

Índice

Dinámica del mercado internacional para la naranja colombiana	5
<i>Francisco Javier Arias Vargas y Ernesto Suárez Holguín</i>	
Bioensayos para potenciar extractos vegetales y controlar insectos-plagas del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	17
<i>Hebert Edison Vera Delgado, Cristian Gonzalo Vera Baque, Ítalo Pedro Bello Moreira, Juan Carlos Tipán Alcívar, Gregorio Evaristo Mendoza García y Mariana Del Carmen Avellan Chancay</i>	
Puntos críticos para la acreditación de ensayos en laboratorios de sanidad forestal	33
<i>Teresa Gally, M. Victoria Giachino y Elena Craig</i>	
La incidencia de las prácticas ganaderas en la productividad de los rebaños de cría en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana	43
<i>Diocles Guillermo Benítez Jiménez, Julio César Vargas Burgos, Verena Torres Cárdenas y Sandra Soria Re</i>	
<i>Tithonia diversifolia</i> : I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva	63
<i>Tomás E. Ruiz, Jatnel Alonso, Gustavo J. Febles, Juana L. Galindo, Lourdes L. Savón, Bertha B. Chongo, Verena Torres, Yuley Martínez, Oreste La O, Delfín Gutiérrez, Gustavo J. Crespo, Delia M. Cino, Idania Scull y Justo González</i>	
<i>Indicaciones para los autores</i>	83

Index

Dynamic for the international market of Colombian oranges	5
<i>Francisco Javier Arias Vargas y Ernesto Suárez Holguín</i>	
Bioassays to promote plants extracts and to control tomato pest insect (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill)	17
<i>Hebert Edison Vera Delgado, Cristian Gonzalo Vera Baque, Ítalo Pedro Bello Moreira, Juan Carlos Tipán Alcívar, Gregorio Evaristo Mendoza García y Mariana del Carmen Avellan Chancay</i>	
Critical points for the accreditation of testing laboratories forest health	33
<i>Teresa Gally, M. Victoria Giachino y Elena Craig</i>	
Incidence of livestock practices on the productivity of breeding herds in the Pastaza province of the Ecuadorian Amazon	43
<i>Diocles Guillermo Benítez Jiménez, Julio César Vargas Burgos, Verena Torres Cárdenas y Sandra Soria Re</i>	
<i>Tithonia diversifolia</i> : I. Integral study of different materials for their potential biomass production and nutritional quality	63
<i>Tomás E. Ruiz, Jatnel Alonso, Gustavo J. Febles, Juana L. Galindo, Lourdes L. Savón, Bertha B. Chongo, Verena Torres, Yuley Martínez, Oreste La O, Delfín Gutiérrez, Gustavo J. Crespo, Delia M. Cino, Idania Scull y Justo González</i>	
<i>Instructions for authors</i>	91

Dinámica del mercado internacional para la naranja colombiana[□]

Dynamic for the international market of Colombian oranges

Francisco Javier Arias Vargas^{1*} y Ernesto Suárez Holguín²

¹Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias
Grupo DELTA de la Corporación Universitaria Lasallista en Colombia
Red Internacional de Investigación en Gestión
del Conocimiento Empresarial (RED GCE)
Cra 51 No 118 sur 57 Caldas, Antioquia, Colombia.

²Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias
Grupo DELTA de la Corporación Universitaria Lasallista en Colombia
Cra 51 No 118 sur 57 Caldas, Antioquia, Colombia.
ersuarez@lasallistadocentes.edu.co

*Correspondencia: delta@lasallista.edu.co

■ESTUDIO DE REVISIÓN

Resumen

El presente trabajo consistió en analizar la dinámica del mercado nacional e internacional para la naranja colombiana, enfocándose en aspectos claves, como: producción, precio, importaciones y exportaciones, durante el periodo 2010-2015. Fueron utilizadas múltiples bases de datos y la recopilación de informes aplicables a la cadena de cítricos para generar información de comercio exterior —basados en la posición arancelaria 08.05.10.00.00— establecida en el decreto 4,589 (de 2006), del Ministerio de Comercio Industria y Turismo de Colombia. La producción mundial de naranja se situó en 47.90 millones de toneladas para el año 2015, con un precio de referencia de 0.80 USD/Kg a nivel internacional; en este sentido, Colombia se considera un actor marginal en la producción mundial, cuyo precio nacional alcanza 0.35 USD/Kg; y donde las exportaciones vienen evolucionando positivamente hacia Ecuador y algunas islas del Caribe. Sin embargo, las barreras fitosanitarias pueden estancar, en parte,

Abstract

This paper analyzes the behavior of national and international markets for Colombian orange, in key areas such as production, prices, imports and exports during 2010-2015. Multiple databases and data collection of applicable reports of the citrus chain were used; obtained from primary and secondary sources (government agencies at national and international level); then foreign trade reports were generated by the tariff position 08.05.10.00.00 established in Decree 4589 (2006) from Ministry of Commerce, Industry and Tourism of Colombia. World production stood at 47.90 million tons by 2015, with a reference price of 0.80 USD/Kg internationally, in this regard Colombia is considered a marginal player in world production whose national price reaches 0.35 USD/kg and where exports are evolving positively towards Ecuador and some Caribbean islands; however phytosanitary barriers will hinder foreign trade. The Country presents advances in the production and marketing of this fruit, however there

la dinámica comercial de la naranja colombiana. El país presenta avances en la producción y comercialización de este frutal; aunque sigue teniendo un peso mínimo como productor de cítricos en fresco a nivel mundial; a nivel de agroindustria se presentan mejoras, aunque pequeñas con relación al contexto continental.

Palabras clave

Importación, exportación, cítricos, Colombia.

is work to be done to be a player who begins to appear on the international stage.

Keywords

Import, export, citrus, Colombia.

Introducción

Las naranjas pertenecen a la familia Rutaceae del género *Citrus*; existen dos grandes grupos: el primero —por la relevancia de su volumen de producción en Colombia— es el *Citrus siniensis*, que se caracteriza por ser dulce; mientras que el amargo se asocia al *Citrus aurantium* (ICA, 2012; Amortegui-Ferro, 2001).

En Colombia, los cítricos participan con el 18.10% de la producción total de frutales y un volumen de 1'185,842 toneladas (DANE, 2015). La naranja es el cítrico más importante, con una proporción estimada de 550,000 toneladas; sin embargo, la presencia en el escenario internacional es limitada, debido a varios factores: el volumen del producto, calidad, variedad y oferta constante para abastecer los mercados; lo cual contrasta con países productores vecinos que ven a Colombia como un destino de sus exportaciones (Aguilar *et al.*, 2012).

Si bien se han realizado avances en la exportación de jugo de naranja congelado, logrando, en 2015, un aumento del 75.30% del volumen reportado en 2014 (83.50 toneladas), aún es difícil desarrollar el procesamiento industrial, debido a la poca disponibilidad de materia prima estandarizada que se debe suplir con importaciones (Aguilar *et al.*, 2012). Además, para la comercialización de fruta fresca con destino a la exportación, se bajan los aranceles gracias a los acuerdos comerciales firmados; no obstante, persisten y (en algunos casos), se aumentan las barreras técnicas y fitosanitarias, lo que genera trabas en la dinámica de comercio exterior para la naranja colombiana (Sarria-Ramírez, 2016; La Hora, 2016).

A nivel internacional, el consumo de cítricos procesados en los países industrializados está cediendo y los consumidores están prefiriendo productos en fresco, con buenas condiciones de calidad, sabor y sin azúcar añadida; mientras que en los países en vías de desarrollo que mejoran su ingreso per cápita, existe una tendencia a comprar más productos procesados (Gao *et al.*, 2011); lo cual mejora las perspectivas del mercado de la naranja sin procesar en diferentes países, pero que requieren de una poscosecha adecuada y parámetros altos de calidad para poder acceder a ellos (Scuderi y Zarba, 2011).

Se considera que uno de los principales obstáculos para la toma de decisiones en el sector agropecuario es la falta de información actualizada que permita mejorar las posi-

bilidades de analizar y competir en los mercados (Arias, 2014); por ello se desarrolló el presente trabajo, como un instrumento para subsanar esta brecha en lo referente al conocimiento de la dinámica nacional e internacional del comercio mundial para la naranja colombiana.

La realización de la investigación inició con la recopilación de datos de comercio de naranja a nivel nacional e internacional (Arias Vargas y Rendón Sierra, 2014), extraídos de diferentes fuentes (Agrocadenas, Siembra, Citricauca, Asohofrucol, Agronet, Analdex, Corpoica; Ministerio de Agricultura) y bases de datos (Bacex, Sipsa, Faostat, USDA, Tradenosis, Trademap, Dane, Legiscomex, Badecel, Colombiatrade y Globe Economic Complexity de la Universidad de Harvard); los cuales fueron depurados mediante el parámetro de búsqueda 08.05.10.00.00, correspondiente a la sub-partida arancelaria de la naranja; categorizada, a su vez, en el marco de la Organización Mundial del Comercio y el decreto 4,589 (de 2006), del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia.

Los datos anteriores se complementaron con informes de coyuntura de la cadena productiva y entrevistas a participantes de la cadena productora de cítricos en Colombia, con el propósito de conocer el panorama del sector y contrastar los datos recolectados con los obtenidos inicialmente de fuentes secundarias. No se encuentran estos resultados en el documento, o falta hacerlos explícitos.

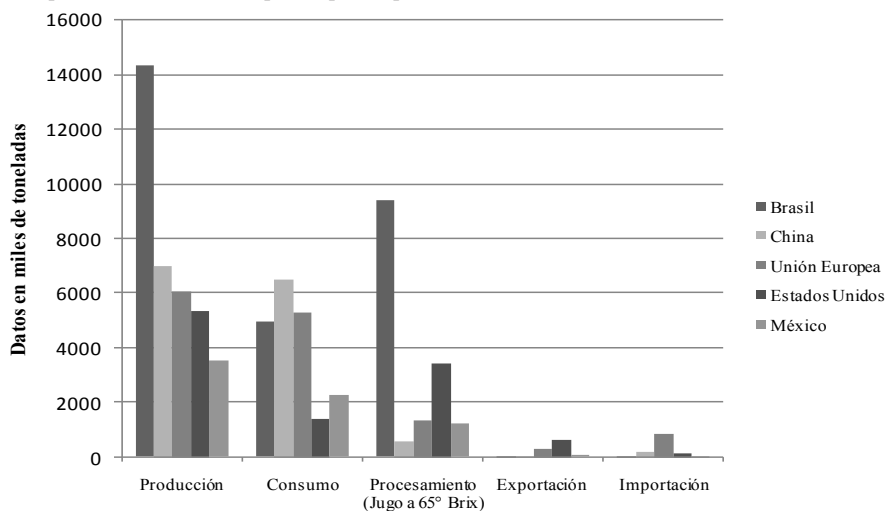
El tratamiento de los datos y la generación de las gráficas para desarrollar el análisis se realizó mediante el uso del paquete estadístico Statgraphics Centurion 15.2, licenciado para la Corporación Universitaria Lasallista y Hojas de Cálculo en *Excel*®.

Dinámica del mercado internacional de naranja

La producción mundial de naranja presentó una reducción de 740,000 toneladas, en 2015, debido a disminuciones en el rendimiento en EU, por el enverdecimiento de cítricos y menores rendimientos en Florida, y la merma de la producción en México y Brasil, ocasionados por las sequías (USDA, 2016; Dansa, 2015). Se alcanzó una cifra de 47.90 millones de toneladas métricas (figura 1); donde, el 72.10% de la participación mundial se distribuyó en Brasil, China, Unión Europea, Estados Unidos y México; así, resulta destacable el caso de Brasil, que logró una cifra de 16.70 millones de toneladas; de las cuales, 5.50 millones fueron destinadas al consumo interno; al procesamiento, 11.10 millones (concentrado a 65 grados brix) y 20 mil toneladas, para exportación en fresco (USDA, 2016). Con ello se evidencia el alto grado de transformación y el consecuente valor agregado que se obtiene en este país (Coltro *et al.*, 2009).

Figura 1

Comportamiento de los principales productores de cítricos a nivel mundial en 2015.



Fuente: Citrus. World Market and Trade (2016). Cálculos propios (2016).

Las importaciones mundiales de naranja (figura 2), alcanzaron 3.70 millones de toneladas para el año 2015; donde la Unión Europea concentró el 21.30% de las importaciones, seguida de Arabia Saudita (14.60%), Rusia (11.70%), Hong Kong (6.90%), Emiratos Árabes (5.70%) y China (5.30%); los cuales, en su conjunto, representaron el 65.90% de la participación; ello significa que son los principales destinos para este cítrico en fresco y con pocas variaciones en el periodo 2010-2015 (USDA, 2016).

Figura 2

Comportamiento mundial de las importaciones de naranja por país.

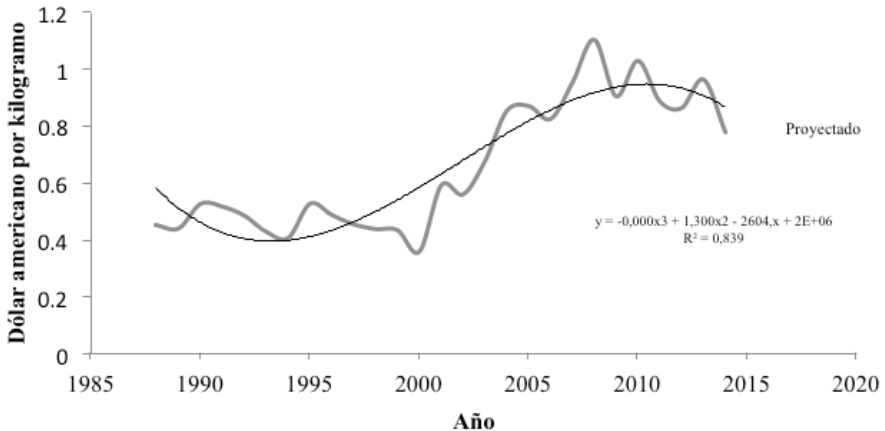


Fuente: Trademap (2015).

Las exportaciones de naranja en fresco aumentaron levemente, en 1.90%, respecto de 2014, pues alcanzó una cifra de 4.10 millones de toneladas para 2015; Egipto y Sudáfrica se erigieron como los líderes respecto de la participación mundial, con el 58.80%, los cuales orientan su producción principalmente a Rusia, Arabia Saudita, Emiratos Árabes y Países Bajos (USDA, 2016; CCI,¹ 2016).

Los precios internacionales —en términos nominales— presentan una tendencia estable, situada en un rango de 0.78 a 0.80 USD/Kg para el periodo 2014-2015 (figura 3); sin embargo, existen coyunturas donde se llega a niveles de 1.20 USD/Kg en los meses de junio y agosto de 2013; aunque la tendencia muestra una estabilización en el rango de entre los 0.76 a 0.78 USD/Kg para el periodo 2016 a 2018, si no ocurren cambios notables en la demanda internacional o problemas en la oferta por menores rendimientos que puedan generar una aumento del precio (World Bank, 2016).

Figura 3
Precio en términos nominales de naranja a nivel internacional.



Fuente: Global Economic Monitor (GEM), World Bank. Cálculos propios (2016).

En lo concerniente a la distribución del consumo doméstico, China, Brasil, la Unión Europea y México representaron el 68.49% del total mundial; mientras que los líderes en procesamiento destinado a jugo de naranja, fueron: Brasil, que participó con el 59.40%, EU (16.40%) y la Unión Europea (7.10%); lo cual representó el 82.90%, respecto de los demás países, para 2015 (USDA, 2016).

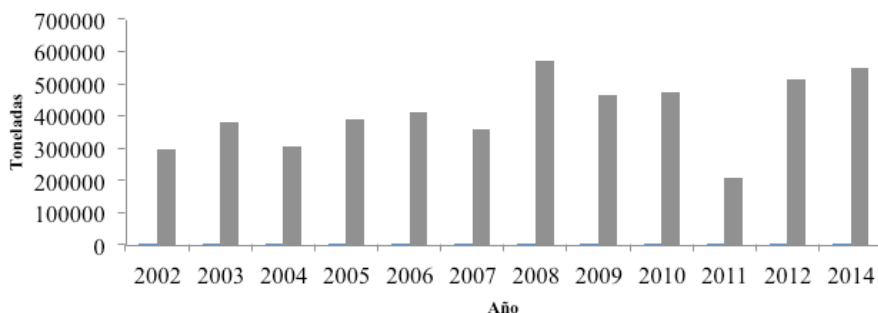
¹ CCI son las siglas correspondientes al Centro de Comercio Internacional, y en ningún momento se deberá confundir con la Corporación Colombia Internacional, que también usa dicha sigla.

Dinámica del mercado nacional de naranja

La naranja es el cítrico de mayor producción en Colombia y viene ganando participación, ya que en 2010 constituía el 49.70% del total de cítricos (Aguilar *et al.*, 2012); mientras que dos años después, alcanzó la cifra de 514,941 toneladas frente a una producción total de cítricos, de 749,536 (ENA, 2012). Al respecto, el tercer censo nacional agropecuario realizado en Colombia reportó una producción de 1'185,842 de cítricos (DANE, 2015); estimándose un valor aproximado de 550,000 toneladas de naranja producidas para 2014-2015.

A pesar de los altibajos presentados en los volúmenes reportados por fuentes oficiales, se puede apreciar una tendencia positiva en el crecimiento de las toneladas de naranja producidas por año (figura 4), influenciadas por mejores rendimientos y destinación de áreas que antes se dedicaban a otras vocaciones productivas (Ramírez *et al.*, 2014).

Figura 4
Producción de naranja en Colombia (tonelada/año).



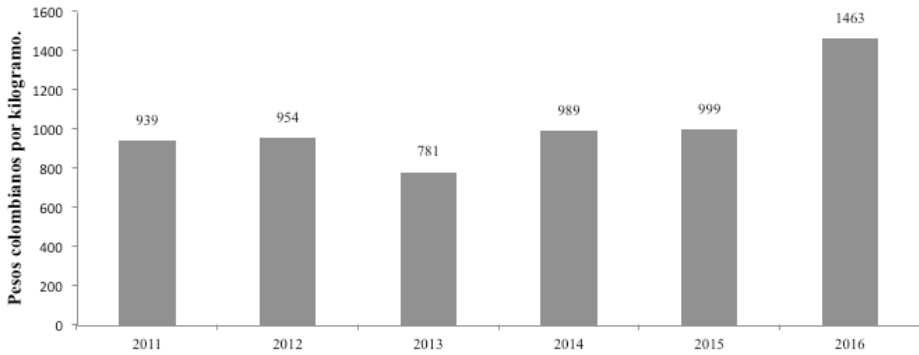
Fuente: ENA (2014), DANE (2015).

El precio de la naranja se mantiene estable (figura 5) y cercano a los 1,000 pesos por kilogramo (0.36 USD/Kg)² entre el periodo 2011-2014; sin embargo, los problemas asociados al cambio climático, ocurrido en 2016, presionan al alza la cotización de la naranja; la cual llega a 1,463 COP/Kg (0.45 USD/Kg)³ durante el primer trimestre del año.

² Cálculo realizado con una TRM promedio para 2015, de 2,743.39 COP/USD (Fuente: Banco de la República).

³ Cálculo realizado con una TRM promedio para el primer trimestre de 2016, de 3,249.04 COP/USD (Fuente: Banco de la República).

Figura 5
 Histórico de la cotización del precio de naranja por año
 (en pesos colombianos).



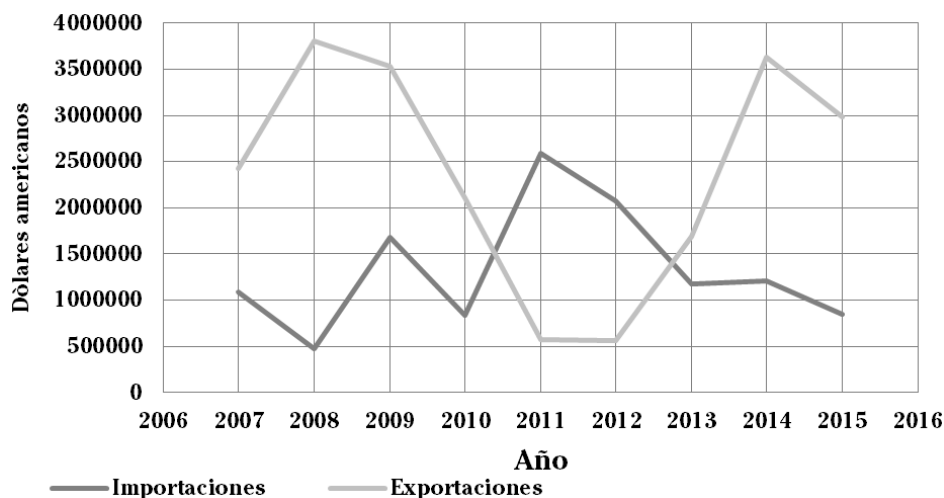
Fuente: CORABASTOS (2016); SIPSA (2016).

Con ello, se tiene en cuenta que el precio oscila entre 0.36-0.45 USD/Kg; aunque el último valor es coyuntural del periodo enero-marzo de 2016. Se hace notar que el precio en plaza de mercado es más bajo respecto de la cotización internacional, de 0.80 USD/Kg, para 2015; lo cual debe motivar el análisis de los productores en busca de mercados en otros países.

Las importaciones de naranja hacia Colombia presentan una evolución ascendente (figura 6) hasta 2011, logrando el pico más alto cuando ingresaron 17,408 toneladas, por un monto FOB⁴ de 2'586,948 USD (Bacex, 2016); debido, en parte, a la menor producción reportada para este año —procedente de Venezuela y Ecuador— que usualmente presentan una menor calidad respecto a las provenientes de Perú, Estados Unidos y España (Aguilar *et al.*, 2012).

⁴ FOB significa *free on board*; es un término de negociación internacional establecido por la Cámara de Comercio Internacional, en la cual el vendedor entrega la mercancía a bordo del buque designado por el comprador.

Figura 6
Comparativo de importaciones y exportaciones acumuladas
de naranja en Colombia (2007-2015).



Fuente: BACEX (2016). Datos en dólares americanos (USD).

Durante 2015 se realizaron 47 registros de operación, efectuados por nueve compañías, que trajeron al país 832,679 kilogramos de naranja por un valor de 850,192 dólares (FOB); las cuales provienen, especialmente, de España, Chile y Perú (cuadro 1), mismas que son orientadas a tiendas de superficie y cadenas de supermercados, sobre todo.

Cuadro 1
Comportamiento de las importaciones de naranja en Colombia (2015).

País	Valor FOB	Kilogramos	Precio FOB (USD/Kg)	% Participación (volumen)
Brasil	11,329	1,500	7.55	1.4
Chile	269,956	266,528	1.01	32.3
España	327,434	338,396	0.97	39.2
EU	72,357	81,174	0.89	8.7
Francia	15,223	560	27.18	1.8
Perú	139,769	144,522	0.97	16.7

Fuente: BACEX (2016). Cálculos propios (2016).

Los altos precios de ingreso de Brasil (7.55 USD/Kg) y Francia (27.18 USD/Kg) fueron reportados por dos compañías dedicadas al sector de ingredientes para la industria de alimentos (DUAS ROAS y Química Aromática Andina); mientras que los demás valores estuvieron más acordes con la dinámica de la cotización internacional de la naranja, de 0.80 USD/Kg (BACEX, 2016; World Bank, 2016).

Las exportaciones de naranja (cuadro 2) han estado aumentando, en virtud del interés de los productores por explorar mercados en otros países (como Ecuador, Guadalupe, EU y Martinica); buscan mejorar el nivel del precio y perspectiva de ganancia que se consigue normalmente en Colombia, debido a las dificultades de la comercialización por los altos niveles de intermediación.

Cuadro 2
Exportaciones de naranja colombiana en 2015.

<i>País</i>	<i>Cantidad exportada (Kg)</i>	<i>Precio FOB (USD)</i>	<i>Precio (USD/Kg)</i>	<i>Participación por volumen (%)</i>	<i>Participación por precio (%)</i>
Curazao	3,608	2,646.08	0.73	0.033	0.105
Ecuador	9'605,580	1'693,944.47	0.18	87.739	67.520
EU	5,913	19,601.22	3.31	0.054	0.781
Guadalupe	641,040	381,506.00	0.60	5.855	15.207
Guatemala	9,798	10,066.36	1.03	0.089	0.401
Guyana Francesa	135,000	80,550.00	0.60	1.233	3.211
Martinica	546,968	320,495.00	0.59	4.996	12.775

Fuente: Bacex (2016). Cálculos propios (2016).

A nivel internacional, el precio de la naranja presenta una tendencia a estabilizarse durante el periodo 2013-2015 en el rango de 0.78 a 0.80 USD/Kg (World Bank, 2016), en el que el consumidor está prefiriendo cada vez más la fruta en fresco, debido a la tendencia de los consumidores por comer sano y con menos azúcar; aunque parámetros como la calidad, apariencia, sabor y frescura son los que determinan su éxito comercial (Ramírez *et al.*, 2014).

Colombia avanza en el proceso de mejoramiento de la cadena productiva de cítricos (Aguilar *et al.*, 2012); en este sentido, es prioritario desarrollar un *clúster* y complejos agroindustriales que permitan tener una oferta exportadora en fresco y procesados para aprovechar las oportunidades, a nivel internacional, que presenta mejores precios (0.80 USD/Kg) frente a lo que se consigue en una plaza de abastos en Colombia (0.36 USD/Kg).

Si bien Ecuador es el principal destino de las exportaciones de naranja colombiana, existen restricciones fitosanitarias y bloqueos al comercio por parte de dicho país, que dificultarían el comercio (La Hora, 2016); por lo cual las posibilidades de incrementar las exportaciones están puestas en los países del Caribe que tienen, como característica común, la importación de la mayoría de productos que consumen y donde la naranja puede tener un nicho de mercado por explorar.

Los productores colombianos deben mejorar su calidad mediante trabajos en tecnología de cultivo para mejorar rendimientos y en poscosecha, para ofertar naranja de mejor calidad, reducir las pérdidas y generar una evolución positiva y creciente de la balanza comercial.

Conclusiones

La mayoría de la comercialización internacional de naranja procedente de Colombia se realiza en fresco, por lo cual se debe avanzar en el mejoramiento de la calidad y el valor agregado de los productos procesados, para superar las diferentes barreras técnicas y fitosanitarias; lo que permitiría diversificar la oferta exportadora y facilitar el acceso de los productores nacionales en el escenario internacional.

Agradecimientos

Los autores agradecen la participación de la profesora Susan Yissel Saavedra Porras y del estudiante Daniel Fernando Giraldo Porras, del programa de Administración de Empresas Agropecuarias de la Corporación Universitaria Lasallista, por el apoyo en la consulta y aporte de datos para el presente trabajo.

Artículo derivado de la investigación “Estudio de inteligencia de mercados para la cadena de cítricos”; financiado con recursos de la X Convocatoria de baja cuantía a cargo del Fondo para el Desarrollo de la Investigación de la Corporación Universitaria Lasallista.

Literatura citada

- Agronet. (2016). *Estadísticas del sector agropecuario colombiano*. <http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx> (Consultado el 25 de febrero de 2016).
- Aguilar, P.; Escobar, M. y Passaro, C. (2012). Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas. En: Passaro, C. *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Editorial Lasallista. Colombia: Caldas. pp. 7-47.
- Amortegui-Ferro, I. (2001). *El cultivo de los cítricos. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural*. El poira impresiones y editores, S.A. Colombia: Ibagué. 35 pp.
- Arias, F. (2014). *Agromarketing: una mirada al mercadeo en el sector agropecuario*. Editorial Lasallista. Colombia: Caldas. 127 pp.
- Arias Vargas, F.J. y Rendón Sierra, S. (2014). Inteligencia de mercados para la cadena de lulo (*Solanum quitoense*). *Journal of Agriculture and Animal Sciences* 3 (2): 38-47.
- Baldwin, K. L. y Jones, K. G. (2013). US citrus import demand: seasonality and substitution. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 25(1): 24-41.
- BACEX. (2016). *Banco de datos de comercio exterior. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia*. <http://bacex.mincit.gov.co> (Consultado el 15 de marzo de 2016).
- CCI. (2016). *Trademap*. <http://www.trademap.org> (Consultado el 12 de abril de 2016).
- Coltro, L.; Mourad, A. L.; Kletecke, R. M. y Mendonça, T. A. (2009). Assessing the environmental profile of orange production in Brazil. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14 (7): 656-664.
- CORABASTOS. (2016). *Precio promedio anual por producto*. http://www.corabastos.com.co/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=471&Itemid=290 (Consultado el 15 de abril de 2016).
- DANE. (2015). *Boletín 10 Censo Nacional Agropecuario*. CNA. Colombia: Bogotá. 43 pp.
- Dansa, A. (2015). *Perfil de cítricos dulces*. Dirección de Mercados Agrícolas. Argentina: Buenos Aires. 8 pp.
- Gao, Z.; House, L. O.; Gmitter, F.; Valim, M. F.; Plotto, A. y Baldwin, E. (2011). Consumer preferences for fresh citrus: Impacts of demographic and behavioral characteristics. *International Food and Agribusiness Management Review* 14 (1): 23-40.
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cítricos (Citrus): Medidas para la temporada invernal*. Produmedios. Colombia: Bogotá. 27 pp.

- La Hora. (2016). *Ecuador: por plaga se prohíbe ingreso de naranja y limón de Colombia*, <http://bit.ly/1TkSXLo> (Consultado el 01 de febrero de 2016).
- Ramírez, J.; Ordoñez, P.; Narváez, E.; Pinzón, S.; Martínez, M.; Murcia, N. y Salazar, S. (2014). *Principales características y tendencias del mercado de cítricos en Colombia*. Corpoica. Palmira, Colombia. 204 pp.
- Molina, N. A. y Baronio, A. M. (2015). *Volatilidad cambiaria y competitividad de las exportaciones de naranja fresca: el caso de Argentina y Sudáfrica en el mercado de la Unión Europea en el periodo 1995-2014*. Congreso Argentino de Citricultura. Bella Vista, Corrientes. Argentina.
- Sarria-Ramírez, P. A. (2016). *Análisis de las implicaciones de las normas internacionales fitosanitarias relacionadas con las exportaciones de productos hortofrutícolas colombianos a Suiza*. Tesis de licenciatura. Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.
- Scuderi, A. y Sturiali, L. (2014). The relationship between product and consumer preference for agri-food product: "Red orange of Sicily" case. *IERIProcedia*8: 52-59.
- Scuderi, A. y Zarba, A. (2011). Economic analysis citrus fruit. *Italian Journal of Food Science* 23:34-37.
- SIPSA. (2016). *Sistema de información de precios al sector agropecuario*, <http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa> (Consultado el 15 de marzo de 2016).
- USDA. (2016). *Citrus: World Market and Trade*. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf> (Consultado el 24 de marzo de 2016).
- World Bank. (2016). *Global Economic Monitor (GEM)*. [http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=global-economic-monitor-\(gem\)-commodities#](http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=global-economic-monitor-(gem)-commodities#) (Consultado el 13 de abril de 2016).

Recepción: 03 de mayo de 2016
Envío arbitraje: 26 de mayo de 2016
Dictamen: 17 de octubre de 2016
Aceptado: 13 de diciembre de 2016



Título: *Cabalgando por la vida*
Autor: Marisol Herrera Sosa

Bioensayos para potenciar extractos vegetales y controlar insectos-plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)

Bioassays to promote plants extracts
and to control tomato pest insect (*Lycopersicon esculentum* Mill)

**Hebert Edison Vera Delgado, Cristian Gonzalo Vera Baque,
Ítalo Pedro Bello Moreira,*¹ Juan Carlos Tipán Alcívar,
Gregorio Evaristo Mendoza García
y Mariana Del Carmen Avellan Chancay**

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Facultad de Ciencias Agropecuarias
San Mateo, Km 1/5, Manta-Ecuador

*Correspondencia: b.moreira112681@gmail.com; italop.bello@uleam.edu.ec
¹SENESCYT. REGINV-16-01697

Resumen

Las plantas con propiedades bioplaguicidas son alternativas de uso a los agroquímicos convencionales, por sus efectos detrimentales diversos. Para este estudio, fueron sembradas plantas nativas; para extracción de ingredientes activos, se utilizaron semillas maduras, mediante el método de maceración con el solvente hidroalcohol etílico (50% + 50%) en ambiente anaeróbico (galón de vidrio oscuro) durante 72 horas. Para la mejora, se agregaron 30 gotas (por litro), de otros compuestos vegetales —reportados como sinérgicos— al aceite de ajonjolí (*Sesamum indicum*), emulsificante a lecitina de soya (Glicine max), conservante de frutos de marañón (*Anacardium occidentale*), y como adherente al piñón (*Jatropha curcas*). Los resultados de los bioensayos sobre larvas del segundo instar de *Spodoptera sunia*, mostraron mortalidades (Abbott) superiores, con un rango de 30 a 40% en comparación con los extractos no mejorados; además, la fecha de caducidad de los extractos

Abstract

Plants with biopesticidal properties are alternatives of use to conventional agrochemicals due to their diverse detrimental effects. For this study, native plants were planted as the beginning of the research, where for the extraction of active ingredients, mature seeds were used, using the maceration method with the solvent hydro-ethyl alcohol (50% + 50%) in anaerobic environment Dark glass) for 72 hours. For the improvement was added per liter, 30 drops of other vegetable compounds reported as synergistic to sesame oil (*Sesamum indicum*), emulsifier to soy lecithin (Glicine max), preservative cashew nuts (*Anacardium occidentale*), and as adherent To the pinion (*Jatropha curcas*). The results of the bioassays on larvae of the second instar of *Spodoptera sunia* showed higher (Abbott) mortalities between a range of 30 to 40% compared to the unimproved extracts, in addition, the expiration date of the extracts packed in plastic bottles Increased up to 90 days in normal

envasados en botellas plásticas se incrementó hasta 90 días en ambiente normal sin refrigeración. Respecto del cultivo de tomate orgánico, los extractos botánicos mejorados controlaron gran parte de las plagas ($P < 0.05$), excepto a *Prodiplosis longifila*, destacando los extractos de jaboncillo (*Sapindus saponaria*) y la mezcla de ají (*Capsicum frutescens*) más ajo (*Allium sativum*) con rendimientos de frutos de 45,500 y 45,416 kg/ha, respectivamente. Se observó presencia del parasitoides *Aphidius* spp en ninfas de *Aphis* spp como control biológico natural en 15%, y de los depredadores de larvas de los benéficos *Cicloneda sanguinea*, *Hippodamia convergens*, e himenópteros del género polistes y sinoeca en menor porcentaje no cuantificado, pero estimado en 2%.

Palabras clave

Bioinsecticidas botánicos, depredadores, biopreparado, sustancia activa, maceración, sinergia, emulsificantes.

environment without refrigeration. With regard to organic tomato cultivation, the improved botanical extracts controlled most of the pests ($P < 0.05$), except for *Prodiplosis longifila*, with extracts of jaboncillo (*Sapindus saponaria*) and chilli pepper (*Capsicum frutescens*) plus garlic *Allium sativum* with fruit yields of 45,500 and 45,416 kg / ha, respectively. The parasite *Aphidius* spp was observed in *Aphis* spp nymphs as a natural biological control in 15%, and of the larvae predators of the beneficial *Cicloneda sanguinea*, *Hippodamia convergens*, and hymenoptera of the genus polistes and synoecase in a lesser non quantified percentage.

Keywords

Botanical bioinsecticides, predators, biopreparation, active substance, maceration, synergy, emulsifiers.

Introducción

La disminución del rendimiento debido a insectos-plagas alcanza entre 20-30% en la mayoría de los cultivos; sin embargo, el incremento exponencial del uso de plaguicidas de síntesis química —con aproximadamente 500 mil toneladas anuales por ingrediente activo a nivel mundial— demuestra un síntoma de la crisis ambiental que afecta a la agricultura (Nava *et al.*, 2012). A su vez, estas prácticas de la actual agricultura intensiva tecnificada, afectan negativamente a los enemigos naturales de las plagas; los que, a su vez, no encuentran las condiciones necesarias para reproducirse; y, de esta manera, colaborar naturalmente en la homeostasis del ecosistema, por efecto adicional de monocultivos.

En el mundo existen aproximadamente 37 millones de hectáreas de agricultura ecológica, lo que representa un 0.90% de la agricultura mundial (The World of Organic Agriculture, 2010).

Los costos ambientales (impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, insectos depredadores naturales, peces, calidad de agua y suelo) y el costo social (envenenamiento de trabajadores, etcétera), asociados al uso de plaguicidas, alcanza cerca de ocho billones de dólares cada año. La intensificación de diversos cultivos es la causa principal de este aumento, el cual influye con más plaguicidas tóxicos; muchos de los cuales se pueden vincular con problemas de cáncer en la salud humana (Liebman, 1997).

De acuerdo a la OMS, entre 500,000 y un millón de personas se intoxican con plaguicidas químicos anualmente y entre 5,000 y 20,000 pierden la vida. Más del 50% de los que fallecen son trabajadores agrícolas; los demás son envenenamientos por consumo de alimentos contaminados. Entre los dos grupos, la mortalidad alcanza la cantidad de 220 mil muertes al año (Pérez *et al.*, 2012).

Los insecticidas naturales a partir de extractos vegetales constituyen una alternativa a los agrotóxicos o plaguicidas químicos, derivados de algunas partes, o ingredientes activos de plantas que han co-evolucionado a la resistencia del ataque de fito-patógenos, produciendo estas sustancias en defensa de sus enemigos naturales; tales como: saponinas, taninos, alcaloides, di y triterpenoides, entre otros (Celis *et al.*, 2012).

El efecto nocivo de extractos de plantas o sus compuestos puros contra los insectos se puede manifestar de diversas maneras, incluyendo la toxicidad, la mortalidad, la inhibición del crecimiento, la supresión del comportamiento reproductivo y la reducción de la fertilidad-fecundidad (BenJanet *et al.*, 2001). Las plantas, en conjunto, producen más de 10,000 sustancias de bajo peso molecular (conocidas como metabolitos secundarios), desarrolladas en el proceso evolutivo que lleva a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque de patógenos (Maggi, 2004).

El ser humano depende del consumo directo de las plantas tanto vegetales, cultivos, cereales, como de la obtención de sus productos. Anualmente, una tercera parte de la producción de alimentos se ve destruida por pestes de cultivos y productos almacenados; por lo cual se hace imprescindible el estudio de nuevas vías de control de plagas. Las plantas, en conjunto, producen más de 100,000 sustancias de bajo peso molecular (conocidas también como metabolitos secundarios). Éstos son, normalmente, no-esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran terpenos, lignanos, alcaloides, azúcares, esteroides, ácidos grasos, etcétera. Semejante diversidad química es consecuencia del proceso evolutivo que ha llevado a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque microbiano, o la predación de insectos y animales (Astudillo, 2011).

En el desarrollo de un bioplaguicida se deben estandarizar sus métodos de extracción, y la selección de la especie de planta como primer paso; uno de los métodos claves que se emplean son los bioensayos para estudiar las propiedades biocidas de las diferentes partes de las plantas, la eficacia de extractos, formulaciones y modo de acción de los ingredientes activos (Pérez, 2006). Dentro de las plantas repelentes e insecticidas de importancia se cita también al achiote (*Bixa orellana L.*, Bixaceae) y piñón (*Jatropha curcas L.*, Euphorbiaceae).

Hernández (2007) estableció que, de 18 extractos vegetales evaluados sobre el desarrollo de *Colletotrichum gloeosporoides*, sólo los de ajo (*Allium sativum*), acuyo (*Piper auritum*), guayaba (*Psidium guajava*) y eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*) redujeron significativamente el crecimiento micelial en 54.30; 48.80; 47.70 y 39.00%, respectivamente. El efecto de diez extractos hidro-alcoholizados de plantas tropicales contra garrapatas adultas (*Boophilus microphus* Canestrini, 1887), fueron probados por Álvarez *et al.* (2008), quienes reportaron como más promisorio por la mayor mortalidad a *Zizygium aromaticum*, *Morus alba*, *Piper nigrum* y la mezcla de *Allium sativum* más *Z. aromaticum*.

En Ecuador, y sobre la misma garrapata, Calero (2011) determinó que el extracto del cordoncillo (*Piper aduncum*), en dilución al 75% y mejorado en sus propiedades insecticidas, controló significativamente al ácaro en aplicaciones tropicales en bovinos.

En Perú, Bobadilla *et al.* (2005), evaluaron suspensiones acuosas de *Annona muricata* Linnaeus (“guanábanas”) sobre larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae), donde el mayor efecto tóxico correspondió a la suspensión de las semillas, con 100% de mortalidad a las 24 horas a 0.5 mg/ml; seguido por las flores, a las 48 horas a 10 mg/ml; y hojas, a las 36 horas a 100 mg/ml.

En México, Carrillo *et al.* (2012), determinaron que, concentraciones del 50% de árbol de paraíso (*Melia azedarach*) fueron efectivas para el control de ácaros en tomate; y para mosca blanca, la misma concentración del árbol de paraíso e higuerrilla, ocasionaron 80% de mortalidad.

Sabillón y Bustamante (1995), probaron los extractos botánicos de paraíso (*Melia azedarach*), neem (*Azadirachta indica*) y en el producto comercial B.t. (*Bermicia tabaci*) a base de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en mosca blanca y *Spodoptera sp* en tomate; donde ninguno de los tratamientos ejerció control de mosca blanca; aunque se observó menor población en plantas aplicadas con neem con mayor productividad e, incluso, protegió de larvas perforadoras del fruto y de enfermedades.

En Ecuador, Neira y Velastegui (2010), en cultivo de rosas de exportación al utilizar 19 extractos vegetales contra *Oidium sp.*, *Frankliniella occidentalis* y *Myzus persicae*, elaborados por maceración, decocción e infusión. Para oídium, los porcentajes de efectividad más alto fueron decocción de eneldo (*Anethum graveolens*), macerado de penco (*Agave lechuguilla*) y decocción de menta (*Menta pipirita*). Para pulgones (*M. persicae*), los extractos que presentaron los porcentajes de Abbott más altos fueron extractos de ajo y decocción de hierba mora.

En trips (*F. occidentalis*) los dos mejores tratamientos fueron decocción de hierba mora y macerado de menta. En este contexto, los objetivos de esta investigación fueron: coleccionar plantas con propiedades biopesticidas para un banco de germoplasmas, bioensayos para extracción de sus ingredientes activos, mejoramiento de propiedades y fecha de expiración de los extractos envasados e investigación de campo, para el control de insectos-plagas en tomate.

Materiales y métodos

Ubicación

Esta investigación se desarrolló en la Finca Experimental Lodana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, y en los Laboratorios de la sede-matriz, ubicada en la ciudad de Manta (Ecuador), denominada oficialmente como San Pablo de Manta. Es una ciudad ecuatoriana de la provincia de Manabí, la cuarta del país y está situada en la costa del Pacífico 1° 12' 24.84" S, 80° 22' 15.24" W.

Datos climáticos

En Manta, el clima es tropical, cálido, seco, fresco; el cambio climático está supeditado a la presencia de la corriente fría de Humboldt y al fenómeno de “El Niño”.

Temperatura

Tiene una temperatura promedio de 28°C, la que es variable tanto en el verano como en el invierno; en la época de invierno sube a más de 30°C; mientras que en el verano, en determinadas épocas, provoca olas de frío; donde la temperatura baja a 20°C y 22°C por las noches o madrugadas.

Altitud

Es de cinco metros sobre el nivel del mar (5 mnsn).

Áreas de estudios

Se describen a continuación:

- Establecimiento de un banco de germoplasma.
- Métodos para extracción de ingredientes activos (i.a.) bioinsecticidas de semillas.
- Bioensayos para mejoramiento de propiedades y fecha de caducidad de los extractos envasados.
- Ensayo experimental con varios extractos solos o en mezclas y otros insumos orgánicos para controlar insectos-plagas del tomate.

Descripción de metodologías

Banco de germoplasma

El establecimiento del banco de germoplasma se realizó en la Finca Experimental de Lodana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, donde se sembraron especies de plantas que se reportan con propiedades bioplaguicidas en toda la región.

Métodos de extracción de ingredientes activos (i.a.) insecticidas de semillas

Los métodos y solventes experimentados fueron:

<i>Métodos</i>	<i>Solventes</i>
Decocción	Agua
Infusión	Etanol
Maceración	Hidroalcohol etílico (50% + 50%)
Purín	Alcohol metílico

La decocción, infusión y purín se realizaron en ambiente natural o condiciones aerobias, utilizando semillas maduras de varias especies de plantas reportadas con propiedades insecticidas; mientras que la maceración se refiere al triturado de semillas en un ambiente anaeróbico (galón o recipiente de vidrio oscuro).

Para cada solvente se efectuó una prueba por separado. En recipiente con tapa de rosca, cada 24 horas, se evacuaron los gases generados con la apertura parcial de la tapa-rosca y en forma rápida, para no permitir el ingreso de oxígeno (por cuanto podría afectar la extracción); labor que se realizó hasta las 72 horas, tiempo final que se consideró para la extracción de activo de las semillas, luego se filtró y se obtuvo la solución madre al 100 por ciento.

Bioensayos

La aplicación consistió en valorar la eficacia de los extractos mejorados en sus propiedades, más un tratamiento no mejorado, adicionando 5, 15 y 30 gotas por litro de la solución madre de otros extractos vegetales con propiedad: sinérgica (aceite de ajonjolí, *Sesamun indicum*), emulsificante (Lecitina, de soya, *Glicine max*), conservante (marañón, *Anacardium occidentale*) y fijadora (piñón, *Jatropha curcas*).

Las soluciones madres de los extractos mejorados se envasaron en recipientes plásticos de color oscuro, que correspondieron a: ají (*Capsicum frutescens*), ajo (*Allium sativus*), neem (*Azadirachta indica*), jasmín (*Melia azadarach*), mamey (*Mammea americana*) y jaboncillo (*Sapindus saponaria*) evaluadas las concentraciones al 1% con prueba de eficacia cada tres meses por 360 días; se utilizó como insecto indicador larvas del segundo instar de *Spodoptera sunia* en aplicaciones tópicas sobre 10 larvas ubicadas en plato Petri con su respectivo alimento (foliolo de tomate), donde se evaluó mortalidad a las 24, 48 y 72 horas de aplicados los tratamientos; las mismas se ajustaron en porcentaje de eficacia por la fórmula de Abbott, con un total de 72 unidades experimentales.

La implementación de los bioensayos cada tres meses permitió, también, conocer la fecha de expiración o caducidad de los extractos mejorados y no mejorados envasados en condiciones naturales, sin refrigeración (Vera, 2005).

Ensayo experimental de campo

Una vez conocidos los resultados de los bioensayos, se diseñó un experimento a nivel de campo en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), donde se probaron los extractos mejorados destacados solos y en mezclas al 2% de concentración, para valorar eficacia en los insectos-plagas relevantes: moscas blancas (*Bemisia spp.*), pulgones (*Aphis spp.*) y negrita (*Prodidiplosis longifila*).

En el delineamiento experimental se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), unifactorial, de 16 tratamientos incluidos dos testigos, en cuatro repeticiones; y para comparación de promedios en tratamientos, la prueba de significación Tukey, al 5% de probabilidad.

Cuadro 1
Esquema del Análisis de Varianza (ADEVA).

<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>
Total	63
Tratamientos	15
Repeticiones	3
Error experimental	45

Fuente: elaboración propia.

Registro de datos

- No. de aplicaciones realizadas.
- Presencia de parasitoides, depredadores y entomopatógenos.
- Conteos cada siete días de poblaciones de insectos-plagas.

Datos analizados estadísticamente

Para las aplicaciones de los tratamientos se consideraron los económicos para cada plaga, datos que se registraron contando insectos vivos, antes y después, en el envés de tres ramas de tomate/tratamiento. Estas poblaciones fueron analizadas estadísticamente.

Resultados

Resultados de bioensayos

De los resultados de los bioensayos que se realizaron durante un año-calendario y con frecuencia trimestral, se infieren —como tratamientos promisorios— los extractos de: jaboncillo, mamey y jazmín en orden de importancia y la dosis del 1% podría incrementarse, según los estadíos larvales más avanzados, así como el incremento poblacional de insectos-plagas y tipos de cultivos a nivel de campo. Asimismo, es determinante el mejoramiento de las propiedades insecticidas, si se compara con el porcentaje de mortalidad obtenido en los tratamientos testigos, sin aditamento alguno, que reportan menos eficacia (cuadro 2).

Los más altos porcentajes de mortalidad se obtuvieron al añadir por litro de extracto o solución madre: 30 gotas de aceite de ajonjolí, como sinérgico; 30 gotas de lecitina de soya, como emulsificante; 30 gotas de extracto de marañón, como preservante; y 30 gotas de extracto del fruto de piñón, como fijador o adherente. En este contexto, los resultados en los seis extractos mejorados son altamente significativos al ($P < 0.01$); lo cual avala su comportamiento como sustancias mejoradas para el control de insectos-plagas.

En el cuadro 2, también se observa que la fecha de caducidad o expiración de los extractos envasados y mejorados, es de hasta 90 días y al medio ambiente donde se mantienen sin alteración alguna ($P < 0.01$); pero posterior a esta fecha comienza su degradación, reflejada en menor eficacia.

Cuadro 2
Tratamientos de los bioensayos y grado de eficacia.

Tratamientos Insecticidas botánicos mejorados	Porcentaje de mortalidad (Abbott) **											
	GOTAS/Litro					30 días		90 días		180 días		360 días
A.A.	L.S.	E.M.	E.P.	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *	P.E. y M *
1. AJÍ (1%)	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	75.00	75.00	75.00	66.66	0.00			
	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	75.00	75.00	87.50	66.66	14.28			
	+30	+30	+30	+30	100.00	100.00	87.50	83.33	42.85			
TESTIGO SOLO AJÍ												
2. AJO (1%)	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	58.33	58.33	58.33	3.25	50.00			
	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	75.00	75.00	66.66	6.25	20.00			
	+30	+30	+30	+30	83.00	83.00	75.00	6.25	10.00			
TESTIGO SOLO AJO												
3. NEEM (1%)	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	33.00	33.00	50.00	37.50	16.66			
	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	66.00	66.00	75.00	50.00	25.22			
	+30	+30	+30	+30	83.00	83.00	87.50	25.00	45.44			
TESTIGO SOLO NEEM												
4. JAZMÍN (1%)	+ 5	+ 5	+ 5	+ 5	30.00	30.00	100.00	56.25	85.71			
	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	40.00	40.00	100.00	56.25	50.00			
	+30	+30	+30	+30	66.66	66.66	100.00	62.50	25.00			
TESTIGO SOLO JAZMÍN												
					50.00	50.00	90.00	20.00	30.00			

Continúa en la página 25

Viene de la página 24

Tratamientos Insecticidas botánicos mejorados	GOTAS/Litro					Porcentaje de mortalidad (Abbott) **			
	A.A.	L.S.	E.M.	E.P.	E.M.	30 días	90 días	180 días	360 días
5. MAMEY (1%)	A.A.	L.S.	E.M.	E.P.	E.M.	PE. y M *	PE. y M *	PE. y M *	PE. y M *
	+5	+5	+5	+5	+5	100.00	100.00	3.00	50.00
	+15	+15	+15	+15	+15	100.00	100.00	0.00	75.00
	+30	+30	+30	+30		100.00	100.00	18.75	75.00
TESTIGO SOLO MAMEY									
6. JABONCILLO (1%)	A.A.	L.S.	E.M.	E.P.	E.M.	PE. y M *	PE. y M *	PE. y M *	PE. y M *
	+5	+5	+5	+5	+5	75.00	100.00	44.43	50.00
	+15	+15	+15	+15	+15	100.00	100.00	50.00	33.00
	+30	+30	+30	+30		100.00	100.00	0.00	62.50
TESTIGO SOLO JABONCILLO									

* Posterior al envasado y mejorado.

** Insecto indicador: Larvas de segundo instar, *Spodoptera sumia*, desfoliador del tomate.

A.A = Aceite de ajonjolí

L.S = Lecitina de soya

E.M = Extracto de marañón

E.P = Extracto de piñón

PE. y M = Posterior al envasado mejorado

Resultados en cultivo de tomate a campo abierto

Los resultados de los bioensayos fueron trasladados al campo en cultivo de tomate, con los extractos solos y en mezclas en dosis del 2%, y complementados con aplicaciones de humus en tipo vermicompost (*Eisenia foetida*); específicamente, para el control de insectos-plagas: mosca blanca (*Bemisia spp.*), pulgones (*Aphis spp.*) y negrita (*Prodidiplosis longifila*), aplicando riegos iniciales con regadera, con el fin de reducir adultos de los insectos por efecto del control mecánico por ser muy sensibles; y, al parecer, retardaron fumigaciones convencionales hasta 50 días del trasplante, en verano (cuadro 3).

Los resultados obtenidos en campo abierto mostraron una diferencia estadística significativa ($P < 0.0001$); los mejores valores fueron para los tratamientos con extractos botánicos mejorados, solos y en mezcla, respecto del testigo (cuadro 3).

En total, se realizaron tres aplicaciones de los tratamientos en estudio complementadas por una aplicación general para la “negrita”, con alta significación estadística y aceptables coeficientes de variación; se destaca el extracto jaboncillo al 2% con 80 gramos de vermicompost; ya que controla, eficientemente, a: mosca blanca, pulgones y, relativamente, negrita. Ají controla satisfactoriamente a pulgones.

Con relación al peso de frutos, los mayores rendimientos corresponden —en orden de importancia a los tratamientos—: AJÍ + NEEM; AJÍ + AJO; AJO + NEEM; AJÍ y JABONCILLO, con 47.708; 45.416; 43.458; 43.291 y 42.500 kg ha^{-1} , respectivamente. Sin embargo, los tratamientos que presentan una mejor tasa de retorno marginal son JABONCILLO y la mezcla de AJÍ + AJO.

Cuadro 3
Tratamientos con extractos vegetales y vermicompost en el control de los principales insectos-plagas del cultivo de tomate.

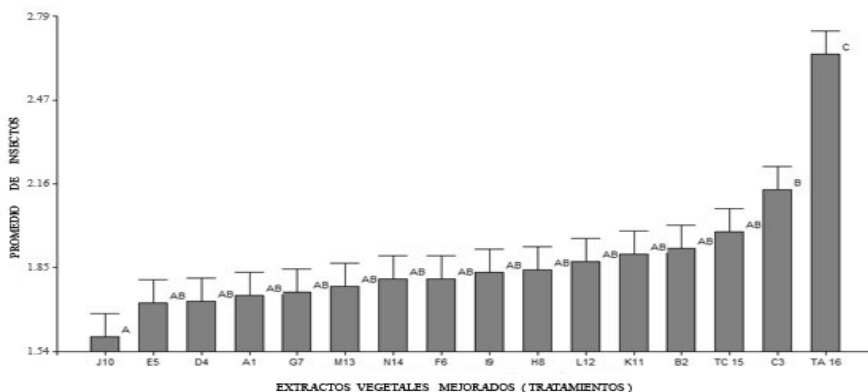
Código	Insecticidas botánicos	Dosis %	Vermicompost (g/planta)	Moscas blancas		Pulgones		Negrita	
				X	X	X	X	X	X
A1	AjÍ	2	40	1.66bc	1.25c			2.35b	
B2	Ajo	2	40	1.90bc	1.50bc			2.38b	
C3	Neem	2	40	1.85bc	1.61bc			2.97b	
D4	AjÍ + Ajo	2 + 2	80	1.77bc	1.34bc			2.08b	
E5	Ajo + Neem	2 + 2	80	1.91bc	1.35bc			1.91b	
F6	AjÍ + Neem	2 + 2	80	1.78bc	1.32bc			2.34b	
G7	AjÍ + Ajo + Neem	2 + 2 + 2	120	1.88bc	1.41bc			2.00b	
H8	Jazmín	2	40	1.92bc	1.43bc			2.19b	
I9	Mamey	2	40	1.75bc	1.35bc			2.41b	
J10	Jaboncillo	2	40	1.64c	1.22c			1.94b	
K11	Jazmín + Mamey	2 + 2	80	1.84bc	1.36bc			2.51ab	
L12	Mamey + Jaboncillo	2 + 2	80	1.91bc	1.40bc			2.23b	
M13	Jazmín + Jaboncillo	2 + 2	80	1.80bc	1.29bc			2.27b	
N14	Jazmín + Mamey + Jaboncillo	2 + 2 + 2	120	1.75bc	1.27c			2.42b	
TC15	Testigo convencional	'Insec. Conv.	Fert. Sint.	2.03b	1.46bc			2.47b	
TA16	Testigo absoluto	Sin aplicación	80 g	2.53 ^a	2.15a			3.25a	
	'Abamectina (New Mectin)	Nivel de significación	Tukey al 5%	**	**			**	
		Coefficiente de variación (%)		5.65	7.4			10.8	
		Probabilidad		0.0001	0.0001			0.0001	

En cuanto a los resultados que tienen que ver con la eficacia de extractos mejorados para el control de insectos-plagas por caja Petri/ 10 insectos indicadores, larvas de segundo instar, *Spodoptera sunia*, desfoliador del tomate; los tratamientos con relación al testigo absoluto y en orden de control son: el tratamiento J10 = Jaboncillo 1.64 insectos; E5=Ajo+Neem 1.72; D4=Ají + Ajo 1.73; A1 = Ají 1.75; G7= Ají +Ajo+Neem 1.76; M13=Jazmín + Jaboncillo 1.79; N14= Jazmín + Mamey + Jaboncillo 1.81; F16= Ají + Neem 1.81; I9= Mamey 1.84; H8= Jazmín 1.85; L12= Mamey + Jaboncillo 1.85; K11=Jazmín + Mamey 1.90; B2= Ajo 1.93; TC15= 1.99; C3=Neem 2.14; TA16= Testigo absoluto 2.64.

Se destaca, en cuanto a presentar el menor número de insectos vivos, el tratamiento J10 a base de Jaboncillo, E5 que corresponde a la mezcla de ajo + neem y D4 mezcla de ají + ajo, respectivamente (figura 1).

Figura 1

Eficacia de extractos en el control de insectos-plagas por caja Petri/ 10 insectos indicadores larvas de segundo instar, *Spodoptera sunia*, desfoliador del tomate.



A1 = Ají; B2 = Ajo; C3=Neem; D4= Ají +Ajo; E5= Ajo+ Neem; F6= Ají + Neem; G7= Ají + Ajo + Neem; H8= Jazmín; I9= Mamey; J10= Jaboncillo; K11= Jazmín + Mamey; L12= Mamey + Jaboncillo; M13= Jazmín + Jaboncillo; N14= Jazmín + Mamey + Jaboncillo; TC15= Testigo Conventional; TA16= Testigo Absoluto.

Discusión

Implementación del banco de germoplasma

Las especies de plantas con propiedades bioplaguicidas fueron colectadas de diferentes lugares de la Provincia de Manabí, para sembrarse en el banco de germoplasma; el número colectado es limitado, pues quedan aún muchas otras especies; ya que existen, al menos, 2,000 especies de plantas con propiedades biopesticidas (Sabillon y Bustamante, 1995); y que, según Celis *et al.* (2008), el mayor número de especies involucra la familia piperácea.

Extracción de Ingredientes Activos (i.a.) y eficacia de bioensayos

Se realizaron pruebas piloto mediante variables de respuestas en bioensayos de laboratorio, utilizando —como insecto indicador— larvas del segundo instar del defoliador *Spodoptera sunia* insecto-plaga del tomate. Se ensayaron las extracciones de ingredientes activos de diferentes órganos de las plantas; pero éstos existen en mayor concentración en las semillas. Los resultados determinaron como mejor método de extracción del ingrediente activo: la maceración con el solvente hidroalcohol (50% + 50%) a temperatura ambiente, cuyos resultados son iguales a los reportados por Rodríguez *et al.* (2012).

Bajo estas y otras consideraciones, el método de maceración con hidroalcohol es un proceso confiable que no altera la composición química de los materiales al evitarse el calor. Los métodos de infusión y decocción deben ser empleados cuando se tenga la certeza de que las sustancias activas no son termosensibles; resultados que coinciden a lo establecido por Castillo (1999), quien indica que los insecticidas botánicos o extractos se pueden mejorar si se adicionan adherentes y/o tensoactivos de origen vegetal; los primeros, evitan lavados y escurrimientos al ser aplicados, y los tensoactivos favorecen la penetración de los ingredientes activos.

Como adherente, se puede utilizar el jugo de sábila (*Aloe vera*) y piñón (*Jatropha curcas*); mientras que como tensoactivos, el henequén (*Agave fourcroydes*) y el jaboncillo (*Sapindus saponaria*) (cuadro 4).

Respecto del envasado del extracto botánico mejorado, fue preferible el uso de un recipiente plástico de color oscuro, con tapa-rosca, por tratarse de una descomposición anaerobia (sin oxígeno), más aun si se usan solventes orgánicos que pueden evaporarse; el envase de vidrio no es apropiado, ya que aumenta el calor y la degradación del extracto. Probablemente, ésta podría ser aumentada de ser estos llenados y sellados al vacío por tratarse de una descomposición anaerobia y ser almacenados en ambientes bajo temperaturas controladas (cuartos fríos).

Cuadro 4

Propiedades de sustancias para mejoramiento de extractos.

Sinérgico	Gotas del aceite de ajonjolí (<i>Sesamun indicum</i>)	Utilizado para potenciar bombas empleadas en la Segunda Guerra Mundial. Sinérgico del Piretro y la Rotenonas.
Emulsificante. Puede entre el agua y aceite	Gotas de lecitina de soya (<i>Glicine max</i>)	Lecitina de soya, emulsificante de gran acción. Los ácidos grasos esenciales facilitan la solubilización y al emulsionarla favorecen a la movilización.
Preservante	Gotas del extracto del fruto del marañón (<i>Anacardium occidentales</i>)	Preservante natural, utilizado en agroindustria para enlatados como Pickes, evitan-do microorganismos nocivos.
Adherente o fijador	Gotas del fruto del piñón (<i>Jatropha curcas</i>)	Por la saponina, el piñón es un fijador o adherente natural de potencial uso en productos naturales.

Fuente: elaboración propia.

En campo abierto

En campo abierto todos los extractos solos y en mezclas resultaron con eficacia superior al 60% de mortalidad respecto al testigo convencional para controlar los principales insectos-plagas —excepto en *Prodiplosis longifila*— en donde, para salvar la producción, se aplicó una aspersion del insecticida convencional; por lo que, se infiere que los extractos vegetales deberán ser utilizados diseñando estrategias de control para ir reduciendo el uso de los insecticidas sintéticos convencionales, tal como lo aseveran algunos autores (Rodríguez, 2015; Carrillo *et al.*, 2012). El extracto de jaboncillo destaca por obtener un mejor control.

Conclusiones

Se determinó que el mejor método de extracción de ingredientes activos es la maceración, triturando la semilla e introduciéndola en un recipiente de vidrio oscuro tapa-rosca, conjuntamente con una solución hidroalcohol etílico (50% + 50%) durante 72 horas, en condiciones anaerobias.

El mejoramiento de las propiedades biopesticidas se logra adicionando al filtrado (o solución madre), 30 gotas/litro del sinérgico (aceite de ajonjolí, *Sesamun indicum*), del emulsificante (lecitina de soya, *Glicine max*), conservante (marañón, *Anacardium occidentale*), y del fijador (piñón *Jatropha curcas*); los cuales incrementan su acción biocontroladora de insecto-plaga hasta un 40%.

Las pruebas de bioensayos realizadas durante un año-calendario con frecuencia trimestral de los extractos envasados en frascos plásticos expuestos al ambiente natural, sin refrigeración, demostraron su estabilidad hasta 90 días como fecha de caducidad.

El control de insectos-plaga con los extractos botánicos, solos o en mezcla en tomate a campo abierto, demostraron ser mejores hasta un 60%, respecto del testigo absoluto, con excepción de *Prodiplosis longifila*.

El extracto de jaboncillo al 2% es el más destacado como el de mejor control; aunque dicha planta (*S. saponaria*), en el litoral ecuatoriano está en vías de extinción.

Literatura citada

- Alfonso, M. (2002). *Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica*. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, (INIFAT), Cuba “La Habana”, Ministerio de la Agricultura 26-30 pp.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*: Primera edición. Red de Información Ambiental para América Latina y el Caribe. México. 250 pp.
- Bobadilla, M.; Zavala, F.; Taramona, L.; Sisniegas, M. y Zavaleta, J. (2005). Evaluación larvica de suspensiones acuosas de *Annona muricata* Linnaeus “guanábana” sobre *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera, Culicidae). *Rev. Perú. Biología* 12(1):145-146.
- Calero, A. (2011). *Efecto del cordoncillo Piper aduncum, para el control de garrapatas en ganado bovino*. Tesis para la obtención de título Ing. Agrop. Tercer Nivel Fac. de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Manta, Ecuador.
- Carrillo, J.; Pérez, M.; Ríos, A.; Vásquez, R. y Villegas, Y. (2012). *Extractos vegetales para el control de plagas del follaje del tomate (Lycopersicon esculentum) en Oaxaca, México*. Disponible en: www.agroecologia.net/recursos/publicaciones (Consultado el 17 de septiembre de 2015).
- Celis, A.; Cardona, J.; Cuca, L.; Delgado, W.; Mendoza, C. y Pachón, M. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores. *Agronomía Colombiana* 26 (1): 97- 106.
- Delgado, E.; García, M.; Ibarra, M.; Luna, C. y Martínez, M. (2012). Propiedades entomotóxicas de los extractos vegetales de *Azadirachta indica*, *Piper auritum* y *Poliveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua* H. *Revista Chapingo*. 18 (1): 56-57.
- Hernández, A.; Baños, S. y Velásquez, G. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (2): 119-123.
- Maggi, M. (2004). *Insecticidas naturales*. Disponible en: <http://i-natura.blogspot.com/2012/12/insecticida-casero-y-ecologico-galan.html> (Consultado el 15 de septiembre de 2015).
- Neira, M. y Velastegui, R. (2011). *Estudio fitofarmacológico de manejo de oidio (Oidium sp.), trips (Frankliniella occidentalis) y pulgones (Myzus sp.) en rosas de exportación con la utilización de extractos vegetales, Nevado Ecuador S.A.* Tesis de pregrado de ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, carrera de Ingeniería Bioquímica. Ecuador.
- Pérez, E.; Gutiérrez C.; Báez, J. y Montoya, E. (2012). Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. *Revista Ra Ximhai*. 8 (3): 17-29.
- Pérez, D. y Iannacone, O. (2006). Efectividad de extractos botánicos de diez plantas sobre la mortalidad y repelencia de larvas de *Rhynchophirus palmarum* L., insectos plaga del *Pijuayo Bactris gasipaes* Kunth en la Amazonía del Perú. *Agricultura técnica* 66 (1): 21-30.
- Rodríguez, M. (2015). Eficacia de extractos vegetales sobre la garrapata adulta *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* y su oviposición. *Rev. Cubana de Plantas Medicinales* 20 (3): 375-378.
- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares*. IICA. San José, Costa Rica. 37 pp.
- Sabillón, A. y Bustamante, M. (1995). Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista CEIBA*. 36 (2): 179- 187.
- Hopkins, R.; Andersen, M. y De Jude, M. (2003). *Agricultura orgánica: una herramienta para el desarrollo rural*. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Editores: Impreso: Multiprint. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-109.

- The World of Organic Agriculture. (2010). *Agricultura ecológica*. Disponible en: http://vivosano.org/es_ES/Informaci%C3%B3n-para-tu-salud/Entorno-y-Medio-ambiente/Pesticidas/Agricultura-ecologica.aspx (Consultada el 08 de enero de 2016).
- Universidad de Minnesota (2002). *Insecticidas vegetales*. Disponible en: <http://pmworld.umn.edu/cancelado/spachapters/geelvasp.htm> (Consultado el 20 de mayo de 2008).
- Vera, H. E. (2006). *Manejo agroecológico de la entomofauna del cultivo de tomate (Lycopersicon sculentum Mill)*. *Bioensayo para el envasado artesanal de los biopreparados*. Tesis de Magister en Ciencias, Convenio Universidades: Agrarias del Ecuador y Fructuoso Rodríguez de Cuba.
- Astudillo, C. y Andrade, L. (2011). *Insecticida natural a partir de extractos vegetales*. Concurso Semestral de Emprendimiento Ciencia y Tecnología (CSECT). Informe Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Recepción: 12 de mayo de 2016
Envío arbitraje: 10 de junio de 2016
Dictamen: 05 de octubre de 2016
Aceptado: 16 de diciembre de 2016

Puntos críticos para la acreditación de ensayos en laboratorios de sanidad forestal[□]

Critical points for the accreditation of testing laboratories forest health

Teresa Gally, M. Victoria Giachino y Elena Craig

Universidad Nacional de Luján
Depto. de Tecnología. Rutas 5 y ex 7
Luján, Bs. As., Argentina.

*Correspondencia: gallymin@coopenetlujan.com.ar
□ESTUDIO DE REVISIÓN

Resumen

Actualmente es una necesidad demostrar que los resultados de los laboratorios son confiables. El objetivo es proveer herramientas a utilizar en ensayos de fitopatología que deseen implementar la norma ISO/IEC 17025. En este trabajo se analizaron los requisitos técnicos que implican una interpretación y una adecuación más dificultosa, para implementar un sistema de gestión de calidad en laboratorios que realizan diagnósticos de sanidad forestal. Para alcanzar esta finalidad, se debe demostrar que un método es apropiado mediante equipamiento, insumos y personal calificado. Además, se requiere un trabajo armonizado entre el experto en sistemas de calidad y el fitopatólogo.

Palabras clave

Fitopatología, ISO/IEC 17025, calidad.

Abstract

Currently it is a must demonstrate that the results are reliable laboratories. The goal is to provide tools to use in plant pathology tests wishing to implement ISO/IEC 17025. This paper reviews the technical requirements involving interpretation and adaptation were analyzed more difficult to implement a quality management system in laboratories perform diagnosis of forest health. To achieve this purpose, it must be shown that a method is appropriate with equipment, supplies and qualified personnel. In addition, a harmonized work among the expert in quality systems and plant pathologist is required.

Keywords

Phytopathology, ISO/IEC 17025, quality.

Introducción

El desarrollo de la actividad forestal y el aumento del área cultivada tienen un impacto de importancia en las poblaciones de aquellas especies fitófagas y microorganismos que utilizan diversas especies forestales como recurso alimenticio. Sin embargo, en la Argentina, la sanidad forestal cuenta con pocos laboratorios que aborden la problemática sanitaria integral; entendiendo ésta como el estudio de las plagas de origen animal, vegetal, fitopatógenos y sus enemigos naturales, asociados tanto a especies forestales cultivadas, como a nativas y a especies arbóreas utilizadas en el arbolado urbano.

Actualmente hay una demanda de exponer la seguridad en los productos que se comercializan; por lo que se debe demostrar que los resultados de los laboratorios son confiables. Así pues, la acreditación es un proceso donde los laboratorios deben contratar a una organización independiente y reconocida, para que evalúe y avale la garantía de sus resultados. De esta manera, es una forma de brindar confianza a los clientes, y su costo financiero se justifica cuando el ámbito de acción lo requiera. Además, la norma ISO/IEC 17025 es empleada para la acreditación de laboratorios, en el campo voluntario.

A su vez, los ensayos de fitopatología presentan cierto grado de dificultad para la implementación de normas de calidad. Esto se debe a que los analistas que trabajan con medios biológicos están manipulando un ser vivo que va experimentando cambios, menores o sustanciales, a medida que pasa el tiempo. Esto ocurre tanto en los materiales analizados como en sus materiales testigos, sea en laboratorio, en invernáculo o en viveros. Debe sumarse el hecho de que tanto los microorganismos como las plantas son seres vivos que interactúan con el ambiente y modifican sus comportamientos (Gally y Rona, 2006).

Por ello, en la definición de enfermedad intervienen cuatro factores: la planta (hospedante), el o los patógeno/s (en enfermedades infecciosas), el ambiente y el tiempo. De allí que, todos estos factores juntos interactúan para que se exprese la enfermedad. De este modo, entendiendo esta definición se comprenden las dificultades de trabajar en esta temática. En este trabajo se mencionan normativas vigentes y también se destaca que no existe bibliografía específica sobre el tema.

En la Argentina el número de laboratorios acreditados en el sector agro-industrial ha crecido en los últimos años, si bien la mayoría tienen relación con alimentos, como es el caso de los laboratorios de residuos de plaguicidas. Se entiende que los laboratorios de diagnóstico fitopatológico están totalmente relacionados, ya que sus resultados conllevan a la decisión de aplicación de productos químicos (Lanfranchi *et al.*, 2008; Gally y Yabar, 2013).

El objetivo es proveer herramientas para facilitar el camino a aquellos laboratorios que deseen implementar la norma ISO/IEC 17025 en ensayos de fitopatología. Se destacan los puntos de importancia referidos a ensayos en la disciplina; desde ya, los mismos pueden adecuarse a otras áreas de la sanidad vegetal.

Desarrollo de la propuesta

Se estudió la norma ISO/IEC 17025, que establece los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, abarcando solamente los requisitos técnicos. Para ello, se utilizaron registros de experiencia de auditores del sector, volcada en reuniones de armonización y de los autores en los laboratorios de docencia e investigación de fitopatología y sanidad forestal de la Universidad Nacional de Luján.

También, se analizaron documentos guías emitidos por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA), *Inter American Accreditation Cooperation* (IAAC), la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), *International Laboratory Accreditation Cooperation* (ILAC), y la legislación relacionada con el área forestal que concierne a la disciplina.

Los puntos de la Norma analizados en este trabajo, dentro de requisitos técnicos, son: 5.2. *Personal*; 5.3. *Instalaciones y condiciones ambientales*; 5.4. *Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos*; y 5.7. *Muestreo*.

Así pues, sólo se destacarán estos puntos de difícil interpretación y/o implementación, a criterio de los autores y referidos a ensayos en fitopatología para el diagnóstico forestal.

Proceso de acreditación de laboratorios: tanto los términos *acreditación* como *certificación* están referidos al reconocimiento formal, brindado por un organismo competente, a la satisfacción de un conjunto de normas y estándares mínimos previamente establecidos. La denominación *acreditación* se reserva para instituciones u organizaciones, cuya actividad deviene en un documento testimonial, como por ejemplo, resultados de análisis o ensayos, certificados de aptitud. Por otra parte, los organismos de acreditación desempeñan su tarea con base en criterios internacionales y utilizan métodos de evaluación equivalente y transparente.

Por lo tanto, el proceso de acreditación garantiza que los ensayos evaluados de distintos países realicen sus tareas de manera semejante, generando la adecuada confianza que posibilita la aceptación mutua de resultados. De este modo, las auditorías están basadas no sólo en el sistema de calidad de laboratorio, sino en su competencia técnica. En el caso de los auditores deben ser tan o más competentes que el personal del laboratorio sometido a la auditoría.

En particular, la acreditación en la Argentina, se lleva a cabo a través del Organismo Argentino de Acreditación (OAA), entidad privada sin fines de lucro, creada dentro del marco del Sistema Nacional de Normas, Calidad y Certificación, Decreto 1474/94, a través del comité de Acreditación de Laboratorios de ensayos (www.oaa.org.ar).

Se destaca que, para ensayos biológicos, la norma de aplicación data del año 2005 y está redactada con una terminología más afín a ensayos físicos o químicos. Por consiguiente, se hace más compleja su comprensión para profesionales no formados en gestión de calidad (Gally, 2008).

5.2 *Personal*: para empezar, una de las principales causas en la discordancia de resultados entre laboratorios en las pruebas comparativas de sanidad se debe a habilidades y experiencia del analista. Antes que nada, el personal que realiza tareas debe ser calificado y su evaluación se realizará a través de: capacitaciones internas y externas, acreditadas; experien-

cia adquirida; aptitudes. Además, el responsable del sector deberá asegurar la competencia técnica de todo el personal que manipula equipamiento específico, que realiza ensayos, emite resultados; debiendo estar, el mismo, habilitado para cada una de sus responsabilidades.

En el caso particular de fitopatólogos que realizan diagnósticos en vegetales, los ensayos desarrollados, por lo general, en el país son no regulados; ya que, en su mayoría, emiten un diagnóstico para comercio interno. Por lo que, en muchos casos, se aplican métodos propios. Es recomendable que el fitopatólogo trabaje en diagnóstico al menos durante tres ciclos del cultivo, para poder interpretar las expresiones de las sintomatologías en el campo, en distintas condiciones ambientales.

Por otro lado, en el caso de diagnóstico de enfermedades en semillas, el entrenamiento puede ser más corto en cuanto al reconocimiento de patógenos; si el laboratorio cuenta con material herborizado y ceparios. También, es importante que el laboratorio intervenga en los ensayos de aptitud, tanto a nivel nacional como internacional.

Durante su capacitación, es indispensable que el profesional adquiera experiencia en diversos temas, tales como: recolección y acondicionamiento de muestras, observación de sintomatología asociada a diversas patologías, observaciones con instrumental de microscopía, aislamientos de microorganismos fitopatógenos a partir de métodos generales y específicos, detección e identificación y manejo de bibliografía de referencia.

Del mismo modo, si los laboratorios de ensayos incluyen opiniones e interpretaciones de los resultados de los informes, éstas deben ser realizadas exclusivamente por personal con experiencia suficiente y con conocimientos relacionados con el correcto uso de esa información y habilitada para dicha tarea, en concordancia con el método de ensayo utilizado.

5.3 Instalaciones y condiciones ambientales: las instalaciones en las cuales se realizan ensayos biológicos varían, según la naturaleza de los ensayos y las mediciones. A todo esto, los equipos del laboratorio no deben moverse entre las distintas áreas, para evitar una contaminación cruzada accidental; además, normalmente se necesitan áreas separadas o claramente designadas para: la recepción, almacenamiento y acondicionamiento de muestras, para las áreas de siembra y para las áreas de apoyo. Por consiguiente, el área destinada a los ensayos debe estar separada del sector de preparación de medios de cultivo, reactivos, esterilización, descontaminación y lavado de material. De este modo, debe existir un sector donde se recibe y clasifica el material vegetal (semillas, plantas) y otros materiales como sustratos, suelos, etcétera.

Por otra parte, es requisito tener un área destinada al almacenamiento de muestras y contra-muestras, a veces requerida por periodos establecidos, asegurando la integridad de las mismas bajo condiciones específicas con controles de humedad y temperatura, según especificaciones. Para el diseño, los materiales utilizados en las instalaciones y las directrices sobre mantenimiento, calibración y monitoreo de los equipos puede consultarse la *Guía para la acreditación de laboratorios que realizan análisis microbiológicos* (2002), la Norma ISO 7218:2007 y las experiencias del grupo de trabajo en sanidad de semillas.

Asimismo, se debe disponer de una cabina de bioseguridad, de una clase acorde con el nivel de riesgo de los microorganismos que se manipulen cuando se manejen patógenos y/o cultivos; la misma deberá estar en el sector de ensayos.

5.4 *Métodos de ensayo, de calibración y validación de los métodos*: los métodos de rutina que se emplean en el laboratorio deben ser claros y deben contener el detalle de los puntos críticos de la operación, para que puedan ser fácilmente interpretados por los analistas, sin cometer errores. Así pues, suele ser de utilidad volcar los mismos en un diagrama de flujo.

Los materiales biológicos que se emplean en los ensayos como materiales de referencia deben ser certificados; tal como lo detalla Mastromónaco (2015), refiriéndose a los criterios que deben cumplir las colecciones de cultivos reconocidos, sean nacionales o internacionales. Además, se debe tener en cuenta que se deben manipular adecuadamente, ya que pueden perder sus características específicas en los distintos repiques.

En lo referente al proceso de los ensayos, es recomendable la utilización de métodos normalizados o de referencia en sus últimas versiones. Sin embargo, el laboratorio no está obligado a utilizarlos si dispone de un método propio con el que obtenga resultados equivalentes o superiores. En estos casos, se debe presentar una validación adecuada que debe realizar el laboratorio y que debe ser aceptada por el organismo de acreditación del país (Villoch-Cambas, 2009).

Para la validación de los métodos de ensayo, se recomienda —para un laboratorio que comienza a implementar normas de gestión— elegir aquellos ensayos que ya poseen normativas reconocidas; debido a que la validación es una tarea ardua, que además lleva insumos y personal dedicado a la misma. Por cierto, la validación consiste en documentar el método utilizado, ensayado en condiciones claramente preestablecidas y demostrar que cumple adecuadamente con la determinación de los parámetros para los que fue diseñado (Steiner *et al.*, 2008).

Por otra parte, para decidir si un método es apropiado o no, se debe tener en cuenta: si es aplicable al patógeno a analizar, la cantidad de muestra necesaria para el ensayo, el equipo utilizado y si el uso de esa metodología es acorde con las exigencias requeridas en el país.

A todo esto, para comenzar a interpretar en qué casos es necesario validar un método se definirán los siguientes términos, basados en los criterios del OAA (www.oaa.org.ar):

- *Método normalizado*: se trata de un procedimiento de ensayos estandarizado y normalizado, que se aplica exactamente como está descrito en la norma. En este caso, el laboratorio debe hacer una confirmación de que los aplica correctamente; es lo que se denomina “verificación”. O sea, comprobar que el laboratorio domina el ensayo y lo utiliza correctamente.
- *Modificación de un método normalizado*: métodos normalizados empleados fuera del alcance previsto, o bien, aquellos métodos que se han reformado en uno o más puntos del proceso. Se trata de una modificación a un procedimiento de ensayo normalizado, por ejemplo: un método de extracción diferente, distinta matriz, otro equipo, etcétera. El objetivo de validación, en este caso, es la comprobación de que la repetitividad, la reproductibilidad, la precisión intermedia y la exactitud del método original no dependen de la modificación introducida y que el laboratorio domina el ensayo y lo utiliza correctamente.

- *Métodos propios*: se trata de un procedimiento de ensayo interno (propio) elaborado en el laboratorio y que no se encuentra en normas u otras colecciones de métodos; en este caso, el proceso de validación es mucho más arduo, ya que se debe demostrar que cada paso elegido responde a lo esperado. De este modo, el objetivo es la comprobación de que el método tiene repetitividad, la reproductibilidad, la precisión intermedia y exactitud suficiente para el objetivo de la aplicación y, además, que el laboratorio domina el ensayo y lo realiza adecuadamente.

El alcance de la validación y los parámetros estadísticos, en caso necesario, deben asentarse por escrito en forma de informe de validación. Aparte, para la validación/verificación de los métodos de ensayo, debe tenerse en cuenta que es necesario reflejar las condiciones reales de ensayo. Esto puede conseguirse utilizando muestras naturales, preferentemente, a efecto de considerar la existencia de una microflora acompañante, según la naturaleza del sustrato que se estudie.

A todo esto, en ensayos de sanidad vegetal los ensayos pueden arrojar resultados de tipo: cuantitativos, cualitativos o de diagnóstico. En la disciplina, la mayoría de los resultados son cualitativos o de diagnóstico; en estos casos, se recomienda aplicar los conceptos establecidos por el ILAC (2016). Por tanto, debe tenerse criterio técnico y decidir para cada ensayo cuáles parámetros validar para que dicho proceso tenga un sentido lógico. Así pues, la experiencia del experto debe determinar cuál de ellos es conveniente emplear y cómo hacerlo, según se trate de los distintos tipos mencionados y elegir el tipo de muestra adecuada.

Para todos los ensayos, ya sean cualitativos o cuantitativos, el laboratorio debe identificar las fuentes de variabilidad (componentes de incertidumbre) y demostrar cómo se les controla. De este modo, la identificación de las mismas puede realizarse utilizando algunas herramientas de la calidad, tales como: diagramas de flujo, diagramas espina de pescado, tablas, listas, etcétera. Así, al aplicar la metodología se valida la *performance* del método y se estima la inexactitud del resultado dentro de un nivel de confianza.

5.7 *Muestreo*: la toma de muestras es un trabajo complejo que requiere: conocimiento, habilidad, comprensión tanto del problema como de la patología asociada. De este modo, los puntos a considerar en el muestreo son:

- Elegir cuidadosamente la muestra a analizar; la cual debe estar basada en métodos estadísticos apropiados, si se trata de un ensayo y/o un trabajo de investigación; u obtener muestras representativas, si se trata de un lote productivo (comercial); en este último caso, los resultados emitidos son referidos únicamente a las muestras recibidas, lo cual no ampara la totalidad del lote; esta condición debe quedar aclarada en el informe de resultados.
- Durante las extracciones de las muestras, tomar las mayores precauciones de asepsia.
- Identificar correctamente las muestras (rotular).
- Proteger la muestra de las condiciones ambientales que puedan causar algún cambio en sus características originales.

- La muestra deberá ir acompañada con una planilla donde figuren datos relevantes, como: fecha de muestreo, nombre de quien tomó las muestras, datos del cultivo (especie, edad, etcétera), síntomas y signos observados, distribución de los síntomas en el lote, datos de manejo del cultivo (silvicultura: riego, fertilización, agroquímicos utilizados, etcétera).
- El transporte y conservación de las muestras deben hacerse en condiciones apropiadas para mantener su integridad (por ejemplo: refrigeradas o congeladas, según sea necesario). Dichas condiciones deben ser controladas, manteniendo un registro de las mismas.
- El laboratorio debe documentar el procedimiento, para tomar la porción analítica a partir de las muestras recibidas e implementar medidas para asegurar que la misma sea lo suficientemente representativa de la muestra original; y que su composición no se altere de manera que afecte la concentración o identificación de los microorganismos a ser determinados.
- Es recomendable que el laboratorio facilite un instructivo para la toma de muestras si no es el responsable directo de la extracción.
- En todos los casos, el muestreo debe ser realizado exclusivamente por personal debidamente calificado.

En el laboratorio, al recibir las muestras, también es importante tener en cuenta:

- Registrar fecha y hora de llegada de las muestras, y del personal que las recibió.
- Naturaleza y características de la muestra, cantidad y estado en el momento de su entrega.
- Recibir y verificar la planilla de la muestra rotulada y con los datos de campo.
- Las muestras que se encuentren a la espera de ser analizadas deben almacenarse en condiciones adecuadas para reducir al mínimo cualquier modificación.

Conclusiones

De este modo, el objetivo de un laboratorio de sanidad forestal consiste en demostrar la competencia técnica, es decir, poseer confianza en los resultados. Pues bien, para cumplir con dicho objetivo, una herramienta de gran utilidad es obtener la acreditación de sus ensayos. La norma IRAM 301 (equivalente a ISO/IEC 17025:2005): requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y de calibración, es la norma empleada para acreditar ensayos a través del ente de acreditación correspondiente; y asegurar, de este modo, la competencia técnica del laboratorio.

Un ejemplo concreto de este trabajo conjunto en la Argentina fue la acreditación de dos ensayos fitopatológicos por el *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria* (SENASA) ante el OAA; los cuales permitieron demostrar la exportación de cítricos libres de cancrisis (*Xanthomonas citri* subsp. *citri*) y mancha negra (*Guignardia citricarpa*) a la Unión Europea, y también en el laboratorio de sanidad vegetal de la Estación Experimental INTA Bella Vista, en la provincia de Corrientes.

Al ser analizados los puntos de la norma citada, se encontró que los referidos a gestión, se pueden aplicar directamente, siempre que el personal del laboratorio haya recibido previamente cursos de calidad.

En el caso de los requisitos técnicos presentan, a veces, un diverso grado de dificultad para su implementación, por lo que se requiere de un trabajo conjunto entre el experto en sistemas de calidad y el fitopatólogo.

Por lo tanto, la capacitación del personal, el uso apropiado de equipos y el manejo del concepto de incertidumbre en la medición, se consideran puntos críticos que contribuyen al aseguramiento de la calidad de los resultados.

Es oportuno agregar que, además de la norma de referencia, hay que tener en cuenta que pueden existir otros requisitos específicos y legales en cada país, para cada ensayo según su naturaleza, fijada por la autoridad regulatoria; o bien, los indicados por las buenas prácticas en ese sector.

A modo de ejemplo, se cita la aplicación de normativas internacionales NIMF 15, que son hoy un decreto obligatorio en Argentina (SENASA, 2012).

Literatura citada

- ENAC 04:2002. (2002). Guía para la Acreditación de Laboratorios que realizan Análisis Microbiológicos. <http://cidta.usal.es/cursos/calidad/modulos/documentos/lab/> (Consultada el 08 de marzo de 2016).
- Gally, T. (2008). Mejoramiento de la calidad de los resultados en laboratorios de patología vegetal. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 26 (01):79-82.
- Gally, T. y Rona, N. (2006). Sistemas de calidad para aplicar a ensayos de sanidad de semillas. *Seed News* (2):20-22.
- Gally, T. y Yabar, M. (2013). Ensayos de fitopatología desafíos para su acreditación. *Memorias XXXVIII Jornadas IRAM-Universidad y el XXV Foro UNILAB, Santiago del Estero, Argentina*. 39 pp.
- ILAC. (2016) International laboratory accreditation cooperation. <http://www.ilac.org>. (Consultada el 08 de marzo de 2016).
- ISO 7218. (2007). Microbiology of food and animal feeding stuffs. General requirements and guidance for microbiological examinations. 72 pp.
- ISO 17025. (2005). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración. 35 pp.
- Lanfranchi, R.; Manna, M.; Gómez, M.; Sugía, V.; Ravinale, C. y Antenucci, M. (2008). Acreditación del ensayo "Detección de *Xanthomonas axonopodis* pv *citri*". *Memorias 1º Congreso Argentino de Fitopatología*. 361 pp.
- Mastromónaco, G. M. (2015). Criterios para asegurar la trazabilidad y calidad de cultivos microbianos de referencia. Tesis de maestría en Calidad Industrial. Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.
- OAA. (2016) Organismo Argentino de Acreditación. <http://www.oaa.org.ar> (Consultada el 8 de diciembre de 2015).
- Steiner, A. M.; Kruse, M. y Leist, N. (2008). Method validation a historical retrospect. *Interantional Seed Testing Association (ISTA)*.
- SENASA. (2012). Normas internacionales para medidas fitosanitarias NIMF No. 15 Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional. <http://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2014/12/nimf-15.pdf> (Consultada el 08 de junio de 2016).

Villoch-Cambas, A. M. (2009). Acercamiento a la Acreditación y a las Buenas Prácticas de Laboratorios (BPL) dirigidas a laboratorios de ensayos de microbiología y biotecnología. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria San José de la Lajas, La Habana, Cuba. <http://es.scribd.com/doc/58473783/acreditacion-y-bpl> (Consultada el 08 de marzo de 2016).

Recepción: 10 de junio de 2016
Envío arbitraje: 16 de junio de 2016
Dictamen: 07 de octubre de 2016
Aceptado: 15 de diciembre de 2016



Título: *Zoomana*
Autor: Marisol Herrera Sosa

La incidencia de las prácticas ganaderas en la productividad de los rebaños de cría en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana

Incidence of livestock practices on the productivity of breeding herds in the Pastaza province of the Ecuadorian Amazon

Diocles Guillermo Benítez Jiménez,^{1,2} Julio César Vargas Burgos,¹ Verena Torres Cárdenas^{3*} y Sandra Soria Re¹

¹Universidad Estatal Amazónica (Ecuador).

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” (Cuba).

³ Instituto de Ciencia Animal (Cuba).

*Correspondencia: vtorcar@gmail.com

Resumen

Para identificar la incidencia de las prácticas ganaderas, sobre la productividad en los hatos de cría —en el eslabón primario de la cadena de producción de carne en la provincia Pastaza en la Amazonia ecuatoriana— se utilizó un diseño no experimental, que controló los efectos de piso climático y rangos de altura. Para analizar y resumir la información, se aplicó la técnica estadística “Modelo Medición de Impacto” (MEMI). Los sistemas de cría ceba se agruparon en tres categorías. Estos sistemas se diferencian por el tamaño del rebaño que explotan, las características del relieve donde se ubican, la eficacia que logran durante el desarrollo del proceso de producción y el impacto que provocan en el entorno. Las prácticas ganaderas generalizadas no se adecuan a las exigencias de los ecosistemas donde se ubican, lo que induce a que la productividad de los grupos tipificados no supera el índice de 0.48 ± 0.21 terneros destetado/vaca/año; lo que se relaciona con la natalidad que oscila entre 60 a 70% y a las pérdidas de los becerros en la etapa amamantamiento.

Abstract

In order to identify the incidence of livestock practices, on productivity in farms, on the primary link of the meat production chain in the Pastaza province in the Ecuadorian Amazon, a non-experimental design was used, which controlled the effects of climatic floor and height ranges. To analyze and summarize the information, the statistical technique “Impact Measurement Model” (MEMI) was applied. Cattle rearing systems are grouped into three categories. These systems are differentiated by the size of the herd they exploit, the characteristics of the relief where they are located, the efficiency they achieve during the development of the production process and the impact they cause in the environment. Generalized livestock practices are not adequate to the demands of the ecosystems where they are located, which means that the productivity of the typified groups does not exceed the rate of 0.48 ± 0.21 calves weaned / cow / year, which is related to the birth rate that oscillates between 60 to 70% and the losses of the calves in the stage of breastfe-

Estos sistemas se diferencian por el tamaño del rebaño que explotan, las características del relieve donde se ubican, la eficacia que logran durante el desarrollo del proceso de producción y el impacto que provocan en el entorno. La eficiencia que se obtiene en las mejores fincas de cría demuestra que es posible implementar alternativas sostenibles de producción de carne, en las fincas de cría vacuna en las condiciones de la provincia Pastaza.

Palabras clave

Ganadería, modelo impacto, cadena productiva, Amazonia.

ding. These systems differentiate by the size of the herd that they exploit, the characteristics of the relief where they are located, the efficiency they achieve during the development of the production process and the impact they cause in the environment. The efficiency obtained in the best breeding farms shows that it is possible to implement sustainable alternatives of meat production in the farms of breeding vaccine in the conditions of the Pastaza province in the Ecuadorian Amazon Region.

Keywords

Livestock, model impact, supply chain, Amazon.

Introducción

La cadena primaria de producción de carne bovina está compuesta por dos sistemas: los hatos dedicados a la reproducción, que tienen la finalidad producir terneros con destinos al levante y/o engorda, donde se distinguen tres especialidades: los sistemas de producción de leche; los sistemas de doble propósito, la cría bovina y los hatos en engorda o ceba final, cuyo fin es proveer animales con suficiente calidad para el sacrificio (Benítez, 2010; Gómez-Guarnizo y Rueda de Vivero, 2011).

La eficiencia que se logra en la cría bovina es decisiva en la cadena primaria de producción de carne vacuna, ya que los rebaños en la reproducción aportan más del 60% del volumen total que se logra en estos procesos de producción (Benítez, 2010; Benítez *et al.*, 2009).

Pastaza, provincia de la República del Ecuador, se ubica en el centro de la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE); se caracteriza por mantener el 81% de su territorio ocupado por bosques no intervenidos, donde dispone en sus ecosistemas de una extraordinaria riqueza de recursos naturales y biodiversidad. Por la naturaleza de su relieve, clima, formación edáfica de sus bosques, se le considera un territorio frágil; especialmente opuesta al uso para actividades económicas que vulneren o degraden a sus bosques y ecosistemas en general (ATPA, 2014; Nieto y Caicedo, 2011).

El 21% del área que ocupa la frontera agrícola se usa en sistemas ganaderos, la cual creció 70.90%, con relación a la superficie en uso con este propósito en el año 2000; lo que ocurre a expensas de las áreas de bosques existentes en ese año, con impactos que tienden a acentuar el deterioro ambiental de la RAE (Nieto y Caicedo, 2011; Vargas *et al.*, 2015a).

En esta provincia los hatos de cría representa el 42.60% del inventario de las explotaciones ganaderas del territorio, las que mantienen un rebaño superior a 20 mil cabezas (ESPAC, 2015); cuya productividad está determinada por la eficiencia con que se conduce el proceso reproductivo, el relieve del terreno, al impacto de la ganadería en el

entorno y a las pérdidas que se producen relacionadas al sistema de manejo que se implementa en estos sistemas ganaderos (Benítez *et al.*, 2016).

Las alternativas generalizadas, no adecuadas al bioma Amazónico, al interactuar con la fragilidad de los ecosistemas presentes en la provincia, conducen a que se obtenga baja eficiencia productiva, se deprima el resultado económico y se eleve el deterioro que provoca esta actividad económica al entorno (Benítez *et al.*, 2015; Ríos-Núñez, 2015; Vargas *et al.*, 2015a).

El objetivo del presente trabajo es informar acerca de la incidencia de las prácticas ganaderas generalizadas, sobre la productividad de los sistemas de la cría vacuna en Pastaza, en el eslabón primario de la cadena de producción de carne vacuna.

Materiales y métodos

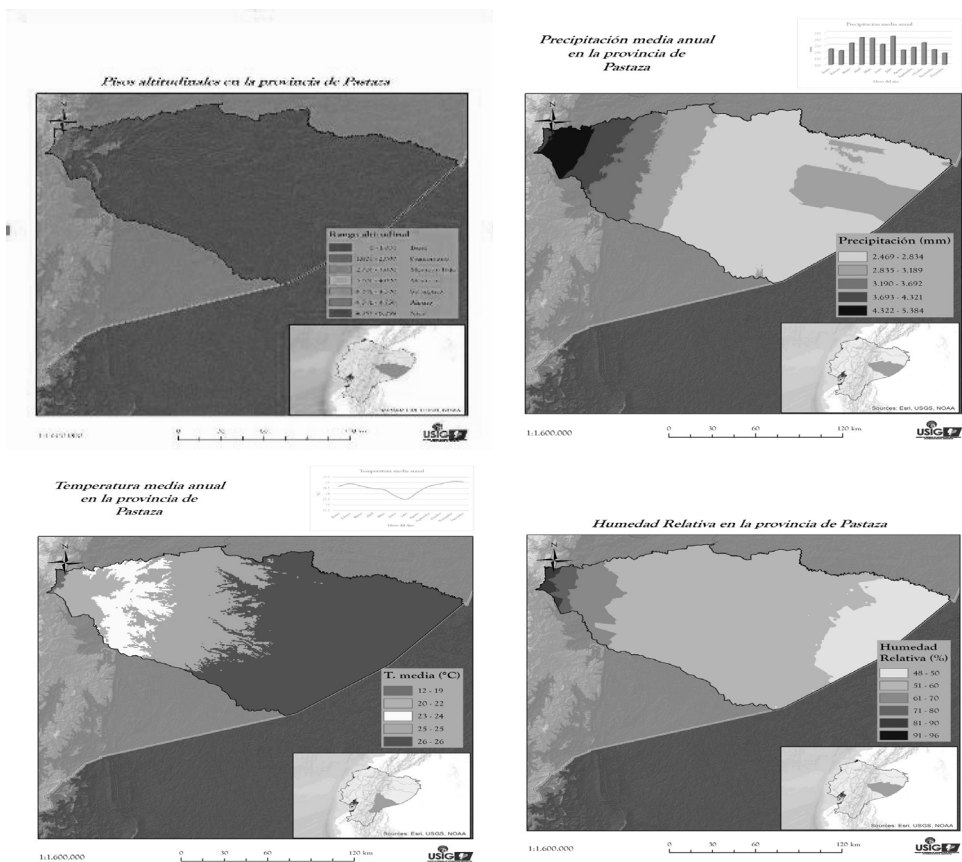
Pastaza se ubica entre las coordenadas 1° 10' de latitud sur y 78° 10' de longitud oeste y 2° 35' de latitud sur y 76° 40' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 29,773 km², lo que equivale al 25.50% de la RAE y al 12% del territorio nacional.

El clima está condicionado a la declinación altitudinal; se caracteriza por la relativa estabilidad de la temperatura y la humedad relativa del aire, que oscila según el piso climático, desde 12°C y 80% hasta 26°C y 70%. La precipitación varía entre 2,500 mm a hasta más de 5,000 mm de lluvias anuales, con una distribución estable a lo largo del año (INAMHI, 2006).

En la figura 1, se muestran los mapas de la variación altitudinal, pendientes del terreno, humedad relativa y precipitaciones de este territorio.

Figura 1

Mapas de los pisos altitudinales, de precipitaciones, de temperaturas y de humedad relativa de la provincia Pastaza de la República del Ecuador.



Fuente: Sistema de Información Geográfico de la Universidad Estatal Amazónica (USIG). Elaborado por Ing. Henry Navarrete (de la UEA).

Diagnóstico y encuesta

Se utilizó una encuesta con 44 variables para evaluar el comportamiento en las dimensiones: productiva, ambiental, económica y social de los sistemas ganaderos de cría en la provincia de Pastaza Ecuador; la cual se aplicó según un diseño no experimental, definido por Hernández-Sampieri *et al.* (2006) como el diseño donde se observan los fenómenos en su contexto natural para después analizarlos.

En el presente estudio se tuvo en cuenta el efecto de piso climático que determina diferencias en el comportamiento edafoclimático del territorio situado en la frontera agrícola de la provincia y que modifican tanto la productividad de los ecosistemas ganaderos como el comportamiento animal (Torres, 2015; Vargas *et al.*, 2015a).

Los aspectos de la encuesta que dieron lugar a la generación de las variables incluyen los siguientes aspectos: “sociales” (localización, estructura social, mano de obra utilizada, capacitación, asesorías y otros datos sociales); “ambientales” (datos del clima, datos del suelo, usos de la tierra, consumo de energía, tipos de las instalaciones, situación ambiental, sistema integrado de manejo del ganado); “zootécnicos” (datos de manejo, datos producción, tipo de maquinaria existente, tenencia y estructura de rebaño vacuno, estructura del sistema de pastoreo, datos reproductivos, datos de producción, movimiento de rebaño, prácticas de alimentación y manejo del ternero); “económicos” (producciones finales vendidas, destino de las producciones vendidas, percepciones económicas finales) y “sanitarios” (mortalidad, sanidad animal, bioseguridad y bienestar animal).

Tamaño de la muestra

Se consideró como población a las fincas que cumplieron la condición de tener un rebaño de más de 10 cabezas de ganado vacuno y más de cinco años de actividad consecutiva; dado que existe suficiente tiempo para que se manifestara con claridad el impacto de la ganadería en el entorno. Las fincas con estas características agrupan el 77% de los productores, los que mantienen el 87% de los hatos que se dedican a la cría bovina en Pastaza (ESPAAC, 2015).

El tamaño de la muestra se determinó a partir de las 850 fincas bajo sistemas de cría existentes en este territorio (ESPAAC, 2015). Se aplicó el criterio de máxima varianza (Snedecor y Cochran, 1989; Torres, 1987), para garantizar un tamaño de muestra adecuada para todas las variables evaluadas. Se consideró el valor de s^2 muestral como 31.20, con valores de error prefijado de un 3% y nivel de confiabilidad del 95%.

El tamaño de muestra estimada fue de 170 fincas. En el trabajo de campo se comprobó que en determinados sectores disminuyó la cantidad de fincas existentes, por diferentes causas asociadas al cambio de actividad productiva, pérdida, venta de los rebaños o el abandono de éstas. Tales causales obligaron a disminuir a 120 la cantidad de fincas visitadas. Dada la varianza calculada para la muestra real obtenida, se consiguieron nuevamente los estadígrafos y se comprobó la validez de la muestra para el propósito de la investigación.

Creación de la matriz de datos

La información obtenida durante los muestreos se tabuló en matrices de datos organizadas en hojas de cálculo *Excel*; donde se situaron en las filas los sistemas ganaderos visitados y en las columnas las variables objeto de estudio. Cada base de datos se sometió a revisión y se eliminaron las fincas donde faltó información relevante, por no especificarse con precisión el acápite por el encuestador.

Además, se eliminaron los casos que presentaron valores atípicos y los que no cumplían la condición de tener más de cinco años de trabajo consecutivo y un mínimo de animales igual o superior a diez cabezas de ganado vacuno. Después de eliminadas las fincas con datos atípicos o con información incompleta quedó un tamaño de muestra de 112 fincas; lo suficientemente grande para soportar la validez de la evaluación del sistema ganadero cría en la provincia de Pastaza.

Determinación de los factores que influyen en la eficiencia productiva

Para analizar y resumir la información recopilada se aplicó el Modelo Estadístico de Medición de Impactos (MEMI), de Torres *et al.* (2013); metodología estadística que combina diferentes técnicas multivariadas para realizar análisis integrales y determinar el comportamiento y la clasificación de los sistemas productivos (Torres *et al.*, 2013; Torres, 2015).

Después de verificar los supuestos —a través de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Torres *et al.*, 2013)— y conocer la calidad de la información, se aplicaron las técnicas estadísticas multivariadas “Componentes Principales” (ACP) utilizando la matriz de correlación de los indicadores originales y el criterio de valores propios mayores o iguales a la unidad en la selección de los componentes principales que mayor variabilidad explicaron.

Con los componentes principales identificados, se estimaron las puntuaciones factoriales para cada finca —a través del método de regresión— obteniéndose el índice de impacto de cada una, para cada indicador seleccionado. Se usaron los índices de impactos para la clasificación de las fincas aplicando la técnica multivariada “Conglomerados Jerárquicos”.

Después de seleccionados los grupos, se realizó su validación —a través del “test F” del análisis confirmatorio de K-medias— para eliminar la subjetividad en la clasificación obtenida; y, finalmente, se tipificaron las fincas ganaderas, lo que contribuye a una mejor toma de decisiones para el manejo de estos sistemas.

Por último, se hizo uso de la estadística inferencial para el análisis e interpretación de los resultados.

Todos los métodos fueron procesados utilizando el sistema estadístico IBM- SPSS (2012) sobre *Windows* (Versión 22). Se analizaron, además, las variables discretas que inciden en el comportamiento de los sistemas, relacionadas con las dimensiones social, ambiental, zootécnica y económica, para caracterizar su comportamiento en cada grupo; y se identificaron los riesgos a que se somete la ganadería y la implementación de prácticas ganaderas ineficientes.

Para ello, se utilizaron las tablas de contingencia para evaluar —con las variables de interés que inciden en la eficiencia productiva— el impacto ambiental de la ganadería en el entorno y los riesgos sociales asociados a la sostenibilidad de la ganadería en Pastaza.

La información procesada fue analizada por un panel de expertos, que definió las alternativas para la implementación de producciones sostenibles, en los sistemas tipificados —a través de técnicas que permitieron predecir el comportamiento de la actividad productiva— con la implementación de las alternativas identificadas, las que se validaron en las mejores fincas ganaderas de cría y leche en sistemas de doble propósito, del área de estudio.

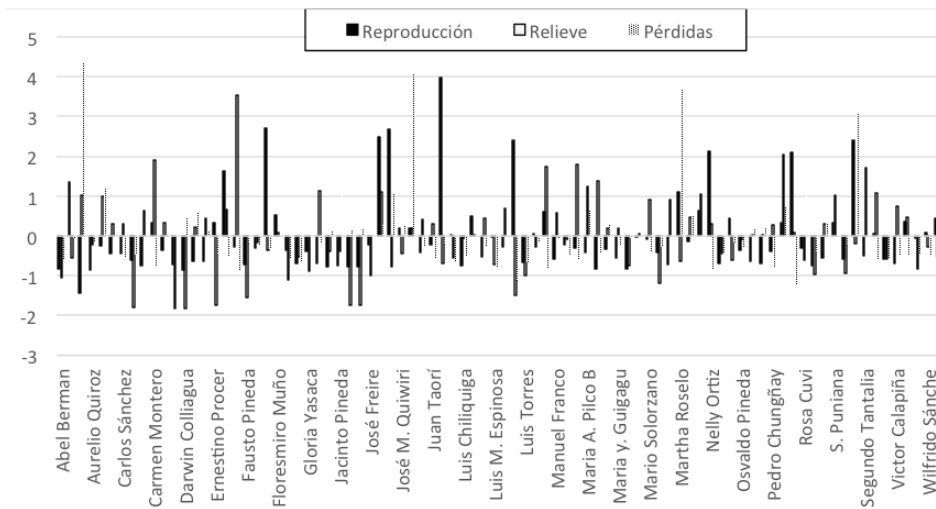
Resultados

En la figura 2, se muestran los impactos de los factores que determinan la eficiencia productiva en cada una de las fincas de cría en Pastaza. En esta figura los impactos se identifican con líneas que se corresponden con cada uno de los tres componentes que determinaron la eficiencia productiva (reproducción, relieve y pérdidas), en cada una de las fincas de la muestra evaluada en el presente estudio.

El sentido de las líneas es beneficioso o perjudicial, según las características del factor que lo define. Sólo el 7.14% de las fincas presentaron desempeños aceptables relacionados con la eficiencia del proceso reproductivo, representadas en la figura referida con las líneas o rectángulos negros de mayores dimensiones.

En el 38% de las fincas se observó degradación intensa del entorno, identificadas con los rectángulos con fondo blanco que determina el componente “Relieve” y las líneas grises más finas (punteadas), identifican la incidencia del factor “Pérdida” en la eficiencia de las fincas.

Figura 2
Impacto de los factores identificados en las fincas ganaderas de cría en la provincia de Pastaza.



En el cuadro 1, se presenta la tipología de las fincas ganaderas de cría en la provincia de Pastaza. El primer grupo representa el 43% de los casos evaluados. Son fincas que se sitúan a los 855 ± 239 msnm sobre pendientes de $21.1 \pm 11\%$; ocupan una superficie en la ganadería de 22.4 ± 12.9 ha, con el 79% del área propia para el pastoreo; mantienen 13 ± 10.3 ha de bosques y 0.8 ± 0.9 ha en cultivos varios. Su rebaño es de 19 ± 11 cabezas; de las cuales, el 42% son vacas.

El sistema de manejo implementado se basa en el pastoreo a sogueo (método de manejo donde los animales permanecen confinados a una determinada área de pastos sujetos por un cabo o soga que se amarra a una de las extremidades posteriores o a la cabeza), en el pasto gramalote (*Axonopus scoparius*) como pasto predominante como alternativa reproductiva la monta directa, cargas de 1.2 ± 1.4 UGM/ha; arriendan una superficie equivalente al 9.30% del área que explotan para completar el déficit de biomasa de sus respectivos sistemas ganaderos; destetan 0.48 ± 0.18 terneros/reproductora/año; la extensión de la erosión cubre la totalidad del área de pastoreo, y la intensidad de la misma es de 44 ± 14.3 cárcavas/ha, sobre suelos con capas de material orgánico que oscila entre 10 a 20 cm.

El segundo grupo constituye el 47.70% de los sistemas evaluados. Son fincas que se sitúan a los $967 \pm 1,177$ msnm sobre pendientes de $46 \pm 5.97\%$; ocupan una superficie en la ganadería de 28.3 ± 18 ha, con el 31.58% del área propia para el pastoreo; mantienen 14.5 ± 12 ha de bosques y 1.5 ± 1.2 ha en cultivos.

Su rebaño es de 21 ± 17 cabezas, de las cuales el 38% son vacas. El sistema de manejo se basa en el sogueo sobre gramalote, con cargas de 0.8 ± 0.5 UGM/ha, arriendan una superficie equivalente al 10.70% del área que explotan para completar el déficit de biomasa de sus sistemas. Usan la monta directa como método reproductivo.

Destetan 0.48 ± 0.21 terneros/reproductora/año. La pendiente del terreno y la carga animal se reflejan en la intensidad de la erosión medida como la cantidad de cárcavas o surquillos que dejan los animales cuando pastan en las laderas, oscilando en 86 ± 39 surcos por cada cien metros de desplazamiento.

El tercer grupo lo constituye el 9.30% de las fincas evaluadas, que se sitúan a los 897 ± 268 msnm sobre pendientes de $32.3 \pm 15.1\%$, ocupan una superficie en ganadería de 60.8 ± 44.4 ha, con el 70.90% del área propia para el pastoreo, mantienen 22.6 ± 16.1 ha de bosques 1.1 ± 1.6 ha en cultivos. Su rebaño es de 67 ± 9 cabezas; de las cuales, el 47.80% son vacas.

La natalidad es de $70 \pm 22\%$, la carga es de 2.08 ± 2.00 UGM/ha arriendan el equivalente al 19.40% del área que explotan para completar el déficit de biomasa de sus unidades de producción. Destetan 0.23 ± 0.22 terneros/reproductora/año. La extensión de la erosión que cubre la totalidad del área de pastoreo; la intensidad de la misma es de 54 ± 29 cárcavas/ha, sobre suelos cuya profundidad es de 25.8 ± 26.7 cm.

Cuadro 1

Tipificación de la ganadería de cría en la provincia de Pastaza atendiendo al impacto de los factores que determinan la eficiencia productiva.

Grupos	I (43% de las fincas)		II (47.70% de las fincas)		III (9.30% de las fincas)	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Altura (msnm)	855.0	239.0	967.0	117.0	897.0	268.0
Pendiente (%)	21.1	11.4	46.0	15.9	32.3	15.1
Área de la finca (ha)	39.0	18.1	46.0	24.1	83.5	47.8
Área en uso ganadero (ha)	22.4	12.9	28.3	18.0	60.8	44.4
Área compatible con el pastoreo (%)	79.1	19.2	31.5	25.2	70.9	28.2
Área de bosques (ha)	13.0	10.3	14.5	12.0	22.6	16.1
Área de cultivos (ha)	0.9	0.9	1.5	1.2	1.1	1.6
Superficie que arrienda (ha)	2.1	4.9	3.0	5.2	11.8	12.9
Total vacunos (cabezas)	19.0	11.0	21.0	17.0	67.0	9.0
Vacas (cabezas)	8	5.0	8.0	7.0	32.0	9.0
Crías (cabezas)	3	2.0	3.0	3.0	13.0	6.0
Tiempo de reposo del pasto (días)	239	56.0	257	54.0	255.0	51.0
Carga (UGM/ha ^(a))	1.2	1.4	0.8	0.5	2.0	2.0
Hembras en reproducción (cabezas)	9	5.0	9.0	7.0	35.0	9.0
Natalidad (%)	63	22.0	72.0	22	70.0	22.0
Relación vacas/semental	8	6.0	7.0	6.0	31.0	7.0
Peso vendido en pie (t)	1.0	1.5	1.1	1.3	4.9	3.5
Mortalidad de crías (%)	10	14.0	3.0	4.0	3.0	3.0
Mortalidad de adultos (%)	3.4	5.0	11.5	13.6	60.4	40.1
Productividad (terneros destetados/reproductora/año)	0.48	0.18	0.48	0.21	0.23	0.22
Condición corporal del rebaño	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0
Cárcavas/ha (número)	44.0	26.0	86.0	39.0	54.0	29.0
Profundidad del suelo (cm)	19.8	14.3	17.3	18.6	25.8	26.7

Fuente: elaboración propia.

^(a)UGM se consideró, en este estudio, a una res de 450 kg de peso vivo y capacidad de ingestión de 13.50 kg de materia seca/día.

^(b)Cárcava se refiere a los surquillos que provoca el pisoteo del ganado en los terrenos pendientes, indicador de la intensidad de la erosión.

En el cuadro 2, se muestran las prácticas ganaderas relevantes relacionadas con las alternativas de manejo generalizada en estas fincas.

Cuadro 2
Prácticas de producción ganadera relevantes identificadas
en los sistemas de cría, en la provincia de Pastaza, como porcentaje
intra-grupo y del total de fincas evaluadas.

Variables	Prácticas ganaderas	Grupos ¹			Porcentaje del total de casos evaluados ²
		I	III	III	
Arriendan a otros productores para alimentar su rebaño	Sí	21.6	36.6	50.0	31.4
	No	78.4	63.4	50.0	68.6
Tienen inventario de entrada y salidas de animales	Sí	2.7	0.0	12.5	2.3
	No	97.3	100.0	87.5	97.7
Método de pastoreo que utilizan	Sogueo	100.0	97.6	100.0	98.8
	Rotacional	0.0	2.4	0.0	1.2
Existen asociaciones en el sistema de pastoreo	Sí	5.4	4.9	12.5	5.8
	No	94.6	95.1	87.5	94.2
Método reproductivo	Monta	73.0	78.0	75.0	75.6
	IA ³	27.0	22.0	25.0	24.4
Organizan estrategias de partos	Sí	2.7	0.0	0.0	1.2
	No	97.3	100.0	100.0	98.8
Los animales que ingresan son sometidos a cuarentena	Sí	2.7	2.4	0.0	2.3
	No	97.3	97.6	100.0	97.7
Los animales están identificados individualmente	Sí	97.3	95.1	100.0	96.5
	No	2.7	4.9	0.0	3.5
Tienen registros individuales de cada animal, donde se consignan todos los procedimientos realizados mientras se encuentran en el predio	Sí	0.0	0.0	12.5	1.2
	No	100.0	100.0	87.5	98.8
Utilizan alimentos concentrados en la nutrición de sus animales	Sí	48.6	39.0	0.0	39.5
	No	51.4	61.0	100.0	60.5
Suministran sales minerales a sus rebaños	Sí	100.0	95.1	100.0	97.7
	No	0.0	4.9	0.0	2.3
Las fuentes de agua están protegidas según las normas del Ministerio del Ambiente	Sí	18.9	26.8	12.5	22.1
	No	81.1	73.2	87.5	77.9
Tienen un plan para el manejo ambiental de sus fincas	Sí	0.0	4.9	0.0	2.3
	No	100.0	95.1	100.0	97.7
Tienen idea de cómo mejorar la calidad de los productos que comercializan	Sí	37.8	29.3	62.5	36.0
	No	62.2	70.7	37.5	64.0

Fuente: elaboración propia.

¹Porcentajes intragrupos.²Porcentaje del total de fincas evaluadas en la muestra para el procedimiento.³Inseminación artificial.

En el cuadro 3, se muestran algunas alternativas promisorias identificadas para la producción sostenible de carne vacuna, a partir del sistema cría en la Amazonia ecuatoriana. Se atendió la resolución de las deficiencias identificadas en los procesos alimentarios, reproductivos, trazabilidad, control sanitario, programas genéticos, control de costos y la implementación de sistemas de gestión ambiental, adecuándolos a las características de cada sistema.

Cuadro 3
Alternativas sostenibles de producción de carne vacuna
a partir de las fincas de cría en la provincia de Pastaza.

<i>Procesos ganaderos</i>	<i>Alternativas</i>
Área de pastoreo	-Se implementa un programa de ordenación de la finca, adecuando el uso de la tierra a las potencialidades y exigencias del ecosistema -Restringir el pastoreo a las áreas con pendientes inferiores al 30%, consideradas compatibles para esta actividad, en terrenos pendientes
Tipo de pastos	Se combina el uso del gramalote, cultivares de ciclo corto con forrajes de alta producción de biomasa asociados con leguminosas
Área de compensación	Se establece un área de leguminosas y arbustivas para suplementar a los hatos
Introducción de otras innovaciones	Cerca eléctrica con hilo móvil
Método reproductivo	Aplicar la “Inseminación Artificial” o la monta libre en “Patio Simple”, ¹ según aconsejen las características de la finca, unido a la alternativa “Manipulación de la lactancia del ternero”
Sistema de pastoreo	Racional o sogueo, basado en la generalización del silvopastoreo
Trazabilidad	Implementar sistemas de controles al rebaño
Programa sanitario	Se diseña para las características de la finca, según las normas sanitarias regionales y los riesgos sanitarios de la zona donde esté enclavada la finca
Control de costos	Se diseña un sistema de gestión de costos apropiado a la unidad ganadera
Prácticas pecuarias	Se ajustan a las características del entorno
Programa genético	Se adapta un sistema de mejora adecuado a las características del ecosistema
Gestión ambiental	Se parte de ordenar el uso del suelo en la finca, se ajustan las alternativas promisorias al propósito productivo y se diseña un plan de gestión ambiental, adecuado a los requerimientos del ecosistema

Fuente: elaboración propia.

¹Patio simple: se refiere al método de monta libre que se basa en el uso de un semental y las hembras en las que éste pueda servir.

En el cuadro 4, se muestran las características de las mejores fincas ganaderas dedicadas a la producción de terneros con destino al levante o la ceba en Pastaza; donde se integran varias de estas alternativas, para el propósito de cría vacuna (identificadas en el cuadro 3).

Estas fincas se encuentran en el piso climático “Piemontano”, donde se sitúa el 90% de los sistemas ganaderos de Pastaza; ocupan un área total de 59.30 ha, superficie que las sitúa entre las fincas consideradas como de tamaño medio en la Amazonia Ecuatoriana. El 37.90% de la finca se ocupa por bosques de realce y abarcan 0.8 ± 1 ha en cultivos que sirven para el autoabastecimiento de alimentos de las familias.

El sistema de manejo se basa en el sogueo sobre *Axonopus scoparius* (gramalote). La tierra en uso para la ganadería es de 53.8 ± 38.6 ha. El 76.30% del área de pastoreo se sitúa sobre pendientes inferiores al 30%, inclinación máxima que se considera compatible para realizar el pastoreo y minimizar la erosión que provoca el pisoteo del ganado en los terrenos pendientes, si se aplican las medidas correspondientes de protección del entorno. Arriendan, adicionalmente, 8.5 ± 11.14 ha para alimentar sus animales debido a que se agota de la biomasa que se genera en sus fincas, antes que se repongan las áreas de pastoreo, por el tiempo que requiere el pasto base (gramalote) para acumular la biomasa que permita realizar un nuevo pastoreo.

Mantienen un hato de 72 ± 20 cabezas de ganado; de la que el 45.80% son reproductoras, que las sirven con la técnica de monta libre en patio simple. Los indicadores relativos de la eficiencia reproductiva superan entre el 22 y 40% a los parámetros medios que se obtienen por cada vaca que se explota en los sistemas ganaderos tipificados en Pastaza; y la condición corporal es indicativo de un proceso adecuado de alimentación.

La profundidad del suelo es media, de 12.5 ± 3.8 cm; inferior al promedio que observa para los suelos en uso ganadero; y la extensión de la erosión ocupa la totalidad del área en uso ganadero y su intensidad es de 55 ± 17 las cárcavas.

Cuadro 4
Características de las mejores cuatro fincas de cría en la provincia de Pastaza.

<i>Variables</i>	<i>Media</i>	<i>DE</i>
Altura (msnm)	1039.3	224.6
Pendiente (%)	33.8	12.5
Área total de la finca (ha)	59.5	42.4
Área en uso ganadero (ha)	53.8	38.6
Área compatible con el pastoreo (%)	76.3	25.0
Área de bosques (ha)	22.5	9.6
Área de cultivos (ha)	0.8	1.0
Superficie que arrienda (ha)	8.5	11.4
Total vacunos (cabezas)	72.0	20.0
Vacas (cabezas)	30.0	7.0
Crías (cabezas)	14.0	5.0
Tiempo de descanso del pasto (días)	278.0	57.0
Hembras en etapa reproductiva (cabezas)	33.0	7.0
Tasa de natalidad (%)	96.0	3.0
Relación vacas/semental	32.0	8.0
Venta de animales en pie (t)	6.4	2.9
Muertes en el rebaño (cabezas)	7.0	6.0
Condición corporal del rebaño	3.4	0.3
Cárcavas/ha(número)	55.0	17.0
Profundidad del suelo (cm)	12.5	3.8
Mortalidad de crías (%)	1.0	1.2
Mortalidad de vacas (%)	3.0	3.6
Productividad (terneros destetados//reproductora/año)	0.8	0.1

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Se considera como impacto al conjunto de cambios que se producen en un tiempo determinado en una esfera específica, como producto de la implementación de la alternativa producción adoptada. Estos cambios pueden tener sentido positivo o negativo, según deterioren o mejoren los resultados de la actividad practicada. Los impactos se consideran integrales cuando inciden sobre diferentes dimensiones a la vez (Torres, 2015; Torres *et al.*, 2013; Vargas *et al.*, 2015a).

Las alternativas productivas adoptadas en las fincas de cría en Pastaza conducen a que la eficiencia productiva esté determinada por tres factores etiquetados como “Repro-

ducción”, “Relieve” y “Pérdidas”, que se reportaron en un trabajo previo de Benítez *et al.* (2016). Los impactos que se muestran en la figura 1 se construyeron por la combinación lineal entre las variables originales y los pesos de los factores que determinaron la eficiencia productiva en el estudio referido, en cada una de las fincas de la muestra evaluada.

El impacto se constituye como indicador que cuantifica el disturbio causado por la aplicación de las diferentes prácticas ganaderas en las fincas estudiadas; lo que conllevó a que se produjeran cambios en el comportamiento del sistema y el entorno, los que presionan sobre la capacidad de recuperación de los ecosistemas y llegan a ser irreversibles, si la duración del disturbio sobrepasa la capacidad de resiliencia del entorno (Altieri y Nicholls, 2002).

La capacidad reproductiva de los rebaños es la última prioridad fisiológica de los animales; se manifiesta cuando todos los requerimientos alimentarios y fisiológicos están cubiertos (Hafez, 2000; Montiel y Ahuja, 2005; Shell *et al.*, 1995; Villagómez *et al.*, 2000).

Los indicadores reproductivos son herramientas que predicen la estructura del hato, el potencial de producción que se espera, el programa de alimentación a establecer para obtener producciones altas y estables, la modelación del sistemas sanitario, el sistema de manejo, el volumen de ventas esperado, los recursos que se deben prever para la gestión y qué prácticas productivas se deben establecer para el óptimo funcionamiento del sistema (Benítez *et al.*, 2009; Hafez, 2000; Pinto *et al.*, 2008).

Los procedimientos con que se conducen las prácticas ganaderas, en las fincas de cría vacuna, tienen marcada influencia en la eficiencia que se alcanza en los sistemas dedicados a la producción de carne en Pastaza (Benítez *et al.*, 2015; Vargas *et al.*, 2015b). En el presente estudio, la productividad de los grupos tipificados en el sistema “Cría bovina”, medida en terneros destetados por reproductora/año, no supera el índice de 0.48 ± 0.21 ; lo que relaciona a la baja natalidad que se obtiene y las pérdidas de las crías en la etapa de amamantamiento, relacionado este fenómeno a las condiciones adversas imperantes para la ganadería, a la capacidad de producción de leche de las reproductoras por causas múltiples y a la inseguridad sanitaria prevaleciente en la Región Amazónica Ecuatoriana (Pérez, 2015; Nieto y Caicedo, 2011; Grijalva *et al.*, 2004; 2013; Vargas *et al.*, 2015a).

El 70% de la tierra en la frontera agrícola de Pastaza no es propia para el uso en la ganadería, lo que incrementa el riesgo de degradación de los ecosistemas (Bravo, 2015; Nieto y Caicedo, 2011).

La pendiente del terreno es un atributo del relieve que condiciona al peligro de erosión, junto a otros factores como el régimen de lluvias, la intensidad de los aguaceros, la capacidad de infiltración del suelo, el cubrimiento del terreno y el sistema de manejo que se adopta (Benítez *et al.*, 2007; FAO, 2000).

A medida que aumenta la pendiente del terreno, crece exponencialmente la velocidad de la escorrentía, la capacidad erosiva de la lluvia y la degradación de tierras asociada a estos fenómenos naturales (FAO, 2000; Murgueitio e Ibrahim, 2004).

En la Frontera Agrícola de Pastaza, el régimen de lluvias condiciona al sobre-humedecimiento del suelo que —unido a las características del relieve, en terrenos que van desde ondulados a alomados, con pequeñas áreas llanas— predisponen a que el pastoreo

provoque degradación de tierras por la erosión; que se manifiesta en los surquillos y/o surcos que quedan verticales a la pendiente en los terrenos de pastoreo, por el efecto del pisoteo de los animales sobre el suelo. A medida que aumenta la pendiente del terreno crece la extensión e intensidad de la erosión (FAO, 2000).

En el presente estudio, la interacción de la pendiente del terreno y la carga animal incrementan los riesgos de erosión, que se traduce en la cantidad de cárcavas perpendiculares a la pendiente que se observan en las fincas ganaderas de cría tipificadas en Pastaza (Benítez *et al.*, 2015; 2016; Bravo, 2015; Vargas *et al.*, 2014).

La erosión se asocia al porcentaje del área que se considera apropiada para el pastoreo, que son aquellas con pendientes menores al 30%. Esta variable y la pendiente del terreno se asocian a la profundidad del suelo, la cual decrece a medida que se incrementa la pendiente del sistema (Bravo, 2015).

Las buenas prácticas pecuarias, como modelo de gestión para el control de la calidad en las instalaciones pecuarias, constituyen requisitos indispensables a cumplimentar en el eslabón primario de producción, para asegurar la obtención de alimentos de origen animal inocuos y competitivos; garantizando, a la vez, la protección del medio ambiente, el bienestar animal y del personal que labora en los predios ganaderos (FAO, 2009).

Los indicadores que se presentan en el cuadro 3 coinciden con los resultados de Pérez (2015), quien describe comportamiento deficiente en las prácticas ganaderas que se aplican en fincas de producción de leche en la provincia de Pastaza; así como el 42% de las normativas vigentes no están diseñadas para las condiciones específicas, en las cuales se desarrolla la ganadería en la Región Amazónica Ecuatoriana.

La introducción de algunas prácticas de intensificación es consecuencia de la ayuda gratuita de los gobiernos territoriales descentralizados, con bajo impacto y sostenibilidad en el tiempo, por utilizarse sin la debida adecuación; como es el caso de la práctica de inseminación artificial que, generalmente, se utiliza sin abandonar el uso de la monta libre (Vargas *et al.*, 2015).

El plan de gestión ambiental para una entidad ganadera implica aplicar los procedimientos de ordenación que garanticen mitigar o detener la degradación de tierras, establecer las medidas de seguridad sanitaria diseñadas para la región donde se ubique la finca, utilizar alternativas de producción eficientes adecuadas al propósito productivo implementado y a la vocación del ecosistema; garantizar ingresos altos y costos bajos, además de mejorar la calidad de vida del productor y su familia (FAO, 2000; FAO y FIL, 2012).

La eficiencia que se logra en los sistemas productivos está relacionada con el comportamiento social de los actores que lo conducen; lo que, su vez, se relaciona con el acceso a los sistemas de gestión de innovación que se implementa.

En el presente estudio, el 88% de los productores no tienen acceso a las alternativas de producción ganadera adecuadas a las exigencias de los ecosistemas amazónicos, el 97% no aplica ningún sistema de gestión ambiental, controla los costos o gerencia adecuadamente de sus emprendimientos; aspectos que se relacionan con los riesgos y la vulnerabilidad de estos sistemas de producción. Similares resultados son informados para la ganadería de leche en sistemas de doble propósito de Pastaza (Benítez *et al.*, 2015; Vargas *et al.*, 2015a).

El indicador de productividad (medido como la cantidad de terneros que se destetan por reproductoras/año de las mejores fincas de cría en Pastaza) supera entre el 40 al 70% a la productividad que alcanzan los grupos tipificados que se presentan en el cuadro 1. Esta mejoría se basa en la conducción de los procesos de reproducción y alimentación, así como en la introducción de innovaciones en los procesos de trazabilidad y sanitarios.

La eficiencia que se obtiene en estas fincas, demuestran la factibilidad de mantener producciones ganaderas sostenibles en Pastaza, si se adoptara en cada finca ganadera dedicada a la cría vacuna el paquete de alternativas de producción acorde a las exigencias del entorno.

La intensidad de la erosión se relaciona con la pendiente del terreno, a la carga animal que se utiliza y a la forma como se conduce el pastoreo (FAO, 2000; Vargas *et al.*, 2015a).

Limitar la práctica del pastoreo a las superficies con vocación para esta actividad, reduce los peligros de erosión, considerándose como tal a la superficie del terreno con pendientes menores al 30% (FAO, 2009 y 2012; Benítez *et al.*, 2015).

En Pastaza, el 45% de los terrenos en uso ganaderos en las fincas de cría no son compatibles para la práctica del pastoreo; lo que incrementa los peligros de erosión y la superficie disturbada por la ganadería.

Delimitar el pastoreo a las áreas compatibles con el mismo reduciría en idéntico porcentaje los peligros de degradación de tierra, las que se destinarían a bosques protectores u otras prácticas relacionadas con la silvicultura; con el fin de detener, en primera instancia, y recuperar, posteriormente, el deterioro ambiental provocado por la práctica de la ganadería en la frontera agrícola (Benítez *et al.*, 2015).

Conclusiones

Las prácticas ganaderas generalizadas en las unidades de producción dedicadas a la cría vacuna en Pastaza, no se adecuan a las exigencias de los ecosistemas donde se ubican; lo que induce a que se obtenga baja eficiencia productiva y se degrade el entorno.

Estos sistemas se agruparon en tres categorías: atendiendo a los impactos de los factores que determinan la eficiencia productiva. Se diferencian por el tamaño del rebaño que explotan, las características del relieve donde se ubican, la eficacia que logran durante el desarrollo del proceso de producción y el impacto que provocan en el entorno.

La eficiencia que se obtiene en las mejores fincas de cría muestra que es posible implementar alternativas sostenibles de producción de carne en las fincas de cría vacuna, en las condiciones de la provincia Pastaza en la Región Amazonia Ecuatoriana.

Literatura citada

- Altieri, M.A. y Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 64: 17- 24.
- ATPA. (2014). *Reconversión Agroproductiva Sostenible en la Amazonía ecuatoriana*. Ministerio de la Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Disponible en: <http://www.desarrolloamazonico.gob.ec/atpa-agenda-de-transformacion-productiva-amazonica-2/>. (Consultada el 12 de abril de 2016).
- Benítez, D.G. (2010). *Tecnologías sostenibles de producción ganadera en sistemas frágiles y degradados*. Editorial Bayamo. Cuba. 190 pp.
- Benítez, D.G.; Romero, A.; Guevara, O.; Torres, V.; Ramírez, A.; Pérez, B.; Miranda, M.; Guerra J. y Olivera, C. (2009). Alternativas para la producción sostenible de carne vacuna en el Valle del Cauto. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(4):369-377.
- Benítez, D.G.; Blanco, N.; Castellanos, M.C.; Cook, E.; Crump, M.; Días, V.M.; Guerra, J.; Guevara, O.; Hernández-Pérez, M.; Miranda, M.; Pérez, B.; Pérez, Salas, D.; Ramírez, A.; Ramos, J.; Ricardo, O. y Vega, J. (2007). *El manejo de la finca ganadera en la montaña*. Editorial IIA Jorge Dimitrov. Bayamo, Cuba. 125 pp.
- Benítez, D.G.; Torres, V.; Vargas, J.C. y Soria, S. (2016). La eficiencia productiva de rebaños de cría en Pastaza, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science* 50(2):205-213.
- Benítez, D.G.; Vargas, J.C.; Torres, V.; Ríos, S.; Soria, S. y Navarrete, H. (2015). Herramientas para ordenar la ganadería en la provincia Pastaza de la Amazonia Ecuatoriana. *Livestock Research for Rural Development* 27(01).
- Bravo, C. (2015). Manejo del recurso suelo bajo agro-ecosistemas ganaderos. En: *Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana*. (Editores: Vargas, J. C. y Torres, A.). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 174 pp.
- ESPAC. (2015). *Bases de datos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (BBD)*. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec/encuestas-de-superficie-y-producción-agropecuaria-continua-bbd/. (Consultada el 30 de abril de 2016).
- FAO y FIL. (2012). *Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Directrices FAO: Producción y sanidad animal*. No. 8. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/ba0027s/ba0027s00.htm> (Consultada el 10 de abril de 2016).
- FAO (2009). *Guía de buenas prácticas ganaderas para la seguridad sanitaria de los alimentos de origen animal*. Disponible en: www.oie.int/fileadmin/home/esp/currentscientific-issues/docs/pdf/esp-guide.pdf (36 pp.) (Consultada el 01 de noviembre de 2015).
- FAO (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de Tierras y Agua 8. Disponible en: www.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf. (Consultada el 10 de abril de 2016).
- Gómez-Guarnizo, J.D. y Rueda de Vivero, R.A. (2011). *Productividad del sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009*. Trabajo de Licenciatura. Colegio Mayor Nuestra Señora de Rosario. Bogotá, Colombia.
- Grijalva, O.; Ramos-Veintimilla, R.; Arévalo-Vizcaíno, V.; Barrera A. P. y Guerra, M. (2013). *Alternativas de intensificación, adaptación y mitigación a cambios climáticos: Los sistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Quijos de la Amazonia ecuatoriana*. INIAP Publicación Miscelánea No. 414. Quito, Ecuador. 318 pp.
- Grijalva, J.; Arévalo, V. y Wood, Ch. (2004). *Expansión y trayectoria de la ganadería en la Amazonia: Estudio del Valle del Quijos y Piedemonte, en la selva alta del Ecuador*. INIAP Publicaciones misceláneas No. 125. Quito, Ecuador 201 pp.
- Hafez, E. (2000). *Reproduction in farm animals*. Edición 7ª. Editorial Lippincott Williams & Wilkins. EUA. 497 pp.
- Hernández-Sampieri, R.; Fernández-Collado, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Cuarta Edición. McGraw-Hill. Interamericana de Editores. S. A. de C. V. México. 481 pp.
- IBM SPSS. (2012). *IBM*SPSS Statistics Version 22 Corporation North Castle Drive Armonk* (software). NY USA.

- Montiel, F. y Ahuja, C. (2005). Body condition and suck lingas factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: are view. *Animal Reproduction Science* 85(1/2):1-26.
- Murgueitio, E. e Ibrahim, M. (2004). *Ganadería y medio ambiente en América Latina. XII Congreso Venezolano de producción e industria animal 2004. Agroforestería*. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/congresos/memorias_xiicongreso/pdfs/11_conferencias/11_conferencia_murgueitio_pag187-202.pdf (Consultada el 08 de noviembre de 2016).
- Nieto, C. y Caicedo, C. (2011). *Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la Amazonia ecuatoriana*. INIAP-EECA Publicación Miscelánea No. 405. Joya de los Sacha, Ecuador. 102 pp.
- Pérez, M. (2015). *Implementación de las buenas prácticas en explotaciones pecuarias. Estudio de caso. Los rebaños lecheros de doble propósito de la provincia de Pastaza*. En: Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana. (Editores: Vargas, J. C. y Torres, A.). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 174 pp.
- Pinto, K. D.; Pérez, R.; Domínguez, C. y Jerez, N. (2008). Efecto del nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, expresión de transportadores de glucosa y tolerancia a la insulina en vacas mestizas durante el posparto. *Zootecnia Trop.* 26(2):95-104.
- Ríos-Núñez, S. (2015). *Cadenas de valor pecuarias bovinas en Pastaza. Lógicas de funcionamiento dentro del modelo ganadero ecuatoriano*. En: Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana. (Editores: Vargas, J. C. y Torres, A.). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 174 pp.
- Shell, M. T.; Early, R. Carpenter, J.; Vicent, R. y Buckley, D.I. (1995). Prepartum nutrition and solar radiation in beef cattle relationship soft body fluid compartments, packed cell volume, plasma urea nitrogen and estrogens to prenatal development. *J. Anim. Sci.* 73: p 1289-1302.
- Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. (1989). *Statistical Methods*. Eighth Edition. University Press. Iowa, USA. 585 pp.
- Torres, V. (2015). *Aspectos estadísticos a considerar en el diseño, muestreo, procesamiento e interpretación de datos en la investigación de sistemas productivos agropecuarios*. En: Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana. (Editores: Vargas, J. C. y Torres, A.). Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 174 pp.
- Torres, V. (1987). Método visual para estimar la disponibilidad del pasto. II. Determinación del tamaño de muestra. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 21(2): 117-121.
- Torres, V.; Cobo, Cuña, R.; Sánchez, L. y Raez, N. (2013). Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba. *Livestock Research for development* 25(9).
- Vargas, J.; Benítez, D.; Bravo, C.; Leonard, I.; Pérez, M.; Torres, V.; Ríos, S. y Torres, A. (2015). *Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana*. Universidad Estatal Amazónica. Puyo. Ecuador. 174 pp.
- Vargas, J. C.; Benítez, D. G.; Torres, V.; Ríos, S. y Soria, S. (2015a). Factores que determinan la eficiencia de la producción de leche en sistemas de doble propósito en la provincia de Pastaza, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49(1):17-21.
- Vargas, J. C.; Benítez, D.; Torres, V.; Ríos, S.; Soria, S.; Navarrete, H. y Pardo, D. (2014). Tipificación de las fincas ganaderas de doble propósito en la provincia de Pastaza. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 3(3): 183-197.
- Villagómez, A. M. E.; Castillo, R. H.; Villa-Godoy, A.; Román, P.H. y Vázquez, P.C. (2000). Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras cebú mantenidas en clima tropical. *Tec. Pecu. Méx.* 38(2):89-103.

Recepción: 11 de julio de 2016
 Envío arbitraje: 30 de julio de 2016
 Arbitrado: 11 de noviembre de 2016
 Aceptado: 08 de febrero de 2017



Título: *Grial agropecuario*
Autor: Marisol Herrera Sosa

Tithonia diversifolia: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva[□]

Tithonia diversifolia: I. Integral study of different materials for their potential biomass production and nutritional quality

Tomás E. Ruíz,* Jatnel Alonso, Gustavo J. Febles, Juana L. Galindo, Lourdes L. Savón, Bertha B. Chongo, Verena Torres, Yuley Martínez, Oreste La O, Delfín Gutiérrez, Gustavo J. Crespo, Delia M. Cino, Idania Scull y Justo González

Instituto de Ciencia Animal (ICA)
Apartado Postal 24
San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
*Correspondencia: teruizv@ica.co.cu
■ESTUDIO DE REVISIÓN

Resumen

En el Instituto de Ciencia Animal se desarrolló un proyecto de investigación que tuvo como objetivo estudiar un grupo de materiales del arbusto *Tithonia diversifolia*, colectados en la zona central y occidental de Cuba, para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva, así como contribuir a disponer de nuevos materiales para su inclusión en sistemas silvopastoriles. La información que se ofrece en el presente trabajo se centra en los estudios relacionados con la agronomía (al servicio del sector científico y agropecuario las bondades de estos materiales). Son resultados de un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa de follaje abundante en el trópico y componente de la flora cubana. Se presentan las características de crecimiento y desarrollo de 29 materiales vegetales colectados de *Tithonia diversifolia* en diferentes zonas de Cuba. La variabilidad encontrada dio la posibi-

Abstract

At the Institute of Animal Science a research project that aimed to study a group of materials shrub *Tithonia diversifolia* collected in the central and western Cuba for their potential biomass production and nutritional quality it was developed and contribute to provide new materials for inclusion in silvopastoral systems. The information provided in this paper focuses on studies related to agronomy, and is at the service of scientific and agricultural the benefits of these materials sector. They are results of a comprehensive study of the potential of an alternative source of abundant foliage in the tropics and component of Cuban flora. the characteristics of growth and development of plant material 29 of *Tithonia diversifolia* collected in different areas of Cuba are presented. The variability found gave the possibility of a group of materials of *Tithonia*, which may be grazed by bovine animals or used for forage production and also be

lidad de disponer de un grupo de materiales de *Tithonia*, que pueden ser pastoreados por animales bovinos o empleados para la producción de forraje; y también ser utilizados estratégicamente en programas futuros de mejoramiento varietal. Además, se ofrece información de la capacidad de esta planta de multiplicarse por semilla gámica en las condiciones de Cuba. Se profundiza en aspectos relacionados con su contenido químico y de metabolitos secundarios. *Tithonia* es una planta promisorio cuando se utiliza para manipular la ecología microbiana ruminal, reducir la población de metanógenos y protozoos, así como para incrementar la población de bacterias celulolíticas. El beneficio social de estos resultados radica en que se ofrece a los productores, investigadores y estudiantes (de pregrado y posgrado) un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa abundante en el trópico como es *Tithonia diversifolia*. Además, su utilización permite mitigar las emanaciones de metano a la atmósfera, procedente de la fermentación ruminal; lo que contribuye a reducir el efecto que este gas ejerce como efecto invernadero. Esta investigación plantea una mejor utilización de esta planta, con avance en el conocimiento aplicado a la ganadería tropical.

Palabras clave

Materiales vegetales, producción de biomasa y calidad nutritiva, arbóreas.

strategically used in future programs of varietal improvement. In addition, information on the capacity of this plant multiplied by gametic seed in the conditions of Cuba is offered. It delves into issues related to its chemical content and secondary metabolites. *Tithonia* is a promising plant when used to manipulate rumen microbial ecology, reduce the population of methanogens and protozoa, as well as to increase the population of cellulolytic bacteria. The social benefit of these results is offered to producers, researchers and undergraduate and graduate students a comprehensive study of the potential of an abundant alternative source in the tropics as *Tithonia diversifolia*. Furthermore, the use of this plant mitigates methane emissions to the atmosphere, from rumen fermentation, contributing to reduce the effect that this gas serves as greenhouse. This research raises a better use of this plant, with advances in knowledge applied to tropical livestock.

Keywords

Plant material, biomass production and nutritional quality, types of trees.

Introducción

En el trópico existen numerosos árboles y arbustos que se pudieran utilizar como alternativa práctica y económicamente viables que pudieran garantizar una producción animal sostenible (Clavijo y Balbis, 2002).

El género *Tithonia* comprende diez especies, originarias de México y Centro América. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, es un arbusto que fue introducido a las Antillas y a Ceilán (Ríos y Salazar, 1995). Se encuentra ampliamente distribuida en la zona tropical y se tienen reportes del Sur de México, Honduras, El Salvador, Guatemala, Costa Rica, Panamá, India, Ceilán, Cuba, Venezuela y Colombia (Roig, 1928 y 1974; Ríos, 1999).

Los atributos que han llamado la atención de investigadores y ganaderos para que *Tithonia diversifolia* sea considerada como estratégica en el ensamblaje de SSP es su capacidad de adaptación a múltiples condiciones ambientales, como las que se encuen-

tran en agroecosistemas subtropicales y tropicales húmedos, subhúmedos y montañosos (Murgueitio *et al.*, 2015).

Hay evidencias de que esta planta puede acumular tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas (hasta 33%); tiene altos niveles de fósforo, un gran volumen radicular, una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy rústica y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema (Wanjau *et al.*, 1998; CIPAV, 2004). Además, tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Ríos, 2002).

Mahecha y Rosales (2005) resaltan el potencial de *Tithonia diversifolia* como forrajera, pues sin ser leguminosa, presenta un forraje de alto valor nutritivo, con altos contenidos de proteína, minerales, alta digestibilidad de la materia seca, presencia de aceites tanto en hojas como en flores y un porcentaje de azúcares totales del 39.80%; puede alcanzar una alta concentración de carbono (C) en su biomasa aérea, mayor de 77 t/ha/año (Zavala *et al.*, 2007).

Ante esta realidad, se tomó la decisión de desarrollar en el Instituto de Ciencia Animal (ICA), de Cuba, un proyecto de investigación que tuvo como objetivo estudiar un grupo de materiales del arbusto *Tithonia diversifolia*; para conformar una tecnología para la producción de biomasa, comportamiento bajo corte y pastoreo, y su utilización en el comportamiento biológico y fisiológico de animales que se emplean para el desarrollo ganadero, y así poder contribuir a disponer de nuevos arbustos para su inclusión en sistemas silvopastoriles.

La información que se ofrece en el presente trabajo se centra en los estudios relacionados con la agronomía, y se pone al servicio del sector científico y agropecuario las bondades de materiales colectados de esta planta (en la zona central y occidental de Cuba). Son resultados de un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa de follaje abundante en el trópico y componente de la flora cubana.

A continuación se describe el conjunto de estudios que aportaron elementos novedosos de impacto científico-tecnológico-social; éstos, influyeron decisivamente en el mejor conocimiento de los materiales en estudio de esta especie, su potencial de producción de biomasa y nutritiva.

Agronomía

Las investigaciones concernientes a esta disciplina lograron integrar y profundizar en todos los aspectos esenciales de la evaluación de materiales de *Tithonia*, establecimiento, producción de forraje y pastoreo; lo que significó sentar las bases científico-prácticas necesarias para poder utilizar eficientemente la especie vegetal estudiada y prolongar su vida útil—en función de la producción animal— mediante la ejecución de 19 experimentos en campo.

Evaluación de germoplasma

Se informa por primera vez (Ruíz, 2010; Ruíz *et al.*, 2010), las características botánicas y del desarrollo de 29 materiales colectados de *Tithonia diversifolia* en cinco provincias del centro-occidente de Cuba, mediante análisis multivariado. Se constató que en la esta-

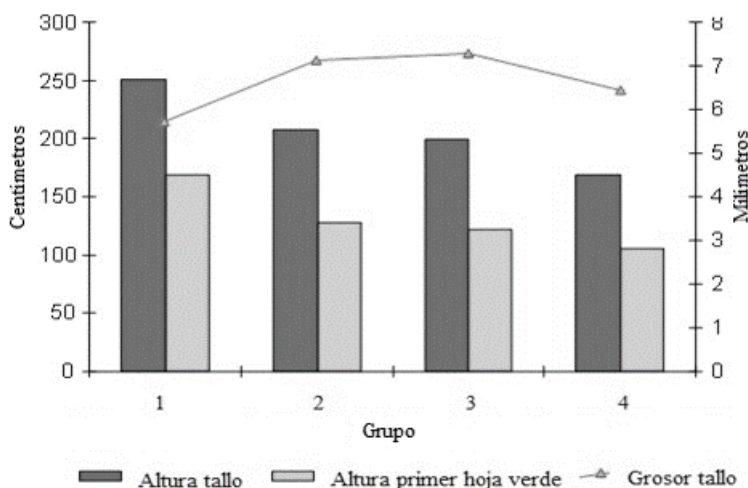
ción lluviosa se explicó 81.16% de la variabilidad; mientras que en la poca lluviosa fue de 94.34%. Las variables de mayor preponderancia fueron hojas totales, verdes, amarillas, secas y caídas/planta y tallos/planta, todas con relación positiva.

En la estación lluviosa (figura 1) los materiales del Grupo 1 fueron 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 22, 23, 24 y 26; éstos, mostraron valores mayores de los indicadores medidos, tanto en los componentes principales hoja y estructura (altura y grosor del tallo). Existió otro grupo donde se destacó el componente hoja en los materiales 14, 17 y 29 (Grupo3), y el componente estructura, en 4, 13, 19, 21, 25 y 27 (Grupo 2).

En esta misma estación, el Grupo 3 presentó los mayores valores del desarrollo y se indicaron como caracteres no deseados las cifras alcanzadas para el grosor del tallo (7.30 mm), número de flores/planta (152) y número de hojas caídas/planta (414).

En sentido general, los Grupos 1 y 2 tuvieron un comportamiento semejante con relación a las medidas tomadas, y agrupan las plantas con un desarrollo intermedio: el Grupo 1 dispone de las plantas más altas (251 cm) de todo el material evaluado, así como también el mayor valor de la altura de la primera hoja (169 cm). El Grupo 2 posee un número más alto de hojas caídas (291) y secas (107) / planta y el mayor grosor del tallo (7.20 mm).

Figura 1
Comportamiento del componente principal estructura durante la estación lluviosa, promedio de dos años de evaluación.



Grupo 1: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 22, 23, 24 y 26.

Grupo 2: 4, 13, 19, 21, 25 y 27.

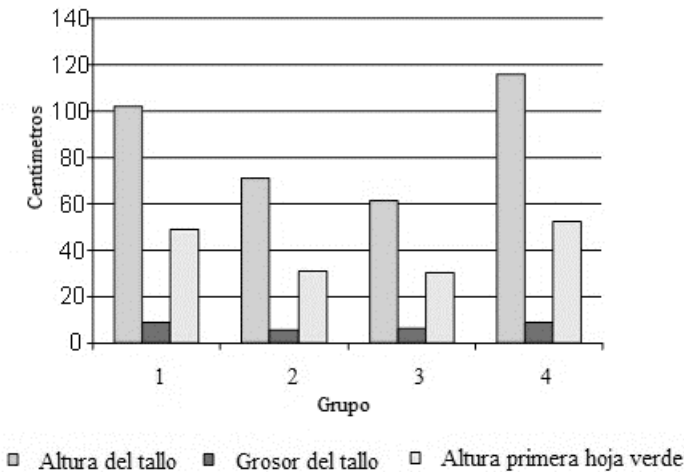
Grupo 3: 14, 17 y 29. Grupo 4: 15, 16, 18, 20 y 28.

En la estación seca (figura 2) se destacan —en ambos componentes— los materiales clasificados como 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28 y 29 (Grupo 1 y Grupo 4). En esta estación no existieron materiales que se aparten de

este patrón común de manifestación en los indicadores vegetales medidos; y representan el 68.90% del total de los materiales colectados. En la seca, el Grupo 4 alcanzó los mayores valores para todas las medidas tomadas. Esto no siempre es positivo para indicadores como el número de hojas caídas (558) y la altura de la primera hoja verde (52 cm).

Se observó que los materiales vegetales que forman los Grupos 1 y 2 durante la estación seca, aunque tuvieron un comportamiento bastante semejante, también presentaron diferencias. Entre éstas pueden referirse las plantas del Grupo 1, que tuvieron menor número de tallos/planta (32), y las del Grupo 2, que fueron de menor altura (71 cm) y menor número de hojas caídas (232). Además, tuvieron menor grosor del tallo (5.70 mm) y menor altura de la primera hoja verde (31 cm) en todos los materiales evaluados.

Figura 2
Comportamiento del componente principal estructura durante la estación seca, promedio de dos años de evaluación.



Grupo 1: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 28.
Grupo 2: 4, 14 y 17. Grupo 3: 13, 15, 16, 18, 20 y 27. Grupo 4: 29.

El comportamiento durante 16 semanas de 9 materiales destacados de *Tithonia diversifolia* con relación a algunos componentes morfológicos indicó (Ruíz *et al.*, 2012a; 2012b, 2012c; 2013a), que el modelo de Richards no resultó adecuado para describir el comportamiento de ninguna de las variables estudiadas; mientras que los otros modelos (Exponencial, Gompertz, Logístico, Cuadrático y Lineal) se ajustaron de forma diferente, según las características del crecimiento de los materiales y la medida evaluada.

Todas las plantas tienen un crecimiento lento en las primeras semanas después del corte para todas las medidas en estudio. Los materiales que integralmente presentan indicadores altos de crecimiento son el 5 y 23. Mientras que el 10 es intermedio y el 16 y 17 bajo (figuras 3 y 4).

La información encontrada nos pone en condiciones de poder desarrollar trabajos futuros relacionados con la producción de biomasa, ya sea para corte o pastoreo.

Figura 3

Dinámica de la variable peso de la planta íntegra en materia fresca de *Tithonia diversifolia* para los cinco materiales vegetales en la estación lluviosa.

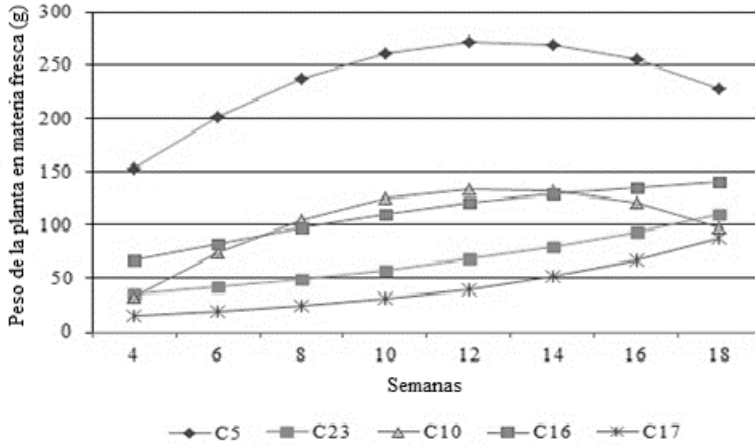
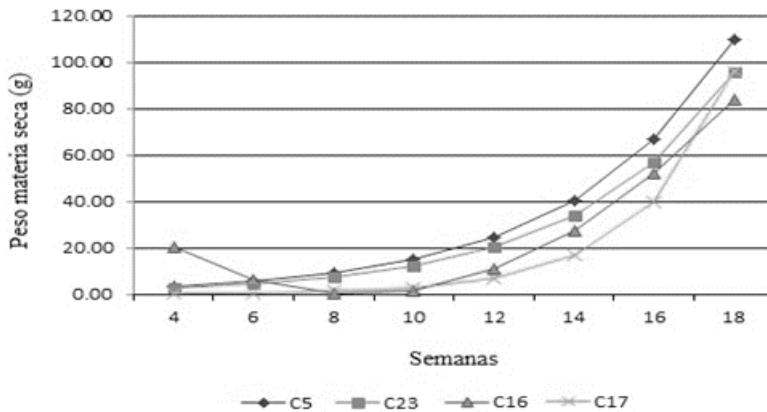


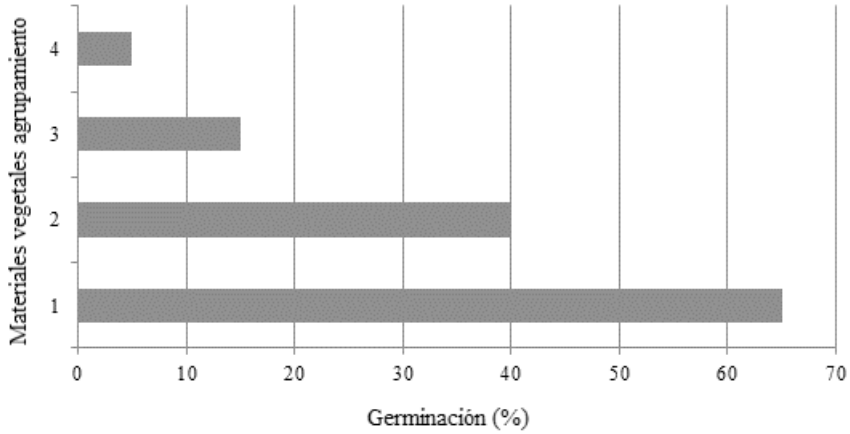
Figura 4

Dinámica de la variable peso de planta íntegra en materia fresca de *Tithonia diversifolia* para todos los materiales vegetales en la estación poco lluviosa.



Se destaca —como un aporte al conocimiento— la capacidad de germinación que tienen la semilla gámica de los 29 materiales evaluados (Ruíz *et al.*, 2014), que osciló desde 3 hasta 63%; y se comprobó que 12 de ellos, presentaron valores superiores al 28% (figura 5). Los materiales de mayor porcentaje fueron el 13, 17 y 25; lo que indica la posibilidad de sembrar esta planta por vía gámica.

Figura 5
Agrupamiento de ecotipos de *Tithonia diversifolia*
según capacidad germinativa a los 28 días de sembrada.



Grupo 1: 4, 13, 17, 19 y 25; Grupo 2: 2, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 24 y 26; Grupo 3: 1, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 23, 28 y 29; Grupo 4: 7, 10, 12, 27 y 30.

Las investigaciones de germoplasma desarrolladas posibilitaron disponer de mayor diversidad de materiales vegetales para ampliar el uso de la *Tithonia diversifolia* en condiciones prácticas, según fin productivo, lo que se informa por primera vez en la literatura especializada. Además, se desarrolló una metodología original, sencilla y práctica de evaluación de árboles.

Producción de forraje

Se alcanzó mayor rendimiento de tithonia a distancias de 0.50 m entre surco para ambas épocas del año y la plantación debe ser cortada a alturas entre 10 y 15 cm, con frecuencia de corte de 60 y 80 días en la estación de lluvia y seca, respectivamente (Ruíz *et al.*, 2012d). El costo de establecimiento de una hectárea fue de 790.93 dólares. Se recomienda emplear los materiales vegetales de tithonia 5, 10, 16 y 23 para la producción de forrajes. La evaluación económica de la elaboración de la harina tiene una inversión monetaria en dólares de 108.84 / t y de 19.04 dólares/t para forraje fresco.

Plantación

La plantación de tithonia se debe realizar acostando el tallo en el fondo del surco (cuadro 1) y utilizando indistintamente la parte basal o media con grosor de 2-3 cm, a una profundidad de 0.10 m y dosis de 3-4 t/ha de tallos (Ruíz *et al.*, 2009a), lo que logra plantas con mejor desarrollo, más población y mayor producción de biomasa.

Cuadro 1
Efecto del método de plantación y la sección del tallo
a plantar en la producción de biomasa de tithonia/m.

	<i>Indicadores</i>		
	<i>Número de tallos/m</i>	<i>Altura, m</i>	<i>Rendimiento Kg MS/m</i>
<i>Método de plantación</i>			
Acostado en el fondo del surco	7 (45)	3.2	6.81
Enterrado por una de sus puntas	6 (37)	3.2	3.37
E.S. \pm	0.2**	0.8	0.91***
<i>Sección del tallo</i>			
Medio	7 (46.0)	3.30	5.68
Basal	7 (45.0)	3.20	4.47
E.S. \pm	0.5	0.05	0.45

** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ () Valores originales.

Implementación y uso en sistemas de pastoreo

La utilización y desarrollo de elementos tecnológicos en sistemas de pastoreo con esta planta fueron pioneros en la literatura nacional e internacional, y posibilitaron el establecimiento de las bases para su introducción en sistemas silvopastoriles. Lo que constituyó la clave fundamental para avanzar en los estudios específicos de manejo de la tithonia para estos fines.

Los trabajos iniciales evaluaron diferentes intensidades de pastoreo con el objetivo de constatar su aprovechamiento. La experiencia, con una intensidad de pastoreo de 164 vacas secas ha^{-1} mostró que después de la adaptación, el número de animales que consumieron este arbusto aumentó hasta 37% durante el tercer pastoreo.

Al evaluar integralmente en pastoreo la colección de materiales disponibles de tithonia (Ruiz *et al.*, 2009b; 2013b) se apreció que no todos los materiales (15, 20 y 28) fueron apetecidos por los animales; mientras que las colectas 3, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 fueron las más pastadas al ser ramoneadas al 100%. A estas últimas, se unen la 1, 2, 5 y 6 con 80% de remoción de su follaje.

De este trabajo se recomienda que los materiales menos pastados —entre 10 y 40%— no deben ser descartados y sí incluirlos en trabajos futuros con esta especie. En las colectas 24 y 17 el porcentaje de animales que consumieron tithonia no sobrepasó el 20%; mientras que para el resto de las colectas se alcanzaron cifras superiores y se destacaron 23, 10 y 13, con valores muy cerca al 30% (Ruíz *et al.*, 2013b).

Existió un comportamiento estacional para los materiales estudiados con animales para el número y peso de hojas/tallo. Los materiales 3, 5, 10 y 24 tuvieron igual comportamiento estacional; mientras 23 y 25 sólo se destacaron en la estación lluviosa y el 16 en la seca. El 17 alcanzó los menores indicadores en ambas estaciones.

Al efectuar un análisis integrado de las tres variables, los indicadores altura del plánton, peso de 100 hojas y peso de la planta íntegra (MV) evidenciaron que las colectas 5 y 23 son de alto porte y más hojas; la colecta 10 tuvo porte medio y peso de hojas intermedio y las colectas 16 y 17 fueron de porte bajo y tienen menos hojas.

A partir de estos estudios se definieron elementos tecnológicos para el uso de esta especie en sistemas silvopastoriles. El incremento de la distancia entre surco (0.75 vs. 1.50 m), aumentó la cantidad de animales comiendo esta especie (Ruíz *et al.*, 2013b). Estos trabajos posibilitaron definir que este arbusto debe ser plantado para pastoreo con bovinos adultos, a una distancia de 3-4 metros entre surcos (Alonso *et al.*, 2012). El costo de establecimiento para este sistema es de 443.74 en dólares. El inicio del pastoreo se debe realizar cuando la planta tiene una altura entre los 1 y 1.50 m después del corte de establecimiento (Alonso *et al.*, 2013).

El acceso de los animales al material disponible, cuando el pastoreo se inicia a mayores alturas, disminuye y dificulta el manejo de la plantación por bajo aprovechamiento del follaje de las plantas en pastoreo. Explotar el sistema con 45-60 y 70-90 días de reposo en el periodo lluvioso y poco lluvioso, respectivamente, de acuerdo con Alonso *et al.* (2015); quienes indicaron el mejor comportamiento productivo de la tithonia con disponibilidades por rotación de 2.28 y 2.93 t MS/ha para cada estación. En estos casos, los animales dedican entre el 20-50% aproximadamente al pastoreo. Se recomienda emplear los materiales vegetales 3, 5, 10, 23, 24 y 25 para su pastoreo.

La información que se ofrece indica la oportunidad de disponer de materiales de *Tithonia diversifolia* colectados en Cuba, que pueden ser utilizados en sistemas de pastoreo. Conjuntamente, brinda elementos tecnológicos para el establecimiento y explotación de esta planta en pastoreo, lo que constituye una nueva posibilidad de utilización de este recurso arbóreo tropical en sistemas silvopastoriles.

Abono verde

La incorporación al suelo de 12 t/ha base fresca de esta planta (Crespo *et al.*, 2013), con seis semanas de edad, tanto en junio como en agosto, constituyó un excelente abono verde que incrementó significativamente el rendimiento del forraje sucesor *Pennisetum purpureum* vc Cuba CT-169 (18 t MS/ha) en un suelo Ferralítico rojo lixiviado, disminuyó la densidad aparente del suelo (0.79 g/m³) e incrementó los contenidos de MO (3.70%), N-total (0.24 %), potasio (47.6 ppm) y magnesio (0.14%). Adicionalmente, se produjo un efecto residual beneficioso del abono verde en el rendimiento de este forraje (cuadro 2).

Cuadro 2

Efecto del abono verde de tithonia en indicadores del rendimiento de *Pennisetum purpureum* clon CT-169 en el primer corte (noviembre de 2008).

Dosis de abono verde, t/ha	Atura cm	Plantones/m ²	Hijos/planta	Rendimiento t/MS ha
0	240.2	2.0 ^a	9.45 ^a	12.46 ^a
12	243.5	2.4 ^b	10.65 ^b	18.62 ^{bc}
24	247.2	2.5 ^b	10.40 ^b	16.20 ^b
ES±	0.32	0.12**	0.30**	1.10***

a,b,c Medias con superíndice distinto por columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955);

** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Evaluación del potencial nutritivo

Mediante la ejecución de 34 experimentos *in vitro*, *in situ* e *in vivo*, se estudió la composición química, el valor nutritivo de *T. diversifolia* y su efecto en la fisiología digestiva de animales rumiantes.

Efecto en la fisiología digestiva de bovinos y ovinos

El resultado que se presenta constituye un aporte de importancia en el campo de la fisiología ruminal de animales bovinos que consumen *Tithonia diversifolia* y permitió conocer las bases que rigen la utilización de este arbusto.

Por primera vez en Cuba se informó (cuadros 3 y 4) que la evaluación de materiales vegetales de *T. diversifolia* (3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 y 25) reveló valores de proteína, FND y hemicelulosa que oscilaron desde 18.26 hasta 26.40%, 32.62 hasta 41.83% y 14.79 hasta 25.74%, respectivamente; lo que denota amplia variabilidad interespecífica (La O *et al.*, 2012). Esta planta presenta cantidades abundantes de reductores totales (+++), moderadas de taninos (++) , flavonoides y alcaloides, así como bajos valores (+) de saponinas, triterpenos y antocianidinas (Scull *et al.*, 2008).

Cuadro 3
Composición química de diferentes materiales vegetales de *Tithonia diversifolia*.

Materiales vegetales	Indicadores (%)				
	Humedad	Cenizas	Materia orgánica	Extracto etéreo	Proteína cruda
3	11.23	21.97	78.02	1.00	18.26
5	10.87	20.11	79.88	1.30	19.21
6	11.58	17.72	82.27	0.90	23.61
10	11.12	20.15	79.84	1.35	19.72
13	11.14	16.88	83.11	2.05	25.91
17	11.87	16.04	83.95	1.49	26.40
23	10.78	19.04	80.95	1.25	24.62
24	11.34	19.15	80.84	1.22	20.81
25	11.22	17.51	82.48	1.12	20.79
D. E.	0.33	1.86	1.86	0.33	3.03

Cuadro 4
Fraccionamiento de la fibra
en diferentes materiales vegetales de *Tithonia diversifolia*.

Materiales vegetales	Indicadores (% MS)					
	FDN	FDA	Hemicelulosa	Celulosa	SILICA	Lignina
3	38.38	15.62	22.75	12.86	0.62	2.14
5	34.09	15.85	18.23	13.1	0.54	2.2
6	37.57	19.82	17.75	15.91	0.79	3.11
10	36.24	15.48	20.75	12.56	0.61	2.3
13	32.62	17.82	14.79	14.46	0.62	2.73
17	37.41	17.92	19.49	14.48	0.53	2.9
23	38.31	14.8	23.51	12.13	0.63	2.02
24	41.83	16.49	25.34	13.31	0.69	2.48
25	38.54	19.9	18.63	15.91	0.64	3.34
D. E.	2.68	1.88	3.28	1.4	0.07	0.46

FDN=Fibra Detergente Neutro, FDA=Fibra Detergente Ácida.

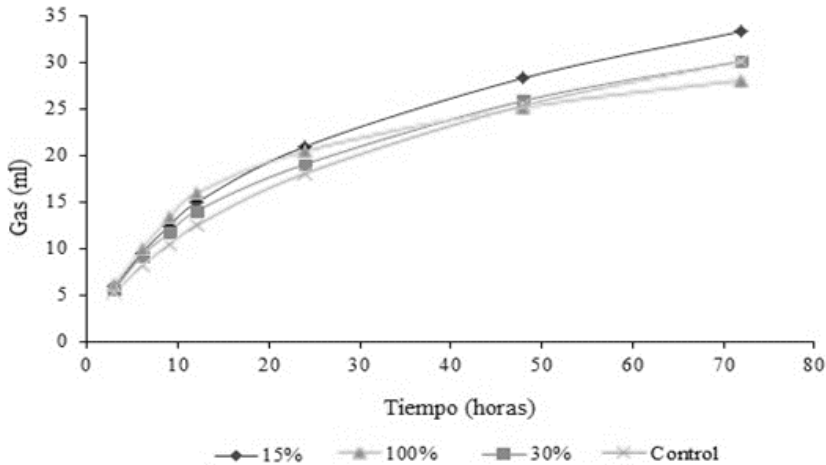
Mientras que la combinación de diferentes niveles *T. diversifolia m. v. 10: P. purpureum* Cuba CT- 115 (control 0, T1, 15 %, T2, 30 % y T3, 100 %) indicó que la relación 15:85 permitió una mayor capacidad fermentativa del CT-115; y la inclusión del arbusto provocó un aumento en la eficiencia y velocidad de producción de gas del CT-115, lo que pudiera favorecer la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos

del rumen (La O *et al.*, 2009). Los resultados de la fermentación (figura 6) se ajustaron al modelo exponencial $Y = a + b * (1 - \exp(-c * t))$.

La mayor velocidad de producción de gas (c) se obtuvo para 100% de tithonia, con 0.06 % h⁻¹ con respecto al CT-115 con 0.035 % h⁻¹. El comportamiento de la producción de gas acumulada se caracterizó por incrementar el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos, con valores de 33.30, 30.10, 28.06 y 30.10 a las 72 h, para 15 y 30% de inclusión, *Tithonia diversifolia* y CT-115 solos, respectivamente.

Los resultados obtenidos permiten sugerir, por los estudios *in vitro*, que el nivel de 15% permite mayor capacidad fermentativa del CT-115 y que la inclusión de esta planta provoca aumento en la eficiencia y velocidad de producción de gas del CT-115.

Figura 6
Efecto de la combinación de *Tithonia diversifolia* vs Cuba CT- 115, en la dinámica de producción de gas *in vitro*.



Se demostró que el potencial fermentativo de la planta presentó valores de producción de gas desde 26.60 hasta 27.85, que se corresponden con los valores de proteínas solubles de hasta 40% de la proteína total, altos contenidos de azúcares totales (39.80%) y carbohidratos solubles en agua (7.20%) (La O *et al.*, 2010).

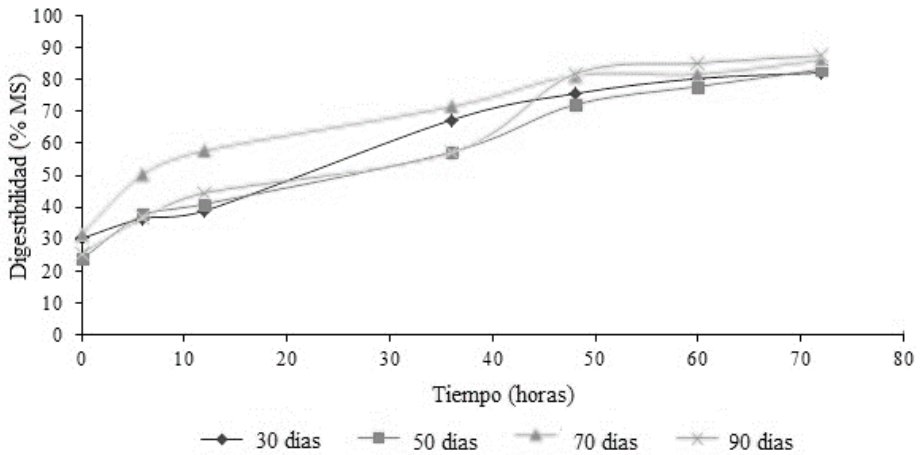
Al evaluar la edad de corte (30, 50, 70, 90 y 110 días) en la capacidad fermentativa y dinámica (figura 7) de degradación ruminal *in situ* de la materia seca de *T. diversifolia* se observó que la cinética se caracterizó por un incremento de la producción de gases con el tiempo de exposición de las muestras al ataque microbiano, con valores de 36.03, 32.12, 34.12, 37.11 y 34.7 para 30, 50, 70, 90 y 110 días de rebrote, respectivamente, con mayores valores en producción de gases a 90 h.

De igual manera, los ritmos de velocidad de producción de gases (c) encontrados son similares a los obtenidos para diferentes plantas tropicales evaluadas con anterioridad por el grupo de investigación (La O *et al.*, 2012). La evolución en la dinámica de degrada-

ción ruminal *in situ* de la MS mostró un aumento progresivo de tipo asintótico; mientras que los valores de degradabilidad efectiva de MS para diferentes constantes de velocidad de recambio ruminal ($k=0.03, 0.044$ y 0.05 %/h) tuvieron un comportamiento similar en todos los nutrientes y oscilaron desde 46, 39-60, 46; 42, 40-56, 23; 41, 75-53, 86 y 41, 18-53, 31, para 30, 50, 70 y 90 días de rebrote, respectivamente (La O *et al.*, 2008).

Por su parte, la digestibilidad verdadera de la MO, determinado mediante Daisy mostró valores entre 65.27 (*T. diversifolia* m.v.- 3) y 70.22 (*T. diversifolia* m.v.- 13) (La O *et al.*, 2012).

Figura 7
Dinámica de degradabilidad ruminal *in situ* de MS de *Tithonia diversifolia* con diferentes edades de corte.



La información obtenida en la DAIVMS, MO, FND, FAD, así como en la DVIVMS, MO, FND, FDA, mediante el uso del incubador Daisy II® de diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* (3, 5, 6, 10, 13, 17, 23, 24 y 25) permitieron obtener estimados de digestibilidad aparente de MS y MO (DAIVMS y DAIVMO), con valores inferiores a las digestibilidades verdaderas de ambos constituyentes (DVIVMS y DVIVMO). Los valores de DAIVMS (cuadro 5) estuvieron en el rango de 72.25 a 79.77%, y los de DAIVMO de 57.71 a 66.20% con respecto a las cifras de DVIVMS y DVIVMO (cuadro 5), que oscilaron de 81.08 a 85.66%; y de 65.27 a 70.22%, respectivamente (La O *et al.*, 2012).

Al estudiar las digestibilidades aparentes y verdaderas de la pared celular y la FAD se evidenció igual comportamiento de la MS y MO, con valores análogos en cuanto a la tendencia de las digestibilidades, verdaderas y aparentes, y diferencias significativas en los materiales vegetales. Los valores de DAIVMS, MO, FND, FDA, así como de DVIVMS, MO, FND y FDA demostraron diferencias entre los ecotipos estudiados, con resultados de digestibilidades confiables y posibles de comparar. Las variaciones en-

tre las digestibilidades verdaderas y aparentes estuvieron en el rango de 5% para FND y hasta 2% para FDA.

Cuadro 5
Estimados de la digestibilidad aparente y verdadera de la MS y MO.¹

Materiales vegetales	Indicadores, %			
	DAIVMS	DVIVMS	DAIVMO	DVIVMO
3	73.96	83.65	57.71	65.27
5	76.99	83.94	61.5	67.05
6	75.52	81.47	62.14	67.03
10	73.25	83.39	58.48	66.58
13	79.77	84.48	66.3	70.22
17	76.33	83.28	64.08	69.92
23	78.35	85.66	63.43	69.34
24	72.25	83.38	58.41	67.41
25	74.58	81.08	61.52	66.87
D. E.	2.44	1.4	2.89	1.68

¹Mediante el uso del incubador Daisy; DAIVMS: Digestibilidad aparente de la materia seca; DAIVMO: Digestibilidad aparente de la materia orgánica; DVIVMS: Digestibilidad verdadera de la materia seca; DVIVMO: Digestibilidad verdadera de la materia orgánica

Tithonia diversifolia es una planta promisoría para su empleo con fines de manipular la ecología microbiana ruminal, reducir la población de metanógenos, los protozoos, así como incrementar la población de bacterias celulolíticas cuando se empleó a razón de 10% de la MS total.

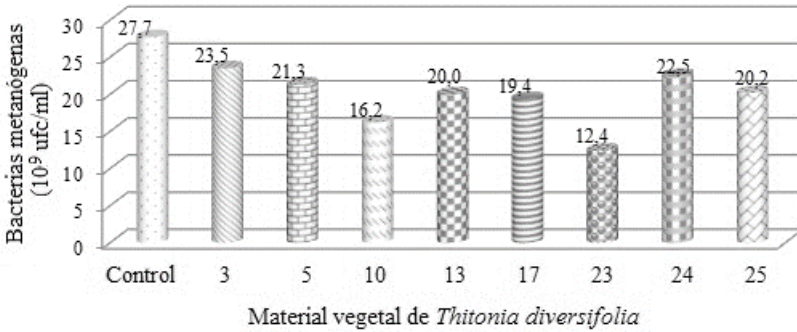
La investigación que se realizó pone a disposición de la comunidad científica la información relativa al hecho de que diferentes materiales vegetales de *T. diversifolia* (MV 3, 5, 10, 13, 17, 23, 24 y 25) reducen la representación de los microorganismos del dominio de las Archaea o metanógenos en el rumen. *T. diversifolia* m.v. 23 resultó ser la más promisoría, al proveer de 13.40×10^9 ufc/mL metanógenos (figura 8), seguida del m.v. 10. Los conteos de metanógenos fueron 23,5; 21,3; 16,2; 20,0; 19,4; 13,4; 22,5 y 20,2 para los materiales vegetales 3, 5, 10, 13, 17, 23, 24 y 25, respectivamente (Galindo, 2013).

La suplementación de *P. purpureum* con 20% de *Tithonia* m.v. 23 produjo un marcado efecto reductor de la población de protozoos en el rumen (cuadro 6) y disminuyó la población de metanógenos (figura 9) ruminales (45.50 ; 27.50 y 16×10^9 ufc/mL para los niveles 0; 10 y 20% con base en la materia seca, respectivamente). Asimismo, la suplementación con 10% de esta planta promueve una mayor población de bacterias celulolíticas y de viables totales en el rumen de los animales.

Todos los materiales vegetales evaluados de *T. diversifolia* redujeron la población de metanógenos ruminales y se destacaron como los más promisorios los Nos. 10 y 23. La utilización de esta planta permitió mitigar las emanaciones de metano a la atmósfera (Ga-

lindo *et al.*, 2010), procedente de la fermentación ruminal, lo que contribuyó a reducir el efecto que este gas ejerce como efecto invernadero (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

Figura 8
Efecto de diferentes materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* en la población de metanógenos ruminales.

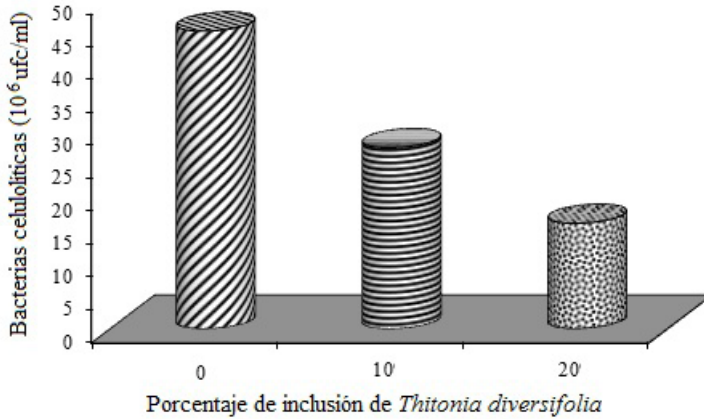


Cuadro 6
Efecto de *Tithonia diversifolia* en algunos miembros de la población microbiana ruminal en condiciones *in vitro*.

Indicador	<i>Tithonia diversifolia</i> , %			E.E. \pm
	0	10	20	
Hongos celulolíticos, 10^5 uft/mL	26.1	28.9	25.2	0.15
Protozoos, 10^5 cel/mL	3.75 ^a	3.25 ^a	1.5 ^b	0.02*

a,b, Medias con superíndice distinto por fila difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955) * $P < 0.05$.

Figura 9
Efecto de *Tithonia diversifolia* en la población de bacterias metanogénicas (10^9 ufc/ml) del rumen en condiciones *in vitro*.



Por otra parte, la comparación de los dos materiales vegetales de *T. diversifolia* más promisorios: (*T. diversifolia* m.v. 23 y *T. diversifolia* m.v. 10) con las plantas *Samanea saman*, *Albizia lebbek*, *Azadirachta indica*, *Cordia alba*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecelobium dulce*, *Moringa oleifera*, *Gliciridia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Enterolobium cyclocarpum* con la gramínea tropical *Cynodon nlemfuensis* permitió informar que el contenido en proteína bruta de las mismas se encuentra entre 14.25% en *A. indica* hasta 29.47% en *L. leucocephala* (Galindo *et al.*, 2014).

El tamizaje fitoquímico del follaje de estos árboles y arbustos indicaron en *A. indica*, *L. leucocephala* y *E. cyclocarpum* una alta presencia (+++) de taninos, moderadas cantidades de este metabolito en *S. saman*, *G. ulmifolia* y en los dos materiales vegetales de *T. diversifolia* que se evaluaron. Ninguna de las plantas se destacó por altas cantidades de saponinas.

Las más sobresalientes fueron *A. lebbek*, *L. leucocephala* y *G. sepium*, las que presentaron moderada respuesta (++), aunque en el resto se detectó (+) presencia de este metabolito. La presencia de reductores (+), flavonoides, triterpenos, esteroides, alcaloides y antocianidinas fue variable entre las diferentes plantas; mientras que en *Moringa oleifera* no se detectó la presencia (-) de esteroides y antocianidinas (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

La capacidad anti-protozoaria de las plantas fue demostrada. Todas reducen estos grupos microbianos en condiciones *in vitro*. Sus poblaciones fueron: 4,5; 3,7; 4,5; 4,6; 4,6; 4,5; 4,0; 4,6; 6,0; 6,0; 5,0; 6,0 y 9,0 x 10^6 células/ml para las plantas *S. saman*, *A. lebbek*, *T. diversifolia* mv-23, *C. alba*, *L. leucocephala*, *P. dulce*, *M. oleifera*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *T. diversifolia* mv-10, *E. cyclocarpum* y *C. nlemfuensis*, respectivamente.

En otra investigación se demostró que el empleo de 30% de *S. saman*, *A. lebbek*, *T. diversifolia* m.v.-23 en fermentaciones con pasto estrella mostró que no hubo efectos en la población de bacterias viables totales.

La reducción en los metanógenos con relación al control fue de 37; 50 y 50% para *S. saman*, *A. lebbeck* y *T. diversifolia*, respectivamente. *A. lebbeck* y *T. diversifolia* incrementaron las bacterias celulolíticas y *S. saman* redujo esta población (Galindo *et al.*, 2012).

La sustitución de maíz y soya por *T. diversifolia* m.v.-23 en un suplemento para vacas lecheras y su comparación con un suplemento similar, pero sin sustituir las materias primas mencionadas, permitió la obtención de dos productos isoproteicos; pero sus contenidos en EM fueron de 2.74 Mcal/kg de MS y 3.03 Mcal/kg para el producto con y sin tithonia, respectivamente.

El efecto de un suplemento con tithonia produjo 43×10^6 ufc/ml bacterias celulolíticas; mientras que en el control, la población de este grupo fue 39×10^6 ufc/ml. Las bacterias amilolíticas y hongos celulolíticos no se modificaron por la inclusión de tithonia en el suplemento y las bacterias totales se redujeron en 27% su población, debido a la inclusión de *T. diversifolia* en el suplemento, se redujo a la mitad la población de protozoos del rumen, incrementó el pH y la concentración de NH_3 (Informe Final de proyecto CITMA/GEPROP. Código: 0300285/2013).

Los resultados alcanzados al tener presente los estudios de la composición química, valor nutritivo, fisiología digestiva e incluida la producción de biomasa, indican que es posible utilizar *T. diversifolia* en la alimentación de animales rumiantes; y las edades entre 70 y 90 días son las que permiten un mayor aprovechamiento de los nutrientes por el animal.

Al estudiar el ensilaje de proporciones diferentes de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169, inoculadas con el producto biológico VITAFERT (Gutiérrez *et al.*, 2014), mostró incremento en el contenido de PB y ceniza, y reducción de FND en la totalidad de las mezclas inoculadas con VITAFERT.

La combinación 20:80 *Tithonia: Pennisetum* con 4.5% de VITAFERT en la mezcla, logró mayor degradabilidad (48%) en menor tiempo (30 h), velocidad de degradación ($c = 13 \text{ \% h}^{-1}$) y degradabilidad efectiva ($\text{DE } k \text{ } 0.02 = 42.49 \text{ \%}$, $k \text{ } 0.04 = 38.32 \text{ \%}$).

Conclusiones

Desde el punto de vista técnico, con estos experimentos se informa —por primera vez— acerca del estudio integral de las características de crecimiento y desarrollo de 29 materiales vegetales colectados de *Tithonia diversifolia* en diferentes zonas de Cuba.

La variabilidad encontrada dio la posibilidad de disponer de un grupo de materiales de tithonia, que pueden ser pastoreados por animales bovino o empleados para la producción de forraje; también se pudiera utilizar estratégicamente en programas futuros de mejoramiento varietal.

Además, se ofrece información de la capacidad de esta planta de multiplicarse por semilla gámica en las condiciones de Cuba.

Se profundiza en aspectos relacionados con su contenido químico y metabolitos secundarios. Esto brinda la posibilidad de disponer de otras plantas arbustivas para su utilización en sistemas silvopastoriles.

Tithonia es una planta promisoría cuando se utiliza para manipular la ecología microbiana ruminal, reducir la población de metanógenos y protozoos, así como para incrementar la población de bacterias celulolíticas.

Además, la utilización de esta planta permite mitigar las emisiones de metano a la atmósfera, procedente de la fermentación ruminal; lo que contribuye a reducir el efecto que este gas ejerce como efecto invernadero.

El beneficio social de estos resultados radica en que se ofrece a los productores, investigadores y estudiantes de pregrado y posgrado un estudio integral de la potencialidad de una fuente alternativa abundante en el trópico, como es *Tithonia diversifolia*.

Literatura citada

- Alonso, J.; Ruiz, T.; Achang, G.; Santos, L. D. T. y Sampaio, R. A. (2012). Producción de biomasa y comportamiento animal en pastoreo con *Tithonia diversifolia* a diferentes distancias de plantación. *Livestock Research for Rural Development*. 24(9).
- Alonso, J.; Achang, G.; Santos, L.D.T. y Sampaio, R. A. (2013). Productividad de *Tithonia diversifolia* y conducta animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. *Livestock Research for Rural Development*. 25 (11).
- Alonso, J.; Achan, G.; Santos, L.D.T. y Sampaio, R. A. (2015). Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. *Livestock Research for Rural Development*. 27(6).
- CIPAV (2004). *Sistemas agroforestales, banco de forraje de leñosas, árboles y arbustos*. En: Sistemas silvopastoriles. (Ed. Enrique Murgueitio). Cali, Colombia. 102 pp.
- Clavijo, A. y Balbis, Y. (2002). *Experiencia del productor. Estudio preliminar de la calidad química de algunas plantas empleadas en la alimentación cunícola*. Memorias del Segundo Congreso de Cunicultura de las Américas. La Habana, Cuba. 164 pp.
- Crespo, G.; Ruíz, T. E. y Álvarez, J. (2013). Efecto del abono verde de tithonia (*T. diversifolia*) en el establecimiento y producción de forraje de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169 y en algunas propiedades del suelo. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 47:418.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple ranges and multiple F. test *Biometrics* 11:1.
- Galindo, J. (2013). *Evaluación de plantas con capacidad anti protozoaria en la ecología microbiana ruminal y producción de leche en vacas*. Informe Final de proyecto CITMA-GEPROP (Código: 0300285).
- Galindo, J.; González, N.; Ruíz, T. E.; Aldana, A. I. y Moreira, O. B. (2010). *Efecto de diferentes materiales vegetales de Tithonia diversifolia en la población microbiana y su efecto en los metanógenos ruminales in vitro*. Congreso VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería pecuaria, Panamá.
- Galindo, J.; González, N.; Scull, I.; Marrero, Y.; Sosa, A.; Aldana, A. I.; Moreira, O.; Delgado, D.; Ruíz, T. E.; Febles, G.; Torres, V.; La O, O.; Sarduy, L.; Noda, A. y Achan, O. (2012). Efecto de *Samanea saman* (Jacq.) Merr., *Albizia lebbeck* (L.) Benth y *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (material vegetal 23) en la población de metanógenos y en la ecología microbiana ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 46: 273.
- Galindo, J.; González, N.; Marrero, Y.; Sosa, A.; Ruíz, T. E.; Febles, G.; Torres, V.; Aldana, A.I.; Achan, G.; Moreira, O.; Sarduy, L. y Noda, A.C. (2014). Effect of tropical plant foliage on the control of methane production and *in vitro* ruminal protozoa population. *Cuban J. of Agric. Sci.* 48:359.
- Gutiérrez, D.; Morales, A.; Elías, A.; García, R. y Sarduy, L. (2014). Chemical composition and *in situ* ruminal degradability of dry matter in mixed silages of *Tithonia diversifolia*: *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169, inoculated with VITAFERT. *Cuban J. Agric. Sci.* 48:379.
- La O, O.; Valenciaga, D.; Ruíz, T.E.; Ruíz, O.; Castillo, Y.; González, H.; Rodríguez, C.; Hernández, D. A.; Chongo, B.; Arzola, C. y J. Cairo (2008). Efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro* y la dinámica de degradación ruminal *in situ* de *Tithonia diversifolia*. *Rev. Zootecnia Tropical*. 26:3.

- La O, O.; Valenciana, D.; González, H.; Orozco, A.; Castillo, Y.; Ruíz, O.; Gutiérrez, E.; Rodríguez, C. y Arzola, C. (2009). Efecto de la combinación de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la cinética y producción de gas *in vitro*. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 43:149.
- La O, O.; González, H.; Orozco, A.; Valenciana, D.; Castillo, Y.; Ruíz, O.; Rodríguez, C.; Arbola, C.; Estrada, A.; Ríos, F.; Gutiérrez, E. y Hernández, Y. (2010). *Valor nutritivo de diferentes materiales vegetales de Tithonia diversifolia de interés para la alimentación de rumiantes*. III Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. Cuba.
- La O, O.; González, H.; Orozco, A.; Castillo, Y.; Ruíz, O.; Estrada, A.; Ríos, F.; Gutiérrez, E.; Bernal, H.; Valenciana, D.; Castro, B. I. y Hernández, Y. (2012). Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 46:47.
- Mahecha, L. y Rosales, M. (2005). Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 17(9).
- Murgueitio, E.; Xóchitl, M.; Calle, Z.; Chará, J. D.; Barahona, R.; Molina, C. H. y Uribe, F. (2015). *Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina*. En: Montagnini, F.; Somarrriba, E.; Murgueitio, E.; Fassola, H. y Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV Cali, Colombia. 454 pp.
- Roig, J.T. (1928). *Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos*. Editorial Científico Técnica. Estación Experimental de Santiago de las Vegas. La Habana. Cuba. 115 pp.
- Roig, J.T. (1974). *Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba*. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 709 pp.
- Ríos, K.C. y Salazar, A. (1995). Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development* (6)3. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd6/3/9.htm> (Consultado en agosto de 2016).
- Ríos, C.I. (1999). *Tithonia diversifolia, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico*. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO. Roma. 311 pp.
- Ríos, C.I. (2002). *Usos, manejo y producción de botón de oro, Tithonia diversifolia (Hemsl) Gray*. En: Tres especies vegetales promisorias: Nacedero (*Trichanthera gigantea*) (H. & B) Nees.), Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray) y Bore (*Alocasia macrorrhiza* (Linneo) Schott). Ed. Sonia Ospina y Enrique Murgueitio, CIPAV. Cali, Colombia. 211 pp.
- Ruiz, T. E. (2010). *Tithonia diversifolia arbusto de interés para la ganadería*. Programa Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica: Mejoramiento Vegetal y Recursos Fitogenéticos. PNCT-015. CITMA, Cuba (Código py: 01500098).
- Ruiz, T. E.; Febles, G. y Díaz, H. (2012d). Distancia de plantación, frecuencia y altura de corte en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* colecta 10 durante el año. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 46:423.
- Ruiz, T.E.; Febles, G.; Díaz, H. y Achang, G. (2009a). Efecto de la sección y el método de plantación en el establecimiento de *Tithonia diversifolia*. *Rev. Cubana Ciencia Agríc.* 43:89.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Díaz, H.; González, J. y Achang, G. (2013b). Evaluación en pastoreo de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) colectados en Cuba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 47:305.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; González, J.; Achang, G. y Díaz, H. (2009b). *Tithonia diversifolia arbusto de interés para la ganadería. Evaluación de germoplasma colectado en diferentes zonas de Cuba*. PANEL: *Tithonia diversifolia*, arbusto de interés para la ganadería. VIII Taller Internacional Silvopastoril. Cuba.
- Ruiz, T. E.; Febles, G. J.; Galindo, J. L.; Savón, L.L.; Chongo, B.B.; Torres, V.; Cino, D.M.; Alonso, J.; Martínez, Y.; Gutiérrez, D.; Crespo, G. J.; Mora, L.; Scull, I.; La O, O., González, J.; Lok, S.; González, N. y Zamora, A. (2014). *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 48:79.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Torres, V.; González, J.; Achang, G.; Sarduy, L. y Díaz, H. (2010). Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 44:291.

- Ruiz, T. E.; Torres, V.; Febles, G.; Díaz, H. y González, J. (2012a). Use of modeling to study the growth of the plant material 23 of *Tithonia diversifolia*. *CJAS*. 46: 23.
- Ruiz, T. E.; Torres, V.; Febles, G.; Díaz, H. y González, J. (2012b). Use of modeling for studying the growth of *Tithonia diversifolia* collection 17. *CJAS*. 46: 243.
- Ruiz, T. E.; Torres, V.; Febles, G.; Díaz, H. y González, J. (2013a). Growth performance of ecotypes of *Tithonia diversifolia* according to morphological components. *Livestock Research for Rural Development*. 25:9.
- Ruiz, T. E.; Torres, V.; Febles, G.; Díaz, H.; Sarduy, L. y González, J. (2012c). Use of modeling for studying the growth of *Tithonia diversifolia* collection 10. *CJAS*. 46:237.
- Scull, I.; Savón, L. y Ramos, A. (2008). Composición química de las harinas de follajes de *Tithonia diversifolia* con diferentes edades de corte. XI Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Cuba.
- Wanjau, S.; Mukalama, J. y Thijssen, R. (1998). Transferencia de biomasa: cosecha gratis de fertilizante. *LEISA. Revista de Agroecología*. 13(3):25.
- Zavala, Y.; Rodríguez, J.C. y Cerrato, M. (2007). Concentración de carbono y nitrógeno a seis frecuencias de poda en *Tithonia diversifolia* y *Morus alba*. *Tierra Tropical*. 3: 221.

Recepción: 6 de septiembre de 2016

Envío arbitraje 10 de septiembre de 2016

Dictamen: 30 de octubre de 2016

Aceptación: 15 de noviembre de 2016