6
PRC-23-6	44,1	42,5	43,3	1,13	2,6

CONCLUSIONES

- Se cuenta con un grupo de líneas avanzadas con diversas características agronómicas y que deberán ser evaluadas por los agricultores para formar parte la prueba regional de frijol poroto.
- Existen líneas con un rendimiento de grano, precocidad y tolerancia a la mustia hilachosa superior al criollo del productor.
- La prueba regional en diversas localidades del país decidirá las mejores líneas para los diferentes ambientes de Panamá.

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a10.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001. Perfiles Nutricionales por países. Colombia. 39.

Gómez-González, LK; Restrepo, J; Pachón, H. 2009. Caracterización del consumo de maíz y frijol en familias del departamento del Cauca, Colombia (en línea). Consultado jul. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-41082009000200004&script=sci_arttext&lng=en

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.

Delgado, H; Pinzón, EH; Blair, M; Izquierdo, PC. 2013. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines result of an advanced backcross between a wild accession and radical cerinza (en línea). Consultado jul. 2016.

Gordón, R; Camargo, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Agron Mesoam 26(1):55-63.

Posso G, E; Cardona, C; Valor, J; Morales, H. 1992. Desarrollo de líneas de frijol resistentes al gorgojo *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae). Revista Colombiana de Entomología 18(1):8-13.

Herrera, T; Acosta, J. 2008. Seed yield of three types of crosses between

- wild by domesticated genotypes in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica en México 34(2):167-176.
- 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; González-Guevara, F; Quirós-Rodríguez, E; Hernández-Rojas, R; Palacio-Rodríguez, E; Melgar-Moreno, A. 2013. Líneas de frijol poroto con alto contenido de hierro y zinc. Ciencia Agropecuaria no. 21:25-37.
- Rodríguez-Quiel, E; Gordón-Mendoza, R; González-Guevara, F. 2016. Líneas de frijol poroto biofortificado de grano rosado en Panamá. Ciencia Agropecuaria no. 24:35-51.
- Silbernagel, MJ; Hannan, RM. 1988. Utilization of genetic resources in the development of commercial bean cultivars in the USA. In P. Gepts (ed), Genetic Resources of *Phaseolus* beans (Kluwer, Dordrecht, Netherlands) p. 561-596.
- Singh, SP. 2001. Broadening the Genetic Base of Common Bean Cultivars. Crop Science 41:1659-1675.
- 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.
- Vargas, M; Combas, E; Alvarado, G; Atlin G; Mathews, Ky; Crossa, J. 2013. Meta: A Suite of SAS Programs to Analyze Multi environment Breeding Trials. Agronomy Journal 105:11-19.
- Vázquez, M; Guzmán, L; García, J; Márquez, F; Merino, J. 2003. Grain and tortillas quality of native maize landraces and their backcrosses. Revista Fitotecnia 26(4):231-238.

RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ Y EL ÍNDICE NORMALIZADO DE PRECIPITACIÓN EN AZUERO¹

***Román Gordón-Mendoza²; Jorge Iván Núñez-Cano³; Jorge Enrique Franco-Barrera³;
Ana Elida Sáez-Cigarruista³; Jorge Enrique Jaén-Villarreal³***

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de determinar el Índice Normalizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) de seis localidades de la Región de Azuero para caracterizar la precipitación pluvial de la región y, adicional, relacionar con el rendimiento histórico de la Prueba Regional de maíz de una localidad (El Ejido). Para esto se tomaron los datos históricos suministrados por el Departamento de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, SA. Se procedió a calcular el SPI en tres escalas de tiempo con un objetivo a corto plazo (5 meses o SPI-5) y largo plazo (12 y 24 meses o SPI-12 y SPI-24). También, se calculó el Índice Normalizado de Precipitación Evapotranspiración (SPEI-12) de la localidad de La Villa y se comparó con el período 2003-2015, de la misma localidad. Para estimar la relación del SPI con el rendimiento de grano del cultivo de maíz se correlacionó el SPI-5 del mes de diciembre con los datos de la Prueba Regional de Maíz sembrada en la Estación Experimental El Ejido. Los resultados de este trabajo indican que a través del tiempo se ha presentado una variabilidad alternándose períodos secos y húmedos en las seis localidades. También, se observó que en las localidades ubicadas al Norte de la Región (Parita, La Villa y El Ejido) el período seco es marcado y se han sometido a tiempos intensos y prolongados de sequía en los últimos 15 años. Se encontró una alta relación entre el potencial de rendimiento de grano con el SPI-5 del mes de diciembre obteniéndose un valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,87. En conclusión, tanto el SPI como el SPEI caracterizaron de manera satisfactoria la sequía en la Región y su uso se recomienda para este fin.

PALABRAS CLAVES: Índice Normalizado de Precipitación Evapotranspiración (SPEI), período seco y húmedo, Prueba Regional.

¹Recepción: 29 de noviembre de 2016. Aceptación: 9 de marzo de 2016. Investigación realizada con fondos del proyecto Generación de variedades e híbridos de maíz.

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

³Ing. Agrónomo. IDIAP. CIAA.

RELATIONSHIP BETWEEN MAIZE GRAIN YIELD AND THE NORMALIZED PRECIPITATION INDEX IN AZUERO

ABSTRACT

A study was carried out to determine the Standard Precipitation Index (SPI) of six localities of the Azuero Region to characterize the rainfall of the region and to relate the SPI to the historical yields of the Regional Test of maize from a locality (El Ejido). For this, was utilized the historical data provided by the Department of Hydrometeorology of the Electric Transmission Company SA. The SPI was calculated on three time scales with a short-term objective (5 months or SPI-5) and long-term (12 and 24 months or SPI-12 and SPI-24). The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI-12) was also calculated from La Villa locality and compared to the SPI of the same locality in the period 2003-2015. In order to estimate the relationship between SPI and maize crop grain yields, the SPI-5 of December was correlated with data from the Regional Maize Test planted at the El Ejido Experimental Station. The results of this work indicate that over time there has been variability, encouraging dry and wet periods in the six localities. It was also observed that the localities located to the North of the Region (Parita, La Villa and El Ejido) are drier and have undergone more intense and prolonged periods of drought in the last 15 years. A high relationship between the grain yield potential and the SPI-5 of the month of December was obtained with a value of Pearson correlation coefficient of 0,87. In conclusion, both SPI and SPEI characterized drought satisfactorily in the Region and its use is recommended for this purpose.

KEY WORDS: Standard Index of Precipitation Evapotranspiration (SPEI), dry and wet period, Regional Test.

INTRODUCCIÓN

En la Región de Azuero, el área sembrada de maíz ha fluctuado en los últimos años; alcanzando un promedio de 18 000 hectáreas en las últimas campañas. En esta Región se produce el 74,6% de la producción nacional del maíz que se comercializa en el mercado nacional. Gordón-Mendoza (2014), analizó la distribución de lluvias en la

Región de Azuero en el período 1995-2013, encontrando una alta variabilidad en la distribución de lluvias, así como en los acumulados mensuales y anuales. Este mismo autor, indica que la región de Azuero en función de los acumulados anuales de lluvia se pueden diferenciar dos zonas; la Zona Norte (distritos de Parita, Chitré, Los Santos y Guararé) que presenta una menor media acumulada

anual (1000 mm), mientras que la Zona Sur (distritos de Las Tablas, Pocrí y Pedasí) registra una media anual de 1500 mm. Esta distribución diferenciada, incide en los riesgos asociados a las fechas de siembra del cultivo de maíz en cada una de estas zonas.

Tradicionalmente, el clima ha sido considerado como el conjunto de condiciones promedios de la atmósfera por estación del año en diversas regiones del planeta. Procesos internos naturales, fuerzas externas o cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra están ocasionando cambios al clima. La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático, ya que la temperatura alta tiene un impacto directo sobre el rendimiento de los cultivos y mayor precipitación podría generar plagas que afectan los mismos (FAO 2015). Por lo anterior, los cambios en los patrones de las precipitaciones a corto plazo representarían pérdidas de cosechas, y en el largo plazo, una disminución en la producción. Se espera que los impactos globales del cambio climático en la agricultura sean negativos, amenazando la seguridad alimentaria mundial. Es probable que las poblaciones en desarrollo, que ya son vulnerables y que sufren inseguridad alimentaria, sean las más afectadas (FAO 2015, Nelson

et al. 2010). El cambio climático está produciendo modificaciones en el clima a nivel mundial, afectando principalmente la temperatura y precipitación pluvial. Para la agricultura ambas variables desempeñan un papel determinante, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos dependen fundamentalmente de estos dos factores. Un sistema de alerta temprana integral o el uso de modelos de predicción que se basen en múltiples indicadores físicos e índices, pueden facilitar la aplicación de recomendaciones adecuadas o acciones de mitigación y programas de respuesta (Lobell *et al.* 2008, Ruane *et al.* 2013, Peck 2004).

La sequía es una amenaza resultante de niveles de precipitaciones por debajo de lo que se considera normal. Cuando este fenómeno se prolonga durante una estación o por un período de tiempo mayor, la precipitación es insuficiente para responder a las demandas de la sociedad y del ambiente. Con el curso de los años los meteorólogos y climatólogos de todo el mundo han creado y utilizado muchos índices de sequía, que varían de unos índices sencillos, como el porcentaje de precipitación normal y los percentiles de precipitación, a otros más complicados. Científicos estadounidenses comprendieron que los índices debían ser sencillos y fáciles de calcular, tener pertinencia y significado, desde el punto

de vista estadístico (McKee *et al.* 1993, 1995). Además del entendimiento de que los déficits de precipitación tenían diferentes impactos en la magnitud y dinámica de las aguas subterráneas, el almacenamiento de agua en reservorios subterráneos y superficiales, la humedad del suelo y los caudales fluviales. Desde esta perspectiva McKee *et al.* (1993) crearon el Índice Normalizado de Precipitación (SPI).

El SPI puede ser calculado para escalas de tiempo variables, lo cual lo hace aplicable en el ámbito de la meteorología, agricultura e hidrología superficial y subterránea. Esta versatilidad temporal es también útil para el análisis de la dinámica de la sequía, especialmente la determinación del comienzo y el fin, lo que ha sido difícil de reconocer por medio de otros índices (Núñez *et al.* 2005). El SPI se basa en la probabilidad de precipitación para cualquier escala temporal (1, 3, 6, 12, 24 meses), teniendo en cuenta la precipitación observada, la probabilidad de precipitación se transforma en un índice, que actualmente se utiliza en las investigaciones o en modo operativo en más de 70 países (OMM 2012). Su carácter probabilístico le otorga un contexto histórico (20 a 30 años como mínimo), muy adecuado para la adopción de decisiones que tienen que ver con la climatología y actividades relacionadas

con ella. Una de las principales ventajas del SPI es que necesita una única variable climática para el cálculo, siendo esta la precipitación pluvial. Sin embargo, esta es la principal crítica, ya que no considera las condiciones de humedad del suelo, por lo que no se puede calcular ninguna relación de evapotranspiración/evapotranspiración potencial.

Ante la limitante del SPI, Vicente-Serrano *et al.* (2010) desarrollaron el Índice de Precipitación – Evapotranspiración Estandarizado (SPEI, por sus siglas en inglés), el cual es un índice cuyo cálculo es similar al SPI, incorporando el efecto de la evapotranspiración, que influye en las condiciones de sequía. El presente trabajo tuvo por objetivos determinar los índices SPI y SPEI de seis localidades ubicadas en las provincias de Herrera y Los Santos que conforman la Región de Azuero para caracterizar el déficit y excesos de lluvias en la región maicera, y relacionar el SPI con el rendimiento histórico de la Prueba Regional de maíz que realiza el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá en una de las localidades de esta región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizó la base de datos históricos de seis pluviómetros del departamento de Hidrometeorología de Empresa de

Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) ubicados en las provincias de Los Santos y Herrera, así como los datos recabados por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en la localidad de El Ejido a partir del año 1999 (Cuadro 1).

El SPI fue calculado ajustando la distribución de frecuencia de la precipitación de una localidad, en la escala de tiempo de interés (5, 12 y 24 meses), con una función teórica de densidad de probabilidad. De acuerdo Lloyd-Hughes y Saunders (2002), la función más apropiada para este ajuste es la Gamma, si bien ésta ofrece algunas dificultades en las zonas de muy poca precipitación, debido a que no se encuentra definida para valores de la variable iguales a 0. La función de densidad es luego transformada a una distribución normal estandarizada (con media igual a 0 y varianza igual a 1), siendo el SPI el valor resultante de esta transformación. Este índice representa el número de desviaciones estándar en que

el valor transformado de la precipitación se desvía del promedio histórico (el cual queda representado por 0). Los valores negativos del SPI representan déficit de precipitación, mientras que, los valores positivos indican que la precipitación ocurrida ha sido superior al promedio histórico. En el Cuadro 2 se muestra la clasificación del SPI propuesta por varios autores (OMM 2012, Lloyd-Hughes y Saunders 2002).

Para la determinación del SPI se utilizó la metodología descrita por McKee *et al.* (1993). Se estableció una serie o período de referencia de 5 meses para pronosticar variabilidad intra estacional, 12 y 24 meses para sequías persistentes. Para observar las tendencias de la distribución de las lluvias en la localidad con la data más extensa (La Villa), se calculó la frecuencia media de ocurrencia de sequías ($SPI < 0$) y excesos de lluvias ($SPI > 0$), según las categorías citadas por varios autores como OMM (2012) para los

CUADRO 1. UBICACIÓN DE LOS PLUVIÓMETROS ANALIZADOS EN EL ESTUDIO, AZUERO, PANAMÁ.

Localidad	Provincia	Distrito	Identificación ETESA	Latitud	Longitud	Altura (msnm)		Inicio	Final	Años
Los Santos	Los Santos	Los Santos	128-001	7° 56' 27"	-80° 25' 03"	16		1965	2015	51
El Ejido	Los Santos	Los Santos	126-016	7° 55' 00"	-80° 23' 00"	30		1972	2015	44
Parita	Herrera	Parita	130-002	8° 00' 03"	-80° 31' 13"	43		1967	2014	48
Pocrí	Los Santos	Pocrí	126-002	7° 39' 43"	-80° 07' 08"	70		1971	2014	44
El Cañafístulo	Los Santos	Pocrí	126-013	7° 37' 14"	-80° 13' 55"	140		1973	2014	42
Pedasí	Los Santos	Pedasí	126-005	7° 31' 37"	-80° 01' 25"	47		1968	2014	47

CUADRO 2. VALORES DEL ÍNDICE NORMALIZADO DE PRECIPITACIÓN.

Valor del Índice SPI	Clasificación
2,00 y más	Extremadamente húmedo
1,50 a 1,99	Muy húmedo
1,00 a 1,49	Moderadamente húmedo
-0,99 a 0,99	Normal o aproximadamente normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Severamente seco
-2,00 y menos	Extremadamente seco

valores de SPI-12 y SPI-24 (largo plazo) en el período 1965 a 1999 y se comparó con el período comprendido entre los años 2000 al 2015.

Para determinar la relación del Índice de Precipitación Normalizada con el rendimiento de grano de maíz en ensayos por año, se tomaron los datos del rendimiento de la prueba regional de maíz de la localidad de El Ejido durante el período de 2001 a 2015. Estos datos se relacionaron con el valor del SPI-5 del mes de diciembre, el cual es el valor que agrupa los 5 meses (agosto a diciembre) en que se desarrolla el cultivo de maíz. Para determinar la relación se tomó en cuenta el cambio tecnológico que se ha realizado en esta prueba a través del tiempo (Gordón-Mendoza *et al.* 2016). Se restó la media del año respectivo de la media del período total de los años en que se aplicó una misma tecnología. En esta evaluación se tomaron en cuenta los dos últimos paquetes tecnológicos aplicados a

este ensayo (períodos 2003-2009 y 2010-2015). En caso de los ensayos sembrados a partir del año 2007 de manera tardía (siembras de octubre), al igual que los ensayos sembrados en las fechas óptimas (siembras de agosto), a la media del ensayo respectivo se le restó la media de los ensayos tardíos que correspondía al paquete tecnológico de cada período.

Finalmente, se determinó el SPEI-12 de la localidad La Villa, para su cálculo se utilizó el procedimiento original de cálculo del SPEI, con la única variante que los datos de entrada son la diferencia entre la precipitación y evapotranspiración potencial (Vicente-Serrano *et al.* 2010). La evapotranspiración se determinó con la utilización de la ecuación de Penman Monteith (Allen *et al.* 1998). Para la comparación con el SPI-12, se calculó ambos coeficientes con los datos del año 2003 al 2015. En el caso del cálculo del SPI, no se incluyeron los datos previos (1965 a 2002) al año 2003 debido a que

solo se contaba con la temperatura de esta localidad a partir de este año.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de la precipitación pluvial

La precipitación anual acumulada en las tres localidades del Norte de la Región (Parita, La Villa y El Ejido) es menor a los 1 200 mm, siendo El Ejido la localidad con el menor registro anual (911,8 mm); mientras que para las localidades del Sur (Pocrí, Cañafistulo y Pedasí) este valor es superior, siendo Pedasí la localidad con el mayor acumulado anual de 1 537 mm. Todas presentan una alta variabilidad mensual en el período de lluvias que va del mes de mayo a diciembre. Todas las localidades presentan una depresión o canícula a mitad del periodo lluvioso a excepción de Pedasí. Esta canícula ocurre generalmente en el mes de julio, excepto en Pocrí cuya canícula se presenta en el mes de septiembre.

En los meses en que se lleva a cabo la actividad de producción del cultivo de maíz (agosto a diciembre), la precipitación pluvial difiere entre las localidades del norte con acumulados más bajos (menores de 750 mm) que los reportados en las localidades del sur. Las localidades con los acumulados más altos y bajos son Pedasí y El Ejido con los siguientes valores: 914,9 y 569,1 mm, respectivamente (Figura 1).

Análisis del Índice Normalizado de Precipitación

Un SPI de 12 o 24 meses es una comparación de la precipitación de 12 o 24 meses consecutivos, con la registrada en los mismos 12 o 24 meses consecutivos de todos los años precedentes para los que se dispone de datos (Figura 2). Los SPI de estas escalas temporales generalmente se vinculan con cauces fluviales, niveles de los reservorios e incluso niveles de las aguas subterráneas a escalas temporales más largas. En algunas localidades, el SPI de 24 meses es el que más se relaciona con el Índice de Palmer, y ambos índices pueden reflejar condiciones parecidas (OMM 2012).

En las tres localidades del Norte, (Parita, La Villa y El Ejido) se puede observar en las gráficas de la Figura 2, los índices del SPI 24 están por debajo de -2,00 en varios lapsos del tiempo del período después del año 2000, lo que indica un estrés severo de humedad en los últimos años, y que clasifica a esta zona como la más seca de la Región de Azuero. A diferencia de las tres localidades del Sur, en donde a pesar de presentar valores negativos, los mismos son mayores de -1,50, lo que indica que la precipitación ha estado de normal a moderadamente seco. Los valores menores de -2,00 se presentaron en los años previos a 1990.

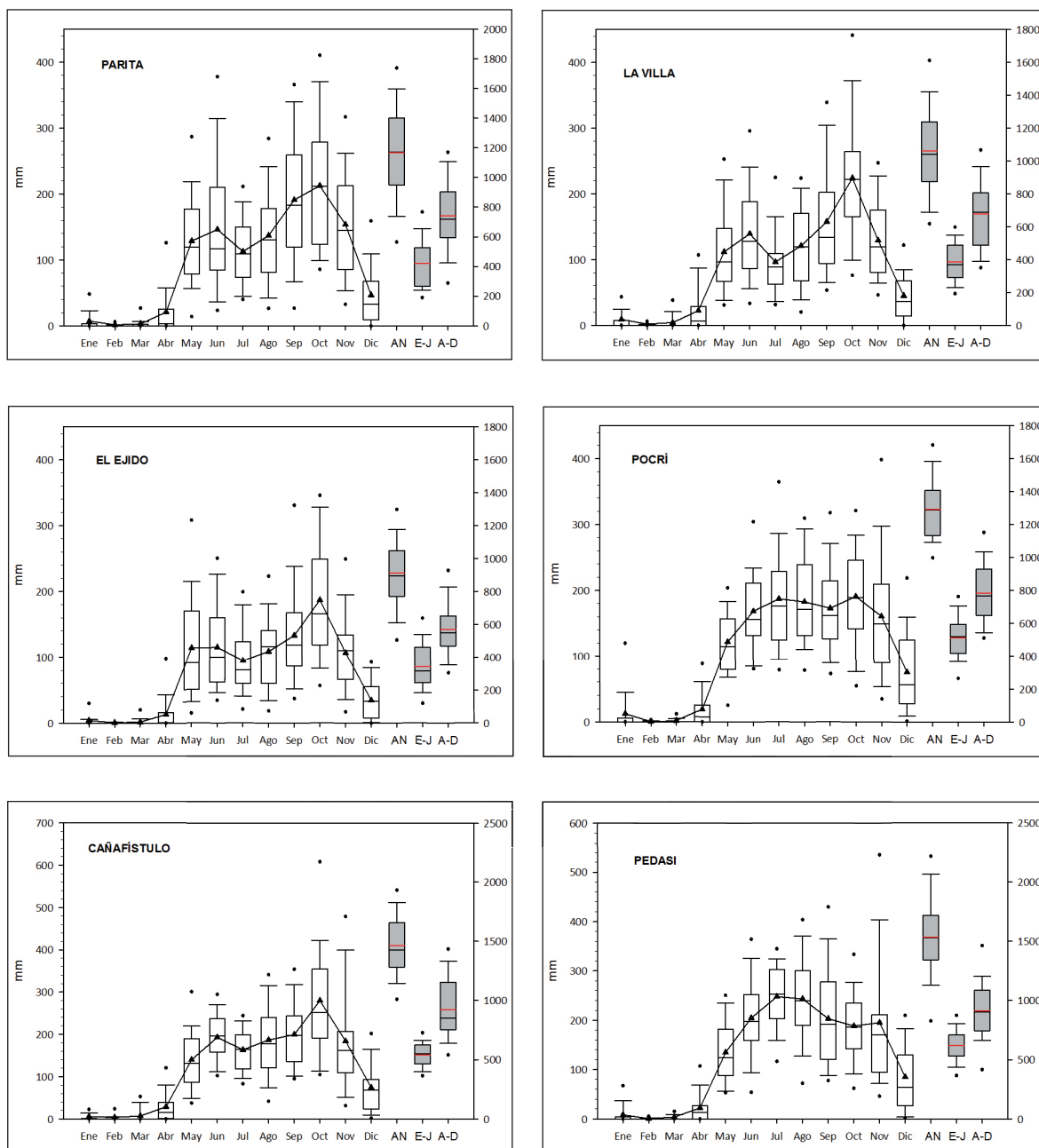


Figura 1. Distribución de la precipitación pluvial mensual, anual y del período de producción del cultivo de maíz, en seis localidades de la Región de Azuero.

La mayoría de los meses (más del 65%) que involucró el estudio en todas las localidades están en el rango de valores considerados Normales para los valores de SPI-12 y SPI-24 (Cuadro 3).

Las localidades del Norte presentan un mayor porcentaje de meses clasificados como severamente y extremadamente secos para ambos valores de SPI, que los reportados en las localidades del

Sur, corroborando lo encontrado por Gordón (2014) de que el Norte es más seco que el Sur de la Región de Azuero. Estos resultados del análisis del SPI-24 coinciden con lo encontrado por Vicente-Serrano *et al.* (2012) en donde concluye que las magnitudes de correlación entre

las diferentes variables hidrológicas, agrícolas y ecológicas analizadas en un estudio realizado por estos muestran claramente que el SPI tiene una mayor capacidad para el seguimiento de las condiciones de sequía en una gran variedad de sistemas.

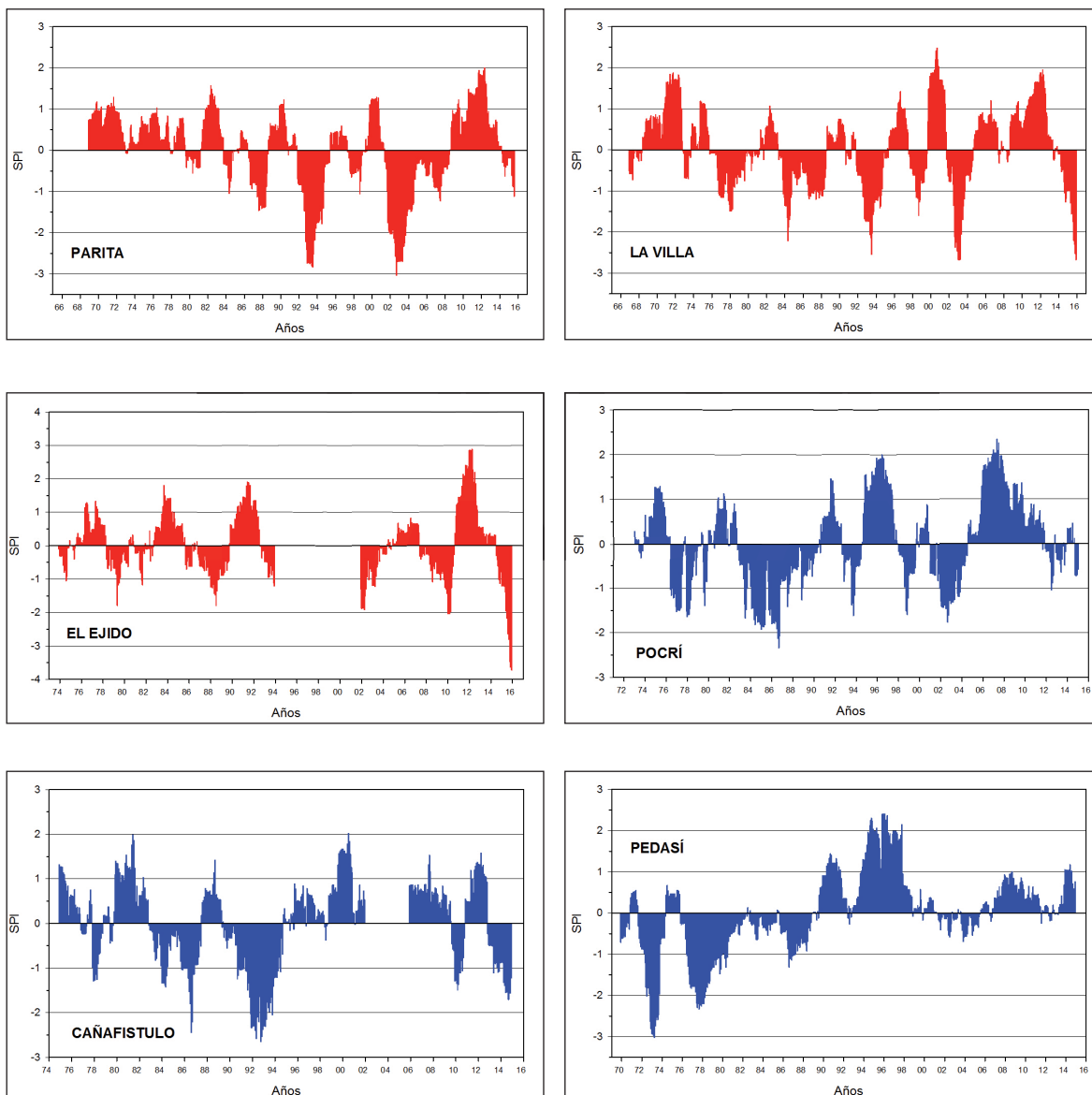


Figura 2. Evolución del SPI-24 en las seis localidades de la Región de Azuero.

CUADRO 3. PORCENTAJE DE MESES CON VALORES EQUIVALENTES A LA ESCALA DE CLASIFICACIÓN (OMM 2012) DE VALORES DE SPI-12 Y SPI-24 EN LAS SEIS LOCALIDADES ESTUDIADAS, AZUERO, PANAMÁ.

SPI-12	Zona Norte				Zona Sur			
	Parita	La Villa	El Ejido	Promedio	Pocrí	Cañafístulo	Pedasí	Promedio
Ext. Húmedo	0,7	2,8	2,5	2,0	2,5	2,0	2,0	2,2
Muy Húmedo	5,4	4,0	2,5	4,0	5,6	6,6	4,3	5,5
Mod. Húmedo	7,9	9,0	8,1	8,3	4,8	9,2	6,5	6,8
Normal	71,4	68,1	71,1	70,2	72,7	67,5	75,0	71,7
Mod. Seco	7,3	8,2	6,8	7,4	7,5	7,0	6,5	7,0
Sev. Seco	3,1	5,7	3,2	4,0	3,7	5,2	1,3	3,4
Ext. Seco	4,2	2,3	5,9	4,1	3,1	2,6	4,3	3,4
SPI-24								
Ext. Húmedo	0,2	0,8	3,0	1,3	1,8	0,2	2,6	1,5
Muy Húmedo	2,5	8,0	2,1	4,2	6,7	4,1	4,8	5,2
Mod. Húmedo	11,2	6,8	9,3	9,1	8,9	9,9	6,3	8,4
Normal	72,0	67,4	68,2	69,2	65,3	65,9	73,0	68,1
Mod. Seco	5,7	10,7	8,4	8,3	10,5	12,2	5,5	9,4
Sev. Seco	2,7	3,1	2,1	2,6	6,1	3,2	3,5	4,3
Ext. Seco	5,7	3,2	7,0	5,3	0,6	4,4	4,3	3,1

Se analizó la evolución del clima a través del tiempo, tomando la localidad más antigua del estudio y con mayor número de años; para esto se dividió el período en dos etapas, la primera de 1965 a 1999 y la segunda fase de 2000 a 2015. Cuando se analizó el SPI-12, se pasó de 2,4% a 5,7%, es decir más del doble de meses extremadamente secos y en el caso del SPI-24 de 1,3% a 7,3%, es decir más de tres veces. Igual relación se observa cuando se comparan los porcentajes de meses catalogados como extremadamente húmedos (Cuadro 4).

Al comparar los meses considerados con lluvias por encima de lo normal ($SPI > 1,00$) se pasó de 13,0% a 21,4% en los valores de SPI-12; mientras que para los meses con lluvias por debajo de lo normal o meses con sequías a largo plazo o índices de SPI menores de -1,00 se pasó de 15,9% a 19,8%. Este aumento de meses que presenta más lluvia por encima o menos lluvia de lo normal, se presentó al analizar el índice de SPI-24. El aumento de los meses por encima o por debajo de lo normal, se refleja en el porcentaje de meses considerados

como normal que disminuyó en 12,3% y 10,4% para los índices SPI-12 y SPI-24, respectivamente. Todo lo anterior indica que se ha presentado una alta frecuencia de la variabilidad de los registros de lluvias, situación cada vez más frecuente, por los efectos del cambio climático que se da a nivel global (Cuadro 4).

Relación del índice SPI-5 con el rendimiento de grano

En este análisis valores negativos de rendimiento, indican que dicho valor, para ese año, estuvo por debajo de la media del período tecnológico evaluado, mientras que valores positivos indican rendimientos con media superior a la media para dicho año. Por otra parte, índices SPI negativos están asociados

a la baja precipitación pluvial e índices positivos y a los años con precipitación pluvial por encima de la media histórica. Al relacionar el índice SPI-5 del mes de diciembre de la localidad de El Ejido con el rendimiento del ensayo de la Prueba Regional de maíz de esa localidad, se encontró una alta relación entre ambos índices, con un valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,87 (Figura 3). Esto significa que los años con valores negativos del SPI-5, correspondieron a diferencias negativas de los ensayos de cada año con respecto a la media del período con la tecnología correspondiente. Entre más alto el valor del SPI-5 mayor fue el rendimiento obtenido ese año con respecto a la media de varios años con tecnología similar.

CUADRO 4. PORCENTAJE DE MESES CON VALORES DE SPI-12 Y SPI-24, DE ACUERDO A LAS CATEGORÍAS, SEGÚN OMM (2012) EN DOS PERÍODOS DE TIEMPO DEL PLUVIÓMETRO LOCALIZADO EN LA VILLA DE LOS SANTOS.

	SPI-12		SPI-24	
	1965-1999	2000-2015	1965-1999	2000-2015
Extremadamente Húmedo	1,9	4,7	0,0	2,6
Muy Húmedo	3,4	5,2	5,3	13,5
Moderadamente Húmedo	7,7	11,5	5,5	9,4
Normal	71,2	58,9	70,8	60,4
Moderadamente Seco	8,7	6,8	13,9	4,2
Severamente Seco	4,8	7,3	3,3	2,6
Extremadamente Seco	2,4	5,7	1,3	7,3
Húmedo (> 1,00)	13,0	21,4	10,8	25,5
Normal	71,2	58,9	70,8	60,4
Seco (< -1,00)	15,9	19,8	18,4	14,1

El análisis del SPI-24 coincide con lo encontrado por Vicente-Serrano *et al.* (2012), donde concluyen que las magnitudes de correlación entre las diferentes variables hidrológicas, agrícolas y ecológicas, indica que el SPI muestra una mayor capacidad para el seguimiento de las condiciones de sequía en una gran variedad de sistemas.

Comparación entre SPI y SPEI de 12 meses

Se encontró pocas diferencias entre índices, coincidiendo con los resultados encontrados por Peña-Gallardo *et al.* (2016). Los índices de sequía muestran diferencias en la identificación de los períodos seco, pero en general, el SPI y SPEI presentan evoluciones temporales similares, de igual forma que para la mayoría de las series analizadas. La magnitud de las correlaciones en muchas de las variables analizadas, es similar entre los dos índices. Lo que sugiere que el uso del SPI, requiere de menos datos que el SPEI. Sin embargo, se han encontrado algunas diferencias entre índices que sugieren la mejor capacidad del SPEI (Vicente-Serrano *et al.* 2012).

La pequeña diferencia entre índices, puede ser mayor ante la elevación de la temperatura ambiental que incide directamente en un mayor valor de la Evapotranspiración, por lo cual se

incrementaría el efecto del estrés hídrico al que están sometidos los cultivos.

En el análisis de La Villa, se puede observar como los períodos con valores negativos en ambos índices difieren ligeramente, pero son más intensos (mayor duración y magnitud) en los calculados en el SPEI (Figura 4). Estos demuestran que, aunque la precipitación es el principal determinante de la severidad de la sequía, la influencia de la demanda evaporativa no se puede ignorar, sobre todo en el escenario actual de calentamiento global.

CONCLUSIONES

- El Índice Normalizado de Precipitación (SPI) es una herramienta versátil para el estudio de la caracterización de la precipitación pluvial clasificando los eventos en secos y/o húmedos, de tal manera que se puede determinar la magnitud y duración de las sequías.
- La productividad o producción de granos del cultivo de maíz en una zona específica está altamente correlacionada con los datos del SPI de esta misma localidad.
- Se encontró una ligera diferencia entre SPI vs SPEI, este último índice muestra un efecto marcado por la temperatura en la magnitud de la sequía.

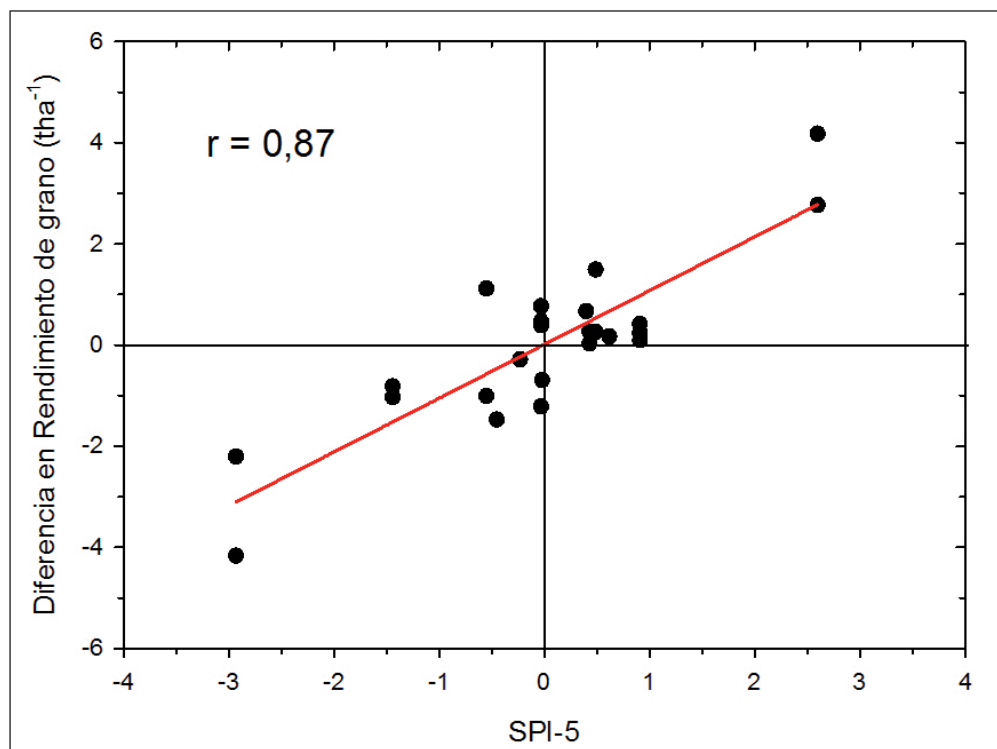


Figura 3. Relación entre el índice SPI-5 del mes de diciembre con la diferencia del rendimiento de cada año de la media por paquete tecnológico de los ensayos sembrados en El Ejido, Los Santos, 2001-2015.

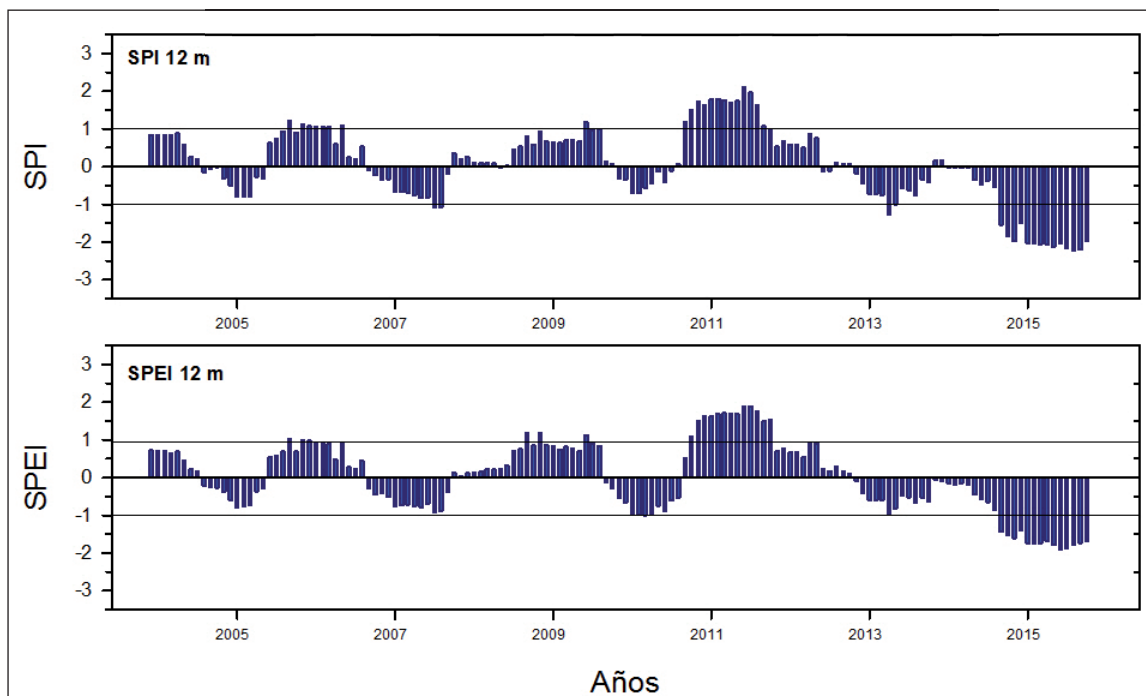


Figura 4. Valores del SPI-12 y el SPEI-12 de la localidad La Villa de Los Santos en el período 2003-2015.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, RG; Pereira, LS; Raes, E; y Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy: United Nations FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2015. Coping with climate change – the roles of genetic resources for food and agriculture. Rome. 110 p.
- Gordón-Mendoza, R; Franco-Barrera, JE y Camargo-Buitrago, I. 2016. Impacto de la Tecnología Generada en el cultivo de maíz para la Región de Azuero. IDIAP. Revista Ciencia Agropecuaria 24:1-18.
- Gordón-Mendoza, R. 2014. Los granos básicos y la Variabilidad climática en Azuero: Caso maíz. *In* Resúmenes de Primer Congreso Científico CRULS, Universidad de Panamá, Las Tablas, Panamá. 22 de octubre de 2014.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2012. Índice Normalizado de Precipitación: Guía de Usuario. OMM No 1090. 15 p.
- Lobell, DB; Burke, MB; Tebaldi, C; Mastrandrea, MD; Falcon, WP and Naylor, RL. 2008. Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science* 319:607-610.
- Lloyd-Hughes, B; Saunders, M. 2002. A Drought Climatology for Europe, *International Journal of Climatology* 22:1571-1592.
- McKee, TB; Doesken, NJ; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. *In* Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim, California. 17 a 22 de enero de 1993. American Meteorological Society. Boston. p.179-184.
- McKee, TB; Doesken, NJ; Kleist, J. 1995. Drought monitoring with multiple timescales. *In* Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology. Dallas, Texas. 15 a 20 de enero de 1995. American Meteorological Society. Boston. p.233-236.
- Nelson, GC; Rosegrant, MW; Palazzo, A; Gray, I; Ingersoll, C; Robertson, R; Tokgoz, S; Zhu, T; Sulser, TB; Ringler, C; Msangi, S; You, L. 2010. Food Security and Climate Change:

- Challenges to 2050 and Beyond. IFPRI Issue Brief 66. December 2010. 8 p.
- Núñez, SE; Núñez, LN; Podestá, GP; Skansi M, 2005. El Índice Estandarizado de Precipitación como herramienta para la caracterización y el monitoreo de la sequía: Una prueba de concepto. *In* Resúmenes del IX Congreso Argentino de Meteorología, Buenos Aires Argentina. 3 al 7 octubre de 2005.
- Peck, SL. 2004. Simulation as experiment: a philosophical reassessment for biological modeling. *Trends in Ecology and Evolution* 19(10):530-534.
- Peña-Gallardo, M; Gámiz-Fortis, SR; Castro-Diez, Y; Esteban-Parra, MJ. 2016. Análisis comparativo de índices de sequía en Andalucía para el período 1901-2012. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 42(1):67-88.
- Ruane, AC; DeWayne, CL; Horton, MR; Gordón, R; McCollum, R; Brown, D; Killough, B; Goldberg, R; Greeley, AP; Rosenzweig, C. 2013. Climate change impact uncertainties for maize in Panama: Farm information, climate projections, and yield sensitivities. *Agricultural and Forest Meteorology* 170:132-145.
- Vicente-Serrano, SM; Beguería, S; Lorenzo-La Cruz, J; Camarero, JJ; López-Moreno, JI; Azorín-Molina, C; Revuelto, J; Morán-Tejeda, E; Sánchez-Lorenzo, A. 2012. Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas. *In* VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología. "Cambio climático. Extremos e impactos". Serie A, nº 8. Salamanca. p.679-689.
- Vicente-Serrano, SM; Beguería, S; López-Moreno, JI. 2010. A Multi-scalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI, *Journal of Climate* 23:1696-1718.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento al Departamento de Hidrometeorología (HIDROMET) de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A (ETESA) y en especial a la Ing. Berta Olmedo por facilitar la data de lluvia y temperatura de las localidades incluidas en esta investigación.

COMPORTAMIENTO DE ESPECIES MADERABLES NATIVAS Y EXÓTICAS CULTIVADAS EN SUELOS ULTISOLES DE VERAGUAS¹

**Jhon A Villalaz-Pérez²; Osvaldo Cerrud-Pérez³; José E Villarreal-Núñez⁴;
Adolfo Santo-Pineda⁵; Luis A Barahona-Amores⁶**

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la adaptabilidad y comportamiento de dos especies nativas y dos exóticas en suelos ultisoles. Se realizó en la Finca Experimental de Calabacito. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Las especies nativas utilizadas fueron *Dipterex panamensis* y *Terminalia amazonia* y las exóticas fueron *Tectona grandis* y *Pinus caribaea*. Durante los cinco años del estudio, se fertilizó con una mezcla de roca fosfórica (30% de P_2O_5), abono orgánico comercial y abono completo 12-24-12. Las variables analizadas fueron: incremento en altura y diámetro, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico efectivo, porcentaje de saturación de aluminio. Para analizar los datos se utilizó el análisis de varianza y las medias fueron separadas con la prueba de rangos múltiples de Duncan y comparación de medias por Duncan. Para el período de evaluación 2010 – 2014 el mayor incremento medio anual en altura y en diámetro a la altura del pecho (1,30 m), fue para la *Tectona grandis*, con valores de 126,65 cm año⁻¹ y 1,05 cm año⁻¹, respectivamente. En un año de crecimiento (2013 – 2014), la especie con mayor valor fue la *T. grandis* con 125,3 cm año⁻¹ de incremento corriente anual en altura y 1,50 cm año⁻¹ en diámetro a la altura del pecho. Se observó que hubo diferencias significativas en las variables de suelo del inicio con respecto al año quinto; pero no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La especie exótica de mejor comportamiento fue la *T. grandis* y entre las nativas fue la *T. amazonia*.

PALABRAS CLAVES: Incremento corriente anual, incremento medio anual, diámetro a la altura del pecho, capacidad de intercambio catiónico efectivo, materia orgánica.

¹Recepción: 17 de febrero de 2017. Aceptación: 5 de marzo de 2017. Investigación financiada por el IDIAP. Proyecto: Investigación e Innovación Forestal.

²Ing. en Ciencias Forestales. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: jvillalaz14@gmail.com

³Ing. en Ciencias Forestales. IDIAP. CIAC. e-mail: justicier05@yahoo.es

⁴Ph.D. en Edafología. IDIAP. CIAC. e-mail: jevilla38@gmail.com

⁵Ing. en Ciencias Forestales. IDIAP. CIAC. e-mail: asantospineda@gmail.com

⁶Ing. Agr. Fitotecnista. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: alberline@gmail.com

BEHAVIOR OF NATIVE AND EXOTIC WOOD SPECIES CULTIVATED ON ULTISOLS SOILS IN VERAGUAS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the adaptability and behavior of two native and two exotic species in ultisols soils. The trial was carried at the Experimental Farm in Calabacito. A completely randomized block design with four replicates was used. The native species used were *Dipterex panamensis* and *Terminalia amazonia*, and the exotic ones were *Tectona grandis* and *Pinus caribaea*. During the five years of the study, it was fertilized with a mixture of phosphate rock (30% P_2O_5), commercial organic fertilizer and complete fertilizer 12-24-12. The variables analyzed were: height growth and diameter at breast height, organic matter, effective cation exchange capacity, percentage of aluminum saturation. To analyze the data, we used the analysis of variance and the means were separated using Duncan's multiple range test and mean comparison by Duncan. For the evaluation period, during 2010-2014, the largest mean annual increase in height and diameter at chest height (1,30 m) was for *Tectona grandis*, with values of 126,65 cm year⁻¹ and 1,05 cm year⁻¹ respectively. In one year of growth (2013-2014), the specie with the highest value for annual increase in height and diameter at chest height was *Tectona grandis* with 125,3 cm year⁻¹ and 1,50 cm year⁻¹. It was observed that there were significant differences in the soil variables of the beginning with respect to the fifth year; but there were not significant differences between treatments. The exotic species with the best behavior was *T. grandis* and among the native species was *T. amazonia*.

KEY WORDS: Current annual increment, mean annual increment, diameter at breast height, capacity effective cation exchange, organic matter.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de especies forestales, se ha convertido en el principal reto de conservación de la masa forestal e investigación en todos los países del mundo. La producción y uso de la madera han ido en aumento, debido al consumo de este rubro por la población, para incrementar su economía.

En Panamá se han reportado más de 71 000 ha de tierras reforestadas. Durante los últimos 17 años de actividad de reforestación (1992-2008), con apoyo de la Ley 24, se han reforestado 62 000 ha, lo cual representa una tasa de reforestación anual de 3640 ha año⁻¹ (ANAM 2010).

Las consecuencias de reforestar con especies exóticas en nuestro país, ha llevado a que se ocupen muchas superficies de suelos de vocación o aptitud forestal (clase VI y VII). Sin embargo, se debe reconocer que no todas las especies exóticas son igualmente perjudiciales para la naturaleza.

La introducción y propagación de una especie no autóctona, produce cambios significativos en términos de composición, estructura o procesos del paisaje (Bertonatti y Corcuera 2000).

Por cada especie que se introduce en un ecosistema estable habrá una o varias especies que sufrirán alguna merma, aun cuando sólo tenga algún efecto colateral. Esta merma puede visualizarse como disminución en el número de individuos (densidad), en la biomasa (peso) o en la extensión geográfica.

El 70% de los suelos tropicales del hemisferio occidental está dominado por suelos ácidos e infértiles de los órdenes oxisoles y ultisoles, con baja vegetación de bosques y sabanas (Sánchez y Salinas 1983). Los suelos ultisoles reconocidos tienen un horizonte argílico de poco espesor y un bajo porcentaje de saturación de base, generalmente inferior a 25% dentro de la sección de control del perfil edáfico. Se ha identificado un suborden

ultult, (ultisoles de topografía accidentada formados bajo condiciones de clima tropical húmedo; son de color pardo rojizo oscuro y no muestran evidencias de saturación hídrica).

El crecimiento de los árboles, está influenciado o asociado al factor tiempo y a las condiciones ambientales del sitio. Cuando las condiciones ambientales (características edáficas y climáticas), son favorables al desarrollo, estos presentan su máxima capacidad de crecimiento.

Las principales formas de adaptación de las plantas a los efectos adversos de la acidez del suelo se pueden agrupar en dos categorías: tolerancia de las especies a la acidez (Wright y Ferrari 1976, Baligar y Duncan 1990, Salas 1996) y la utilización de enmiendas para neutralizar la acidez (Sánchez y Salinas 1983, Espinosa y Molina 1999).

Se encontró que los requerimientos de nutrientes para la teca, aumentan con la edad y tienen el siguiente orden $K > Ca > N > P > Mg$ (Nwoboshi 1984).

La Finca Experimental de Calabacito, perteneciente al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), fue designada como representativa de los suelos ácidos para evaluar cultivos y especies forrajeras, y

posteriormente en 1985 se introdujeron actividades forestales con especies exóticas (*Acacia mangium*, *Gmelina arborea*).

Datos experimentales del IDIAP, en ultisoles ácidos, catalogan a la *Acacia mangium* al compararlas con otras especies nativas y exóticas tales como *Tectona grandis*, *Eucalipto camandulensis*, *Genipa americana* como la de mejor comportamiento (Name *et al.* 1987).

Nacionalmente se han realizado actividades de investigación que han permitido evaluar el comportamiento de un número reducido de especies exóticas en áreas restringidas de nuestra geografía. Sin embargo, gran parte de las especies exóticas y muchas de las nativas todavía no han sido evaluadas en aspectos como crecimiento, adaptabilidad y modificación de propiedades del suelo.

Para esta actividad se propuso el estudio de especies maderables nacionales de una dureza extraordinaria y reportada como una de las maderas más pesadas con una amplia gama de usos pero cuya fuente ha ido desapareciendo poco a poco del paisaje y de las que poco se conoce.

En el caso de las especies exóticas se planteó la utilización de dos de las más conocidas a fin de evaluar los beneficios que pudieran aportar en los aspectos de conservación y recuperación de los suelos, así como en la regeneración espontánea de otras especies, lo que serviría como elemento de comparación frente a estos mismos aspectos evaluados en especies nativas.

El objetivo de este ensayo fue evaluar el comportamiento de dos especies nativas y dos exóticas cultivadas en suelos ultisoles, evaluar la dinámica de las propiedades químicas del suelo, producidas en las parcelas de especies nativas y exóticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en la Finca Experimental de Calabacito, perteneciente al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicada en el distrito de San Francisco, provincia de Veraguas, en las coordenadas 8° 14' 50" N y 81° 04' 57" O. La clasificación climática según McKay (2000), presenta un clima subecuatorial con estación seca; con promedios anuales de temperatura de 26,5° a 27,5° C. Los niveles de precipitación son elevados, cercanos o superiores a los 2500 mm. El clima es de estación seca corta y acentuada con tres a cuatro meses de duración (ANAM 2010).

La Finca Experimental de Calabacito, está clasificada agrologicamente en la clase III y IV, posee una precipitación anual promedio de 2500 mm, un drenaje moderadamente bueno y una permeabilidad moderada (Jaramillo 1987).

El suelo es un ultisol, profundo ácido ($\text{pH} < 5,5$), con drenaje regular, de material parental ígnea, pendientes entre 1% y 3%, textura arcillosa, alta concentración de aluminio intercambiable ($2,5 \text{ cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$), baja capacidad de intercambio catiónico y con alta fijación de fósforo (Name *et al.* 1991).

Se evaluaron cuatro tratamientos en un período de cinco años, que están consideradas con un alto valor económico en Panamá. Los tratamientos evaluados fueron dos especies nativas como almendro (*Dipterex panamensis*) y amarillo (*Terminalia amazonia*) y dos especies exóticas como teca (*Tectona grandis*) y pino caribe (*Pinus caribaea*).

Se obtuvieron mediciones de alturas totales y diámetro a altura del pecho (DAP), antes y después de aplicar los tratamientos para determinar el incremento medio (IMA) y corriente (ICA), anuales tanto en alturas como en DAP, utilizando formulas descritas por Imaña y Encinas 2008.

$$\text{ICA} = Y_{(t+1)} - Y_{(t)}$$

Donde:

ICA = Incrementos corriente anual

Y = Dimensión de la variable considerada

t = Edad

Para el Incremento medio anual (IMA), la formula se describe como:

$$\text{IMA} = Y_t / t_0$$

Donde:

Y = Dimensión de la variable considerada

t_0 = Edad a partir del tiempo cero

El diseño utilizado fue de Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental contaba con 30 individuos (árboles) espaciados a 4 m entre líneas y 4 m entre plantas. La separación entre unidades experimentales era de 6 m.

Tomando como base los niveles críticos de la tabla de recomendación del IDIAP para suelos con bajo contenido de fósforo y potasio; las parcelas se fertilizaron con una mezcla de roca fosfórica (30% de P_2O_5), abono orgánico comercial y abono completo 12-24-12 (Cuadro 1).

El contenido de la mezcla fue de: N (7,5%), P_2O_5 (42,74%), K_2O (10,12%), y se aplicó 113,40 g/árbol a inicio del trasplante, y 56,70 g/árbol de N (urea 46%) a los 45 días después del trasplante; una segunda aplicación de la mezcla, incorporada, a los 120 días después del

CUADRO 1. CONTENIDO DE NUTRIENTES DEL ABONO ORGÁNICO COMERCIAL, CON pH DE 7,5.

Nutriente	%
N	0,75
P ₂ O ₅	0,12
K ₂ O	1,31
CaO	1,84
MgO	1,20

Fuente: Laboratorio de Fertilidad de Suelos del IDIAP - Divisa.

trasplante; a los cinco años se aumentó la mezcla a 226,80 g/árbol al inicio y a final de las lluvias.

En todas las unidades experimentales se realizaron chapeos, podas fitosanitarias entre dos y tres años, en su mayoría, en las primeras etapas de crecimiento.

Se hizo un muestreo de suelo al inicio y al final del quinto año hasta 50 cm de profundidad, para determinar las variables químicas como porcentajes de saturación de calcio (% Sat Ca), porcentaje de saturación de magnesio (% Sat Mg), porcentajes de saturación de potasio (% Sat K), capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE), porcentaje de saturación de aluminio (% Sat Al), potencial de hidrógeno (pH) y materia orgánica (MO). Para conocer las variables de suelos antes mencionadas, se realizaron análisis de suelo según metodologías descritas por el laboratorio de suelos del IDIAP (Villarreal y Name 1996).

Para el análisis de los resultados se realizó el análisis de varianza y las medias fueron separadas con las prueba de rangos múltiples de Duncan (Alpha igual 0,05) y para conocer el comportamiento de los crecimientos tanto en alturas y diámetros, durante el tiempo, se realizaron graficas de regresión potencial y polinomiales.

RESULTADOS Y DISCUSION

El mayor incremento medio anual en altura (IMAH), correspondió a la especie *Tectona grandis*, seguida de la *Terminalia amazonia*, cuando se realizaron el análisis de varianza y la regresión potencial, a los incrementos en altura, encontrándose diferencias significativas entre ellas. Estos valores fueron de 126,65 y 86,63 cm año⁻¹, respectivamente (Figura 1); y para el incremento corriente anual en altura (ICAH), que es el incremento en un año de crecimiento (2013 – 2014), la especie con mayor valor fue la especie maderable exótica *T. grandis*, seguido de

la especie maderable nativa *T. amazonia*, encontrando diferencias significativas al 95%, con 125,3 cm año⁻¹ y 114,30 cm año⁻¹, respectivamente (Figura 2).

La especie nativa *T. amazonia* tuvo un aumento en crecimiento en todo el período de medición, como indica la gráfica de regresión potencial, con respecto a las otras especies (Figura 2).

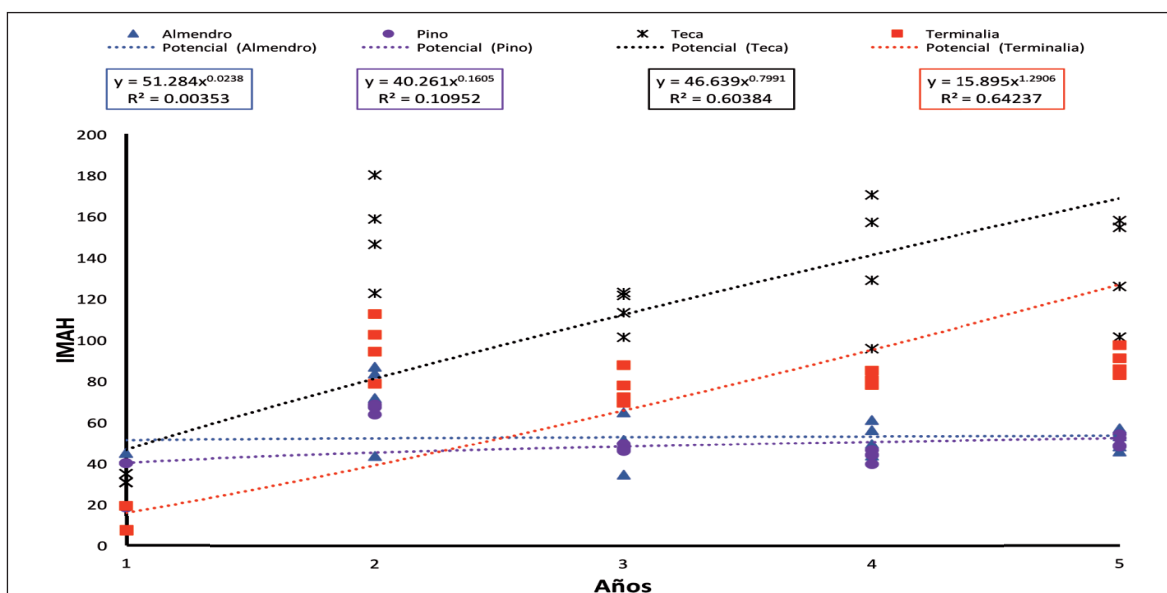


Figura 1. Incremento medio anual en altura (IMAH) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

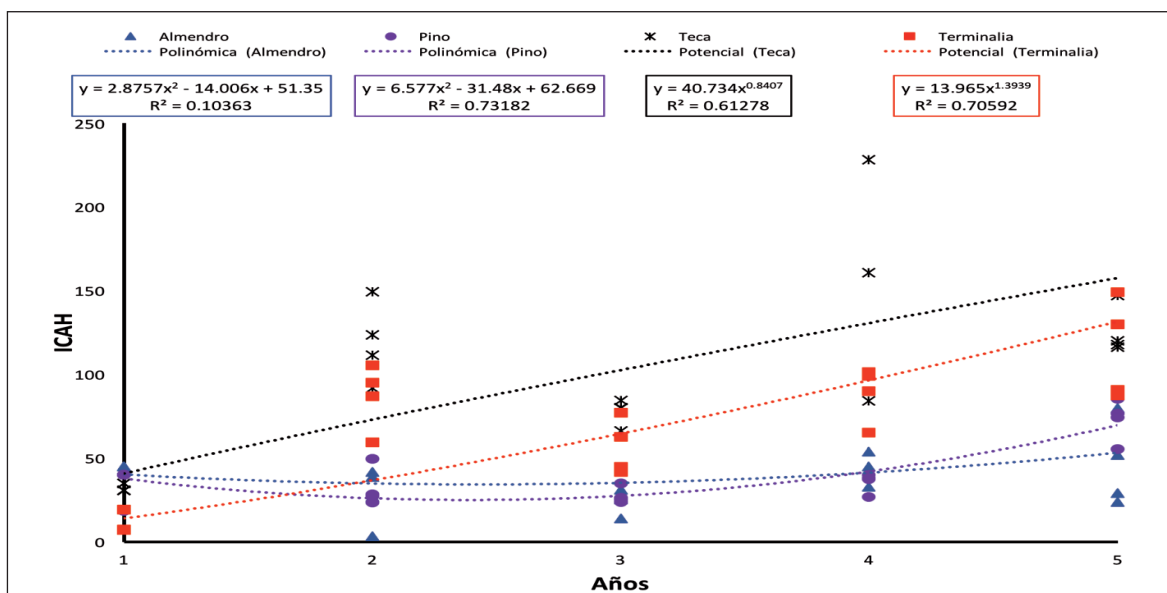


Figura 2. Incremento corriente anual en altura (ICAH) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

Para la especie *T. grandis* se pudo observar una leve disminución de incrementos en el crecimiento en altura, a partir del segundo año. Datos observados por Chávez y Fonseca (1991) encontraron que la *T. grandis* tiene un crecimiento rápido en la etapa inicial, seguida por una etapa de crecimiento medio, a partir de la cual el crecimiento tiende a disminuir.

El IMAH varía de 73 cm año⁻¹ a 198 cm año⁻¹ para plantaciones de *T. grandis* de 10 años en la India (Kadambi 1993); encontrándose dentro de los rangos mencionados.

Los valores 46,10 cm año⁻¹ de incremento corriente anual en altura (ICAH) de la especie *Dipterex panamensis*, en el período evaluado, coinciden con los valores reportados por Delgado *et al.* (2003), de 60 cm año⁻¹; si se estima las edades medidas de 8 a 11 años.

El mayor valor de incremento medio anual en diámetro (IMADAP) lo presentó la especie *T. grandis* con 1,58 cm año⁻¹, seguido de la especie maderable nativa *T. amazonia* con 0,85 cm año⁻¹, encontrando diferencia significativa al 95% entre ambas (Figura 3).

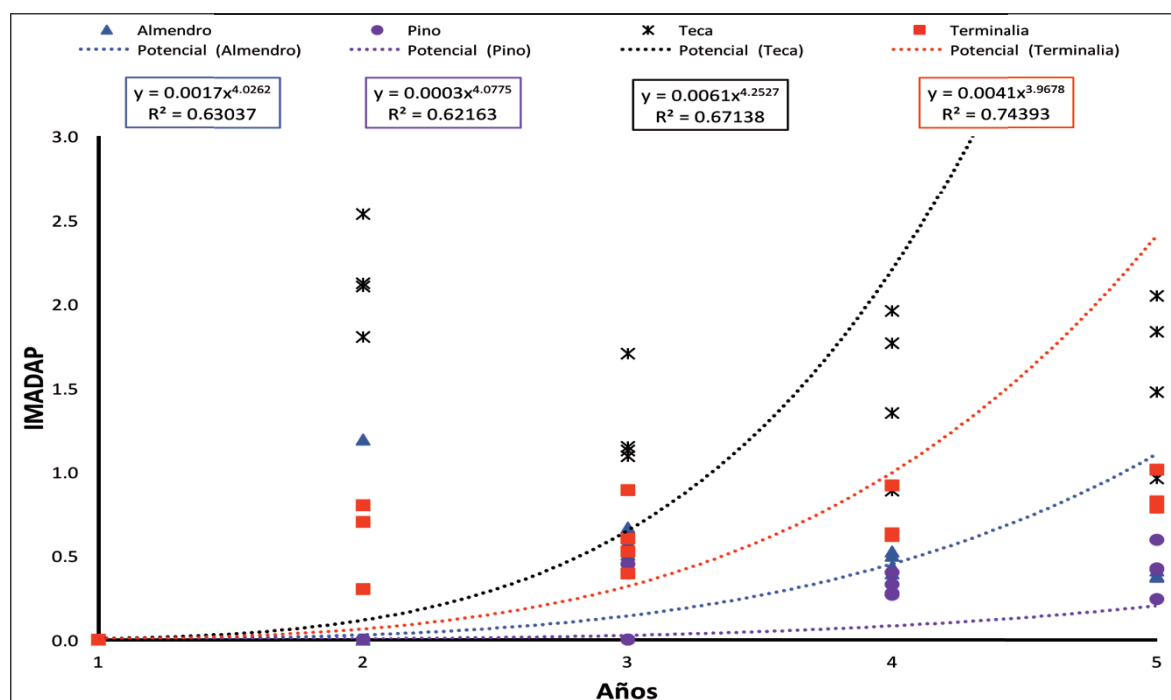


Figura 3. Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho (IMADAP) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

Comparando los resultados con el estudio hecho por Mollinedo-García (2003) en Panamá, en plantaciones de *T. grandis* de edades de 10 años, donde encontró rangos de IMAH de 182 cm año⁻¹ a 372 cm año⁻¹, lo que mostró un crecimiento bajo.

Los valores encontrados para la especie *T. amazonia* se encuentran entre los rangos de 30 cm año⁻¹ a 130 cm año⁻¹ para IMAH y de 0,2 cm año⁻¹ a 1,8 cm año⁻¹ para IMADAP, son similares a los que se reportaron por Montero y Kanninen (2005).

Para el incremento corriente anual en diámetro (ICADAP), la especie con mayor valor fue nuevamente la *T. grandis* con 1,80 cm año⁻¹, seguido de la especie

nativa *T. amazonia* con 1,30 cm año⁻¹, no encontrando diferencia significativa entre las dos especies (Figura 4).

La especie con mayor mortalidad fue el *Pinus caribaea*, seguida del *Dipterex panamensis*; durante el período de investigación (Cuadro 2).

Se observó que en todas las variables medidas, de las características químicas en el suelo, hubo diferencias significativas comparando su condición del año inicial y el final a los cinco años (Cuadro 3); y entre los tratamientos estudiados, no se presentó diferencia significativa en los valores medios medidos.

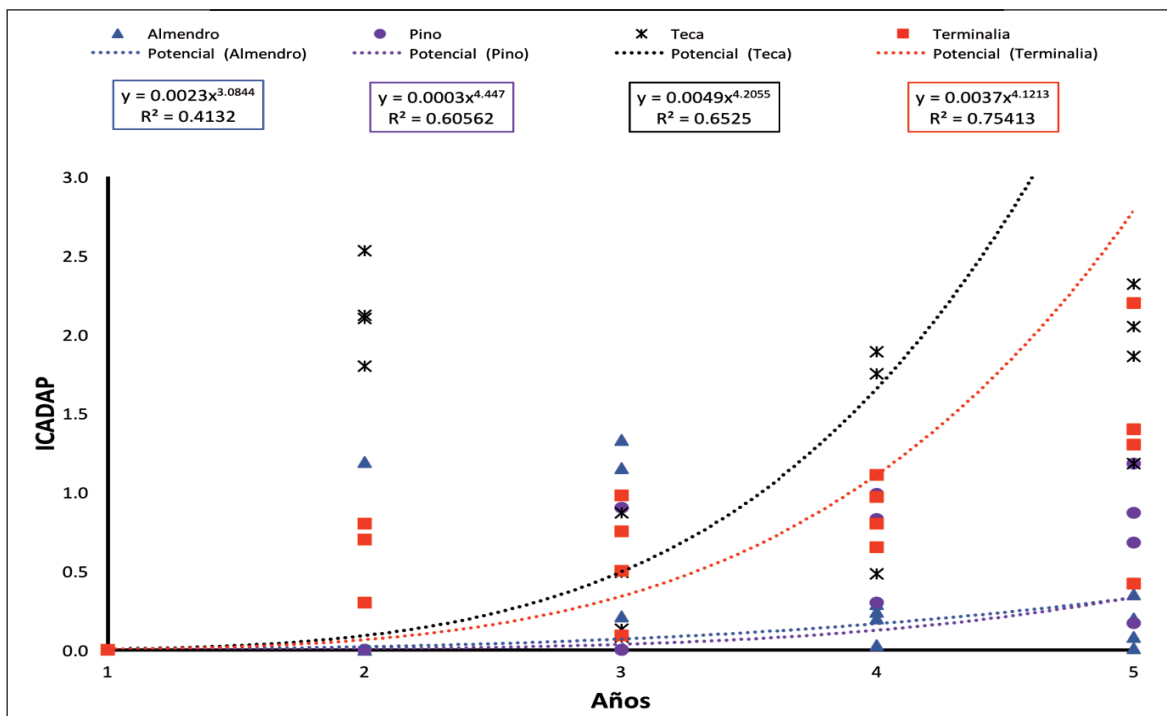


Figura 4. Incremento corriente anual en diámetro a la altura del pecho (ICADAP) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

CUADRO 2. PORCENTAJE DE MORTALIDAD POR ESPECIES EVALUADAS.

Especies	% Mortalidad
1 Terminalia	17,0
2 Almendro	53,0
3 Teca	3,0
4 Pino	71,0

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ESTUDIADAS EN EL SUELO ANTES Y CINCO AÑOS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Años	Variables	Valores medios	*Rango de niveles
0	pH	4,47 a	4,0 – 5,1 (muy ácido)
5		5,03 b	
0	% Sat Al	67,74 a	30 a 60 (medio)
5		52,87 b	
0	% Sat Ca	20,19 a	30 a 50 (medio)
5		24,01 b	
0	% Sat K	3,40 a	2 a 5 (medio)
5		2,70 b	
0	% Sat Mg	9,87 a	12 a 25 (medio)
5		14,60 b	
0	CICE	4,89 a	20 a 40 (medio)
5		5,69 b	
0	% MO	2,08 a	2,1 a 6,0 (medio)
5		3,00 b	

Valor de significancia ($P < 0,05$).

SAT Al= Saturación de aluminio; SAT Ca= Saturación de calcio; SAT K= Saturación de potasio; SAT Mg= Saturación de magnesio; MO= Materia Orgánica; CICE= Capacidad de intercambio catiónico efectivo.

*Rangos de niveles según el Laboratorio de suelos del IDIAP.

Se pudo observar que a pesar que la especie exótica Teca, presento, mayor IMAH que las demás especies, esta reduce su crecimiento, en comparación con las otras. Esto coincide con Alvarado *et al.* (2002); que encontraron que los suelos con pH inferiores a 6,0, pueden presentar un escaso desarrollo radical, así como un escaso grado de infección por hongos micorrízicos en dicho sistema radical.

Al disminuir el porcentaje de saturación de aluminio, aumentan las otras variables, que pueden ayudar a corregir la nutrición de las especies estudiadas con el paso de los años; tal como indica Nwoboshi (1984), que los requerimientos de nutrientes aumentan con la edad.

CONCLUSIONES

- El aumento significativo del pH, MO y las bases del suelo como el Ca, Mg, K y la disminución del porcentaje de saturación de Al, demuestran que estos materiales utilizados para reforestar, ayudan a mejorar la fertilidad del suelo en el tiempo.
- El utilizar especies nativas o exóticas durante los cinco años del estudio, brindan un aporte nutricional similar a los suelos ultisoles. Por lo que, cualquier especie forestal, que aporte un volumen considerable de hojarasca, contribuye al aumento de la materia orgánica por medio de la mineralización, igualmente, contribuye al aumento de la capacidad de intercambio catiónicos del suelo.
- Entre las especies exóticas, la *Tectona grandis* mostró el mejor comportamiento en cuanto al incremento y entre las nativas la *Terminalia amazonia*.

BIBLIOGRAFÍA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente Panamá). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. ANAM, PA. 190 p.
- Alvarado, A; Boniche, J; Chavarría, M. 2002. Micorrización natural en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Guanacaste, Pacífico Central/ Sur y Zona Norte de Costa Rica. Informe de consultoría. Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, CR. 27 p.
- Baligar, VC; Duncan, RR. (eds.). 1990. Crops as enhancers of nutrient use. Academic. San Diego, California. 574 p.
- Bertonatti, C; Corcuera, J. 2000. Situación Ambiental Argentina, Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Chaves, E; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. Serie Técnica. 60 p. (Informe Técnico no. 179).
- Delgado, A; Montetro, M; Murillo, O; Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la Zona Norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 27(1):63-78.

- Espinosa, J; Molina E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS. Boletín de Investigación y Educación. 42 p.
- Imaña, EJ; Encinas, BO. 2008. Epidometría Forestal. Brasilia: Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 72 p.
- Jaramillo, S. 1987. Pedones de Campo y Estaciones Experimentales del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. IDIAP. Boletín Técnico. 56 p.
- Kadambi, K. 1993. Silvicultura and Management of Teak. Natraj Publishers. New Delhi. 137 p.
- McKay, A. 2000. Climas y biodiversidad: Una nueva clasificación de los climas de Panamá. Revista Cultural Lotería, Año MM, no. 431:47-51.
- Montero, MM; Kanninen, M. 2005. Terminalia Amazonia: Ecología Y Silvicultura. CATIE, 32 p.
- Mollinedo-García, MS. 2003. Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona oeste, cuenca del canal de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 89 p.
- Name, B; Cordero, A; Bernal, J. 1987. Alternativas para el uso y manejo de suelos ácidos en Panamá. In Compendio de los Resultados de Investigaciones presentadas en Jornada Científica. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Región Central. 23 p.
- Name, BT; Smyth, TJ; Marquez, E. 1991. Dinámica del potasio en ultisoles de Panamá. Ciencia Agropecuaria no. 7:9-23.
- Nwoboshi, LC. 1984. Growth and nutrient requirements in a teak plantation age series in Nigeria. II. Nutrient accumulation and minimum annual requirements. Forest Science 30(1):35-40.
- Salas, R. 1996. El aluminio en la relación suelo planta. In F. Bertsch, W. Badilla y E. Bornemisza (Eds.). Suelos, ¿puede la agricultura sostenible ser competitiva? X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, III Congreso Nacional de Fitopatología y II Congreso Nacional de Suelos. Volumen III.

Sánchez, PA; Salinas, JA. 1983. Suelos ácidos, estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (ed.). Bogotá, CO. 93 p.

Wright, MJ; Ferrari, SA. (Eds.). 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Proceedings of a workshop held at the National Agricultural Library. Beltsville, Maryland, November 22-23. 420 p.

Villarreal, J; Name, B. 1996. Técnicas Analíticas del Laboratorio de suelos. IDIAP-Divisa, 110 p.

FORMAS DE FÓSFORO EN SUELOS DE PANAMÁ¹

José E Villareal-Núñez²; Santander Jaramillo³;

Benjamín Name-Tuñón⁴; Jhon A Villalaz-Pérez⁵

RESUMEN

El objetivo fue determinar formas de fósforo (P) en suelos de los cuatro órdenes taxonómicos más comunes en Panamá. Se analizaron muestras de 0-20 cm de profundidad de 34 suelos sin fertilizar y desarrollados de diverso material parental. Se fraccionó el P-inorgánico (P-FeAl, P-CO₃, P-Ocluido y P-Ca) según la metodología de Olsen y Sommers y el P-orgánico (Porg-lábil, Porg-moderadamente-lábil y Porg-moderadamente-resistente) según Hedley. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. El P total se obtuvo como resultado de la suma de las diversas fracciones y su contenido osciló entre 165 mg kg⁻¹ y 764 mg kg⁻¹. Los suelos desarrollados a partir de sedimentos y con granulometría fina, presentaron mayor contenido de P total. Dentro de las fracciones inorgánicas predominaron las fracciones de P-FeAl en todos los suelos, principalmente en aquellos con una alta saturación de Al. La fracción P-Ca fue menor en la mayoría de los suelos, con excepción de algunos alfisoles e inceptisoles. Con relación al P-orgánico, se encontraron valores entre 14 mg kg⁻¹ y 182 mg kg⁻¹, sin embargo, en los suelos muy meteorizados la fracción de Porg-lábil, predominó sobre las otras. Hubo correlación positiva y significativa al 0,05 de probabilidad entre la fracción de P-total y contenido de arcilla (0,86); carbono orgánico y P-orgánico total (0,72) y Saturación de Al y P-FeAl (0,94). Conocer las fracciones de P en los suelos de Panamá contribuye a mejorar su manejo.

PALABRAS CLAVES: Orden taxonómico, alfisoles, inceptisoles, andisoles, fracciones.

¹Recepción: 20 de febrero de 2017. Aceptación: 5 de mayo de 2017. Proyecto Financiado por el IDIAP. Diagnóstico de Fertilidad de los principales suelos agrícolas del país.

²Ph.D. en Edafología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: jevilla38@gmail.com

³M.Sc. en Edafología. q.e.p.d.

⁴M.Sc. en Edafología. e-mail: bname63@gmail.com

⁵Ing. Forestal. IDIAP. CIAC. e-mail: jvillalaz14@gmail.com

PHOSPHORUS FORMS ON SOILS OF PANAMA

ABSTRACT

The objective was to determine forms of phosphorus (P) in soils from the four most common taxonomic orders in Panama. From 34 unfertilized soils, developed from different parent material, samples of 0-20 cm depth were analyzed. The inorganic-P (P-FeAl, P-CO₃, P-Occluded and P-Ca) was fractionated according to Olsen and Sommers methodology and organic P (Porg-labile, Porg-moderately-labile and Porg-moderately-resistant) according Hedley. The determination was carried out at the IDIAP Soil Laboratory in Divisa, Herrera province from January to December 1998. A completely randomized experimental design with four replicates was used. Total P was obtained as a result of the sum of the various fractions and their content ranged from 165 mg kg⁻¹ to 764 mg kg⁻¹. Soils developed from sediments and with fine granulometry presented higher total P content. The P-FeAl inorganic fractions predominated in all soils, mainly in those with high Al saturation. The P-Ca fraction was lower in most soils, except for some alfisols and inceptisols. Organic- P values between 14 mg kg⁻¹ and 182 mg kg⁻¹ were found, however, in highly weathered soils the Porg-labile fraction predominated over the others. There was a positive and significant correlation at 0,05 probability between the fraction of total P and clay content (0,86); Organic carbon and total organic- P (0,72) and Saturation of Al and P-FeAl (0,94). Knowing the P fractions in the soils of Panama contributes to improve its management.

KEY WORDS: Taxonomic order, alfisols, inceptisols, andisols, fractions.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitantes en la producción de cultivos es la baja disponibilidad de fósforo (P) en el suelo, a pesar del alto contenido de P total. En suelos ácidos, la adsorción de P generalmente es atribuida a los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio y a otras propiedades del suelo (Vázquez y Morales 2000).

Los principales órdenes de suelo presentes en Panamá son: Ultisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Andisoles. Son ricos en óxidos de hierro y aluminio, con elevada capacidad de fijación de fosfatos, lo que hace muy complejo su manejo (Villarreal *et al.* 2013).

El P forma parte de la fracción mineral y orgánica del suelo. Los compuestos presentes varían según las características de los suelos en cada región, tales como: el material parental y las condiciones de meteorización.

Las distintas formas de P en el suelo se encuentran en equilibrio dinámico, dependiente del ambiente edáfico (textura, materia orgánica y el pH) y del manejo agronómico (como la rotación de cultivos y la fertilización).

Considerando que el P disponible para las plantas no es solamente aquel que puede ser solubilizado por una solución estándar, el análisis por medio de fraccionamientos proporciona datos más completos para estimar la disponibilidad del elemento a corto y largo plazo, según sea la forma encontrada en los distintos suelos, ya que el ciclo biológico y la meteorización alteran la disponibilidad del P para los vegetales (Hedley *et al.* 1982).

Desarrollaron un esquema de fraccionamiento del fósforo inorgánico, Olsen y Sommers 1982, basado en el método propuesto por Chang y Jackson (1957) con algunas modificaciones, principalmente la eliminación del NH_4F , reactivo que causa la sobreestimación de algunas fracciones de P.

Con el método de Olsen y Sommers (1982) las fracciones del P edáfico son obtenidas con solventes químicos selectivos, discriminando cuatro clases de compuestos: el P ligado al Fe y Al (P-FeAl), el ligado al calcio (P-Ca), unido a los carbonatos (P- CO_3) y las fracciones ocluidas.

Por otro lado, Hedley *et al.* (1982) ensayaron un método de fraccionamiento secuencial para el P que permite separar fracciones de P orgánicas e inorgánicas, de modo que tengan una relación directa con la toma de este elemento por las plantas.

Los suelos de Panamá en su mayoría, son deficientes en P biodisponible, sólo en aquellas zonas donde se ha practicado una agricultura comercial intensiva durante casi 100 años se encuentran cantidades excesivas de P (Villarreal *et al.* 2013). Estos suelos han sido fertilizados con fertilizantes químicos comerciales que son fabricados a partir de roca fosfórica acidulada (Cordell *et al.* 2009) un recurso no renovable y escaso. Se necesita mayor conocimiento de las diferentes fracciones y estrategias de manejo para mejorar su eficiencia en la agricultura (Richardson *et al.* 2011).

En investigaciones realizadas en el Sur de Chile se encontró que

las diferentes formas de P están muy relacionadas con el grado de evolución del suelo, siendo que en aquellos con mayor grado de meteorización este nutriente se encuentra mucho distribuido en una mayor cantidad de fracciones (Pinochet *et al.* 2001). Crews y Brookes (2014), en investigaciones realizadas en Inglaterra, encontraron que había un predominio de P-orgánico en suelos cultivados con especies perennes comparado con sitios donde se trabaja con cultivos anuales y granos donde predominaban las formas inorgánicas.

Un mayor conocimiento de todas las fracciones e interrelaciones del fósforo inorgánico y fósforo orgánico existentes en el suelo, es fundamental para entender la dinámica del fósforo, así como su rol

durante la génesis de los suelos. Este estudio tuvo como objetivo determinar las diferentes fracciones de P en suelos pertenecientes a los principales órdenes de suelo predominantes en Panamá.

MATERIALES y MÉTODOS

Para realizar el estudio se tomaron muestras entre 0 y 20 cm de profundidad de 34 suelos sin fertilizar y desarrollados a partir de diferente material parental (Cuadro 1).

Los suelos muestreados, pertenecen a los cuatro órdenes taxonómicos más comunes encontrados en Panamá. Cinco fueron clasificados como Ultisoles, siete Andisoles, 11 Inceptisoles y 11 Alfisoles (Figura 1).

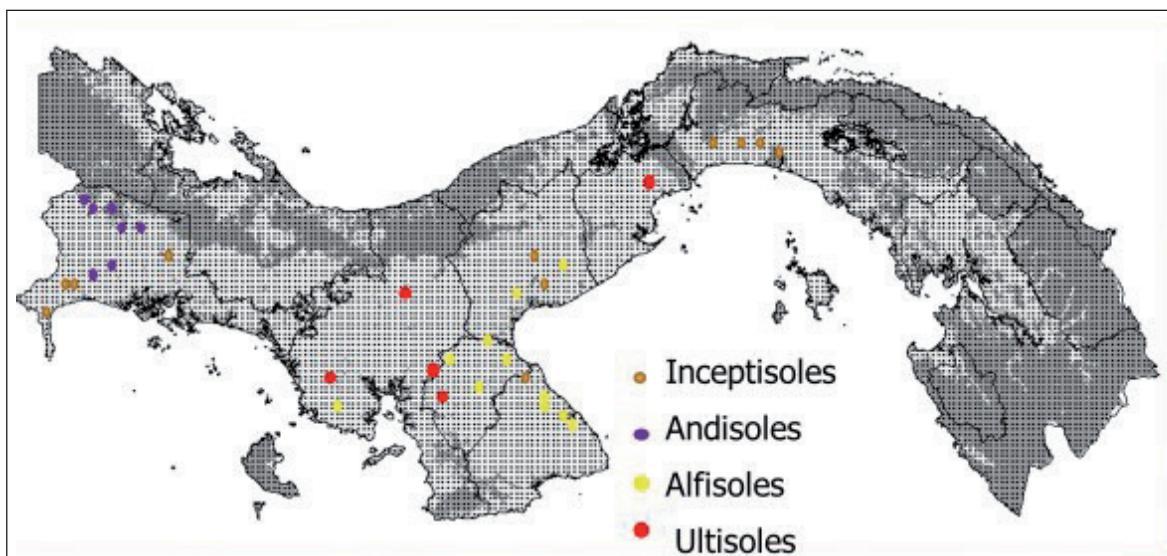


Figura 1. Ubicación de los suelos estudiados, Panamá-2014.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y MINERALÓGICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS, PANAMÁ-2014.

Procedencia	Arcilla predominante	Textura	pH	P mg/l	K	Ca	Mg	Al	CICE	MO %	Mn mg/l	Fe
INCEPTISOLES												
Quira-Barú-Chiriquí	Haloisita, amorfos	Franco limoso	5,7	140,0	188,0	22,4	5,1	1,2	29,18	1,88	27	242
Manaca-Barú-Chiriquí	Haloisita, amorfos	Franco arcilloso	5,9	142,0	548,0	11,7	1,3	0,1	14,5	5,36	86	68
Guarumal, Chiriquí	Gibsita, cristobalita	Franco arenoso arcilloso	4,9	15,0	102,0	4,4	1,4	2,7	8,76	3,08	88	101
Gualaca, Chiriquí	Haloisita-gibsita	Franco arenoso arcilloso	6,0	10,0	82,3	26,9	0,01	0,4	27,52	6,30	143	52
Río La Villa, Los Santos	Montmorilonita - caolinita	Franco arenoso	6,1	22,1	145,0	24	5,9	0,3	30,57	1,61	143	179
Penonomé Sub Centro, Coclé	Caolinita, montmorilonita	Franco arenoso	5,4	21,0	102,0	6,0	2,3	0,5	9,14	1,88	89	84
El Coco, Coclé	Caolinita, montmorilonita	Franco arenoso arcilloso	5,5	3,3	133,2	8,7	2,8	0,2	12,04	1,88	179	65
Chepo-Cañita, Panamá	Caolinita, montmorilonita	Franco	6,0	25,0	135,0	18,6	4,9	1,2	25,05	1,88	14	94
Chepo-Felipillo, Panamá	Caolinita, montmorilonita	Franco arcilloso arenoso	5,3	13,5	117,0	6,6	2,8	1,3	11,0	4,02	27	27
Chepo-Pacora, Panamá	Caolinita, montmorilonita	Arcilloso	5,0	3,7	200,0	18,2	6,8	0,8	26,31	3,62	256	56
Chepo-Coquira, Panamá	Caolinita, montmorilonita	Franco arcilloso	5,7	5,0	117,0	23,8	6,4	0,2	30,7	3,35	155	10
ANDISOLES												
Alanje Loc. 2, Chiriquí	Gibsita, cristobalita	Franco arenoso	5,8	8,0	274,0	1,0	1,0	1,0	3,70	9,85	10	60
Alanje Loc. 3, Chiriquí	Gibsita, cristobalita	Franco arenoso	5,6	3,7	86,2	1,0	1,0	0,8	3,02	8,71	10	12
Alanje Loc. 4, Chiriquí	Gibsita, cristobalita	Franco arenoso	5,4	40,0	172,4	3,2	1,2	1,0	5,84	5,90	12	31
Cerro Punta, Chiriquí	Amorfos, cristobalita	Arenoso franco	5,7	91,7	216,0	20,2	3,4	0,8	24,95	20,8	79	15
Boquete, Chiriquí	Amorfos, cristobalita	Franco arenoso	5,5	7,5	47,0	6,3	2,2	0,8	9,42	2,95	17	15
Palmarito, Chiriquí	Amorfos, cristobalita	Franco arenoso	5,5	2,4	59,0	13,9	3,8	0,5	18,35	11,9	47	14
Altamira, Chiriquí	Amorfos, cristobalita	Franco arenoso	6,0	4,1	278,3	21,0	4,9	0,8	27,41	10,4	55	19

Procedencia	Arcilla predominante	Textura	pH	P	K	Ca	Mg	Al	CICE	MO	Mn	Fe
				mg/l		cmol(+)/kg				%		mg/l
ALFISOLES												
Cocobola, Las Tablas, Los Santos	Caolinita- montmorilonita	Arcilloso	5,7	8,7	246,0	5,9	1,4	0,2	8,13	3,35	79	37
Paris, Herrera	Caolinita- montmorilonita	Franco arenoso	5,7	21,0	43,1	13,4	6,9	1,6	22,01	1,34	56	14
Los Carates, Ocú, Herrera	Caolinita- montmorilonita	Franco	5,7	9,5	105,0	6,2	1,7	1,2	9,3	2,01	13	0,01
Lajas, Penonomé, Coclé	Caolinita, montmorilonita	Arenoso franco	4,9	7,5	63,0	5,8	1,4	0,9	8,26	1,34	59	125
Guarumal- Subcentro, Veraguas	Caolinita- haloisita- vermiculita	Franco arenoso	5,7	7,5	82,3	14,3	8,2	2,6	25,31	2,81	58	73
Manantial, Las Tablas, Los Santos	Caolinita- montmorilonita	Arcilloso	5,2	17,0	125,4	7,0	1,9	1,3	10,52	3,62	111	30
Las Tablas Abajo, Los Santos	Caolinita- montmorilonita	Arcilloso	5,9	12,5	431,2	11,6	5,5	1,3	19,51	4,42	92	38
El Ejido, Los Santos	Caolinita- vermiculita	Arcilloso	5,7	1,8	47,0	15,4	6,0	0,2	21,72	3,22	144	17
La Honda, Los Santos	Caolinita- vermiculita	Franco arenoso arcilloso	5,5	1,6	47,04	14,3	4,9	0,2	19,52	2,41	185	27
Llanos de Coclé, Coclé	Caolinita, montmorilonita	Arcilloso	5,5	1,8	121,5	21,2	6,4	0,3	28,21	3,48	251	75
Parita, Herrera	Caolinita- montmorilonita	Arcilloso	5,9	1,5	70,5	16,2	3,9	0,3	20,58	1,88	206	16
ULTISOLES												
Sajalices, Chorrera, Panamá	Caolinita- haloisita	Franco arenoso	5,2	0,5	141,1	5,6	2,0	1,2	9,16	3,08	109	57
Los Remedios, Ocú, Herrera	Caolinita- vermiculita	Franco	5,3	5,7	90,1	4,6	1,1	1,5	7,43	2,95	50	38
Calabacito; Veraguas	Caolinita- vermiculita	Arcilloso arenoso	5,1	8,7	39,2	5,8	1,8	3,6	11,30	1,47	7,0	7,0
Las Minas Soná, Veraguas	Caolinita- vermiculita	Franco arcilloso	5,7	8,2	102,0	7,2	1,8	1,5	10,76	2,10	32	28
Guarumal - Las Minas-Herrera	Caolinita- vermiculita	Franco arenoso	5,6	5,7	141,1	6,4	1,8	1,5	10,06	4,42	126	56

La metodología de extracción secuencial utilizada para el fraccionamiento del fósforo inorgánico del suelo, fue creada por Olsen y Sommers (1982) (Figura 2).

Igualmente, se fraccionó el fósforo orgánico según la metodología de Hedley (1982).

- P extraído con NaCO_3 0,5 M es la fracción de P orgánico lábil.
- P extraído con H_2SO_4 1M es la fracción de P orgánico moderadamente lábil.
- P extraído con NaOH 0,5 M es la fracción de P orgánico moderadamente resistente.

El contenido de P total se obtuvo de la suma de todas las fracciones.

La determinación del P en solución se realizó utilizando la metodología de

Murphey y Riley (Villarreal y Name 1996) empleando ácido ascórbico como agente reductor y la formación del complejo azul del ácido fosfomolibdico.

Se realizó un muestreo completamente al azar con cuatro repeticiones por muestra. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicado en Divisa, Los Canelos, distrito de Santa María, provincia de Herrera.

Se elaboraron gráficas de la relación carbono/fósforo orgánico (C/Porg) para suelos dentro de cada orden del suelo y se realizó análisis de correlación entre las diferentes fracciones de fósforo.

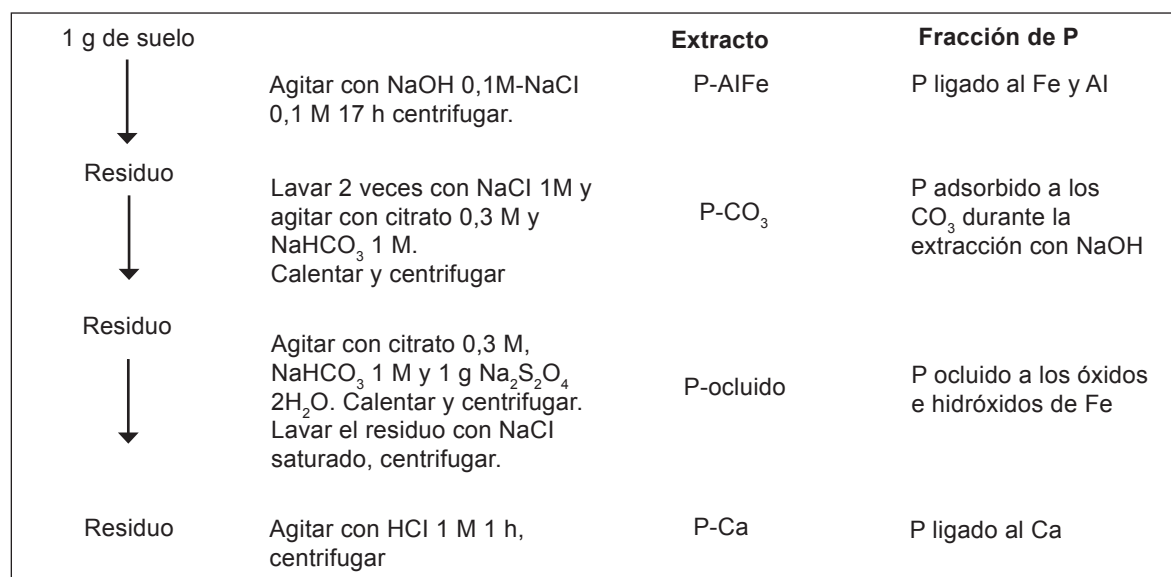


Figura 2. Metodología de extracción secuencial para el fraccionamiento del fósforo inorgánico.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

El contenido de P total osciló entre 165 mg kg⁻¹ en el Alfisol de Tablas Abajo y 782 mg kg⁻¹ en el Andisol de Palmarito. Los suelos desarrollados a partir de sedimentos y con granulometría fina, presentaron mayor contenido de P total. Por el contrario, suelos muy intemperizados y textura gruesa, tenían menor contenido. En general, se puede observar que los suelos pertenecientes a los órdenes Ultisol (Cuadro 2) y Andisol (Cuadro 5), o sea, aquellos que tienen mayor capacidad de fijación de este nutriente (Villarreal 2012), mostraron un contenido mayor de P total.

Dentro de las fracciones inorgánicas predominaron las fracciones de P-FeAl en todos los suelos (promedio de 52% del total de las fracciones) principalmente en aquellos con una alta saturación de Al (> 70%). La fracción P-Ca fue menor en la mayoría de los suelos, con

excepción de algunos Alfisoles (Cuadro 3) e Inceptisoles (Cuadro 4) comunes en el llamado Arco Seco de Panamá. Los suelos muy intemperizados del orden Ultisol y los de origen volcánico, mostraron un elevado porcentaje de P-Ocluido. Esto coincide con Villarreal (2012) que encontró que los suelos pertenecientes a estas dos órdenes taxonómicas, poseen mayor capacidad de fijación de fósforo.

Destaca el caso de los suelos Inceptisoles (Cuadro 4) que a pesar de presentar elevado porcentaje de P-Ca y P-CO₃ al mismo tiempo mostraron alto porcentaje de P-Ocl. Según Villarreal (2012), los suelos del orden Inceptisol no son los que más fijan el fósforo, pero están entre los que lo retienen con mayor fuerza al presentar una elevada constante de retención. Fernández *et al.* (2002) determinaron en suelos de Argentina mayor contenido de P-ocl en Ultisoles y Oxisoles comparado con Alfisoles.

CUADRO 2. FRACCIONES DE FÓSFORO EN SUELOS ULTISOLES DE PANAMÁ-2014.

Suelo	P Inorgánico				P Orgánico			P Total
	P-Ca	P-FeAl	P-CO ₃	Pocl	P _o Lá	P _o MLá	P _o MR	Σ Total
	-----%							mg kg ⁻¹
Sajalices	3	52	9	29	4	2	1	497
Los Remedios	4	50	10	29	4	2	1	565
Calabacito	2	56	6	28	5	2	1	723
Las Minas-Soná	2	54	8	30	4	1	1	643
Guarumal	3	53	9	29	4	1	1	672
Promedio	2,8	53	8,4	29	4,2	1,6	1,0	620
Desv. Stand.	8,7	12,3	10,3	10,2	9,7	13,4	14,5	

P-Ca: fósforo unido al calcio; P-FeAl: fósforo unido a óxidos de hierro y aluminio; P-CO₃: fósforo unido a carbonatos; Pocl: fósforo ocluido; P_oLá: fósforo orgánico lábil; P_oMLá: fósforo orgánico moderadamente lábil; P_oMR: fósforo orgánico moderadamente resistente.

CUADRO 3. FRACCIONES DE FÓSFORO EN SUELOS ALFISOLES DE PANAMÁ-2014.

Suelo	P Inorgánico				P Orgánico			P Total
	P-Ca	P-FeAl	P-CO ₃	Pocl	P _o Lá	P _o MLá	P _o MR	Σ Total
	-----%-----							mg kg ⁻¹
Cocobola-	23	34	12	20	3	4	4	546
Las Tablas								
París-Parita	22	30	15	20	4	5	4	579
Los Carates-Ocú	17	38	10	23	3	5	4	655
Lajas-Penonomé	24	32	14	22	2	4	2	345
Guarumal-Soná	16	40	10	25	3	4	2	368
Manantial-	27	31	15	22	1	2	2	284
Las Tablas								
Las Tablas Abajo	27	30	15	20	2	4	2	165
El Ejido	22	35	11	24	3	3	2	432
La Honda	22	34	11	24	3	4	2	421
Pedregosito-Pesé	24	31	13	22	3	4	3	512
Llanos de Coclé	23	31	14	23	3	4	2	238
Promedio	22,5	33,3	12,7	22,3	2,7	3,9	2,6	409,5
Desv. Stand.	12,5	9,7	11,4	11,7	12,4	13,5	14,2	

CUADRO 4. FRACCIONES DE FÓSFORO EN SUELOS INCEPTISOLES DE PANAMÁ-2014.

Suelo	P Inorgánico				P Orgánico			P Total
	P-Ca	P-FeAl	P-CO ₃	Pocl	P _o Lá	P _o MLá	P _o MR	Σ Total
	-----%-----							mg kg ⁻¹
Quirá-Chiriquí	23	28	10	29	3	4	3	675
Manaca-Chiriquí	23	28	9	29	4	4	3	653
Guarumal-Chiriquí	21	30	7	30	4	5	3	533
Gualaca	17	34	7	32	3	4	3	529
Río La Villa	25	26	11	26	5	5	2	689
Penonomé	19	28	11	29	5	5	3	513
El Coco-Coclé	19	28	11	29	4	6	3	455
Chepo-Cañita	15	32	10	30	4	6	3	575
Chepo-Felipillo	14	32	10	32	4	6	2	542
Chepo-Pacora	14	30	10	32	5	6	3	593
Chepo-Coquira	15	30	10	31	4	6	4	601
Promedio	18,6	29,6	9,6	29,9	4,1	5,2	2,9	578
Desv. Stand.	12,1	10,3	12,6	13,4	14,5	14,2	15,0	

CUADRO 5. FRACCIONES DE FÓSFORO EN SUELOS ANDISOLES DE PANAMÁ-2014.

Suelo	P Inorgánico				P Orgánico			P Total
	P-Ca	P-FeAl	P-CO ₃	Pocl	P _o Lá	P _o MLá	P _o MR	Σ Total
	-----%-----							mg kg ⁻¹
Alanje-Chiriquí	9	29	8	34	6	9	5	453
Alto Jaramillo-Chiriquí	11	25	8	38	6	8	4	745
Río Sereno	10	26	9	36	6	9	4	706
Cerro Punta	12	24	9	36	7	8	4	764
Boquete	11	24	9	38	5	8	5	712
Palmarito	9	26	10	39	5	7	4	782
Altamira	10	26	9	39	4	7	5	722
Promedio	10,3	25,7	8,9	37,1	5,6	8,0	4,4	689,7
Desv. Stand.	13,6	12,7	14,5	11,7	14,6	14,2	15,0	

Con relación al P-orgánico, se encontraron valores entre 14 mg kg⁻¹ y 182 mg kg⁻¹, sin embargo, en los suelos muy meteorizados como son los Ultisoles, la fracción de P orgánico-lábil (PoLá), predominó sobre las otras. Demostrando la importancia de mantener un contenido de materia orgánica mayor de 2% en estos suelos muy degradados.

Hubo correlación positiva y significativa al 0,05 de probabilidad entre la fracción de P total y contenido de arcilla (0,86); carbono orgánico y P orgánico total (0,72) y Saturación de Al y P-FeAl (0,94) (Cuadro 6). Igualmente, presentó correlación altamente significativa al 0,01 de probabilidad la relación entre P-Ocl con porcentaje de saturación de

aluminio (0,89). Resultados similares a los encontrados en este experimento fueron obtenidos por Yang *et al.* (2012) y Yu *et al.* (2014) en suelos de China Continental.

El mayor porcentaje de fósforo orgánico (P-org), se encontró en suelos de orden Andisol seguido de los Inceptisoles y Alfisoles. Los Ultisoles mostraron el menor contenido, sin embargo, es el orden de suelo que presenta el mayor porcentaje de P_oLá, coincidiendo con el trabajo realizado por Villarreal y Name (2003) en suelos de la Finca Experimental de Calabacito en la provincia de Veraguas-Panamá y Crews y Brookes (2014) en suelos del Reino Unido (Figura 3). El mayor contenido de P-inorgánico lo presentaron los Ultisoles (93%) y el menor los Andisoles con 82%.

CUADRO 6. CORRELACIONES DE PEARSON ENTRE LAS DIFERENTES FRACCIONES DE P Y ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO.

Variable	P-Ca	P-FeAl	P-CO ₃	P ocl	P _o Láb	P _o MLáb	P _o MR	P Total
pH	0,013	-0,118	-0,256	-0,466	0,482	0,335	-0,548	0,023
(1:2,5)	(0,65)	(0,23)	(0,15)	(0,23)	(0,09)	(0,16)	(0,42)	(0,21)
% MO	0,257	0,223	0,458	-0,538	0,764	0,659	-0,574	0,762
	(0,17)	(0,32)	(0,21)	(0,17)	(0,05*)	(0,07)	(0,20)	(0,05*)
% Arcilla	0,178	0,485	0,045	0,674	0,012	0,255	0,631	0,862
	(0,26)	(0,15)	(0,36)	(0,05*)	(0,67)	(0,23)	(0,08)	(0,05*)
% Arena	-0,453	-0,499	-0,517	-0,753	-0,245	-0,135	-0,252	-0,784
	(0,05*)	(0,05*)	(0,05*)	(0,01**)	(0,62)	(0,35)	(0,42)	(0,01**)
% Sat Al	-0,631	0,946	-0,672	0,891	-0,471	-0,452	0,614	-0,735
	(0,14)	(0,05*)	(0,05*)	(0,01**)	(0,25)	(0,14)	(0,07)	(0,06)
CIC	0,841	-0,398	0,579	-0,378	0,583	0,382	0,147	0,428
(cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	(0,05*)	(0,11)	(0,13)	(0,09)	(0,07)	(0,09)	(0,24)	(0,16)
Fe	-0,265	0,893	-0,658	0,914	-0,482	-0,173	0,628	0,472
(mg kg ⁻¹)	(0,15)	(0,05*)	(0,07)	(0,01**)	(0,17)	(0,11)	(0,06)	(0,08)

El número entre paréntesis indica la probabilidad del coeficiente.

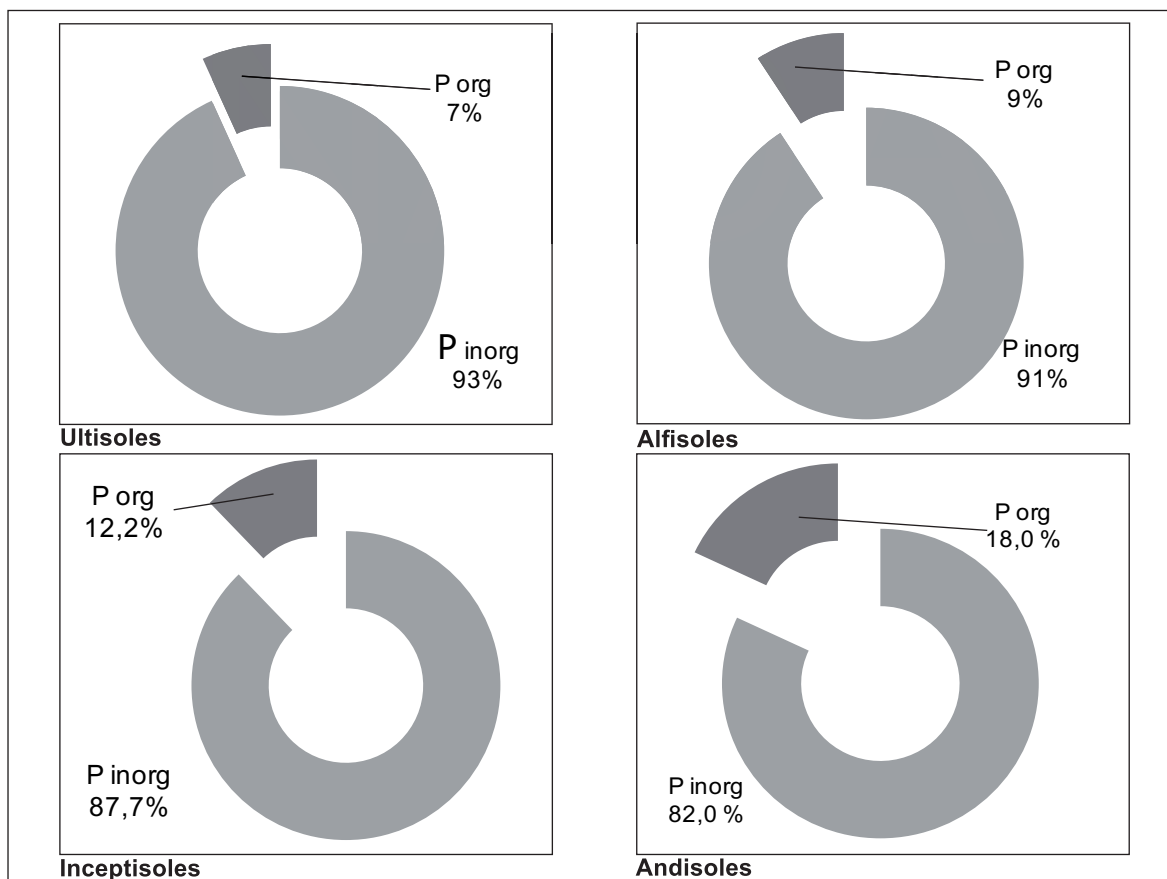


Figura 3. Porcentaje que representa la fracción de P orgánico y P inorgánico, según orden del suelo, Panamá-2014.

Con relación a la relación C/P-org total (Figuras 4 y 5), se encontró que los Alfisoles presentaron una elevada relación (305) mientras que la más baja fue obtenida para los Inceptisoles (175). Esto demuestra que en los Inceptisoles el aporte de P-orgánico por parte de la capa

orgánica del suelo es muy significativo, contribuyendo a mejorar su fertilidad. Los Ultisoles y Andisoles mostraron valores de la relación C/P-org total dentro de los intervalos considerados adecuados (Craft y Chiang 2002).

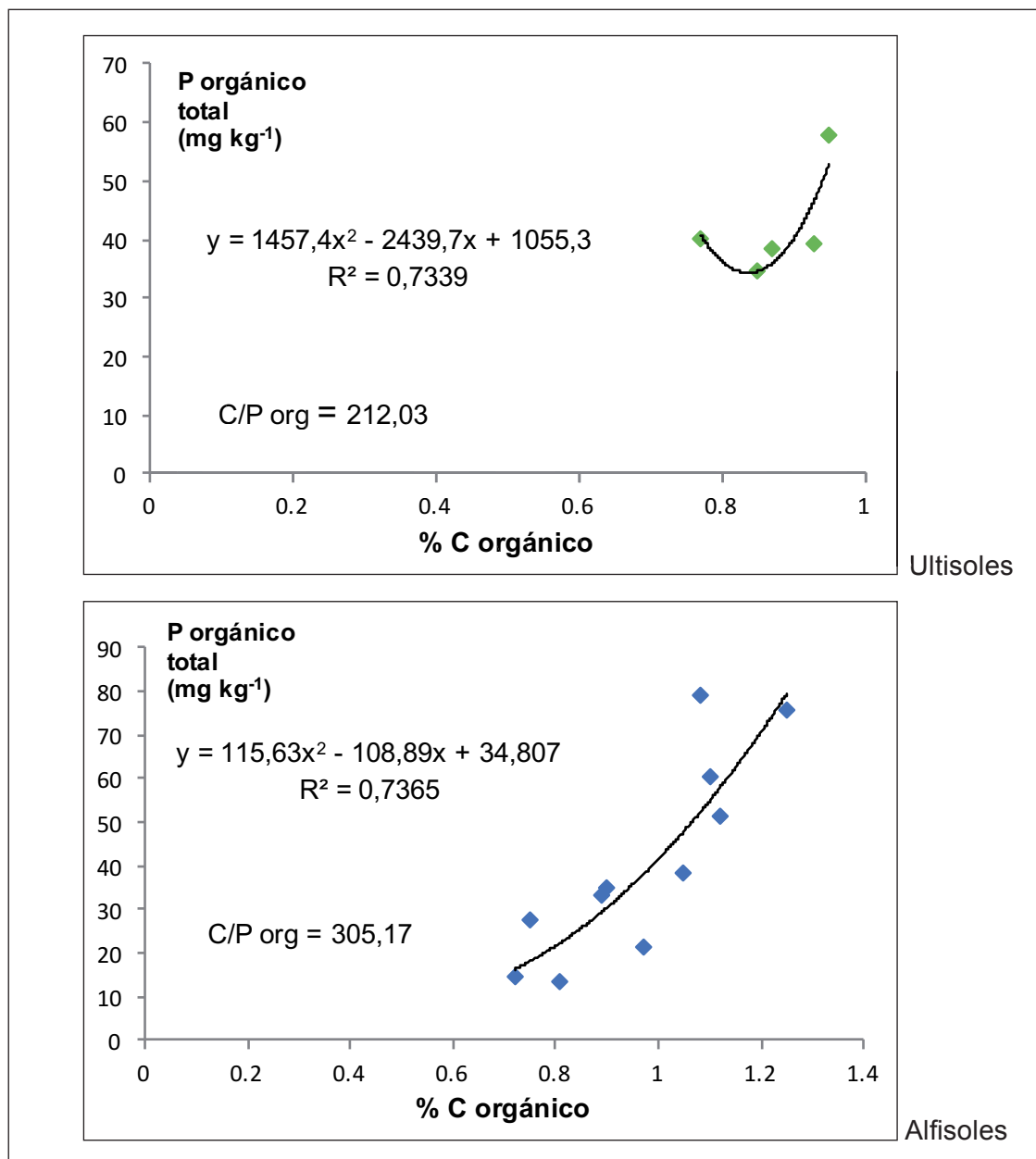


Figura 4. Relación carbono orgánico vs P total en suelos Ultisoles y Alfisoles, Panamá-2014.

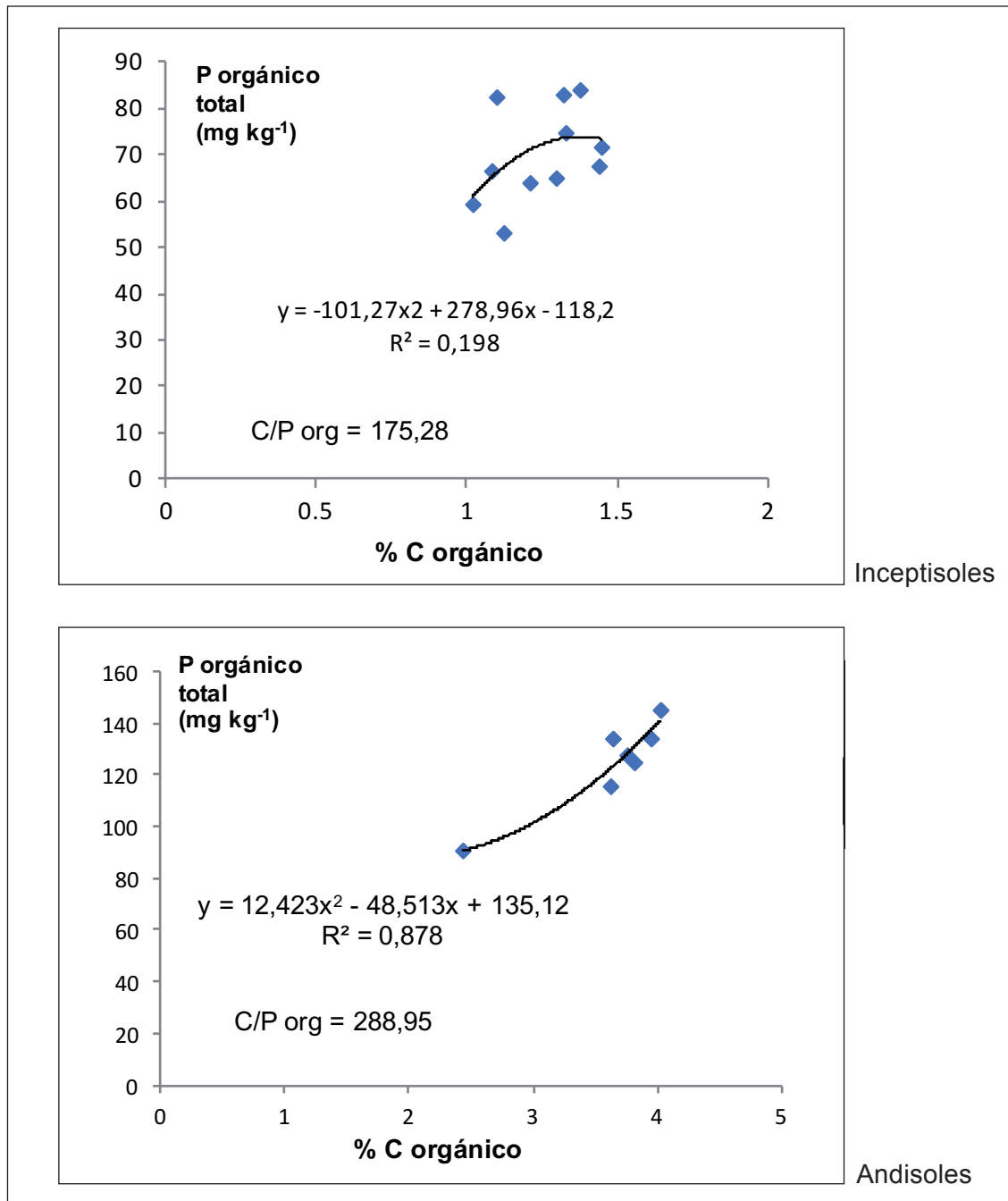


Figura 5. Relación entre carbono orgánico vs P total en suelos Inceptisoles y Andisoles, Panamá-2014.

CONCLUSIONES

- La caracterización del contenido de P presente en los suelos de Panamá, permitió establecer una variación importante en función del material madre que dio origen a los suelos y condiciones de meteorización. Material madre de granulometría más fina dieron origen a suelos con mayores contenidos de P total en contraste con los derivados de areniscas que contienen menor P total.
- El contenido de P total fue mayor en los Andisoles>Ultisoles>Inceptisoles> Alfisoles y en todos predominó la fracción P-FeAl, y los Alfisoles mostraron una importante fracción de P-Ca.
- En los Ultisoles la fracción de P orgánico lábil predominó sobre las otras, indicando que en estos suelos con alta saturación de aluminio y muy degradados, es muy importante el manejo y mantenimiento de los niveles de materia orgánica que podría contribuir a mejorar la presencia de P asimilable en estos.
- Los resultados muestran la importancia de profundizar en el conocimiento de las interacciones entre las propiedades del suelo y los equilibrios del P para aumentar la eficiencia de la fertilización fosfatada a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Chang, S; Jackson, M. 1957. Soil phosphorus fractions in some representative soils. J. Soil Sci. 9:109-119.
- Cordell, D; Drangert, J; White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environment Change 19(2):292-305.
- Craft, C; Chiang, C. 2002. Forms and Amounts of Soil Nitrogen and Phosphorus Across a Longleaf Pine–Depressional Wetland Landscape. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:1713-1721.
- Crews, T; Brookes, P. 2014. Changes in soil phosphorus forms through time in perennial versus annual agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 184:168-181.
- Fernández, C; Vázquez, S; Dalurzo, H. 2002. Formas de fósforo en suelos altamente meteorizados del sur de la provincia de Misiones. Ciencia del Suelo 20(2):81-87.
- Hedley, M; Steward, J; Chauhan, B. 1982. Changes in inorganic and organic phosphorus fractions induced by cultivation practices and by

- laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:970-976.
- Olsen, SR; Sommers, LE. 1982. Phosphorus methods of soil analysis, part 2. *In* Page, AL; Miller, RH; Keeney, QR. (Eds.), Chemical and Microbiological Properties. first ed. Soil Science Society of America, Madison, p.403–430.
- Pinochet, D; Eppele, G; MacDonald, R. 2001. Fracciones de fósforo orgánico en un transecto de suelos de origen volcánico y metamórfico. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 1:58-69.
- Richardson, E; Lynch, J; Ryan, R; Dehaize, E; Smith, F; Smith, S; Harvey, P; Ryan, M. 2011 Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency in agriculture. *Plant Soil* 349:121-156
- Vázquez, S; Morales, A. 2000. Adsorción de fósforo por suelos ácidos de Misiones (Argentina). *Ciencia del Suelo* 18:89-94.
- Villarreal, J; Name, B; García, R. 2013. Zonificación de suelos de Panamá en base a niveles de nutrientes. *Ciencia Agropecuaria* no. 21:71-89.
- Villarreal, J. 2012. Determinación de la adsorción máxima de fósforo en suelos de Panamá mediante Isotermas de Langmuir. *In* LVII Reunión anual del PCCMCA. 23 – 27 de abril de 2012. Hotel El Panamá, Panamá.
- Villarreal, J; Name, B. 2003. Dinámica biológica y de nutrimentos en un ultisol con diferente cobertura vegetal. Calabacito, Panamá. 1990 – 1996. *Ciencia Agropecuaria* no. 13:59-80.
- Villarreal, J; Name, B. 1996. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos del IDIAP. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Divisa. 120 p.
- Yang, W; Cheng, H; Hao, F; Ouyang, W; Lin, S; Lin, C. 2012. The influence of land-use change on the forms of phosphorus in soil profiles from the Sanjiang Plain of China. *Geoderma*. 189-190:207-214.
- Yu, J; Wu, H; Meng, L; Du, S; Xie, B. 2014. Soil phosphorus forms and profile distributions in the Tidal river network region in the Yellow River delta estuary. *The Scientific World Journal* 2014:1-11.

PRODUCTIVIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE CRUDO DE COQUILLO (*Jatropha curcas* L.) EN PANAMÁ¹

Jaime Espinosa-Tasón²; Luis Barahona-Amores³; Rodolfo Morales-Muñoz⁴

RESUMEN

La investigación se realizó para evaluar el rendimiento de la extracción de aceite crudo de coquillo y sus características físicoquímicas. Se utilizó el procedimiento de extracción con prensa de tornillo mecánico o expeller. Se evaluó el rendimiento como porcentaje del contenido de aceite en semillas secas al 7% de humedad y se determinaron las características del aceite mediante análisis físicoquímico del perfil lipídico. Los resultados indican un porcentaje de contenido promedio de aceite en semillas secas de 25,5%, con una eficacia de extracción de 77%. Se calculó que para obtener 1,0 L de aceite crudo de jatrofa se requerirían 3,5 kg de semillas secas. La densidad del aceite fue de 0,9084 g ml⁻¹, y el valor del índice de yodo fue de 133,4 g I₂/100 g. Los contenidos de ácido oleico (31,3%) y ácido linoleico (30,3%) fueron detectados como ácidos grasos dominantes, mientras que el ácido palmítico y el ácido esteárico fueron los ácidos grasos saturados encontrados en el aceite de jatrofa.

PALABRAS CLAVES: Rendimiento, oleaginosa, biodiésel, perfil lipídico, análisis físicoquímico.

¹Recepción: 25 de enero de 2017. Aceptación: 20 de febrero de 2017. Investigación financiada por el proyecto: PANAMA GREEN FUEL, S.A. (PGF). Convenio: IDIAP – MIDA – PGF

²M.Sc. en Socioeconomía Ambiental. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero (CIAA). e-mail: j.espinosa.idiap@gmail.com

³Ing. Fitotecnista. IDIAP. CIAA. e-mail: alberline@gmail.com

⁴M.Sc. en Industrias Agrícolas Alimentarias. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: rodolfommz@yahoo.com

PRODUCTIVITY AND CHARACTERISTICS OF JATROPHA'S CRUDE OIL (*Jatropha curcas* L.) IN PANAMA

ABSTRACT

The research was conducted to evaluate the yield of crude oil extraction of jatropa and its physicochemical characteristics. We used the extraction procedure with mechanical screw press or expeller. The yield was evaluated as a percentage of the oil content in dry seeds at 7% moisture and the oil characteristics were determined by physicochemical analysis of the lipid profile. The results indicate a percentage of average oil content in dry seeds of 25,5%, with an extraction efficiency of 77%. It was estimated that for 1,0 L of crude jatropa oil would require 3,5 kg of dry seeds. The oil density was 0,9084 g ml⁻¹ and the iodine value was 133,4 g I₂/100 g. The content of oleic acid (31,3%) and linoleic acid (30,3%) were detected as dominant fatty acids, whereas palmitic acid and stearic acid were the saturated fatty acids found in jatropa oil.

KEY WORDS: Yield, oleaginous, biodiesel, lipid profile, physical-chemical analysis.

INTRODUCCIÓN

El coquillo (*Jatropha curcas* L.) es una especie de planta suculenta que pertenece a la familia Euphorbiaceae, es autóctona de América tropical, en Panamá ha sido utilizada principalmente como cerca viva en fincas para la división de potreros. Como indican Falasca y Ulberich (2008) el aceite de la semilla, puede ser utilizado en la fabricación de jabones, insecticidas, lubricantes; como combustible para las cocinas, faroles de alumbrado y para la producción de biodiesel.

Se utiliza como fuente de energía renovable no convencional, el aceite de

coquillo es de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para diésel, keroseno y otros combustibles. El sistema básico de biodiesel de jatropa consume ocho veces menos energía no renovable que el diésel convencional y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en un 51% (Almeida *et al.* 2011).

En la industria del biodiesel es reconocido que el aceite crudo de coquillo produce biodiesel de muy alta calidad. Como cultivo para biodiesel, el coquillo tiene la ventaja de crecer en tierras marginales menos adecuadas para el cultivo de especies para la alimentación

humana. Además, las fuentes de aceite comestible como la palma aceitera no son consideradas una materia prima ideal para la producción de biodiesel por estar en competencia con los alimentos.

La extracción de aceite por medio de solvente (hexano), la prensa de tornillo mecánico (expeller) y la prensa manual de pistón son los métodos más utilizados en los procesos de extracción del aceite crudo de jatrofa. El método más accesible para los pequeños productores, es la prensa de tornillo mecánico o expeller, quedando la posibilidad de adaptar un motor para mecanizar el proceso. Según Cynthia y Teong (2011) con la prensa de tornillo mecánico se obtiene un contenido de aceite del 77% después de la extracción.

El propósito de la investigación fue evaluar el rendimiento de la extracción de aceite crudo de coquillo y sus características físicas y química.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La colecta de frutos y semillas se realizó en una parcela de jatrofa de 0,5 ha, ubicada en la Estación Experimental de El Ejido - IDIAP, corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos; localizada entre los 7°54'42" de latitud Norte y 80°22'09" longitud Oeste, a 25 msnm; con un

suelo alfisol (Jaramillo 1991) y una zona de vida clasificada como Bosque Seco Premontano (Holdridge 1967).

La plantación fue establecida en junio de 2013, mediante semilla gámica de la empresa de biotecnología Quinvita, dedicada al mejoramiento genético de jatrofa, se usó el cultivar comercial QVP 1010, el cual es plantado en la India y en África (Hawkins y Chen 2015). Basado en la recomendación de Quinvita (2013), la densidad de siembra fue de 625 plantas ha⁻¹, con un marco de siembra de 4 m x 4 m, y la fertilización fue de 53 kg ha⁻¹ de Nitrógeno (N), 15 kg ha⁻¹ de Fósforo (P) y 30 kg ha⁻¹ de Potasio (K).

Selección de semillas

Se cosecharon los frutos de color amarillo de forma manual durante el mes de noviembre de 2014 (Figura 1). Posteriormente, las semillas fueron secadas al sol hasta alcanzar un 7% de humedad, medida con un humidímetro. Luego, se almacenaron en envases herméticos, a una temperatura promedio de 25° C.

Extracción de aceite con prensa expeller

Se determinó el peso en gramos de cuatro muestras de 100 semillas, usando una balanza de peso digital. Para

la extracción del aceite de las muestras se empleó un extractor manual tipo expeller (Figura 2).

Se utilizó una balanza de peso digital para pesar cada muestra del aceite extraído (Figura 3). Empleando el valor de la densidad del aceite crudo de jatrofa de

0,9084 g ml⁻¹, obtenido en laboratorio, el peso se transformó a volumen mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Volumen (ml)} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{Densidad (g/ml)}}$$

El contenido o porcentaje de aceite se calculó empleando la relación que se expone en la siguiente ecuación.

$$\text{Contenido de Aceite (\%)} = \frac{\text{Masa de Aceite (g)}}{\text{Masa inicial de grano (g)}} * 100$$



Figura 1. Frutos óptimos para cosecha y secado de semillas.



Figura 2. Proceso de extracción del aceite de jatrofa con prensa expeller.



Figura 3. Muestra de la semilla entera, nuez decorticada y aceite de jatrofa, procedentes de la Estación Experimental de El Ejido - IDIAP.

Análisis físicoquímico del aceite de jatrofa

El aceite fue analizado en el Laboratorio de Análisis Industriales, S.A. (LAISA) certificado y autorizado para análisis químicos y físicos. El método de análisis fue basado en las normas de la USP-NF (2012). Se determinaron los parámetros del perfil de ácidos grasos, la densidad, humedad, azufre, índice de yodo y las impurezas. El índice de yodo es una medida de la insaturación de las grasas y aceites.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, empleando medidas de tendencia central y de dispersión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de 100 semillas secas al 7% de humedad tuvieron un peso promedio de 65,7 g con una variación de 2,6%. La extracción de aceite de las muestras tuvo un volumen promedio de 18,7 ml con una variación de 11,8% (Cuadro 1).

A partir del rendimiento de aceite crudo en las muestras, se calculó que para obtener 1,0 L de aceite crudo de jatrofa por el método de prensa expeller se requerirían 3,55 kg de semillas secas al 7% de humedad. Según Cynthia y Teong (2011) y Loaiza *et al.* (2012) el peso seco de semillas tiene una equivalencia de 1,0 L de aceite crudo de jatrofa por cada 3,33 kg de semilla seca.

CUADRO 1. MEDIDAS DESCRIPTIVAS DEL RENDIMIENTO DE ACEITE CRUDO DE JATROFA EN MUESTRAS DE 100 SEMILLAS AL 7% DE HUMEDAD.

Variable	n	Media	EE	CV	Mediana
Peso seco (g)	4	65,75	0,85	2,6	65,5
Volumen (ml)	4	18,75	1,11	11,83	19
Contenido (%)	4	25,5	1,32	10,38	26

El porcentaje de contenido de aceite en las semillas secas tuvo una media de 25,5%. Se reporta que semillas secas de 7% a 10% de humedad contienen de 32% a 40% de aceite (Falasca y Ulberich 2008). Sin embargo, los porcentajes de concentración de aceite pueden variar según el material de siembra. Según Betancur-Prisco *et al.* (2014) empleando el método de solventes el contenido de aceite en granos de jatrofa cultivados para biodiesel en Colombia fue de 29%. Por el método de solventes se puede extraer el 99% del aceite contenido en los granos, mientras que mediante el método de prensa utilizado en este estudio la eficiencia de extracción es de 77% (Blaak 2005).

Consecuentemente, el contenido potencial de aceite para este estudio sería del 33% si se empleara un método de extracción por solventes (Cuadro 2). Estos resultados son aproximados a la referencia de Loaiza *et al.* (2012) sobre evaluaciones de la producción de jatrofa realizadas en diversas zonas de vida en Costa Rica, donde se obtuvo un peso de 0,7 g semilla⁻¹ y una media de 34% de aceite en semillas secas.

La densidad del aceite resultó de 0,9084 g ml⁻¹, valor cercano a los reportados por Heller (1996) y Akbar *et al.* (2009). Valores altos del índice de yodo indican una alta insaturación de grasas y aceites (Knothe 2006, Kyriakidis y Katsiloulis 2000). El valor del índice de yodo determinado en el análisis fue de 133,4 g I₂/100 g (Cuadro 3), este valor resultó por arriba del valor límite máximo de 120 g I₂/100 g de la especificación europea EN 14214 y la ASTM D 6751 para biodiesel en Estados Unidos. En otros países, como el caso de Argentina el valor límite máximo es 135 g I₂/100 g y el valor máximo del índice de yodo para España está establecido en 140 en vez de 120 como propone la norma EN 14214 (Ganduglia *et al.* 2009, Jääskeläinen 2009).

Generalmente en los estudios realizados en América Latina y Asia, se han reportado valores del índice de yodo cercanos a 100 g I₂/100 g (Akbar *et al.* 2009, Araiza *et al.* 2015). Considerando que existen otras variedades de coquillo locales e introducidas, el valor del índice

de yodo encontrado puede ser propio de la variedad evaluada.

En el caso de la jatrofa los valores del índice de yodo sitúan su aceite en el grupo de aceites semi secos. El alto valor de yodo de la jatrofa es causado por un alto contenido de ácidos grasos insaturados, tales como: ácido oleico y linoleico. La limitación de ácidos grasos insaturados se hace necesaria debido al hecho de que el calentamiento de ácidos grasos insaturados superiores da lugar a la polimerización de glicéridos (Akbar *et al.* 2009).

Lo anterior puede conducir a la formación de depósitos o al deterioro de

la lubricación en los motores (Mittelbach y Remschmidt 2004). Los biocombustibles a partir de aceite de girasol, de soja o cártamo, tienen esta característica y pueden producir lodos gruesos en el sumidero del motor, cuando el combustible se filtra por los lados del cilindro en el cárter del motor (Gunstone 2004).

Tanto el ácido oleico (31,3%) como el ácido linoleico (30,3%) fueron detectados como ácidos grasos dominantes, mientras que el ácido palmítico y el ácido esteárico fueron los ácidos grasos saturados encontrados en el aceite de jatrofa (Cuadro 4). Estos resultados fueron aproximados a los de Heller (1996) y Akbar *et al.* (2009).

CUADRO 2. EFICIENCIA LOGRADA CON PRENSA EXPELLER Y POTENCIAL DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE POR SOLVENTES.

	Extracción Lograda (77%)	Extracción Potencial (99%)
Peso de semilla (g)	0,7	0,7
Aceite por kg de semilla (ml)	281	365
Rango (% de aceite/semilla seca)	22 a 28	-
Media (% de aceite/semilla seca)	25,5	33

CUADRO 3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ACEITE CRUDO DE JATROFA.

Especificación del aceite	Unidad de Medida	Resultado Laboratorio
Densidad	g/mL	0,9084
Azufre	ppm	2,0
Humedad	%	0,1
Índice de Yodo	-	133,4
Impurezas	%	6,5

CUADRO 4. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE CRUDO DE JATROFA.

Ácidos Grasos	Unidad de medida	Resultado Laboratorio
Ácido Palmítico	%	16,50
Ácido Esteárico	%	6,40
Ácido Oleico	%	31,30
Ácido Linoleico	%	30,30
Ácido Linolénico	%	0,20

CONCLUSIONES

- El rendimiento promedio de aceite en semillas secas fue de 25,5%, con una eficacia de extracción de 77% empleando la extracción con prensa de tipo expeller, demostrando ser un método viable para la extracción del aceite de coquillo. Además, es posible considerar la adaptación de un motor para mecanizar la extracción.
- Para obtener 1,0 L de aceite crudo de jatrofa por el método de prensa expeller se requiere 3,5 kg de semillas secas al 7% de humedad.
- El ácido oleico (31,3%) y el ácido linoleico (30,3%) fueron detectados como ácidos grasos dominantes, mientras que el ácido palmítico y el ácido esteárico fueron los ácidos grasos saturados encontrados en el aceite de jatrofa. La densidad del aceite resultó de 0,9084 g ml⁻¹, y el valor del índice de yodo fue de 133,4 g I₂/100 g, valor que resultó por arriba

del valor máximo estándar de 120 g I₂/100 g de la especificación europea EN 14214 para biodiesel.

- La especificación europea tiene una excepción para el caso de España al haberse fijado el índice de yodo en 140, permitiendo la inclusión de los ésteres de girasol, algo más insaturados y con el índice de yodo más alto, permitiendo su uso como materia prima para producir biodiésel.

BIBLIOGRAFÍA

- Akbar, E; Yaakob, Z; Kamarudin, SK; Ismail, M; Salimon, J. 2009. Characteristics and Composition of Jatropha Curcas Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. European Journal of Scientific Research 29(3):396-403.
- Almeida, J; Achten W, MJ; Duarte, MP; Mendes, B; Muys, B. 2011. Benchmarking the Environmental Performance of the Jatropha

- Biodiesel System through a Generic Life Cycle Assessment. Environ. Sci. Technol. 45(12):5,447-5,453.
- Araiza L, N; Alcaraz-Meléndez, L; Angulo E, MA; Reynoso-Granados, T; Cruz-Hernández, P; Ortega-Nieblas, M. 2015. Propiedades fisicoquímicas del aceite de semillas de *Jatropha curcas* de poblaciones silvestres en México (en línea). Consultado 29 mar. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652015000100009&Ing=es&tIng=es.
- Betancur-Prisco, JC; Mira-Hernández, C; Santiago París-Londoño, L. 2014. Propiedades físicas y mecánicas de granos de *Jatropha curcas* cultivadas en Colombia Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* seed grown up in Colombia. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia no.73:187-199.
- Blaak, G. 2005. Piteba in The Tropics (en línea). Consultado 27 oct. 2016. Disponible en <https://www.piteba.com/eng/Guide%20to%20make%20edible%20oils.html>
- Cynthia, OB; Teong, LK. 2011. Feasibility of *Jatropha* oil for biodiesel: Economic Analysis. In World Renewable Energy Congress. Sweden (en línea). Consultado 25 abr. 2016. Disponible en http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol1/062/ecp57vol1_062.pdf
- Falasca, S; Ulberich, A. 2008. Potencialidad bioenergético sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*) (en línea). Revista Virtual REDESMA. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en <http://revistavirtual.redesma.org/vol4/articulo5.php?id=c1>
- Ganduglia, F; León, JG; Gasparini, R; Rodríguez, ME; Huarte, GJ; Estrada, J; Filguiras, E. 2009. Manual de biocombustibles (en línea). IICA, ARPEL. Consultado 29 mar. 2017. Disponible en http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf
- Gunstone, FD. 2004. Rapeseed And Canola Oil: Production, Processing, properties and uses. London: Blackwell Publishing Ltd. 240 p.

- Hawkins, D; Chen, Y. 2015. Future Harvest. 21st Century *Jatropha*. Hardman & Co. London, United Kingdom. 121 p.
- Heller, J. 1996. Physic nut, *Jatropha curcas*. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, IT.
- Holdridge, LR. 1967. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura. 216 p.
- Jääskeläinen, H. 2009. Biodiesel standards and properties (en línea). Consultado 29 mar. 2017. Disponible en https://www.dieselnet.com/tech/fuel_biodiesel_std.php
- Jaramillo, S. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín técnico nº 38. 67 p.
- Knothe, G. 2006. Analyzing biodiesel: standards and other methods. J. Am. Oil Chem. Soc. 83:823-833.
- Kyriakidis, NB; Katsiloulis, T. 2000. Calculation of iodine value from measurements of fatty acid methyl esters of some oils: comparison with the relevant American oil chemists society method. J. Am. Chem. Soc. 77:1235-1238.
- Loaiza, J; Arnaez, E; Moreira, I; Herrera, F; Ureña, A; Hernández, J. 2012. Guía técnica para el establecimiento y producción de *Jatropha curcas* en Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 90 p.
- Mittelbach, M; Remschmidt, C. 2004. Biodiesel: The Comprehensive Handbook. Boersedruck Ges. M.B.H., Vienna.
- Quinvita. 2013. *Jatropha curcas*: Nursery setup and plantation management. Quinvita training documents. (diapositivas).
- USP-NF (The United States Pharmacopeia and The National Formulary). 2012. U.S. Pharmacopoeia National Formulary, Volumen 1. USA. 2,350 p.

PROTOCOLOS DE PCR EN LA DETECCIÓN DEL SEGUNDO EXÓN DEL GEN BOLA-DRB3.2¹

Axel Villalobos-Cortés²; Rita González-Herrera³

RESUMEN

El gen del antígeno leucocitario bovino (BoLA) desempeña un papel importante en la respuesta inmune y se han asociado a la resistencia o susceptibilidad de enfermedades infecciosas y autoinmunes, tales como mastitis, leucosis, dermatofilosis, parasitosis internas y externas responsables de importantes pérdidas económicas. Existen grupos de autores que han realizado estudios moleculares y que aplican protocolos de PCR donde se amplifican el gen BoLA-DRB3.2. El objetivo de este trabajo fue evaluar los protocolos de amplificación del segundo exón del gen BoLA-DRB3.2, desarrollados por Dietz *et al.* (A) y Takeshima *et al.* (B). Se realizó un muestreo aleatorio de pelo de la zona caudal de 50 bovinos en diversos sitios de la República de Panamá. A la luz de los resultados observados en el presente trabajo, el protocolo B logró las mejores amplificaciones del segundo exón del gen BoLA-DRB3.2, siendo el de elección para profundizar en el seguimiento de las investigaciones que involucran dicho gen en bovinos panameños.

PALABRAS CLAVES: Bovinos, biotecnología, genética, biología molecular, biodiversidad.

¹Recepción: 28 de marzo de 2017. Aceptación: 31 de mayo de 2017. Proyecto Conservación y uso del bovino criollo panameño.

²Ph.D en Conservación y Mejora Animal. IDIAP. Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA). e-mail: villalobos.axel@gmail.com

³Lic. Biotecnología. IDIAP. LABMA. e-mail:ritacarolinagonzalez@gmail.com

PCR PROTOCOLS IN THE DETECTION OF THE SECOND EXON OF THE BoLA-DRB3.2 GENE

ABSTRACT

The bovine leukocyte antigen (BoLA) gene, plays an important role in the immune response and has been associated with the resistance or susceptibility of infectious and autoimmune diseases such as mastitis, leucosis, dermatophilosis, internal and external parasites, responsible for significant economic losses. There are groups of authors that have performed molecular studies and apply PCR protocols where the BoLA-DRB3.2 gene is amplified. The objective of this work was to evaluate the amplification protocols of the second exon of the BoLA-DRB3.2 gene in cattle developed by Dietz *et al.* (A) and Takeshima *et al.* (B). A random sampling of hair from the caudal area of 50 cattle was carried out in several sites of the Republic of Panama. Considering the results observed in the present study, protocol B achieved the best amplifications of the second exon of the BoLA-DRB3.2 gene, being the one of choice to deepen the follow up of the investigations that involve these gene in Panamanian cattle.

KEY WORDS: Bovine, bioethnology, genetics, molecular biology, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

En los estudios de diversidad genética bovina, destacan la detección de genes de resistencia identificados en razas adaptadas localmente tales como las poblaciones criollas y autóctonas, como es el caso del gen BoLA o Antígeno Leucocitario Bovino (Martínez *et al.* 2005, Castro *et al.* 2006, Darwin 2010).

Los genes del BoLA desempeñan un papel importante en la respuesta inmune y se han asociado a la resistencia o susceptibilidad de enfermedades infecciosas y autoinmunes, tales como

mastitis (Takeshima *et al.* 2010), leucosis, dermatofilosis, parasitosis internas y externas responsables de importantes pérdidas económicas (Do Nascimento *et al.* 2006, Juliarena *et al.* 2008, Panei *et al.* 2009). Además, estos polimorfismos han sido relacionados con variables de respuesta inmune y con diferentes características productivas, como por ejemplo producción de leche y crecimiento (Takeshima y Aida 2006).

Existen grupos de autores que han realizado estudios moleculares y que aplican protocolos de PCR donde

se amplifican fragmentos asociados al antígeno leucocitario bovino (BoLA), destacando los protocolos reportados por Dietz *et al.* (1997) y Takeshima *et al.* (2001). Ambos protocolos han sido utilizados y han sufrido algunas modificaciones de las cuales se destacan las realizadas en la segunda reacción de amplificación. Estas reacciones de amplificación presentan diferencias sustanciales y es pertinente su evaluación para ajustar un protocolo para la amplificación del segundo exón del gen del complejo mayor de histocompatibilidad DRB3, de razas localmente adaptadas en la República de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo aleatorio de pelo de la zona caudal de 50 bovinos en diversos sitios de la República de Panamá. El protocolo de extracción consistió en un método modificado, una solución de extracción comercial. Se colocaron 10 muestras de pelo en tubos de 250 μ l y se agregaron 150 μ l del reactivo; se aplicó vórtex por 15 segundos; luego se incubaron a 65° C por 6 minutos, nuevamente se aplicó vórtex por 15 segundos e incubaron a 98° C por 2 minutos. Ambas incubaciones se realizaron en un equipo de PCR. Las muestras se guardaron a -20° C para su uso en el experimento. El rendimiento teórico de ADN reportado por el fabricante es de 20 a 140 ng/ μ l por cada muestra de

10 pelos. La amplificación del segundo exón del gen BoLA-DRB3, se realizó en un equipo de PCR, mediante un protocolo semi-anidado. En las reacciones de PCR se utilizaron los oligonucleótidos:

HL030: 5'-ATCCTCTCTCTGCAGCACATTTCC-3';
HL031: 5'TTTAAATTCGCGCTCACCTCGCCGCT-3';
HL032: 5'-TCGCCGCTCAGTGAAACTCTC-3'

(Groenen *et al.* 1990, Sigwarddorttir *et al.* 1991).

En la primera reacción de amplificación se utilizaron los oligonucleótidos HL030 y HL031 (0,5 mM), en 25 μ l de mezcla total, con 70 a 100 ng de ADN, 0,2 mM de cada DNTP, 1x de tampón PCR, 1,5 mM $MgCl_2$ y 1U de Taq ADN polimerasa. El programa de amplificación constó de una desnaturalización inicial de 3 minutos a 94° C, 10 ciclos de 25 segundos a 94° C, 30 segundos a 60° C y 30 segundos a 72° C, con una extensión final de 5 minutos a 72° C (Dietz *et al.* 1997).

Para realizar la segunda reacción se utilizaron dos distintos protocolos de PCR: el primer protocolo (A) se basó en lo reportado por Dietz *et al.* (1997), se tomó 5 μ l de la primera reacción de PCR utilizando los oligonucleótidos HL030 y HL032 en un volumen total de 25 μ l, con las mismas concentraciones de DNTP, tampón PCR, $MgCl_2$ y Taq ADN polimerasa y constó de una desnaturalización inicial de 25 ciclos

de 40 segundos a 94° C, 30 segundos 65° C y con una extensión final de 5 minutos a 72° C. En el segundo protocolo (B) se utilizó el reportado por Takeshima *et al.* (2001) en los que se tomaron 5 µl de la primera reacción de PCR utilizando los oligonucleótidos HL030 y HL032 en un volumen total de 25 µl, con las mismas concentraciones de DNTP, tampón PCR, MgCl₂ y Taq ADN polimerasa y constó de una desnaturalización inicial de 94° C a 4 minutos seguida de 25 ciclos de desnaturalización 94° C a un minuto; anillamiento de 67° C a 2 minutos y elongación de 72° C a un minuto y una extensión final de 72° C por 5 minutos.

El producto de PCR de ambas reacciones fue resuelto en geles de agarosa al 2% utilizando 5 µl del amplicón, 2 µl de gel de carga y 4 µl de K180 como marcador (2 µl K180 y 2 µl de gel de carga) y teñido mediante SYBR Safe. Los productos de PCR fueron visualizados en una foto documentadora. El producto de ambas reacciones será una banda de 284 pares de bases en el gel de agarosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del protocolo A, se presenta con una baja calidad de la imagen (Figura 1), lo contrario a lo reportado por Dietz *et al.* (1997) en el estudio de factores de riesgo de mastitis subclínica en muestras de leche de ganado lechero

y la presencia del gen BoLA DRB3; Acharya *et al.* (2002) aplicaron protocolo similar en estudios de PCR-RFLP bovinos de la raza Gyr y Kankrej de la India utilizando muestras de sangre. Da Mota *et al.* (2002) y Machado *et al.* (2005) igualmente reportan el uso del protocolo A en estudios de diversidad de bovinos Gyr de Brasil; Kelly *et al.* 2003 reportan el mismo procedimiento en estudios de diversidad de bovino criollo de Uruguay en geles de poliacrilamida. Nassiry *et al.* (2008) y Mosafer *et al.* (2012) en Irán presentan resultados positivos en el uso de este protocolo de PCR, en la identificación del segundo exón del complejo mayor de histocompatibilidad en subpoblaciones de bovinos Holstein y Búfalos, respectivamente.

Por otro lado, los resultados donde se aplicó el protocolo B (Figura 2), se observan las amplificaciones correspondientes a la región cercana a 284 bp con mejor resolución y calidad que el protocolo A. Bajo este esquema de trabajo, Jeong *et al.* 2007 obtuvieron similares resultados en el estudio del complejo mayor de histocompatibilidad de bovino Hanwo de Korea. Por otro lado, Tahmoorespur *et al.* 2007 realizaron estudios de polimorfismo de genes candidatos de BoLA mediante este mismo protocolo en bovinos Sistani de Irán. Igualmente, Zambrano *et al.* 2011

utilizaron el mismo protocolo en estudios de resistencia a mastitis en bovinos criollos colombianos; Wu *et al.* 2010 en China, también realizaron estudios del gen BoLA en bovino Holstein extrayendo ADN de sangre. Finalmente, Oprzadek *et al.* 2012 realizaron un estudio del polimorfismo del gen BoLA utilizando una técnica de un solo paso para amplificar el segundo exón del BoLA, con este mismo protocolo de amplificación, en hatos comerciales Holstein-Friesian de Polonia. En este trabajo pudieron aislar el fragmento esperado de 284 bp, región similar a la encontrada en el presente trabajo. Comparando las reacciones de PCR de los dos grupos de autores

que utilizaron ambos protocolos, no se observan diferencias sustanciales en cuanto a volumen final, producto de PCR utilizado, cantidad de DNTP, Taq polimerasa y cebadores, sin embargo, en este trabajo el protocolo B presentó el mejor resultado.

Respecto a los protocolos evaluados, se puede mencionar que el protocolo A presenta una secuencia simplificada de desnaturalización inicial, ciclo de desnaturalización, anillamiento y elongación y una extensión final, ya que entra directo a los ciclos de desnaturalización y anillamiento y una extensión final (ver Cuadro).

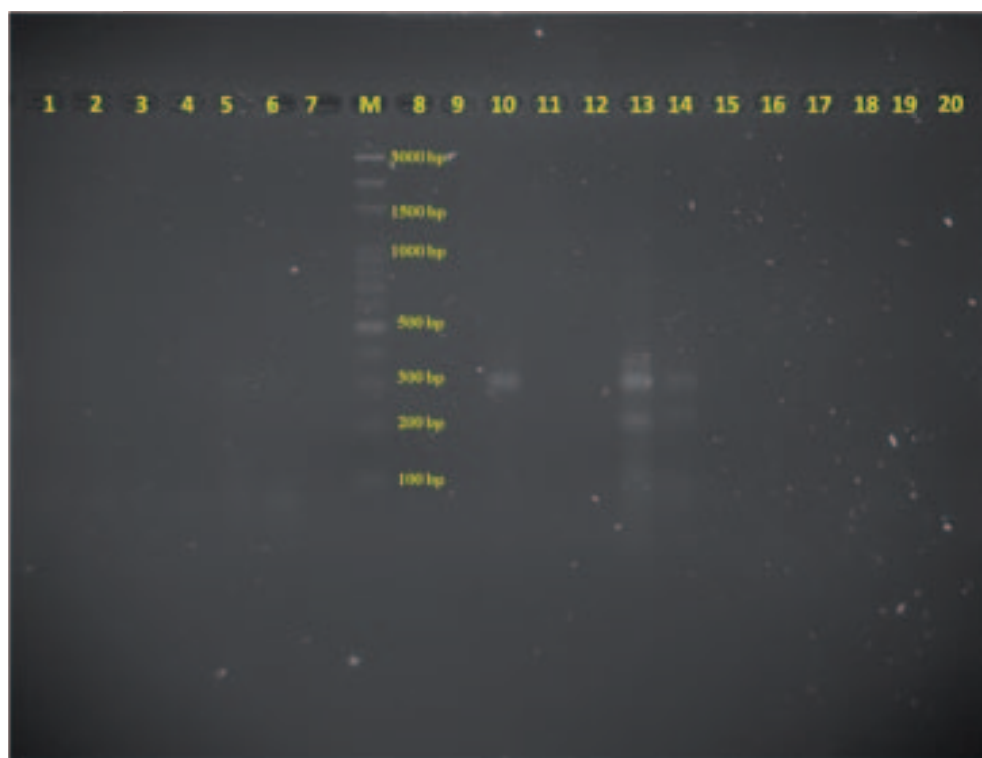


Figura 1. Electroforesis en gel de agarosa al 2% de fragmentos de PCR correspondientes al segundo exón del gen BoLA-DRB3 utilizando protocolo A.

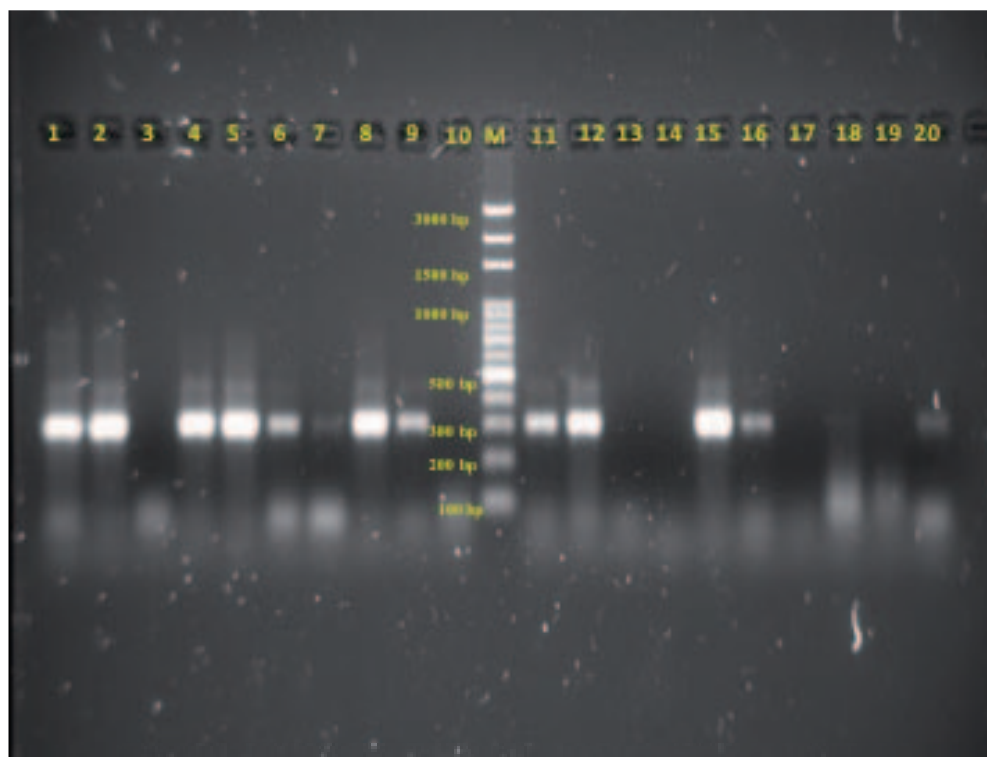


Figura 2. Electroforesis en gel de agarosa al 2% de fragmentos de PCR correspondientes al segundo exón del gen BoLA-DRB3 utilizando protocolo B.

CUADRO. COMPARACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE PCR REPORTADO POR DIVERSOS AUTORES PARA LA DETECCIÓN DEL SEGUNDO EXÓN DEL COMPLEJO MAYOR DE HISTOCOMPATIBILIDAD.

	Protocolo A	Protocolo B
Desnaturalización inicial	...	94° C, 4 minutos
Ciclos	25	25
Desnaturalización	94° C, 40 segundos	94° C, 1 minuto
Anillamiento	65° C, 30 segundos	67° C, 2 minutos
Extensión	...	72° C, 1 minuto
Extensión final	72° C, 5 minutos	72° C, 5 minutos

Protocolo A: Dietz *et al.* (1997), Kelly *et al.* (2003), Mosafer *et al.* (2012).

Protocolo B: Zambrano *et al.* (2011), Wu *et al.* (2010), Oprządek *et al.* (2012).

Comparando ambos protocolos, es posible que en el protocolo A, la supresión de la etapa de extensión posterior al anillamiento de los cebadores, afecte significativamente la reacción en cadena produciendo un bajo rendimiento de amplicones por parte de la Taq polimerasa en el periodo de extensión final de cinco minutos, además el hecho que no haya desnaturalización inicial pudo afectar también la apertura de la horquilla de ADN. Por otro lado, en el tratamiento B se presentan todas las etapas de la reacción y se observa una imagen más clara y de mejor calidad en la amplificación del segundo exón del gen del complejo mayor de histocompatibilidad lo que indica que este último protocolo sería el de elección para el estudio de este gen.

CONCLUSIÓN

- El protocolo B logró las mejores amplificaciones del segundo exón del gen BoLA-DRB3, siendo el de elección para profundizar en el seguimiento de las investigaciones que involucran dicho gen en bovinos criollos panameños.

BIBLIOGRAFÍA

Acharya, CP; Pipalia, DL; Rank, DN; Joshi, CG; Solanki, JV; Shah, RR. 2002. Detection of BoLA.DRB3 gene polymorphism in Gir and

Kankrej cattle using PCR-RFLP. Indian Journal of Animal Science 72(8):680-683.

Castro, GS; Trujillo, EB; Duran, CV. 2006. Polimorfismos del gen BoLADRB3 en el bovino sintético colombiano Lucerna y asociación con conteo de células somáticas y mastitis. Rev Col Cienc Pec. 19:3:270-279.

Da Mota, AF; Gabriel, JE; Martinez, ML; Coutinho, LL. 2002. Distribution of bovine lymphocyte antigen (BoLA-DRB3) alleles in Brazilian dairy Gir cattle (*Bos indicus*). European Journal of Immunogenetics 29:223–227.

Darwin, Y. 2010. Asociación del locus BOLA-DRB3.2 con el virus de la leucosis Bovina en razas criollas y colombianas. Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ciencias Agropecuarias Coordinación General De Posgrados Palmira. Tesis de Maestría. 101p.

Dietz, AB; Cohen, ND; Timms, L; Kehrli, ME. 1997. Bovine Lymphocyte Antigen Class II Alleles as Risk Factors for High Somatic Cell Counts in Milk of Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci. 80(2):406-412.

- Do Nascimento, CS; Machado, MA; Martinez, ML; Barbosa Da Silva, MVG; Martins, MFG; Campos, AL; Sousa, ALA; Teodoro, RL; Da Silva, RV; Facioni, SEG; Andrade, DAO. 2006. Association of the bovine major histocompatibility complex (BoLA) BoLA-DRB3 gene with fat and protein production and somatic cell score in Brazilian Gyr dairy cattle (*Bos indicus*). Genetics and Molecular Biology 29(4): 641-647.
- Groenen, M; Van Der Poel, J; Dijkhof, R; Giphart, M. 1990. The nucleotide sequence of bovine MHC class II DQB and DRB genes. Immunogenetics 31:37-44.
- Jeong, JH; Bhuiyan, MSA; Lee, JS; Yu, SL; Sang, BC; Yoon, D; Jeon, JT; Lee, JH. 2007. Characterization of BoLA-DRB3.2 Alleles in Hanwoo (Korean cattle) by Sequence Based Typing (SBT). Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20(12):1791-1797.
- Juliarena, MA; Poli, M; Sala, L; Ceriani, C; Gutierrez, S; Dolcini, G; Rodriguez, EM; Mariño, B; Rodriguez-Dubra, C; Esteban, EN. 2008. Association of BLV infection profiles with alleles of the BoLA-DRB3.2 gen. Animal Genetics 39:432-438.
- Kelly, L; Nicolini, P; D'Angelo, M; Nimo, A; Rincón, G; Piaggio, J; Postiglioni, A. 2003. Polimorfismo del gen DRB3.2 en bovinos criollos del Uruguay. Arch. Zootec. 52:77-80.
- Machado, MA; Nascimento, CS; Martínez, ML; Silva, MVGB; Campos, AL; Teodoro, RL; Verneque, RS; Guimarães, SEF. 2005. Associação do loco BoLA-DRB3.2 com produção de leite em bovinos da raça Gir. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 57(3):380-389.
- Martínez, ML; Machado, MA; Nascimento, CS; Silva, MVGB; Martínez, R; Toro, R; Montoya, F; Burbano, M; Tobon, J; Gallego, J; Ariza, F. 2005. Caracterización del locus BoLA-DRB3 en ganado criollo Colombiano y asociación con resistencia a enfermedades. Arch Zootec. 54:349-356.
- Mosafer, J; Heydarpour, M; Manshad, E; Russell, G; Sulimova, GE. 2012. Distribution of BoLA-DRB3 Allelic Frequencies and Identification of Two New Alleles in Iranian Buffalo Breed. The Scientific World Journal, Volume 2012, Article ID 863024, 6 p.

- Nassiry, M; Sadeghi, B; Tohidi, R; Tavakkoli Afshari, J; Khosravi, M. 2008. Comparison of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 allele frequencies between two_subpopulations of Iranian holstein cattle. *African Journal of Biotechnology* 7(15):2671-2675.
- Tahmoorespur Mojtaba, Mohammad Reza Nassiry, Mohsen Fathi Najafi; Shahrokh Ghovvati. 2007. Genetic Polymorphism at the Candidate Gene in Iranian Sistani Cattle (*Bos indicus*). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10:3368-3373.
- Takeshima, S; Ikegami, M; Morita, M; Nakai, Y; Aida, Y. 2001. Identification of new cattle BoLA-DRB3 alleles by sequence-based typing. *Immunogenetics* 53:74-8.
- Takeshima, SN; Aida, Y. 2006. Structure, function and disease susceptibility of the bovine major histocompatibility complex. *Anim Sci J.* 77:138-150.
- Takeshima, S; Matsumoto, Y; Arainga-Ramirez, M; Kim, J; Miyasaka, T; Xue, G; De La Barra Díaz, VG; Giovambattista, G; Pofcher, EJ; Rivera-Geronimo, H; Saito, H; Acosta, TJ; Kanemaki, M; Ortiz, ML; Oltra, J; Onuma, M; Aida, Y. 2010. Variation of cattle major histocompatibility complex (BoLA) DRB3 allele frequencies within different farm, breed and countries in South America. *In XXXII Conference of the International Society for Animal Genetics*, Edimburgo, Reino Unido, del 26 al 30 de julio. p. 82.
- Oprządek, J; Urtnowski, P; Sender, G; Pawlik, A; Łukaszewicz, M. 2012. Frequency of BoLA-DRB3 alleles in Polish Holstein-Friesian cattle. *Animal Science Papers and Reports* 30(2):91-101.
- Panei, CJ; Suzuki, K; Echeverria, MG; Serena, MS; Metz, GE; Gonzales, ET. 2009. Association of BoLA-DRB3.2 alleles with resistance and susceptibility to persistent lymphocytosis in BLV infected Cattle Argentina. *International of Journal of Dairy Science* 4:123-128.
- Wu, XX; Yang, ZP; Wang, XL; Mao, YJ; Li, SC; Shi, XK; Chen, Y. 2010. Restriction fragment length polymorphism in the exon 2 of the BoLA-DRB3 gene in Chinese Holstein of the south China. *J. Biomedical Science and Engineering* 3:221-225 (en línea). Consultado feb. 2010. Disponible en <http://www.SciRP.org/journal/jbise/>

Zambrano, JC; Echeverri, JZ; López, AH.

2011. Alleles of the BoLA DRB3.2 gene are associated with mastitis in dairy cows. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(2).

AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología se les agradece el apoyo financiero del presente trabajo.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON RUMIANTES EN MÉXICO¹

Juan Carlos Martínez-González²; Sonia Patricia Castillo-Rodríguez³;

Axel Villalobos-Cortés⁴; Javier Hernández-Meléndez⁵

RESUMEN

Se analizaron algunas características de los sistemas intensivos y extensivos de producción de carne con rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos), así como las características y bondades biológicas y económicas de los sistemas. En México se pueden ubicar cinco grandes regiones agroecológicas destacando por su extensión, las zonas áridas-semiáridas, templada y trópico seco-húmedo con 49,1%, 23,2% y 27,7%, respectivamente. Esta última área tiene la posibilidad de aumentar de manera significativa la producción de alimentos de origen pecuario, gracias a la disponibilidad de recursos como suelo, agua, forrajes, subproductos de bajo costo y la población animal existente. Además, el costo de producción es menor en comparación a los sistemas intensivos de producción de leche y carne de otras zonas de México. Sin embargo, para ello se deben enfrentar diversos desafíos como son: la falta de tecnología, el mejoramiento del nivel de producción, la mejora en el manejo nutricional y reproductivo de los rumiantes. Además, favorecer que los Programas de Gobierno sean utilizados para el refinanciamiento de tecnologías y bienes de consumo. Buscando la armonía entre los recursos genéticos pecuarios, los alimenticios y el entorno ecológico. Además, hay evidencia de la renuencia a cambios estructurales en el manejo y gestión de la unidad de producción que influyen para definir un nuevo esquema para la producción de carne, aunque la producción de leche represente una fuente importante de ingresos.

PALABRAS CLAVES: Recursos naturales, sistemas intensivos y extensivos, características biológicas y económicas.

¹ Recepción: 13 de octubre de 2016. Aceptación: 15 de junio de 2017.

²Ph.D. en Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC). Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149. e-mail: jmartinez@docentes.uat.edu.mx

³M.Sc. en Producción Animal Tropical. UAT-FIC.

⁴Ph.D. en Conservación y Mejora Animal. IDIAP. Panamá.

⁵Ph.D. en Ciencias. UAT-FIC.

RUMINANTS PRODUCTION SYSTEMS IN MEXICO

ABSTRACT

Some characteristics of the intensive and extensive systems of meat production with ruminants (cattle, goats, and sheep), as well as the biological and economic characteristics and benefits of the systems were analyzed. In Mexico, five large agroecological regions can be found, highlighting by its covering area respectively: the arid-semi-arid, temperate and dry-humid tropic zones, with 49,1%, 23,2% and 27,7%. This last area has the possibility to increase significantly the production of foods of animal origin, due to the availability of resources such as soil, water, fodder, low-cost by-products, and the existing animal population. In addition, the cost of production is lower compared to intensive milk and meat production systems in other areas of Mexico. However, several challenges must be tackled: lack of technology, improved production levels, improved nutrition, and reproductive management of ruminants. In addition, to favor that the Government Programs become used for the refinancing of technologies and consumer goods. Seeking harmony between livestock genetic resources, food and the ecological environment. In addition, there is evidence of reluctance to structural changes in the management of production unit that influence to define a new scheme for meat production, although milk production represents a significant source of income.

KEY WORDS: Natural resources, intensive and extensive systems, biological and economic characteristics.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de producción se pueden clasificar los sistemas agropecuarios en dos grandes clases: intensivos y extensivos (Wadsworth 1997). En México, al igual que en otros países de Latinoamérica (Saravia 1985), la actividad pecuaria es de gran importancia socioeconómica, esta actividad ha servido de base al desarrollo de la industria nacional. Además, de proporcionar a la población alimentos y materias primas, divisas, empleo, distribuyendo ingresos

en el sector rural y se realiza en regiones que no tienen vocación para la agricultura (FAO 2009, Gallardo-López *et al.* 2002).

En México, la ganadería y en específico la producción con rumiantes, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural. Se realiza sin excepción en todas las regiones agroecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas (Gallardo *et al.* 2012, Rubio *et al.* 2013).

Se estima que el 60% de la superficie del territorio de la República Mexicana se aprovecha para desarrollar la ganadería (Magaña-Monforte *et al.* 2006, Rojo-Rubio *et al.* 2009, González-Padilla y Dávalos-Flores 2015). La producción con rumiantes se realiza en una amplia gama de sistemas productivos, que van desde los altamente tecnificados e integrados, hasta los sistemas de tipo tradicional, orientados principalmente hacia el autoconsumo de las familias.

México cuenta con una gran diversidad de climas, en la Figura 1 se pueden observar de manera general los climas: áridos, semiáridos, templados, cálido seco y cálido húmedo (Améndola *et al.* 2005, SMN 2016).

El clima árido y semiárido se localizan en el norte del país, región que comprende el 49,1% del territorio nacional; se caracteriza por la circulación de los vientos, lo cual provoca escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales (Rubio *et al.* 2013, Palma 2014). Esta región comprende los Estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sonora, Zacatecas y parte de San Luis Potosí y Tamaulipas. En esta región el principal producto es el ganado en pie (becerros de destete) para exportación a EUA.



Figura 1. Climas de México (SMN 2016).

La región del clima templado se ubica en la parte central del país abarcando una superficie de aproximadamente 27,7% (Rubio *et al.* 2013, Palma 2014, SMN 2016). Esta región comprende los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y ciudad de México, donde las unidades de producción son extensivas, sustentadas en el pastoreo durante la época de lluvias y se complementa el resto del año con dietas a base de esquilmos agrícolas. Si bien, la mayoría de las unidades de producción son del tipo minifundista, existe una tendencia a su ampliación. Aquí se realiza la cría, desarrollo y engorde, el mercado para los productos de esta región son el consumo local y algunas entidades como Aguascalientes y el Estado de México contribuyen al abasto de la ciudad de México.

Las regiones con clima cálido húmedo y subhúmedo ocupan un 23,2% del territorio de México, con precipitaciones pluviales que van de 700 a 4000 mm anuales. Abarca los Estados de Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Morelos, Nayarit, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Magaña-Monforte *et al.* 2006, Rojo-Rubio *et al.* 2009, González-Padilla y Dávalos-Flores 2015).

Las características agroecológicas del trópico propician una producción abundante de forraje durante la temporada de lluvias, que rebasa la capacidad de consumo de los animales. Sin embargo, la calidad nutricional es inferior a la que se observa en zonas templadas, por lo que no satisfacen los requerimientos nutricionales (Améndola *et al.* 2005, Chalate-Molina *et al.* 2010, Cortés-Mora *et al.* 2014).

La región del trópico húmedo y seco, se han convertido en las zonas naturales proveedoras de becerros para engorde y finalización en corrales nacionales y de carne en canal para la ciudad de México, área metropolitana y otras zonas de mayor densidad de población.

Sin embargo, en la actualidad, México enfrenta grandes retos en ganadería debido a la dependencia alimentaria del país (carne y leche), la cual tiene que ser parcialmente importada del extranjero a un costo oneroso en términos de divisas (De la Fuente *et al.* 1989, Carrera-Chávez *et al.* 2008, Callejas *et al.* 2017). Se estima que México importa en la actualidad alrededor del 40% de las necesidades de alimentos de su población. México perdió la autosuficiencia alimentaria por las erróneas políticas públicas en materia agrícola y ganadera

que impuso sobre miles de productores rurales durante los últimos cuarenta años (Carrera-Chávez *et al.* 2014).

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON BOVINOS PARA CARNE

En México se han caracterizado cinco grandes sistemas de producción de carne de bovino que son: sistema vaca-becerro, recría, engorde en corral, doble propósito y pie de cría (Martínez 2003). Se estima que existen alrededor de 947 041 unidades de producción rural (PGNB 2016), donde se mantienen aproximadamente 33 502 623 cabezas de ganado bovino (SIAP 2017).

Sistema vaca-becerro:

Es el más difundido en el norte del país y consiste en la producción de becerros para su venta al momento del destete, cuyo mercado es la exportación hacia Estados Unidos (Carrera-Chávez *et al.* 2014, Callejas-Juárez *et al.* 2014, González-González y Lagos-Gómez 2014). Se requieren extensiones muy grandes para la manutención del ganado, debido a la escasez de forrajes en los agostaderos (Klee 2004). Este sistema se basa exclusivamente en el pastoreo y el uso limitado de suplementos.

Los bovinos son de razas europeas especializadas en la producción de carne como: Hereford, Angus,

Charolais, Limousine y razas sintéticas como Beefmaster, Braford, Brangus y Charbray entre otras (Skaggs *et al.* 2004). De igual modo, se utilizan las razas cebuinas (Brahman, Nelore, Gyr, Guzarat, entre otros) para las regiones tropicales (Martínez y Parra 2008). La exportación de becerros depende del precio en pie que se esté pagando en la frontera y de la calidad genética de los becerros; si el precio es alto, la mayoría de los becerros e inclusive hembras serán exportados.

En general, se establece que las fincas del sistema vaca-becerro en los trópicos secos tienen un nivel tecnológico muy bajo, con vacunos de bajo potencial genético. La capacidad de carga de las pasturas sembradas está entre 0,3 UA ha⁻¹ y 1,0 UA ha⁻¹, mientras que la vegetación nativa es tan baja como 0,08 UA ha⁻¹, los novillos son vendidos entre 12 y 18 meses de edad pesando 180 kg (FIRA 1994). Por su parte, Ruiz (2004) reveló que el tamaño promedio de las empresas es de 117 vacas, con una dotación de 0,36 vacas ha⁻¹, un porcentaje de parición de 55% y una producción de carne de 65 kg ha⁻¹ año⁻¹.

Las empresas del sistema vaca-becerro en los trópicos húmedos poseen en promedio de 91 vacas con una dotación de 0,52 vacas ha⁻¹, el porcentaje de parición es de 57% y producen 157 kg ha⁻¹

año⁻¹. Algunas empresas tienen áreas de pasturas sembradas y en esas empresas la capacidad de carga se incrementa ligeramente a más de 1,5 vacas ha⁻¹ (FIRA 1994). Los becerros son vendidos a empresas que los terminan dentro de la región o a intermediarios y las vacas de rechazo son usualmente vendidas para faena en los pueblos cercanos.

La terminación de novillos en pasturas introducidas (*Cynodon nlemfuensis*, *Panicum maximum*, *Brachiaria* spp., entre otros) en los trópicos húmedos está perdiendo importancia desde que los consumidores prefieren animales terminados en corrales de engorda (Carrera-Chávez *et al.* 2008, Carrera-Chávez *et al.* 2014, Callejas *et al.* 2017).

Debido al bajo valor nutritivo de los pastos tropicales (CIAT 1993, Améndola *et al.* 2005) y la baja ganancia de peso durante los nortes (entre noviembre y febrero), en algunas empresas los animales reciben alimentación suplementaria (Guarneros 2012). Las ganancias diarias de peso vivo pueden ser tan bajas como 0,4 kg animal⁻¹ y el período de terminación puede durar entre 18 y 24 meses (FIRA 1994), lo cual perjudica la calidad del producto. Los animales son vendidos a intermediarios; sin embargo, en Tamaulipas, Veracruz y Tabasco los productores están organizados para vender su producto.

Sistema de recría en pastoreo:

Este sistema puede abarcar una etapa relativamente corta, cuando los animales se crían por un período que dura de 6 a 12 meses antes de pasar a los corrales de engorda (Román-Ponce 1981, Klee *et al.* 2003, De Almeida *et al.* 2013). Si el rancho tiene suficiente forraje los animales permanecen en el mismo hasta que alcanzan pesos de 380 kg a 420 kg que corresponden a una edad de 15 a 18 meses, para pasar a los corrales de engorde por un tiempo relativamente corto para cambiar el color de la grasa del animal.

Los productores de este sistema no cuentan con vacas de cría, por ello recurren a la compra de becerros. Los potreros cuentan con abundante forraje, pero con limitaciones nutricionales, por lo que se suplementa, generalmente, al final del engorde y en época de escasez de forraje (Román-Ponce 1981, Améndola *et al.* 2005).

Sistema de engorde en corral:

Se basa en el desarrollo y finalización de novillos o toros en corrales. En general, los sistemas de confinamiento son tecnificados, costosos y se caracterizan por el uso de alimentos concentrados y subproductos agroindustriales (Lyra *et al.* 1987, Pordomingo *et al.* 2010, Livas 2015).

Estos sistemas se ubican relativamente cerca de los nichos, mercados y centros de consumo (áreas metropolitanas).

Para la preparación de las raciones utilizan esquilmos agrícolas, alimentos concentrados, minerales y vitaminas (Livas 2015). Es común, el uso de promotores de crecimiento, enzimas, prebióticos, ionóforos y manipuladores de la fermentación ruminal. Las inversiones por unidad animal son altas, pero con alta capitalización.

Sistema doble propósito:

Cubre dos aspectos importantes en el ingreso de los productores al comercializar el ganado y la leche. La ventaja de este sistema es que no es tan vulnerable como los especializados (Tewolde *et al.* 2002, Magaña *et al.* 2006, Chalate-Molina *et al.* 2010). Si el precio de la leche es atractivo se sacrifica al becerro (litreado), por el contrario si el precio del becerro al destete es alto, se le deja más leche al becerro para propiciar mayor ganancia de peso.

El insumo principal de este sistema son las praderas nativas y/o introducidas al trópico (Villa-Méndez *et al.* 2008, Chalate-Molina *et al.* 2010, Cortés-Mora *et al.* 2014). Los productores difícilmente recurren a la suplementación de concentrados y en

ocasiones utilizan la melaza urea (Vargas y Corro 2014, Nájera-Garduño *et al.* 2016).

El tamaño del hato esta entre 40 a 80 vacas, generalmente son animales cruzados Suizo-Cebú y/o Holstein-Cebú. La infraestructura es mínima (rústica), con bajos niveles de inversión y tecnología. El ordeño es estacional, de manera manual (una vez al día), con apoyo del becerro al pie (ordeño incompleto).

Sistema de pie de cría:

Aquí se ubican los ganaderos élite, cuyas inversiones son más altas por unidad animal. Se caracterizan porque las unidades de producción tienen la máxima infraestructura (Villegas-Durán *et al.* 2001). Los animales son de razas puras como: Hereford, Angus, Charolais, Limousine, entre otras y registradas ante asociaciones especializadas para la certificación de pureza (Arellano-Vera *et al.* 2010). La alimentación está basada en praderas mejoradas, manejadas mediante el sistema de pastoreo rotacional. Asimismo, se utilizan esquilmos agrícolas, alimentos concentrados, minerales y vitaminas. Son ganaderos bien organizados para la comercialización de sus productos y la compra de insumos. Los animales están bajo programas nutricionales, reproductivos, genéticos y sanitarios; y la mano de obra es especializada (contratada).

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON BOVINOS PARA LECHE

Al igual que para el ganado de carne, la producción de leche en México se encuentra sectorizada de acuerdo a las áreas agroecológicas presentes en el país. Así se pueden encontrar los sistemas especializados (industriales), el sistema familiar y el doble propósito, sin dejar de lado el de traspatio o de subsistencia (Martínez 2003).

Sistema especializado:

Por su contribución al mercado es el más importante del país, las unidades de producción se encuentran en cuencas lecheras destacando por su importancia la zona de La Laguna (Gómez Palacio y Lerdo, Durango y Torreón, Coahuila), Los Altos de Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Estado de México y Puebla (Lastra *et al.* 1998, Martínez-González *et al.* 2000).

En este sistema se utiliza tecnología de punta, el grado de integración vertical y horizontal es prácticamente total. En cuanto a la alimentación del ganado, se basa en dietas integrales constituidas por forrajes de corte, los cuales son administrados directamente al ganado y los excedentes son conservados a través de ensilados o henificados (Núñez *et al.* 2009).

Los principales grupos ganaderos, disponen de fábricas de alimentos balanceados, sistemas de formulación de raciones de acuerdo a cada etapa de la producción y a la calidad genética de los animales e inclusive de acuerdo a la disponibilidad de insumos, con lo cual se reducen los gastos por este concepto.

Asimismo, las unidades de producción cuentan con las mejores instalaciones para el manejo del ganado en condiciones de estabulación total. La ordeña es mecánica en salas construidas para ello y en algunas unidades de producción llegan a realizarse hasta cuatro ordeños. Las razas que se utilizan son especializadas, se destacan por el nivel de producción la raza Holstein, Pardo Suizo y en menor número la Jersey.

Casi la totalidad del ganado se reproduce por inseminación artificial con semen de toros probados. Los animales están bajo control de programas sanitarios. Por último, la mano de obra es especializada (contratada). Este sistema se puede replicar pero bajo condiciones de pastoreo (Améndola *et al.* 2006).

Sistema de producción familiar:

En este estrato se ubican principalmente productores tradicionales y aquellos que han visto imposibilitado el

proceso de capitalizar sus explotaciones con nuevas inversiones (Estrada-Cortés *et al.* 2014).

Cuentan con pie de cría similar al del sistema especializado, sin embargo, la infraestructura, los programas nutricionales y reproductivos, y las medidas zoonosanitarias no son las más adecuadas (Herrera-Haro s/f, Estrada-Cortés *et al.* 2014). Asimismo, no están integrados en forma vertical, por lo que muchas veces la comercialización de sus productos es a través de intermediarios.

Los hatos son pequeños (10 a 50 vacas), como ya se mencionó de razas especializadas (Holstein principalmente), pero con la particularidad de que la mano de obra es familiar (Posadas-Domínguez *et al.* 2014). La venta de leche es directa al consumidor (menudeo), compañías procesadoras de leche (pasteurizadoras locales) o se destina a la fabricación de quesos artesanales.

Sistema doble propósito:

Como ya se mencionó cubre dos aspectos importantes en el ingreso de los productores al comercializar el ganado y la leche. Por lo cual, las características son las descritas para este sistema en la producción con bovinos para carne.

Sistema de traspatio o de subsistencia:

Bajo esta denominación se ubica el sistema más antiguo del país y con una cobertura prácticamente de todo el país. Su benevolencia radica en que es una fuente de proteína animal para muchas familias del sector rural. Según López *et al.* (2015), la producción practicada en este tipo de sistema se enfoca preferentemente hacia las especies menores (ovinos, caprinos, porcinos y aves). También, abarca a los bovinos en los estados del centro del país.

Los animales son de calidad genética baja, lo que se traduce en un mal rendimiento productivo; el manejo zoonosanitario es prácticamente nulo.

Los productores de traspatio consideran a sus animales como una fuente extra de ingresos (alcancía), se destina el producto al abasto de mercados microregionales o bien, al autoabastecimiento de negocios de comida o para fiestas (López *et al.* 2015).

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON CAPRINOS

En México, tradicionalmente las unidades de producción de cabras se dedican a la producción de carne (Gutiérrez 2013). En el norte del país para la producción del cabrito de leche y en el centro-sur para comercializar carne de animales adultos para la elaboración de

birria (barbacoa), y particularmente en Puebla para el mole de cadera (Jiménez-Badillo *et al.* 2013).

En el contexto general, se pueden mencionar dos sistemas de producción caprina extensivo e intensivo (Espejo 1996, Martínez *et al.* 2008), similar situación se observa en otros países de Latinoamérica (Galeano *et al.* 2013, Vega *et al.* 2014, Delgado 2016).

Sistema extensivo con caprinos:

Regularmente carecen de programas de manejo, utilizan animales criollos y/o cruzados, utilizan zonas comunales para el pastoreo de la vegetación nativa, donde los arbustos comprenden el principal componente de la dieta del animal (Echavarría y Gómez 2013, Jiménez-Badillo *et al.* 2013, Salinas-González *et al.* s/f). Las instalaciones son precarias y la mayoría de los productores cuentan con corrales (majadas) para su encierro nocturno, mismo que están contruidos de manera rudimentaria con materiales de la región. Además, hay una alta dependencia de la mano de obra familiar para el pastoreo de las cabras. Por otro lado, la calidad genética, nivel tecnológico, el manejo nutritivo y sanitario son bajos.

La finalidad de las unidades de producción es la venta de cabritos (edad

de dos meses con un peso promedio de 8 kg, hembras triponas y animales de desecho para la tradicional birria. El principal producto es el cabrito, cuyo mercado se concentra en la zona conurbada de Monterrey, Nuevo León. Pero se están abriendo otros nichos de mercado en la franja fronteriza con el Estado de Texas, USA y en la región de la Comarca Lagunera, Coahuila.

Sistema intensivo con caprinos:

Este tipo de producción se ubica en la región de la Comarca Lagunera y del Bajío, en altiplano mexicano; son unidades de producción con los avances tecnológicos más recientes y varias de sus granjas se encuentran a la vanguardia en genética y productividad, utilizan razas especializadas en la producción de leche como la Saanen, Alpina Francesa y Toggenburg especializadas en la producción de leche y Nubia y Boer especializadas en la producción de carne. Basan su alimentación en el pastoreo de praderas irrigadas y en los establos la dieta se compone, en general, de alfalfa achicalada (heno) y/o ensilaje de maíz, complementada con un alimento balanceado, algunas han incorporado el cultivo de gramíneas forrajeras como sorgo, avena, ballico, triticale, entre otras (Espejo 1996, Flores 2013, Jiménez-Badillo *et al.* 2013).

Varios de los granjeros poseen tierras de cultivo o las tienen en sociedad con vecinos y así pueden cosechar su propia alfalfa y/o maíz. El concentrado lo compran ya hecho, de preferencia en las asociaciones ganaderas o adquieren los ingredientes para prepararlos ellos mismos. Tienen programas sanitarios y de reproducción utilizando la inseminación artificial, la ordeña de los animales es mecánica y la mano de obra es asalariada. En la mayoría de las explotaciones el objetivo principal es la producción de leche, pero también es importante la de pie de cría (Catota-Gómez *et al.* 2017).

En general, se puede afirmar que las explotaciones aledañas a las zonas urbanas tienen inclinación hacia la producción de leche, donde el producto es vendido y/o transforma en quesos tipo gourmet y dulces regionales.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON OVINOS

En México al igual que en otras partes del mundo la importancia de los ovinos de lana se encuentra en una clara decadencia debido al bajo valor de la lana, por lo tanto, los sistemas de ovinos de pelo y lana se podrían considerar como un subsistema de la unidad producción. Independientemente del tipo de sistema, los componentes a considerar incluyen la especie animal, los recursos alimenticios y

el sistema de manejo con su componente de mercadeo y comercialización de los productos (Galeano *et al.* 2013, Gutiérrez 2013, Vega *et al.* 2014).

Sistema extensivo para la producción de ovinos:

Se caracteriza porque la alimentación del rebaño depende exclusivamente del pastoreo diurno continuo, de praderas naturales o con especies introducidas (Herrera 2012, De Almeida *et al.* 2013, Echavarría y Gómez 2013). El pastoreo se realiza sin vigilar la carga animal, con suplementación de sales y/o minerales y manejo sanitario nulo o muy limitado. Este sistema basa la alimentación en el pastoreo de áreas marginadas. El rebaño se mantiene como una sola unidad, por lo tanto, el manejo y uso de tecnología es reducido, el empadre ocurre en forma continua e indiscriminada, con hembras de todas las edades y regularmente el macho se mantiene con las hembras durante todo el año. Este sistema incluye pequeños, medianos y grandes productores, dependiendo del objetivo de la explotación, el tamaño del rebaño varía desde rebaños pequeños (10 a 30 cabezas) hasta rebaños de 1000 a 2000 cabezas.

Los sistemas extensivos tienen como objetivo común y fundamental, la producción de animales para el abasto,

por lo tanto, la producción de carne representa el producto principal (Vega *et al.* 2014).

Las unidades de producción se encuentran distribuidas en toda la zona tropical y en las zonas áridas y cercanas a los grandes centros de población y consumo.

Sistemas semi-extensivos para la producción de ovinos:

Este tipo de sistema se basa en gran parte en el pastoreo, como fuente principal de alimento, la diferencia, en relación al anterior, tal vez, radica en que las extensiones utilizadas no son tan grandes como en el caso anterior y comparativamente, utilizan tecnología e insumos en mayor escala. También, se caracterizan por estar más organizados en todos los aspectos de la utilización. En éste sistema se pueden presentar combinaciones de objetivos con diferentes alternativas de manejo y tecnología (Castillo-Rodríguez *et al.* 2013, Pérez-Hernández s/f). Con frecuencia se observan combinaciones de pastoreo extensivo de vientres y hembras de reposición con alimentación en corral de animales que van para el abasto, pie de cría o exposiciones.

El tipo de productor que utiliza éstos sistemas regularmente pertenece

a un estrato social diferente a los de la clasificación anterior, de más recursos y más abierto a utilizar prácticas de manejo e introducir tecnología en mayor escala. La meta principal de las unidades de producción es obtener animales para el abasto o para pie de cría.

Sistemas intensivos para la producción de ovinos:

Las unidades de producción intensivas buscan maximizar la producción; son unidades de producción con gran utilización de insumos y tecnología, con eficiencia terminal y productividad alta. Aquí se incluyen sistemas de engorda de corderos en corral, independiente del origen de los corderos, también sistemas de cría/engorda con la utilización de praderas mejoradas bajo pastoreo intensivo y finalización de los corderos en corral (Macedo y Castellanos 2004); o bien para la producción de leche (García-Díaz *et al.* 2012).

Una herramienta que es utilizada con cierta frecuencia en años recientes, es el uso de sementales de razas exóticas o de reciente introducción al país, con mayor capacidad de producción de carne, como las razas: Dorper, Katahdin, Ile de France, Charollais (Cienfuegos-Rivas *et al.* 2010, Lucero *et al.* 2011).

CONCLUSIONES

- El sistema más utilizado por las unidades de producción de bovinos, caprinos y ovinos es el extensivo debido a que requiere poca infraestructura y pocos recursos económicos para operar.
- El sistema de doble propósito es el más utilizado por los productores del área de clima tropical seco y húmedo de México, donde las unidades de producción tienen poca disponibilidad de tierra, con hatos pequeños y mano de obra familiar, lo que limita su desarrollo.
- La tendencia de crecimiento en las unidades de producción con manejo intensivo como la engorda de ganado y producción de leche. Para mantener la sustentabilidad de la actividad, se incrementa el tamaño del hato, la superficie y se aplica la mejor tecnología.
- Hay evidencia de cambios estructurales en el manejo y en la gestión de las unidades de producción, al definirse nuevos esquemas para la producción de carne y leche.

BIBLIOGRAFÍA

- Améndola, MR; Martínez, PAH; Lantinga, E. 2006. Tecnología: 2. Producción Intensiva de Leche en Pastoreo (en línea). Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Consultado 17 jun. 2016. Disponible en <https://chapingo.mx/produccionanimal/images/stories/documentos/Tecnologias/5-Tecnologia-2-PLPastoreoIntensivo-08.pdf>
- Améndola, R, Castillo, E; Martínez, PA. 2005. Perfiles por País del Recurso Pastura/Forraje: México (en línea). Consultado 12 may. 2016. Disponible en http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/spanishtrad/mexico_sp/Mexico_sp.htm
- Arellano-Vera, W; Sifuentes-Rincón, AM; Garcidueñas-Piña, R; Parra-Bracamonte, GM. 2010. Importancia de la verificación-asignación de progenitores en sistemas extensivos de pie de cría. *Revista Científica* 20(1):53-60.

- Callejas, JN; Rebollar, SR; Ortega, JAG; Domínguez, JV. 2017. Parámetros bio-económicos de la producción intensiva de la carne de bovino en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8(2):129-138.
- Callejas-Juárez, N; Aranda-Gutiérrez, H; Rebollar-Rebollar, S; de la Fuente-Martínez, ML. 2014. Situación económica de la producción de bovinos de carne en el Estado de Chihuahua, México. *Agronomía Mesoamericana* 25(1):133-139.
- Carrera-Chávez, B; Gómez-Cruz, MA; Schwentesius-Rinderman, R. 2014. *La Ganadería Bovina de Carne en México: Un Recuento Necesario Después de la Apertura Comercial*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, MX. p. 107.
- Carrera-Chávez, B; Schwentesius-Rindermann, R; Gómez-Cruz, MÁ; Olivares-Pineda, R. 2008. Contribución al estudio de la ganadería bovina de carne: el caso de los Distritos de Río Grande y Ojocaliente, Zacatecas, México. *Revista Investigación Científica* 4(3):1-17.
- Castillo-Rodríguez, S; Rivera-Sandoval, J; González-Reyna, A; Martínez-González, J. 2013. Comportamiento predestete de cabritos cruzados en Guanajuato, México. *Revista MVZ Córdoba* 18(Supl):3607-3611.
- Catota-Gómez, LD; Parra-Bracamonte, GM; Cienfuegos-Rivas, EG; Hernández-Meléndez, J; Sifuentes-Rincón, AM; Martínez-González, JC. 2017. Frequency and association of polymorphisms in CSN3 gene with milk yield and composition in Saanen goats. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12). En prensa.
- Chalate-Molina, H; Gallardo-López, F; Pérez-Hernández, P; Lang-Ovalle, P; Ortega-Jiménez, F; Vilaboa-Arroniz, J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia Tropical* 28(3):329-339.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1993. Trends in CIAT Commodities 1993. Working Document No. 128, July 1993. CIAT, Cali, CO. p. 221.

- Cienfuegos-Rivas, E; González-Reyna, A; Hernández-Meléndez, J; Zárate-Fortuna, P; Ibarra-Hinojosa, MA; Lucero-Magaña, FA; Martínez-González, JC. 2010. Mejoramiento genético de la producción ovina mediante estrategias de cruzamiento con razas de pelo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 18(1-2):49-56.
- Cortés-Mora, JA; Cotes-Torres, A; Cotes-Torres, JM. 2014. Avances en clasificación de sistemas de producción con bovinos doble propósito en Colombia. *Archivos de Zootecnia* 63(243):559-562.
- De Almeida, RG; de Andrade, CMS; Paciullo, DSC; Fernandes, PCC; Cavalcante, ACR; Barbosa, RA; do Valle, CB. 2013. Brazilian agroforestry systems for cattle and sheep. *Tropical Grassland-Forrajes Tropicales* 1(2):175-183.
- De la Fuente, J; Garmendia, A; González, M; Jiménez, ML; Mazcorro, E. 1989. *Bonanza y Crisis de la Ganadería Nacional. Una Visión Integral de la Actividad Pecuaria en México.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 349 p.
- Delgado, FR. 2016. Caracterización de los sistemas de producción caprina en la provincia Ciego de Ávila. *Pastos y Forrajes* 39(1):64-71.
- Echavarría, ChF; Gómez, RW. 2013. Los sistemas de producción de rumiantes menores en México y sus limitantes productivas. *In* Iñiguez, R. L. (Editor). *La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica.* Primera Edición. Embrapa, Brasília, D.F. p. 564.
- Espejo, MC. 1996. Sistema de explotación ganadera: notas en torno a su concepto. *Lurralde: investigación y espacio* 19:89-104.
- Estrada-Cortés, E; Espinosa-Martínez, MA; Barretero-Hernández, R; Rodríguez-Hernández, E; Escobar-Ramírez, MC. 2014. Manejo del ganado bovino adulto en establos familiares/semitecnificados de producción de leche. Primera Edición. Fundación PRODUCE Querétaro, A. C. Querétaro, Querétaro, México. Folleto para productores Núm. 1. p. 69.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2009. *Sistemas de*

- producción bovina en las Américas (en línea). Consultado 7 may. 2016. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/eeb/gana/>
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, MX). 1994. Elementos de análisis de las cadenas productivas. Carne de Bovino. FIRA-Banco de México, Mexico, DF. 48 p.
- Flores, OMA. 2013. Producción de forrajes cultivados para las zonas áridas y semiáridas de México. En. Iñiguez, R. L. (Editor). La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica. Primera Edición. Embrapa, Brasília, DF. p. 564.
- Galeano, L; Gómez, MJ; Gómez, JEM. 2013. Caracterización de los sistemas de pastoreo de pequeños rumiantes en el sur del Tolima. Revista Colombiana de Ciencia Animal 6(1):75-85.
- Gallardo, A; Prades, M; Bovea, MD; Colomer, F. 2012. Influencia de las variables climáticas y socio-económicas en la generación de residuos urbanos en España. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 28(Sup. 1):7-12.
- Gallardo-López, F; Riestra-Díaz, D; Aluja-Schunemann, A; Martínez-Dávila, JP. 2002. Factores que determinan la diversidad agrícola y los propósitos de producción en los agroecosistemas del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Agrociencia 36(4):495-502.
- García-Díaz, LK; Mantecón, ÁR; Sepúlveda, WS; Maza, MT. 2012. Producción de leche ovina como alternativa de negocio agropecuario: Modelo de producción en Castilla y León (España). Revista Mexicana de Agronegocios 16(31):6-18.
- González-González, F; Lagos-Gómez, H. 2014. Paquete tecnológico para la producción en el sistema vaca-becerro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Sitio Experimental La Campana-Madera. Aldama, Chih., MX. p. 38.
- González-Padilla, E; Dávalos-Flores, JL. 2015. Estado del Arte sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. REDGATRO-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, DF. p. 272.

- Guarneros, AR. 2012. Suplementación predestete de ganado bovino. Folleto Técnico No. MX-0-310406-06-03-14-09-26. Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tam, MX. p. 28.
- Gutiérrez, LR. 2013. Descripción y problemática de los tipos de vegetación nativa en los sistemas de producción de rumiantes menores de las zonas áridas y semiáridas en México. In Iñiguez, RL. (Editor). La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica. Embrapa, Brasília, DF. p. 564.
- Herrera, FC. 2012. Caracterización de los sistemas de producción campesina de los pequeños rumiantes bajo el enfoque sistémico (en línea). Revisión Bibliográfica. Consultado 7 may. 2016. Disponible en <https://www.engormix.com/ovinos/articulos/caracterizacion-sistemas-produccion-campesina-t29359.htm>
- Herrera-Haro, JG. s/f. Sistema de producción de leche en granjas bovinas familiares. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ficha Técnica 7.
- Jiménez-Badillo, MR; Braña-Varela, D; Partida-de la Peña, JA; Alfaro-Rodríguez, RH; Soto-Simental, S; Torres-Cardona, MG. 2013. Evaluación de la calidad en la canal caprina. CENID-Fisiología Animal-INIFAP Km 1 Carretera Ajuchitlán-Colón, Querétaro, Qro., MX. p. 103.
- Klee, GG. 2004. Producción práctica de carne bovina sistema vaca-ternero y recría engorda de novillos, Provincia de Arauco Región del Bío Bío, Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín No. 117. p. 128.
- Klee, GG; Ovalle, CM; Canobbi, JCV. 2003. Recría de terneros a base de pastoreo de tagasaste (*Chamaecytisus prolierus* ssp. palmensis) suplementados con avena grano en la provincia de Arauco, Chile. Agricultura Técnica 63(1):23-29.
- Lastra, IJM; Suárez, VF; Tewolde, MA; Núñez, DR; Castro, GH; García, BCM; Rodríguez, AF; Sosa, FC; Segura, CJC; Alonso, MR; Suárez, CME; Martínez, GJC; Duarte, OA; Albarrán, DM; Hernández, AP; Aquino, FN; Acosta, RR; Enciso, SA. 1998. Programa Nacional de

- los Recursos Genéticos Pecuarios. SAGAR, México, DF. p. 92.
- Livas, CF. 2015. Alimentación y manejo del ganado bovino de engorda bajo condiciones de estabulación en México. *Entorno Ganadero* 73:75-82.
- López, PE; Pro, MA; Cuca, GJM; Pérez, HP. 2015. Ganadería de traspatio en México y seguridad alimentaria situación actual y perspectivas. *AgroEntorno* 13:38-40.
- Lucero, MH; Briones, EF; Lucero, MFA; Hernández, MJ; Castillo, RSP; Martínez, GJC. 2011. Estrategias para incrementar la producción de carne de ovinos de pelo en la Huasteca Potosina, México. *Zootecnia Tropical* 29(3):255-260.
- Lyra, MA; Fernandes, APM; Farias, I; Da Silva, VM. 1987. Utilizacao do pasto nativo e cultivado em recria e engorda de bovinos no semi-arido de Pernambuco. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 16(3):267-274.
- Macedo, R; Castellanos, Y. 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria* 3(1):1-9.
- Magaña-Monforte, JG; Ríos-Arjona, G; Martínez-González, JC. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14(3):105-114.
- Martínez, GJC. 2003. Evaluación de la Alianza para el Campo 2002. *In* Informe de Evaluación Estatal: Fomento Ganadero Tamaulipas. Gobierno del Estado de Tamaulipas-SAGAR. Septiembre 2003. Cd. Victoria, Tamaulipas, MX. p. 77.
- Martínez, GJC; Cienfuegos, REG; Castillo, RSP. 2008. Perspectivas de la producción caprina en la Zona Centro de Tamaulipas. *Memorias. Vinculación con el Sector Ganadero: Día de Campo, Resultados de Proyectos de Investigación en la UAMAC. Cuerpo Académico Consolidado: Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. Ciudad Victoria, Tamaulipas, MX. S/P. CD.*
- Martínez, GJC; Parra, BGM. 2008. Mejoramiento genético del ganado Brahman en México (en línea).

- TURevista Digi.U@T Febrero 2008. Vol. 2 Núm. 4. Consultado 7 may. 2014. Disponible en <http://www.turevista.uat.edu.mx/Volumen%202%20Numero%204/2-4%20mej-rya.htm>
- Martínez-González, JC; Duarte, OA; Tewolde, MA. 2000. Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, AC. Plan de Acción 2000. Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, AC. México. p. 127.
- Nájera-Garduño, AL; Piedra-Matias, R; Albarrán-Portillo, B; García-Martínez, A. 2016. Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del Estado de México. *Agrociencia* 50(6):701-710.
- Núñez, HG; Díaz, AE; Espinosa, GJA; Ortega, RL; Hernández, AL; Vera, ÁH; Román, PH; Medina, CM; Ruiz, LF. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema intensivo. Libro Técnico No. 23. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, MX. p. 373.
- Palma, GJM. 2014. Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18(Supl. 1):53-62.
- Pérez-Hernández, P. s/f. Caracterización del sistema producto ovino en el Estado de Veracruz. Primera Edición. Fundación PRODUCE del Estado de Veracruz y Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Veracruz, Ver., MX. p. 53.
- PGNB (Padrón Ganadero Nacional de Bovinos, MX). 2016. Padrón Ganadero Nacional de Bovinos (en línea). Consultado 7 may. 2016. Disponible en http://www.pgn.org.mx/_documents/EstadisticaPGNBovinos.pdf.
- Pordomingo, AJ; Kent, F; Pordomingo, AB; Volpi, GL; Alende, M. 2010. Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente. *Revista Argentina de Producción Animal* 30(2):131-141.
- Posadas-Domínguez, RR; Arriaga-Jordán, CM; Martínez-Castañeda, FE. 2014. Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical Animal Health Production* 46(1):235-240.
- Rojo-Rubio, R; Vázquez-Armijo, JF; Pérez-Hernández, P; Mendoza-Martínez,

- GD; Zalem, AZM; Albarrán-Portillo, B; González-Reyna, A; Hernández-Martínez, J; Rebollar-Rebollar, S; Cardoso-Jiménez, D; Dorantes-Coronado, EJ; Gutiérrez-Cedillo, JG. 2009. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 41:715-721.
- Román-Ponce, H. 1981. Potencial de producción de los bovinos en el trópico. *Ciencia Veterinaria* 3:393-431.
- Rubio, LMS; Braña, DV; Méndez, RDM; Delgado, ES. 2013. *Sistemas de Producción y Calidad de carne Bovina*. SAGARPA-CONACYT. Folleto Técnico No. 28. Ajuchitlán, Colón, Querétaro, MX. p. 28.
- Ruiz, FA. 2004. Impacto del TLCAN en la cadena de valor de bovinos para carne (en línea). Consultado 7 may. 2016. Disponible en <http://www.economia.gob.mx>
- Salinas-González, H; Echavarría-Chaires, F; Flores-Nájera, MJ; Flores-Ortiz, MA; Gutiérrez-Luna, R; Rumayor-Rodríguez, AF. s/f. 2 Tecnología en sistemas de producción caprinos en el semi desierto de Zacatecas (en línea). Consultado 7 may. 2016. Disponible en www.inifap-nortecentro.gob.mx/files/biblioteca/sist_prod_caprinos1.pdf
- Saravia, A. 1985. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. In *La Teoría General de Sistemas y su Aplicación*. IICA, San José, CR. p. 35-52.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, MX). 2017. Población ganadera (en línea). Consultado 7 may. 2016. Disponible en <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166002/Resumen.pdf>
- Skaggs, R; Acuña, R; Torrell, L; Southard, L. 2004. Live cattle exports from Mexico into the United States: Where do the cattle come from and where do they go? *Choices*, 1st Quarter. pp. 25-30.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional, MX). 2016. Climas de México (en línea). Consultado 7 may. 2016. Disponible en http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80
- Tewolde, A; Martínez, GJC; Gutiérrez, OE; Magaña, MJ. 2002. Utilización estratégica de los recursos genéticos para la intensificación de

- los sistemas de producción bovina de doble propósito. Memorias. *In* IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM-FMVZ-División de Educación Continua-Departamento de Reproducción. México, DF. p. 121-134.
- Vargas, CRY; Corro, MMD. 2014. Caracterización del manejo en sistemas de producción bovina de doble propósito en el Municipio de Vega de Alatorre, Veracruz. *Entorno Ganadero* 63:68-72.
- Vega, PCA; Grajales, HAL; Afanador, GT. 2014. Prácticas ganaderas en sistemas de producción en ovinos y caprinos: desafíos para el mejoramiento de la competitividad del sector en Colombia. *Revista de Ciencia Animal* 8(1):41-65.
- Villa-Méndez, CI; Tena, MJ; Tzintzun, R; Val, D. 2008. Caracterización de los sistemas ganaderos en dos comunidades del municipio de Tuzantla de la región de Tierra Caliente, Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12(2):45-57.
- Villegas-Durán, G; Bolaños-Medina, A; Olguín-Prado, L. 2001. La ganadería en México. Primera Edición. Plaza y Valdés. México, DF. p. 160.
- Wadsworth, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal (en línea). Tomo 1: Las bases conceptuales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, IT. p. 80. Consultado 7 may. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/004/W7451S/W7451S00.HTM>

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

La revista se distribuye a un costo de 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.

La publicación de artículos es 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 incorporan 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 distribución y canje debe dirigirse a:
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)
Tel. (507) 976-1265/1168 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. 2017. Derechos Reservados

ACCESO LIBRE A LA REVISTA EN INTERNET
Texto completo
<http://www.idiap.gob.pa>
<http://www.abcpanama.org.pa/recursos-nacionales/>

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

