

Índice

Editorial	5
La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones	7
<i>José Nahed Toral, José Manuel Palma García y Eliel González García</i>	
Productividad del cultivo de chile jalapeño (<i>Capsicum anuum</i> L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México	35
<i>Alejandro Morón Ríos y José Armando Alayón Gamboa</i>	
Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento	41
<i>Pedro Lezcano Perdigón, Dirlei Antonio Berto, Silvio José Bicudo, Felipe Curcelli, Priscila Gonzáles Figueiredo y Manuel Isidoro Valdivie Navarro</i>	
<i>Saccharum</i> spp. en Brasil. Una revisión	49
<i>Samuel Córdova Sánchez, Roberto Antonio Arévalo, Renato Mazairo Sanomya, Edna Ivani Bertoncini, Lourdes Úrsula Arévalo Cordero, Salvador Chaila y María de Lourdes Fustaino</i>	
Importancia de la innovación para mejorar la productividad en los sistemas de cría de becerros	65
<i>Hermilo Suárez Domínguez y Gilberto Aranda Osorio</i>	
Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba	75
<i>Danis M. Verdecia Acosta, Rafael S. Herrera García, Jorge L. Ramírez de la Ribera, Ismael Leonard Acosta, Raúl Bodas Rodríguez, Sonia Andrés Lorente, Francisco J. Giráldez García, Jesús S. González Álvarez, Yoendris Arceo Beníte, Yurdanis Bazán Osorio, Yovanis Álvarez Báez y Secundino López Puentes</i>	
Justificación económica de la sustitución de correctores minerales en dietas de gallinas ponedoras	91
<i>Roelís Castillo Mestre, Dubel Buchillón Alfonso y Uliser Vecino Rondán</i>	
<i>Indicaciones para los autores</i>	99

Index

Editorial	5
The adaptive capacities as a key feature in the promotion of resilient animal production systems	7
<i>José Nahed Toral, José Manuel Palma García y Eliel González García</i>	
Productivity of jalapeño pepper crop (<i>Capsicum annum</i> L.) with organic or conventional management in Calakmul, Campeche, México	35
<i>Alejandro Morón Ríos y José Armando Alayón Gamboa</i>	
Ensiled cassava as energy source for growing pigs	41
<i>Pedro Lezcano Perdigón, Dirlei Antonio Berto, Silvio José Bicudo, Felipe Curcelli, Priscila Gonzáles Figueiredo y Manuel Isidoro Valdivie Navarro</i>	
<i>Saccharum</i> spp., In Brazil. A review	49
<i>Samuel Córdova Sanchez, Roberto Antonio Arévalo, Renato Mazairo Sanomya, Edna Ivani Bertoncini, Lourdes Úrsula Arévalo Cordero, Salvador Chaila y María de Lourdes Fustaino</i>	
Importance of the innovation to enhance productivity in the rear beef cattle systems	65
<i>Hermilo Suárez Domínguez y Gilberto Aranda Osorio</i>	
Bromatological characterization of six forage species in the Cauto Valley, Cuba	75
<i>Danis M. Verdecia Acosta, Rafael S. Herrera García, Jorge L. Ramírez de la Ribera, Ismael Leonard Acosta, Raúl Bodas Rodríguez, Sonia Andrés Lorente, Francisco J. Giráldez García, Jesús S. González Álvarez, Yoendris Arceo Beníte, Yurdanis Bazán Osorio, Yovanis Álvarez Báez y Secundino López Puentes</i>	
Economic justification of the substitution of mineral correctors in diets of egg-laying hens	91
<i>Roelís Castillo Mestre, Dubel Buchillón Alfonso y Uliser Vecino Rondán</i>	
Guide for authors	107

Editorial

Es un placer presentar la tercera edición de este 2014, dentro del onceavo año de Rev. AIA, con el cual se completa el último número de este año, en un ambiente de producción editorial decidida, pese a las múltiples incertidumbres que siempre han rodeado a este esfuerzo académico desde sus inicios en 2003. No obstante, hemos sido consistentes y perseverantes para lograr lo que hemos venido realizando con fervor y ahínco editorial: difundir investigación de calidad en el área agropecuaria.

Un tema medular abordado en esta edición, es la visión ambiental en el contexto productivo; paradigma que cada vez se investiga con mayor énfasis, por lo que no sobran los esfuerzos para hacer reales los ajustes que necesita la madre Tierra.

Muestra de ello, es la tecnología de producción porcina que aboga por el bienestar animal y/o la disminución del impacto ambiental; dentro de ellas, me refiero —en el primer caso— al uso de animales libres de jaula para gestación y maternidad; en tanto que, en el segundo caso, señalaré la propuesta de producción porcina en sistema de cama profunda. De esta última tecnología, hemos tenido la oportunidad de difundir en estas páginas artículos científicos de gran valía; en donde, además del bienestar animal, se considera un favorable impacto ambiental, razón por la cual, consideramos que esta última es amigable con el ambiente y, a la vez, con el bienestar de los propios animales.

Razón por la cual, ante los retos ambientales, sociales y productivos que enfrentan nuestros países en Latinoamérica, es indudable que nuestra masa crítica debe asumir una postura más activa en sus investigaciones; asimismo, será necesario que muestre innovaciones socio-ambientales, las cuales permitan vivir en un mejor mundo, pues tal como plantea José de Souza Silva, “el presente es el pasado del futuro”; y, en este sentido, necesitamos un mejor futuro para nuestros descendientes.

Estas innovaciones socio-ambientales tienen múltiples opciones; entre ellas, existen los sistemas agrosilvopastoriles, tecnologías que, en diferentes momentos, también hemos presentado valiosas colaboraciones de autores igualmente reconocidos, para la comunidad científica.

En el actual tomo se enfatiza, en el artículo invitado, la importancia de los sistemas agroforestales y de los sistemas silvopastoriles como estrategias socio-ambientales adaptables, ante las perturbaciones de diferente índole que se registran en el entorno. Desde un punto de vista teórico, se abordan elementos de sistemas y de la adaptación en los sistemas, así como ejemplos que ilustran esta propuesta; en donde, tenemos la respon-

sabilidad de identificar supuestos de alta resiliencia como mecanismos que favorezcan nuestros sistemas agropecuarios ante las diferentes adversidades.

Ello implica tener o desarrollar sistemas elásticos, flexibles o plásticos como estrategias adaptativas a las perturbaciones dinámicas que, con frecuencia, tienen un origen múltiple; y en donde los fenómenos perturbadores pueden ser de tipo recurrentes o acumulativos en el sistema, diferente a aquellos de tipo rígido (que no soportan los embates de la naturaleza, la economía, la sociedad o cualquier otro fenómeno que genere disturbio en el sistema); lo que conlleva, eventualmente, a una ruptura, entendido esto como la desaparición del sistema.

De manera paradójica, sucede lo mismo con Rev. AIA, en donde a través de estos 11 años de trabajo editorial, hemos desarrollado una suprema capacidad adaptativa para poder darle continuidad a esta noble labor académica.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones[■]

The adaptive capacities as a key feature
in the promotion of resilient animal production systems

**José Nahed Toral,¹ José Manuel Palma García²
y Eliel González García³**

¹El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur)
Departamento de Agroecología
Periférico Sur y Carretera Panamericana s/n
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas; México (C. P. 29200)
jnahed@ecosur.mx

²Universidad de Colima
Avenida Universidad No. 333, Colima, Colima; México (C. P. 28040).
palma@uclm.mx

³INRA-UMR'868'
Systèmes d'Élevage Méditerranéens et Tropicaux (SELMET)
Campus SupAgro-INRA | 2 Place Pierre VIALA, 34060
Montpellier Cedex 1, Francia
gonzalez@supagro.inra.fr

■ Artículo invitado

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo documentar algunos fundamentos teóricos del enfoque de sistemas y de la adaptación como atributo primordial para conseguir sistemas agropecuarios resilientes y sostenibles. Con un enfoque aplicado y dinámico, en la primera parte se analizan algunas estrategias de integración y adaptación que permitirían aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los sistemas. En la segunda parte, se presentan y desarrollan tres casos de sistemas ganaderos con resultados positivos en diferentes regiones (dos en México y uno en Cuba). Con tales estudios de caso se ilustra la aplicación de los conceptos teóricos y estrategias prácticas de intervención o mecanismos de regulación apropiados que

Abstract

This study aimed to document some theoretical foundations of adaptation and systems approach as the primary attribute for resilient and sustainable farming systems. They are presented as essential attributes when looking for the achievement of goals of the overall resilience and farming systems' sustainability. In the first part, with an applied and context-dynamic perspective, some hierarchical concepts and strategies of integration and adaptation are analyzed, leading to reduce the vulnerability of the systems. In the second part, three successful farming systems' case studies (two from Mexico and one from Cuba) are described. The last to illustrate with real practical experiences, the integrated application of some of such theoretical concepts, prac-

se discuten, y que estarían orientados a potencializar las capacidades de adaptación de los sistemas. La valorización a todos los niveles de tales mecanismos de regulación (homeostasis, teleforesis) representa la piedra angular en el fomento de sistemas constituidos por componentes robustos, capaces de rendir respuestas adaptativas consistentes, ante las perturbaciones internas y externas en el tiempo y en el espacio. Con ello se contribuye, entonces, a crear un compromiso sólido entre los objetivos de productividad y de utilización racional de los recursos naturales y locales para, de esta manera, lograr sistemas perdurables; sostenibles desde varios puntos de vista: económico, ambiental y socialmente aceptables.

Palabras clave

Sostenibilidad, ganadería, riesgos, vulnerabilidad, integración.

tical strategies of intervention, and mechanisms of regulation that are previously discussed, and that would be oriented to promote the long-term adaptive capacities of the farming systems. The valuation at all levels of these regulatory mechanisms (homeostasis, teleforesis) represents the cornerstone in the building of robust components capable of consistent adaptive responses in the face of internal and external strain in time and space. Meanwhile, with the application of such effective strategies, we would be in better conditions for helping to create a solid commitment between productivity and the objectives for the rational use of the natural and local resources. Finally, this change in the philosophy of the farming systems management would help create a sound compromise between the objectives of productivity and rational use of natural and local resources, thus achieving the required sustainability of farming systems from the economic, environmental and social points of view.

Keywords

Sustainability, livestock production, risks, vulnerability, integration.

Introducción

Al momento de preparar este trabajo, se dispone de innumerables fuentes bibliográficas en la literatura especializada; éstas argumentan, de manera fehaciente, el estado crítico actual de los sistemas agrícolas en el mundo y, más específicamente, de los sistemas ganaderos (Gerber *et al.*, 2013). Así, innumerables son las fuentes que citan los efectos irreversibles de las prácticas convencionales (p. ejem: monocultivos con dependencia de recursos externos, como pesticidas y otros agroquímicos) sobre la erosión de los suelos (con la pérdida inherente de tierras arables), la calidad de las aguas subterráneas, la desaparición de especies, la pérdida de la biodiversidad, la deforestación, entre otros.

Desde hace aproximadamente tres décadas los sistemas agrícolas y ganaderos se enfrentan a perturbaciones frecuentes e impredecibles, provocadas por los efectos adversos (directos o indirectos), de fenómenos relativamente recientes como consecuencia del cambio climático, las crisis económicas, financieras y energéticas (IPCC, 2014).

Asociado a situaciones negativas palpables, como la deforestación para establecer sistemas (agrícolas o ganaderos), se provoca con ello pérdida de biodiversidad, ruptura de ciclos hídricos, contaminación por agroquímicos de suelos y aguas, de los alimentos de origen animal y vegetal, mayores emisiones de gases con efecto invernadero. El aumento

de la población incrementa, a su vez, la necesidad de producir más, en un contexto en que, paradójicamente, la disponibilidad de tierra arable será cada vez menor; lo que conduce automáticamente a una presión sin precedentes sobre la base de recursos naturales.

Por lo que, la correcta comprensión y combinación óptima y consciente de los diferentes atributos o propiedades de los sistemas (productividad, estabilidad, adaptabilidad, resiliencia, equidad, y autogestión) resulta de vital importancia para lograr los objetivos de sostenibilidad.

Todo ello —ligado a la creciente polarización en la distribución de la riqueza— hace que los sistemas agropecuarios presenten grados variables de vulnerabilidad en función de sus propias características, de la magnitud y naturaleza de los riesgos a perturbaciones internas y externas a los que se enfrentan, así como a la capacidad de adaptación de los mismos para construir resiliencia.

El diseño, establecimiento y manejo de sistemas productivos, capaces de reducir los riesgos a tales perturbaciones en diferentes circunstancias; mediante la valorización de mecanismos de regulación implícitos, ligados a la homeostasis y homeótesis o teleoforesis (Bauman y Currie, 1980; Chilliard *et al.*, 1998; Chilliard, 1999) en cada uno de sus componentes, constituye una prioridad.

Con ello, se trabajaría para potencializar la resiliencia de los sistemas, con el objetivo de hacerlos menos vulnerables, capaces de brindar beneficios socio-ambientales a diferentes escalas. Ello permitiría, además, conciliar el mejoramiento de los sistemas productivos presentes con la conservación de los recursos naturales, reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, la obtención de mayor eficiencia biológica, económica y posibilidades de autosuficiencia y soberanía alimentaria.

En tal escenario deseable, los diferentes conceptos del enfoque de sistemas y de sus propiedades contribuyen a comprender las perturbaciones que sufre un sistema en sus diferentes escalas, además de conocer las diferentes modalidades de respuestas adaptativas.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue documentar y discutir algunos fundamentos teóricos del enfoque de sistemas y de la adaptación como atributo primordial en el fomento de sistemas agropecuarios sostenibles. Se busca, además, provocar una reflexión en torno a la aplicación de las estrategias de integración y adaptación que aumenten la resiliencia y reduzcan la vulnerabilidad de los sistemas en función de las condiciones y los requerimientos específicos de cada lugar.

La visión sistémica y la noción dinámica e integral de utilización de los recursos

El enfoque de sistemas en la investigación agrícola

Hasta antes de 1975, las investigaciones sobre agricultura con un enfoque integral fueron escasas, discontinuas, dispersas y marginales a nivel internacional. Los estudios disciplinarios y tecnológicos se desarrollaron casi exclusivamente en espacios geográficos restringidos (campos experimentales), sin considerar la variación de circunstancias ambienta-

les, económicas, sociales y culturales reales de los agricultores, lo que limitó el alcance y significado de las investigaciones.

El enfoque integral de investigación en sistemas en la agricultura tiene su origen en los postulados que von Bertalanffy plasmó en la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1973). La aplicación de dicha teoría a las distintas áreas del conocimiento significó un importante avance para la ciencia, por ser una herramienta que incorpora todos los elementos que influyen sobre una decisión o respuesta, o sobre la comprensión de un fenómeno dentro de límites definidos (Morley, 1979). Previo al planteamiento de la teoría de sistemas, los fenómenos eran estudiados con los principios del enfoque reduccionista o análisis especializado de las partes más elementales de un sistema, lo que conducía a una pérdida de visión del conjunto del comportamiento del sistema.

A diferencia del enfoque reduccionista, la teoría de sistemas aporta un enfoque expansionista que permite conocer, explicar e intervenir en fenómenos complejos, donde todos los elementos (componentes, interacciones entre componentes, entradas, salidas y límites) son parte de otras escalas o de unidades de análisis mayores o menores (como célula, órgano, individuo, población, municipio, región, país, etcétera).

Desde esta perspectiva, un sistema es mucho más que la suma de los elementos que lo integran, por lo que no es suficiente estudiarlos de forma individual para agregarlos después. Se requiere llevar a cabo un trabajo multidisciplinario jerarquizado y organizado, mediante grupos de investigación. Esta necesidad se origina de la complejidad real de los sistemas agrícolas, y se explica porque el productor no maneja a las plantas o a los animales de forma aislada, sino que maneja simultáneamente la totalidad de la unidad de producción, con toda su complejidad biológica, ambiental, económica, social, cultural y política.

Es decir, los sistemas agrícolas están organizados en una estructura jerárquica, cuyos procesos de producción se relacionan tanto horizontal (sub-sistemas del mismo nivel jerárquico, interconectados entre sí para conformar un sistema mayor) como verticalmente (niveles jerárquicos diferentes). Desde esta perspectiva, el estudio de la agricultura con enfoque integral u holístico en diferentes escalas de análisis (cultivo o especie de animales, sistema de producción, unidad de producción, comunidad o región) incluye la investigación disciplinaria (en laboratorio, invernadero, vivero, postas zootécnicas, campos experimentales, etcétera), lo que brinda la oportunidad de conocer la influencia conjunta de los componentes del sistema sobre su comportamiento integral.

Es por ello que el enfoque de sistemas agrícolas supera la oposición entre las dos aproximaciones (reduccionista y expansionista) al conocimiento de la realidad. Este enfoque tiene mayores posibilidades en la generación, adecuación, adopción y/o adaptación de tecnologías apropiadas a cada circunstancia; conlleva a la representatividad espacial y sus resultados tienen alto potencial de aplicación, lo que fortalece el alcance y significado de las investigaciones. En este contexto, la importancia del enfoque de sistemas radica en que permite identificar las principales variables o factores que inciden en mayor medida en cada escala de análisis del sistema, aquellas que determinan mayormente el comportamiento del todo. Permite, también, identificar las intervenciones necesarias en cada escala.

De acuerdo con Aracil (1995), para hacer operativo el enfoque de sistemas, el análisis consiste primeramente en su disección, al menos conceptual, para establecer las partes o elementos que lo forman. Sin embargo, el mero análisis de un sistema no es suficiente, ya que no basta con saber cuáles son sus elementos. Para comprender su comportamiento se requiere saber cómo se integran y cuáles son sus mecanismos de funcionamiento. Se necesita saber cómo se produce la síntesis de los elementos del sistema.

En ese sentido, un sistema es una unidad cuyos componentes y elementos interactúan continuamente y se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común y el sistema es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes. Ello explica que el comportamiento productivo actual de los sistemas agrícolas es el resultado de un complejo proceso histórico de interacciones físico-biológicas (regulado por un gran número de factores pertenecientes a cinco componentes básicos: el clima, el suelo, la planta, el animal y el social) y de manejo integral de los recursos (suelo, agua, flora local, agroforestal, agropecuario, medios y fuerza de trabajo) por parte del productor, el cual es condicionado por factores económicos, sociales, culturales y de políticas de apoyo institucional o local.

En la práctica, dicha explicación se logra mediante las fases de análisis y síntesis (Aracil, 1995; Park y Sealton, 1996) de un sistema definido, lo que permite su caracterización cualitativa y cuantitativa a través del análisis dinámico de ciclos productivos completos, así como la comprensión de los problemas que obstaculizan su desarrollo, la asignación de prioridades a la investigación y aportar información que contribuya a su planificación y desarrollo sostenible.

Para ello, es necesario la conceptualización del sistema bajo estudio, lo cual consiste en la obtención de una perspectiva y comprensión de los fenómenos del mundo real y que consiste, principalmente, en tres fases: 1) identificación y límites del sistema; 2) análisis de los elementos del sistema y 3) integración conceptual del sistema.

1) Los sistemas de producción agrícolas no tienen fronteras precisas, son sistemas abiertos y el hombre establece sus límites cuando desea conocer, medir o analizar sus elementos. La identificación y los límites del sistema puede basarse en:

- a. la problemática que lo afecta, los objetivos de producción, el manejo o la importancia del sistema de producción bajo estudio.
- b. la delimitación en tiempo y espacio (geográfica) de los factores físico-ambientales, biológicos, sociales, económicos, culturales o políticos prevalecientes.

2) El análisis de los elementos de un sistema comienza con la descripción de las características de cada uno de ellos (componentes, relaciones, entradas y salidas, límites). A esta fase de la investigación se le conoce como *analítica* (Bello, 1971; Aracil, 1995), y consiste en el fraccionamiento de un fenómeno en sus partes para el estudio separado de cada una de ellas.

3) La integración conceptual de un sistema se refiere a la influencia conjunta de los elementos que lo constituyen y los efectos sobre su comportamiento. Versa acerca de las relaciones causales o relaciones de causa-efecto que se manifiestan en las interacciones

que hacen cambiar el comportamiento o la naturaleza del sistema. A esta etapa de investigación se le conoce como *fase de síntesis*, la cual no puede darse sin previo análisis (Bello, 1971; Aracil, 1995; Park y Sealton, 1996).

La adaptación de los sistemas (y sus componentes) en el nuevo contexto

Problemática: la adaptación como atributo primordial de los sistemas sostenibles

Un sistema agrícola, como el descrito previamente, será sostenible si es capaz de reproducirse a sí mismo durante un tiempo razonable, y si puede cambiar oportunamente —cuando las condiciones así lo exigen— para seguir funcionando en el largo plazo. Para que esto ocurra, los recursos y procesos ecológicos y sociales que lo hacen funcionar deben ser capaces de reproducirse; y, por lo tanto, de autorregularse, de coordinarse para ser compatibles, de amortiguar oportunamente las perturbaciones coyunturales adversas, de reorganizarse y de adaptarse cuando se presentan cambios estructurales internos y externos.

De forma sintética, Conway (1987) define el concepto sostenibilidad como la habilidad de un sistema para mantener su productividad o utilizar el recurso sin reducir su existencia física a lo largo del tiempo, aun cuando sea sometido a estrés o perturbaciones fuertes. Estas acepciones genéricas de sostenibilidad se sustentan en el concepto de desarrollo sostenible (o desarrollo sustentable); el cual fue definido por primera vez en el Informe Brundtland (presentado en el libro *Nuestro futuro común*, en 1987, por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU) como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

En las condiciones actuales, los sistemas agrícolas y ganaderos se enfrentan a perturbaciones frecuentes e impredecibles, provocadas por varios factores: los efectos adversos (directos o indirectos), fenómenos relativamente recientes como consecuencia del cambio climático, del calentamiento global y de las crisis económicas, financieras y energéticas, entre otros. Según las predicciones del IPCC (2014), dichos efectos (aleatorios, irregulares y, a veces, sorpresivos) responden a dinámicas que en el corto o mediano plazo, desafortunadamente, se seguirán acrecentando; y, en dependencia de su naturaleza, seguirán afectando a los sistemas en los diferentes niveles de su escala organizativa (es decir, por ejemplo, desde el nivel de función biológica de un individuo, hasta los niveles de organización de estructuras socioeconómicas).

Para hacer operativos los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible es necesario, entonces, analizar las cualidades de los atributos (o propiedades) que los sistemas agrícolas requieren mantener en equilibrio para lograr ser sostenibles. Entre los atributos de sostenibilidad de los sistemas agrícolas descritos en la literatura especializada, se encuentran los siguientes: productividad, estabilidad, adaptabilidad, resiliencia, equidad, y autogestión (o autodependencia) (Conway, 1985; Gliessman, 1990; 2007; Smyth y Dumanski, 1996). No cabe la menor duda que todos estos atributos son importantes para lograr los objetivos de sostenibilidad. Sin embargo, en tiempos de crisis, rompimien-

to o reorganización, el diseño y el manejo de sistemas productivos con mayor capacidad adaptativa y “resiliencia” resulta prioritario.

Las perturbaciones que sufre un sistema ocurren en diferentes escalas y pueden influir en: 1) su propio funcionamiento general o trayectoria, 2) las funciones y dinámicas de cualquiera de sus componentes de manera independiente, o 3) en las interrelaciones entre tales componentes y sus procesos. Dichos efectos se pueden considerar o clasificar como *estáticos o transitorios*; o, por el contrario, *dinámicos y persistentes* en tiempo y espacio.

Asimismo, las reacciones más naturales o espontáneas ante tales perturbaciones podrían considerarse como: 1) reacciones *desconocidas a fenómenos nuevos* en los sistemas de siempre (más tradicionales), o 2) reacciones *desconocidas en sistemas alternativos*, diseñados precisamente para hacer frente a *fenómenos relativamente nuevos*.

El grado de vulnerabilidad de los sistemas agrícolas dependerá entonces de: 1) la magnitud y naturaleza de los riesgos a perturbaciones internas y externas y, 2) de su capacidad de adaptación (y la de sus componentes) para construir resiliencia, a través del fomento de la combinación natural y estratégica de mecanismos de regulación o de acciones específicas de intervención, como los ajustes que hacen los agricultores para reducir los riesgos. Un sistema vulnerable habría perdido su resiliencia, en gran medida como consecuencia de la pérdida de su capacidad de adaptación. Los sistemas menos vulnerables serán considerados, en general, como resilientes, y estarían integrados por componentes robustos, adaptados y adaptables.

Cuando se habla de capacidad adaptativa de los agricultores se hace referencia a la combinación de un cúmulo de reservas individuales o colectivas de capital natural y humano que ellos tienen; y que incluye cualidades como conocimiento tradicional, destrezas y habilidades generales, y niveles de organización social (Altieri y Nicholls, 2013).

Conceptos y teorías que sustentan la adaptabilidad y que contribuyen a la sostenibilidad

Jerarquía de conceptos:

Desde el punto de vista conceptual, existe controversia en la diversidad de interpretaciones (a veces ambiguas) en la utilización jerárquica de las diferentes definiciones comúnmente empleadas en el argot de la adaptación. En la figura 1 se propone un esquema conceptual sintético de las relaciones causales y jerárquicas de un sistema para interpretar las respuestas adaptativas.

El esquema muestra una estructura vertical (piramidal) que conduce, de manera estática, a la interpretación de una reacción determinada desde un nivel “inferior” (más básico o específico, por ejemplo, la célula o el genoma) hasta otro “superior” (más complejo, por ejemplo, el sistema socioeconómico). En su dinámica horizontal (espacio-temporal), se describen las respuestas posibles a obtener a partir de la conjugación más o menos coordinada y/o eficiente de reacciones en todos los niveles.

Figura 1

Representación conceptual (jerárquica y dinámica) de los términos comúnmente utilizados para interpretar las respuestas adaptativas de los sistemas.



- Un sistema (desde uno celular hasta uno socioeconómico) puede ser considerado (o no) como sostenible o resiliente.
- Dicha sostenibilidad o resiliencia dependerá del grado de *robusteza* (o *rusticidad*) de los componentes que integran el sistema (por ejemplo: en el caso de un sistema ganadero, el suelo, las plantas, los animales y el productor, quien desarrolla estrategias de manejo de acuerdo con sus herramientas, conocimientos, experiencia y habilidades).
- A su vez, el grado de *robusteza* de los componentes dependerá de su capacidad intrínseca para combinar más o menos eficientemente los *mecanismos* de *teleforesis*, *homeoeresis* y *homeostasis* con que cuenta.
- En su *evolución dinámica en el tiempo y el espacio*, un sistema, un componente o un mecanismo (o el conjunto de éstos) se podrá(n) calificar transversalmente como *rígido(s)*, *elástico(s)*, *flexible(s)* o *plástico(s)*, en función de la naturaleza de su(s) *respuesta(s)* ante las perturbaciones.

Los múltiples conceptos del enfoque de sistemas y de las propiedades de los sistemas y sus elementos contribuye, de una manera u otra, a la comprensión del carácter "robusteza", emergente de sistemas complejos y que combina mecanismos en los niveles estructurales y funcionales. La sinergia de las regulaciones que se produce con la combinación de los mecanismos de teleforesis y homeoeresis es un ejemplo de ello (Monod, 1970; Chilliard, 1986; Bauman y Currie, 1980).

La robusteza es una propiedad de adaptabilidad poco fácil de cuantificar debido a la complejidad de los fenómenos biológicos subyacentes, como la información genética y las diferencias interindividuales, por ejemplo. Monod (1970) afirma que los seres vivos son “objetos dotados de un proyecto o plan”, y llama teleonómico a todo aquello que contribuye al éxito del plan o proyecto teleonómico.

El proyecto o plan de todo organismo estaría encerrado en su material genético, el cual no es posible observar. El concepto de proyecto teleonómico de los organismos vivos (Monod, 1970) sirvió de base para prever dos niveles de regulación: 1) que asegura el monitoreo de una “trayectoria de vida” y 2) para adaptarse a las desviaciones de la trayectoria como reacción a una perturbación (Sauvant y Martin, 2010).

La *homeostasis* es la propiedad de retorno a un *estado de equilibrio*. Por ejemplo, cuando un animal mantiene estable su temperatura corporal interna, a pesar de las fuertes variaciones de la temperatura exterior (hipertermia o hipotermia), estará manteniendo su homeostasis mediante respuestas comportamentales (ejemplo: regulación de la actividad física) o funcionales (ejemplo: dilatación o contracción de los vasos sanguíneos para favorecer la transmisión de calor por radiación).

La *homeoresis* o *teleophoresis* (Bauman y Currie, 1980; Chilliard, 1999), por su parte, es la propiedad de retorno a una *trayectoria de equilibrio*. Bauman y Currie (1980) propusieron los términos homeoresis o teleoresis para describir una serie de mecanismos, los cuales son capaces de (re)orientar los flujos metabólicos, con el objetivo de garantizar una función fisiológica determinada. El término teleoforesis es propuesto por Chilliard (1999), al preferirse desde el punto de vista etimológico (significado de “teleo”: orientación hacia un objetivo; significado de “foresis”: transporte).

Un ejemplo típico de homeoresis o teleophoresis ocurre con la llegada de la lactación, en la que la secreción de la glándula mamaria se mantiene gracias a una serie de controles neuroendocrinos (galactopoyesis) desencadenados por el amamantamiento o el ordeño. Los estímulos normales o naturales del metabolismo de la glándula mamaria en esta etapa se acompañan por un fuerte aumento en los requerimientos, en el caso de hembras seleccionadas por su alto potencial productivo. Dichos requerimientos son parcialmente satisfechos por un mayor aporte de nutrientes, el cual se garantiza mediante el aumento de la capacidad de ingestión, de digestión y del metabolismo hepático, además de un aumento en la movilización de las reservas corporales disponibles.

Por otra parte, la utilización de nutrientes limitantes (glucosa, aminoácidos esenciales, etcétera) se reduce en órganos de “baja prioridad”, buscando beneficiar la glándula mamaria. Estos cambios estarán acompañados de un incremento y mejor redistribución del flujo sanguíneo, principalmente al nivel del corazón, de la glándula mamaria, el tracto digestivo y el hígado. Todo lo anterior, en su conjunto, desemboca en una regulación coordinada (homeoresis o teleophoresis) del metabolismo de diferentes órganos y tejidos; para asegurar, en todo momento, un suministro adecuado de nutrientes a la glándula mamaria sin sacrificar el resto de funciones.

Ambos conceptos (homeostasis y homeoresis o teleoforesis) están implicados en la construcción de la robusteza individual de especies vegetales y animales y, para com-

prenderlos y estar en condiciones de medirlos, tendremos que tenerlos en cuenta a ambos a la vez.

Asimismo, la definición clásica de la adaptación de los sistemas implica los términos “robusto” o “rústico” como expresiones resumidas y conocidas de la propiedad adaptativa.

Por “robustez” entendemos la capacidad de un sistema de ser autónomo, es decir, de adaptarse a las perturbaciones del medio ambiente (Friggens *et al.*, 2010), de mantener un nivel de producción adecuado en una diversidad de condiciones medioambientales, sin sacrificar ninguna de sus otras funciones. Para hacer frente a una perturbación, la “robustez” es un sistema jerárquico que pone en juego diferentes caracteres biológicos.

Un sistema “robusto” será considerado como un sistema sólido, sano, fuerte, firme, vigoroso y resistente gracias a su estructura, por lo que se puede considerar próximo al concepto de rigidez. Sin embargo, en los organismos vivos, puede decirse que la robustez se alimenta de regulaciones de su funcionamiento (homeostasis) y de la combinación de propiedades de elasticidad y flexibilidad que confieren capacidad a la adaptación y a la supervivencia. De manera similar, puede decirse que las propiedades de plasticidad aseguran la perennidad de las especies a pesar de las modificaciones del medio.

Un sistema “rústico” —por su parte— es, a su vez, robusto; resistente a las perturbaciones, con pocas exigencias o demanda de cuidados y atenciones especiales.

En general, el término rústico hace referencia a un sistema donde las exigencias son mínimas, y es poco afectado por las perturbaciones. En cambio, el término robusto hace referencia a la capacidad de mantenerse frente a las adversidades, y gracias a sus reacciones, estos sistemas son poco afectados.

Los sistemas de producción animal están, por naturaleza, estructurados en diferentes niveles de organización espacio-temporal que, en general, les confiere un carácter dinámico y complejo (figura 1).

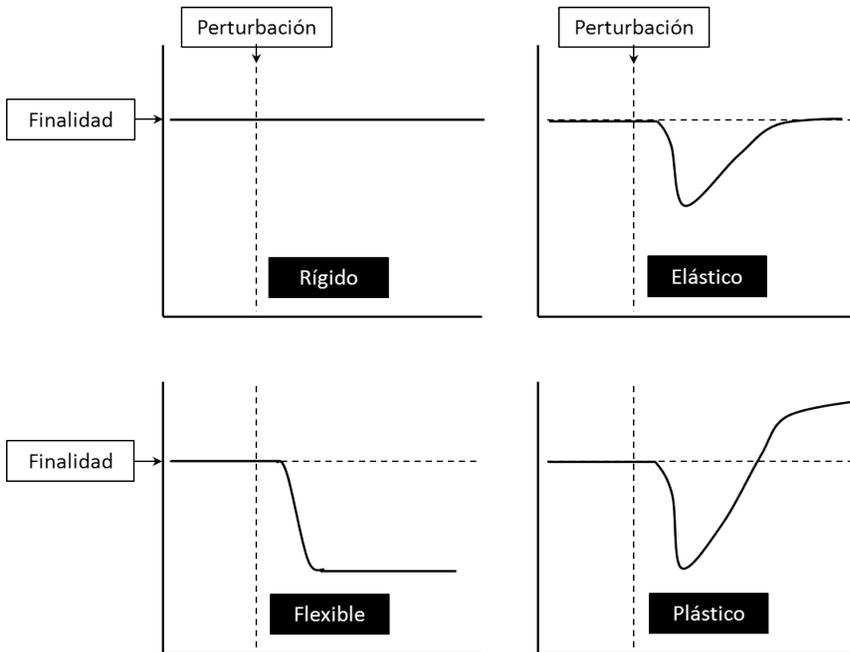
Las *escalas espaciales* van desde el nivel celular hasta otro tan vasto y agregado como la localidad, el sector o la región en que se desarrollan dichos sistemas. La *escala temporal*, por su parte, corresponde a la noción de paso de fracciones de segundo o minutos en una reacción bioquímica, por ejemplo, hasta la noción de años o vida productiva de individuos o rebaños enteros.

Las múltiples regulaciones asociadas determinarán, entonces, las características de la serie de respuestas adaptativas posibles a obtener en el espacio y el tiempo. De manera general, se considera que la capacidad de adaptación confiere cierta estabilidad (de estructura, de funcionalidad, de finalidad) al sistema frente a los cambios; lo cual, *a posteriori*, estará estrechamente relacionado con su grado de autonomía.

Las diferentes modalidades de respuesta adaptativas de los sistemas a las perturbaciones pueden estar relacionadas, entonces, con nociones de resistencia (ocurre en sistemas rígidos), deformación (en sistemas elásticos o flexibles) o transformación (en sistemas plásticos) (Alcaras y Lacroux, 1999; Bocquier y González-García, 2010). Estas respuestas (figura 2), ocurren en un contexto de perturbaciones dinámicas, con frecuencia de origen múltiple y sometidas a eventos recurrentes o acumulativos, como los efectos de las variaciones climáticas sobre la disponibilidad estacional de forraje.

Figura 2

Modalidades de respuestas adaptativas dinámicas en un sistema perturbado.



Fuente: adaptado de Sauvant y Martín (2010).

Los *sistemas rígidos* no se adaptan a las perturbaciones externas, no deforman su estructura y no modifican su finalidad u objetivo, lo que puede conllevar a una ruptura eventual (por ejemplo: muerte del individuo o fracaso del proceso de producción y comercialización).

Los *sistemas elásticos*, en cambio, se adaptan modificando transitoriamente su estructura, y su resiliencia es proporcional al grado de su máxima deformación. Sin embargo, su finalidad no se modifica, por lo que se habla de estabilidad teleonómica (Monod, 1970). La homeostasis, pone en práctica las propiedades elásticas de los seres vivos frente a las perturbaciones a las que se enfrenta. De manera similar, las adaptaciones “tácticas” de los sistemas a veces conducen a propiedades elásticas.

Los *sistemas flexibles* se adaptan a las perturbaciones gracias a la capacidad de modificar su estructura sin modificar la finalidad u objetivo, o viceversa, modificando la finalidad sin cambiar su estructura. La flexibilidad implica, por lo general, la capacidad de adoptar una gama de formas posibles.

Los *sistemas plásticos* se adaptan gracias a la capacidad que tienen de modificar su estructura al tiempo que se adaptan a nuevas finalidades u objetivos. Por ello, la plasticidad se comprende como la facultad de adoptar formas y la capacidad de cambiar de forma. La evolución de los seres vivos ofrece un sinnúmero de ejemplos de plasticidad de especies en respuesta a las modificaciones y las limitaciones del medio.

Estrategias adaptativas

Las posibles respuestas de adaptación de un sistema ante situaciones perturbadoras se fortalecen al estimular su capacidad adaptativa en sus diferentes niveles.

A la escala del sistema, dichos principios pasan por: 1) el desarrollo de la “profilaxis” o prevención, es decir, la capacidad de prever la ocurrencia de los posibles eventos negativos con sus efectos acompañantes (para disminuir o anular el factor sorpresa); 2) crear las condiciones para responder de forma oportuna y eficiente ante eventos con posibilidades de ocurrencia; 3) dotarse de prácticas de manejo flexibles y con márgenes de maniobra ante fenómenos de diversa índole. El conjunto de estos principios debe conducir, *a priori*, a estimular la autonomía de los sistemas. Un sistema menos dependiente sufrirá en menor medida los cambios externos, eventuales e impredecibles, deviniendo así en un sistema menos frágil o más resiliente y sostenible.

A la escala de los componentes se trataría de dotar al sistema de componentes robustos, flexibles y con capacidad de reacción conocida ante los cambios. Tal es el caso del establecimiento de sistemas silvopastoriles, diseñados con varios estratos florísticos en su arquitectura (incluyendo simultáneamente especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas), de manera que la producción de biomasa aporte rendimientos complementarios en el tiempo y el espacio y que la composición botánica sea capaz de desarrollar mecanismos de alternancia; por ejemplo, ante el ataque de una plaga o enfermedad a una de las especies o variedades que integran la unidad de pastoreo.

Para comprender bien los procesos adaptativos, el objeto de estudio debe ser concebido como un sistema en sus múltiples formas y niveles existentes. El sistema debe ser visto como un objeto definido por sus fronteras y los elementos que lo integran; los cuales, a la vez, estarán conectados entre sí y con el exterior por un conjunto de redes de flujo de materia y de información en sentidos variables y diversos (Sauvant y Martín, 2010).

Por lo general, existe una fuerte conexión entre la biodiversidad de los sistemas y la resiliencia: mientras más diversos sean los sistemas, éstos tienden a ser más estables y más resilientes, lo que promueve una mayor capacidad de autorregulación.

El diseño de sistemas agropecuarios con bases agroecológicas permite: 1) la integración de los recursos locales, 2) la incorporación del conocimiento ancestral asociado al actual, 3) la disminución de las externalidades negativas, y 4) la búsqueda de la armonía a través de las relaciones humanas con la naturaleza. Por ello, los sistemas agroecológicos con posibilidades de resiliencia, se basan en la aplicación de diversos principios (Reinjets *et al.*, 1992):

- Aumento del reciclado de biomasa, optimización de la disponibilidad y flujo balanceado de nutrientes.
- Aseguramiento de las condiciones favorables del suelo para el crecimiento de las plantas; particularmente, a través del manejo de la materia orgánica y aumento de la actividad biótica del suelo.
- Aumento de la eficiencia del sistema debido al flujo de la radiación solar, el aire y el agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y manejo de suelo a través del aumento de la cobertura.

- Diversificación específica y genética de los agroecosistemas en tiempo y espacio.
- Incremento de las interacciones biológicas y de las sinergias entre los componentes de la biodiversidad al promover procesos y servicios ecológicos claves del sistema.

Estos cinco principios fueron adaptados recientemente a los sistemas de producción animal por Dumont *et al.* (2013), quedando formulados de la siguiente manera:

1. Adopción de prácticas de manejo conducentes a mejorar la salud animal (con énfasis en profilaxis y prevención).
2. Disminución significativa de los recursos provenientes del exterior del sistema (disminución de la dependencia) requeridos para garantizar una producción estable.
3. Disminución de la polución a través de procesos de optimización de los mecanismos (biológicos, biotécnicos y de gestión) e interrelaciones entre los componentes del sistema.
4. Estimulación de la diversidad de sistemas.
5. Preservación de la diversidad biológica intrínseca de cada sistema y de los agroecosistemas en general, a través de la adaptación de prácticas de manejo.

Las bases para lograr la resiliencia a partir de estrategias de intervención en el sistema, pasan por el desarrollo de un enfoque de integración en el manejo de los recursos, e interacción entre componentes dentro del sistema y con el exterior, orientadas a la adaptación en las diferentes escalas del sistema.

En este contexto, la integración es considerada como una de las alternativas más aconsejables en la búsqueda de soluciones o intervenciones durables en el contexto actual del desarrollo de los sistemas agrícolas y ganaderos. Existen evidencias de que con buenas estrategias de integración (de los recursos con que se cuenta, de las simbiosis que ocurren entre los ciclos vitales implícitos, de los cambios sucesionales y de los puntos de conexión entre los diferentes componentes del sistema) se aumenta la resiliencia de dichos sistemas.

En síntesis, podemos decir que a medida que se reducen los riesgos a perturbaciones mediante intervenciones o mecanismos de regulación apropiados, aumenta la capacidad de adaptación, lo que conlleva a mayor resiliencia y reducción la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas y ganaderos.

Estudios de casos concretos

En el siguiente apartado se desarrollan tres estudios de casos que ilustran la aplicación de algunos de los conceptos discutidos en las secciones anteriores y en los cuales se han aplicado con éxito diferentes tecnologías para el desarrollo de la ganadería, en diferentes regiones latinoamericanas (dos en México y uno en Cuba). Como se discute en cada uno de ellos, la aplicación de los conceptos y principios de la integración y la adaptación constituyen pilares fundamentales en la garantía de la resiliencia y/o sostenibilidad de estos sistemas.

1. Transición de la ganadería bovina de doble propósito hacia la producción orgánica en Chiapas

Las experiencias de investigación e innovación socio-ambiental en sistemas agro-silvopastoriles (SASP) y de transición de la ganadería convencional hacia la orgánica, en el municipio de Tecpatán, Chiapas, se orientan hacia el desarrollo de las capacidades locales de los productores, organización social (grupos de trabajo, cooperativas, etcétera) y gestión en el corto, mediano y largo plazo para lograr la eficiencia funcional y la sustentabilidad de sus sistemas productivos actuales.

Tecpatán se localiza al sureste de México; tiene un clima cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, cuyo promedio de precipitación total anual es de 1,932 mm. La altitud promedio es de 320 msnm y la topografía es accidentada. Predomina el SASP tradicional de ganado bovino de doble propósito con el objetivo de producir leche y becerros al destete para la venta.

Este sistema se caracteriza por: 1) unidades de pastoreo con un gradiente de arborización que va desde pastizales extensivos (sin árboles) hasta pastizales con cercos vivos, con arbustos y/o acahuales, con árboles dispersos utilizados de forma alterna durante el ciclo anual; y 2) porque mantiene relaciones de interdependencia con los sistemas agrícolas y forestales por flujos de energía y circulación de materiales a través del abonado de cultivos con estiércol, alimentación del ganado con residuos agrícolas y con follaje de árboles.

El proceso de innovación socio-ambiental seguido para obtener la certificación orgánica consta de seis fases: 1) Evaluación de unidades ganaderas; 2) Capacitación y fortalecimiento de capacidades de productores y técnicos sobre tecnologías agroecológicas y uso de sustancias permitidas, restringidas y prohibidas por la normatividad orgánica (manejo alimenticio, manejo sustentable de pastizal, fertilización orgánica del suelo, control ecológico de malezas, control ecológico de plagas, profilaxis y cuidados médicos veterinarios, raza y reproducción, bienestar animal, inocuidad de productos y gestión ecológica); 3) Gestión ante instituciones gubernamentales; 4) Implementación y seguimiento de control interno en cada unidad de producción ganadera familiar (UPGF); 5) Inspección y certificación orgánica; y 6) Comercialización y escalamiento.

Funcionamiento y productividad en función de la disponibilidad de tierra

En el modelo conceptual de la figura 3, se sintetizan las 12 relaciones básicas del SASP de producción bovina. Se observa que los componentes del SASP mantienen relaciones de interdependencia entre sí; y, a su vez, el comportamiento específico del SASP es un resultado de las características particulares del modo de vida (MV) de cada UPGF.

A su vez, los MV se comportan en función de: 1) las estrategias de vida, basada en la estrategia de ingreso de la UPGF (de la agricultura, ganadería, ingreso extra UPGF, autoabastecimiento); 2) los capitales (natural, social, humano, financiero y físico); 3) el contexto de vulnerabilidad (precios de mercado, riesgo ambiental y en la salud, etc.);

y 4) el contexto institucional local y externo (política, leyes, contexto económico). De esta forma, el comportamiento específico promedio del SASP de producción bovina de Tecpatán, Chiapas, muestra los siguientes resultados.

En promedio, los productores tienen 58 (± 9.5) años de edad y escaso nivel de formación; están organizados en asociaciones ganaderas y sociedades de producción rural (SPR), y aunque reciben escasa capacitación (29%), asistencia técnica (23%) y apoyo crediticio (25%), el 94% de ellos tienen la perspectiva de continuar con la ganadería.

Algunos productores contratan trabajadores fijos (39%), eventuales (44%) o de ambos tipos (18%). El SASP de producción bovina muestra bajo grado de desarrollo tecnológico y bajo uso de insumos externos. Los animales son de raza Cebú y del biotipo criollo, encastados con algunas razas europeas, entre las que predominan Suizo, Holstein, y en menor proporción, Simmental.

Las vacas se ordeñan una vez al día (97%) y de forma manual. El número de vacas en ordeña es de 20.2 (± 11.7), la producción de leche diaria es de 4.8 (± 0.1); lluvias: 5.5 y seca: 4.1 litros por vaca y la anual es de 1,183.0 (± 4.3) litros por vaca en un periodo de 7.5 (± 0.1) meses. El semental permanece todo el tiempo con las vacas, por lo que el empadre ocurre mediante monta directa.

Ello se refleja en que los becerros nacen en cualquier momento del año y el destete se presenta de forma natural. La leche se vende a las empresas Pradel (97.30) y Nestlé (1.30%) y a los queseros artesanales (1.30%). Todos los becerros son vendidos al destete, a los 7.8 (± 0.9) meses de edad, para ser engordados en otras regiones de México. El margen neto por vaca al año es de 2,408.9 (± 212.5) pesos, y el total de beneficiarios de la familia por UPGF es de 3.9 (± 0.6) personas. La venta de leche, becerros al destete y vacas de desecho, son las principales fuentes de ingresos del productor y presentan serios problemas de intermediarismo en la comercialización. Algunos cálculos/ha y años disponibles o estimados son los siguientes:

Forraje. La producción de forraje anual con cosechas cada 45 días es de: *Cynodon plectostachyus* (16.6 ± 1.3 kg MS/ha), *Brachiaria brizantha* (18.4 ± 2.2 kg MS/ha) y *Panicum maximum* o mombasa (41.0 ± 5.2 kg MS/ha).

Leche. En promedio, una vaca produce 4.50 l de leche/d, y considerando una lactancia de 8.7 meses, una vaca produce 1,174 l de leche/año. A partir de los datos previos y considerando que cada UPGF cuenta, en promedio, con 20.2 vacas en ordeña (total=23,715 l) y 33.50 ha, se estima una producción de 707.10 l/ha/año.

Carne. Partiendo de que las UPGF cuentan, en promedio, con 20.2 vacas en ordeña, con tasa de natalidad de 73% y mortalidad de becerros de 5.80%, éstas logran vender anualmente 13.1 becerros de 290 kg y una vaca de desecho de 450 kg que suman en total 4,249 kg de carne de animales en pie. Cada UPGF cuenta, en promedio, con 33.50 ha de tierras de pastoreo; por lo que se estima una producción de 127 kg/ha/año de carne de animales en pie.

Margen neto. Cada UPGF obtiene del SASP de producción bovina un total de 246.7 €/vaca/año. Esto, al considerar un tipo de cambio de 18.19 pesos por €, arroja un total de \$4,487.50 pesos mexicanos/vaca/año. A partir de los datos previos y tomando en cuenta

que cada UPGF cuenta, en promedio, con 20.2 vacas en ordeña (total= \$90,647.50 pesos /vaca/año) y 33.50 ha, se estima un margen neto de \$2,706 pesos/ha/año.

Los sistemas silvopastoriles y la ganadería orgánica como herramientas para la adaptación

Debido a que la adaptación es un atributo de los sistemas, relacionado con la capacidad de cambio e innovación, en este caso de estudio, las innovaciones socio-ambientales orientadas al desarrollo sustentable de SASP y de ganadería orgánica constituyen herramientas para afrontar diversos problemas, como por ejemplo:

I) La dependencia de insumos del exterior, ya que los SASP y la ganadería orgánica parten principalmente del uso de recursos locales.

II) Económicos, como los altos costos de los insumos, y bajo precio de venta de productos ganaderos (carne, leche, quesos), el cual puede mejorar mediante la producción amigable con el ambiente y la certificación orgánica de productos de alta calidad e inocuidad, lo que se traduce en una mejor relación inversión-margen neto a nivel de sistema de producción.

III) Cambio climático. Los SASP y la ganadería orgánica en general contribuyen a: a) mitigar los efectos del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de C, principalmente con la siembra de árboles y el incremento de la materia orgánica del suelo; b) reducen las emisiones de CO₂ evitando la quema y la deforestación, porque ejercen menor presión sobre los bosques y selvas; c) disminuyen las emisiones de óxido nitroso mediante la disminución del uso de fertilizantes nitrogenados, y el aumento de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico al suelo con el uso de especies leguminosas, así como favorecer la vida en el suelo; d) disminuyen las emisiones de gas metano al ofrecer a los animales forrajes diversos y de mejor calidad nutritiva, mayor digestibilidad y mejor patrón de fermentación ruminal; y e) aminoran el impacto de la lluvia en el suelo, con lo cual se incrementa la capacidad de infiltración y retención del agua y se disminuye la escorrentía superficial.

La adaptación y la mitigación del cambio climático mediante SASP y ganadería orgánica, en particular, ofrecen múltiples beneficios productivos ; y generan, en comparación con los sistemas convencionales, servicios ambientales a favor de la sociedad, tanto a nivel local/productor, como regional/paisaje y global. Mediante capacitación continua a los productores sería posible aumentar la capacidad de adaptación y la resiliencia, mejorar la productividad y la sostenibilidad del SASP y de las ganaderías orgánicas estudiadas, mejorar la calidad de vida de las familias, así como motivar a los jóvenes a continuar con esta actividad productiva.

Se trata de sistemas ganaderos con diversos mecanismos de integración con los sistemas agrícolas y forestales. Son sistemas silvopastoriles tradicionales con presencia de árboles forrajeros y no forrajeros en las unidades de pastoreo, ya sea dispersos o en cercos vivos. Además, se han establecido algunos bancos forrajeros, utilizando especies nativas o naturalizadas bien adaptadas a las condiciones de la región.

Los requerimientos alimenticios de los hatos están determinados por la cantidad de tierra disponible y los productores hacen los ajustes apropiados en tiempo y espacio,

desechando animales, vendiendo becerros e incorporando hembras de reemplazo seleccionadas por su alto potencial genético.

El 100% del forraje que requieren los animales es producido en la propia unidad ganadera, por lo que no dependen del exterior.

Se fomenta la fertilización orgánica mediante el procesado del estiércol de los animales o utilizándolo directamente para fertilización de las unidades de pastoreo. El control de malezas y plagas y enfermedades, así como el bienestar animal, la profilaxis y los cuidados médicos veterinarios de los animales están basados en la normatividad orgánica, con bajo uso de insumos externos. Se eligen razas de ganado adaptadas a las condiciones de la región, observado en la eficiencia reproductiva y baja mortalidad.

2. Módulos agroforestales (MAF) para la producción caprina en Cuba

La tecnología de los módulos agroforestales (MAF) fue desarrollada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Costa Rica; e introducida en Cuba en el año 1995, a partir de la necesidad de incorporar nuevos sistemas y estrategias de producción agrícolas capaces de combinar buenos rendimientos productivos y autonomía o independencia en la utilización de recursos externos.

Con profundo criterio de sostenibilidad y reciclaje, este sistema se basa en la combinación y manejo eficiente de tres elementos principales: 1) la garantía de una instalación rústica (construida con recursos accesibles para el pequeño y mediano productor), 2) el establecimiento de un banco forrajero con alta productividad por unidad de área para el corte y acarreo, capaz de cubrir los requerimientos nutricionales del total de animales durante el año, y 3) el confinamiento 100% del tiempo de un rebaño genético de mediano a alto potencial para el carácter lechero (González, 2003).

Para el establecimiento de la infraestructura necesaria, el productor debe considerar en un inicio la calidad y extensión de tierra disponible, la posición dentro del agroecosistema, la disponibilidad de fuentes de abasto de agua y las vías de comunicación y acceso.

El buen establecimiento de la plantación forrajera de morera (*Morus alba*) y king grass (*Pennisetum purpureum*), con la densidad y el vigor de plantas deseados y lista para el corte y acarreo, resulta esencial para el buen funcionamiento de este sistema. El mismo, se puede lograr efectuando la siembra en la época óptima (lluviosa), con una densidad de plantación adecuada (25,000 plantas de morera/ha) y ejecutando, además, las labores de limpieza frecuente de malas hierbas y la fertilización orgánica durante el año de establecimiento.

Funcionamiento y productividad en función de la disponibilidad de tierra

(Cálculos/ha disponible):

Una hectárea de un banco forrajero en esta tecnología comprende alrededor del 30% del área destinada a la plantación de king grass (0.3 ha) y el 70% para la plantación de morera (0.7 ha) (figura 3). Si se tiene en cuenta un rendimiento forrajero promedio

de 15 y 2.5 t de materia seca (MS) comestible/ha/año para cada una de estas especies, respectivamente, se puede considerar, entonces, que en el periodo de un año, dicho banco forrajero será capaz de producir un total de 5.2 t de MS de forraje comestible/año (4.4 t a partir del king grass y 0.8 t a partir de la morera).

Por otra parte, considerando que una cabra de este rebaño (~40 kg de peso vivo) requiere alrededor de 3.50 kg de MS en un día promedio del año (dejando un margen al rechazo), para la ración propuesta en esta tecnología, se estaría hablando de la necesidad de aportar alrededor de 2.50 y un kg de MS a partir del forraje troceado de king grass y morera (70 y 30%, respectivamente) por cabra por día.

Con la disponibilidad total de forraje comestible mencionada anteriormente (5.2 t MS comestible/ha/año: 4.4 y 0.8), una hectárea de este banco forrajero daría la posibilidad de contar con siete hembras reproductoras con los requerimientos nutricionales cubiertos durante todo el año. Estos cálculos se pueden extrapolar en función de la disponibilidad de tierra con que se cuente.

Los ingresos económicos y los reciclajes que se producen en el sistema se generan a partir de las producciones de leche, de cabritos de destete, de leña a partir de los residuos fibrosos de morera, de pieles y de estiércol (figura 3).

Leche. Una cabra de un rebaño de genotipo mestizo en Cuba puede producir alrededor de 1.50 litros de leche/día en lactancias de aproximadamente 240 días (ocho meses), como promedio. Al lograr cerca de un 70% de cabras en ordeño durante el año, se puede estimar que este sistema es capaz de producir alrededor de 1,800 litros de leche/ha al año.

Cabritos destetados. Con una fertilidad promedio de 1.10 partos por cabra por año, una prolificidad de 1.60 crías nacidas vivas por parto y una mortalidad desde el parto hasta el destete (120 días) de alrededor del 8%, se puede alcanzar una producción anual de 11 cabritos destetados con el rebaño de siete cabras, alimentados por la hectárea de banco forrajero. Si tenemos en cuenta un peso al destete de unos 15 kg, este sistema sería capaz de producir 170 kg de cabritos destetados al año.

Leña. La producción de leña (ramas fibrosas no consumibles por los animales y restos post-cosecha) constituye un importante sub-producto del sistema que sirve para reforzar la autonomía energética de la finca. Las ramas, una vez recolectadas, son almacenadas en un punto donde se finalizará el proceso de secado. Una vez secas, podrán ser utilizadas como leña para la cocción de alimentos, las cuales son quemadas y aprovechadas para la producción de *energía*; o, simplemente molidas y aprovechadas, por ejemplo: como aserrín a utilizar en forma de cama en el secado del piso de la nave de estabulación.

Esta producción varía en función de la interacción entre la altura y frecuencia de corte de la plantación de morera (Noda *et al.*, 2010). Para una altura de corte de 50 cm la producción de leña puede oscilar entre tres y 16 g/planta/corte (66 y 410 kg/ha de 25,000 plantas/corte) en seca y lluvia, respectivamente, a una frecuencia de corte de dos meses (60 días).

Cuando la frecuencia de cosecha disminuye a cuatro meses (120 días), estos valores pueden aumentar hasta las 2.80 t de leña/ha/año (0.8 y 2.0 t para seca y lluvia, respectivamente). Cuando la altura de corte aumenta a 100 cm, las producciones anuales se

mantienen relativamente similares a las anteriormente mencionadas: 545 (115 y 430, seca y lluvia) y 2,700 (600 y 2,100; seca y lluvia) kg/ha/año para las frecuencias de corte de 60 y 120 días, respectivamente.

Estiércol. Un caprino adulto produce alrededor del 4% de su peso vivo diario en excreta. Si se tiene en cuenta que el sistema en cuestión alberga siete cabras de aproximadamente 40 kg (13 kg diarios de excreta) más un semental de alrededor de 50 kg (16 kg diarios de excreta) y su descendencia con “presencia relativa” (animales en crecimiento), la producción anual de *fertilizante orgánico*, por esta vía, sería del orden de las 10 t.

Esta producción de estiércol de alta calidad, completamente destinada a retribuir los nutrientes extraídos del banco forrajero (figura 4), permitiría un excelente ritmo de fertilización anual, de más de 800 kg/ha de estiércol en forma de humus. La fertilización se lleva a cabo mediante la aplicación directa del humus producido por las eyecciones depositadas por los animales en la nave estabulada y directamente recolectada (una vez por semana) debajo del piso, en función del grado de descomposición (el estiércol fresco no se recoge, se deja descomponer y lo que se aplica es en el estado de humus).

Piel. Por otra parte, cada año la tasa de remplazo de hembras para la reproducción (~20 %) permite la salida del sistema de una a dos cabras/ha de banco forrajero disponible en la finca. Al partir de un rendimiento de aproximadamente 0.50 m² de piel por animal esta producción puede considerarse relativamente insignificante para la economía de la explotación; sin embargo, no se debe despreciar el óptimo *valor artesanal* de este producto, incluso en los objetivos de construcción y mantenimiento de la nave de estabulación y su sala de ordeño.

Entre otras ventajas de los MAF, con relación al sistema de pastoreo extensivo imperante (anteriormente, en la producción caprina de la isla), se pueden mencionar los efectos positivos en el control del parasitismo gastrointestinal (disminución en más de un 70% con respecto al sistema en pastoreo), la disminución de las frecuentes lesiones a nivel de la ubre por tropiezos con plantas y otros objetos punzantes, la significativa disminución de los requerimientos energéticos del rebaño al permanecer estabulados los animales (energía neta en función de la producción láctea y el mantenimiento) y la optimización en la utilización de la tierra agrícola disponible.

Las estrategias de integración y adaptación como parte de las “claves de éxito” de los MAF

Integración:

Un aspecto clave del funcionamiento estable que se logra con la tecnología de los MAF radica en el alto sentido de integración de todos sus componentes, el cual se tiene en cuenta desde el propio momento del diseño de la finca a fomentar con este sistema. De acuerdo a la aplicación de principios clásicos de zootecnia, la cantidad de tierra destinada al establecimiento del banco forrajero (soporte casi unánime de la alimentación de los MAF) estará determinada por los requerimientos del rebaño que se planifica, y/o viceversa (en función de la tierra que se dispone, así será la magnitud del rebaño a establecer).

Dichos requerimientos serán vistos con una noción dinámica en tiempo (por ejemplo: paso por diferentes fases fisiológicas, productivas) y en espacio (por ejemplo: progresión de la conformación complementaria, interna de las diferentes categorías del rebaño).

Desde el propio momento del diseño, además, se tienen muy en cuenta las características particulares de la especie forrajera que soporta el sistema de alimentación, en este caso la morera. Se consideran también las particularidades del entorno o medio específico de la finca (por ejemplo: propiedades del suelo local).

Al tratarse de una planta altamente extractiva (alta producción de biomasa y planta no leguminosa) el sistema se ve obligado a concebir una alternativa interna viable para reponer al suelo, con la misma frecuencia, los altos volúmenes de nutrientes que extrae para alimentar los animales. Para ello, una fertilización orgánica se coordina al mismo ritmo que se efectúan las cosechas de forraje durante el año y con el paso del tiempo. Esta fertilización orgánica se logra con la recuperación sistemática y total de las deyecciones de los animales (recuperación que se logra de manera práctica gracias al diseño del suelo de la nave, “adaptado” a las características de las pezuñas de los animales y al diámetro de las heces del caprino).

Este es sólo un ejemplo del conjunto de mecanismos de integración que ocurren en el seno de los MAF, básicos para el funcionamiento regular de esta tecnología y que llegan a incorporarse de manera casi automática en el saber-hacer cotidiano del ganadero. Pareciera algo simple, pero si el conjunto de estos detalles no se tiene en cuenta, o se cometen errores de cálculo y/o de calibración desde un inicio, estaríamos estableciendo un sistema llamado al fracaso, frágil, con dependencia casi absoluta del exterior, por ejemplo, en el suministro de forrajes y de fertilizantes del exterior.

Adaptación:

Lo anterior implica, a su vez, el engranaje estratégico de una serie de mecanismos internos de adaptación, ya sea a los niveles de los componentes del sistema, como en el manejo dinámico de éste. Un ejemplo claro es la elección de la raza más adaptada a las condiciones de la localidad que se trate.

Una combinación de potencial productivo con eficiencia digestiva para la degradación de dietas tropicales, básicamente fibrosas, es recomendada *a priori*. La resistencia a los ataques de parásitos gastrointestinales pasa a un segundo plano de prioridad, lo cual constituye una “curiosidad” excepcional, si tenemos en cuenta que estas enfermedades son las que más afectan la producción de pequeños rumiantes en el trópico (~50% de productividad).

Esta independencia casi absoluta de los antiparasitarios químicos se logra gracias a la estrategia de estabulación total, separadas a casi dos metros de la superficie del suelo. Se trata, en principio, de una tecnología de bajos insumos para productores con bajos recursos; sobre todo de acceso a la tierra, típico de la economía familiar, de pequeña y mediana escala.

Otra estrategia de adaptación lo constituye la sincronización de los ciclos zootécnicos con la disponibilidad local de subproductos agroindustriales (por ejemplo: la cascarilla de cítrico, excelente suplemento energético para el ganado). Los mecanismos de teleforesis

a los niveles individuales y colectivos (rebaño) se favorecen de manera significativa en función de objetivos productivos mucho más ambiciosos y en soporte de un uso mucho más racional del volumen de forraje producido en la misma finca.

Esta “planificación estratégica” depende en gran medida de la “capacidad adaptativa” del productor y sus lazos inter-relacionales con los mecanismos y decisores de las industrias locales. Dicha capacidad ayudará en mayor o menor cuantía a garantizar la autonomía forrajera alimentaria de su finca, sin tener que acudir a la compra de concentrados de altos precios, inaccesible en la mayoría de los casos para este tipo de productores.

3. Sistemas silvopastoriles en ganadería bovina de doble propósito en el trópico seco de México

La ganadería de doble propósito en el trópico mexicano y, en general en Latinoamérica, se caracteriza por sus bajos indicadores productivos, alta dependencia de insumos externos a la finca, manejada en forma extensiva, además de su asociación recientemente con la generación de gases de efecto invernadero.

Asimismo, esta ganadería se desarrolla con un doble enfoque; por un lado, la producción de leche asociada a la presencia del becerro en el momento de la ordeña y la producción de carne generada por el becerro en este sistema. El volumen de ambos productos es variable y está en dependencia de múltiples factores, tanto de tipo biológico, como social y económico.

En particular, un fenómeno biológico que contribuye de manera sustancial a esta variabilidad productiva se debe a la estacionalidad climática, en donde el principal reto es hacer frente al déficit de forraje en la época de sequía. Al respecto, el uso de forrajes conservados, de residuos agrícolas y agroindustriales, así como el uso de leñosas perennes son alternativas que permiten mejorar la ganadería de doble propósito en nuestras condiciones.

Por otra parte, la disponibilidad de extensas áreas de frutales en la zona costera del estado de Colima, México, permite concebir el desarrollo de sistemas silvopastoriles, para lo cual la producción de cocotero (*Cocos nucifera*), por ejemplo, se puede complementar con la ganadería a través de la combinación con la producción de pastos, la incorporación de leguminosas herbáceas y arbóreas (por ejemplo: el guaje, *Leucaena leucocephala*) en sistemas de alta densidad de dicha arbórea, generando con ello sistemas mixtos de tipo multiestrato.

Funcionamiento y productividad en función de la disponibilidad de tierra

(Cálculos/ha):

El sistema silvopastoril desarrollado (figura 5), se compone de una plantación de cocotero (en un marco de plantación de 8×8m) dando una densidad de 54 palmeras/ha, con una edad de 60 años. El forraje utilizado fue el *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115 y la leguminosa arbórea fue el guaje en tres densidades de plantación (40, 60, 80 mil plantas/ha) equivalente a una distancia entre surcos a 1.6m; 2.40 y 3.20m, respectivamente, y

entre plantas de 15 a 20 semillas m/lineal. La semilla se inoculó con una mezcla de rizobium y micorrizas, y en el momento de la siembra se fertilizó con 700 kg/ha de tierra de diatomeas como fertilizante natural, con un control de cocotero y *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115 (Anguiano *et al.*, 2012).

Biomasa: la alta producción de biomasa generada en el sistema permitió que se tuviera una carga global de cinco vacas/ha.

Leche: la producción individual fue en promedio de siete l/vaca/día, con periodos de 300 días de lactancia, lo que permitió la generación de 10,500 l/ha/año.

Becerras al destete: el hato tuvo un porcentaje de fertilidad de 79%, lo que permitió lograr cuatro becerros al destete, con un peso promedio de 200 kg, a una edad de ocho meses.

Frutos: además de la leche y la carne generada en el sistema, se considera la producción de frutos de palma (*Cocos nucifera*) con un promedio de 3,312 frutos/ha/año.

Otros elementos productivos a considerar: el sistema, de manera adicional, permite la generación de cuatro t de material vegetativo de *Pennisetum purpureum* va. Cuba CT-115 y cinco kg de semilla de *Leucaena leucocephala* var. Cunningham (por planta/año), válidos para el establecimiento de una nueva hectárea del sistema propuesto.

Por otra parte, es necesario señalar que este sistema permite un favorable reciclaje de nutrientes, un incremento en el contenido de materia orgánica del suelo, un impacto favorable sobre la macrofauna edáfica y un alto potencial de fijación de carbono en el sistema. Todo ello, mediante nuevos esquemas de diseño espacial de la leucaena y su asociación con forraje de alta productividad, como lo es el *Pennisetum purpureum* va. Cuba CT-115.

Estrategias de integración y adaptación en los sistemas silvopastoriles del trópico seco de México

La incorporación de una gramínea forrajera, como el *P. purpureum* CT-115, en áreas de cocotero, así como de diferentes densidades de siembra de *L. leucocephala* en ganadería bovina de doble propósito, propiciaron la integración de especies con diseños espaciales novedosos que permiten un incremento escalado y complementario en la producción de biomasa, lo que a su vez, implica incrementar de manera indirecta el uso eficiente del agua.

Con esta estrategia de integración de especies vegetales en el mismo terreno y a diferentes estratos se favorece el reciclaje de nutrientes, se incrementa el contenido de materia orgánica del suelo, y con ello, su fertilidad al diversificarse también la macrofauna edáfica. Esta asociación demuestra, a su vez, un alto potencial en los objetivos de fijación o secuestro de carbono en el sistema.

El aumento en producción de biomasa permite, lógicamente, una mayor carga animal por unidad de área, lo cual incrementa la eficiencia productiva del sistema por unidad de superficie, en un sistema multiestrato, que favorece el bienestar animal (con mayor sombra natural), aspecto importante en las condiciones tropicales. En este contexto, la elección de la raza más adecuada para valorar tales condiciones de producción juega un papel importante en los objetivos de garantizar la resiliencia del sistema, con una perdurabilidad

y productividad estables, a mediano y largo plazo, en condiciones de baja dependencia de la importación de insumos del exterior.

Esta variante de asociación sobre la base de la aplicación de una modalidad de sistemas silvopastoriles, modifica las áreas de pastoreo convencionales; donde, tanto la palmera (*Cocos nucifera*) como la leucaena (*L. leucocephala*) proveen biomasa, reciclaje de nutrientes y sombra para el bienestar de los bovinos.

Al modificar los diseños espaciales y las especies en estas áreas de cocotero, se favorece la presencia de otras especies, tanto leguminosas como no leguminosas, con potencial de consumo y de diferente porte, sean rastreras o erectas, herbáceas, arbustivas y arbóreas. Esta diversificación de las especies productoras de biomasa a diferentes estratos en el sistema favorece las complementariedades entre las comunidades vegetales (por ejemplo: en la resistencia a plagas y enfermedades) y una alternancia estratégica en la utilización de los nutrientes esenciales disponibles, pero también en los ciclos de producción de biomasa, dependientes de la progresión de sus ciclos fenológicos.

Para lograr estos beneficios del sistema, la experiencia desarrollada indica que es estratégica la incorporación del cerco eléctrico para permitir la lotificación y/o rotación de las áreas, considerando el tiempo de ocupación y descanso idóneos para su mejor aprovechamiento y uso racional, así como la incorporación del agua en las áreas de pastoreo.

En este contexto, este tipo de sistema generó independencia forrajera y de la compra de suplementos comerciales característicos de la zona de influencia.

Los cococultores se ven favorecidos con la diversidad productiva, pues además del ingreso económico de la venta de coco, se puede asociar a una ganadería con mayor productividad en el sistema, en donde los productores complementan su ingreso económico al diversificar su producción.

Consideraciones finales

La capacidad de adaptación de los sistemas de producción agropecuarios es esencial para fomentar la sostenibilidad de los mismos ante cambios o perturbaciones. En la medida que es posible modificar las tendencias no deseables de los sistemas agrícolas y ganaderos mediante intervenciones o mecanismos de regulación apropiados, se reducen los riesgos a perturbaciones y aumenta su resiliencia.

Asimismo, existe el reto para el diseño, establecimiento y manejo de sistemas agropecuarios con mayor capacidad de adaptación ante las perturbaciones, en donde se identifique o elaboren estrategias prácticas de intervención o mecanismos de regulación apropiados para cada condición. Con ello se contribuye a crear un compromiso sólido entre los objetivos de productividad y de utilización racional de los recursos naturales locales; para, de esta manera, lograr sistemas perdurables, desde los puntos de vista económico, ambiental y social.

Los estudios de caso de agroforestería pecuaria son una muestra del empleo de los recursos locales para el logro de integración y adaptación de los sistemas agropecuarios en trópico.

Literatura citada

- Alcaras, J. R. y Lacroux, F. (1999). Planifier, c'est s'adapter. *Économie et Sociétés*, série S.G., 26-27, 7-37.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1):7-20.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(1):103-107.
- Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. ISDEFE. Madrid. 88 pp.
- Bauman, D. E y Currie, W. B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63: 1514-1529.
- Bello, E. S. (1971). Las unidades experimentales de producción en la investigación ganadera. En: *Análisis económico de los datos en la investigación ganadera*. Gastal, E. (Ed.). IICA-OEA. Montevideo. Pp. 229-238.
- Bertalanffy, L.V. (1976). *Teoría general de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica. México. 311 pp.
- Bocquier, F. y González-García, E. (2010). Sustainability of ruminant agriculture in the new context: feeding strategies and features of animal adaptability into the necessary holistic approach. *Animal*. 4(7):1258-1273.
- Chilliard, Y. (1986). Variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. 1ère partie : chez la ratte. *Reproduction, Nutrition and Development*. 26:1057-1103.
- Chilliard, Y. (1999). Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. En: Martinet, J. (Edit.); Houdebine, L. M. (Edit.) y Head, H. H. (Edit.), *Biology of lactation* (p. 503-552). *Mieux Comprendre*. Paris, FRA: INRA Editions. <http://prodinra.inra.fr/record/67646> (Consultado el 10 de mayo 2014).
- Chilliard, Y.; Bocquier, F. y Doreau, M. (1998). Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reproduction, Nutrition and Development*. 38:131-152.
- Conway, G. (1985). Agroecosystem Analysis. *Agricultural Administration*. 20:31-55.
- Conway, G. (1987). The properties of agroecosystems. *Agricultural System*. 24:95-117.
- Dumont, B.; Fortun-Lamothe, L.; Jouven, M.; Thomas, M. y Tichit, M. (2013). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7(6):1028-43.
- Friggens, N. C.; Sauvant, D. y Martin, O. (2010). Vers des définitions opérationnelles de la robustesse s'appuyant sur des faits biologiques : l'exemple de la nutrition. *INRA Productions Animales*. 23(1):43-52.
- Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A. y Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf> (Consultado el 17 de julio de 2014).
- Gliessman, S. R. (1990). Quantifying the agroecological component of sustainable agriculture: A goal. *Agroecology*. Springer-Verlag. p. 366-370.
- Gliessman, S. R. (2007). *Agroecology. The Ecology of sustainable food systems*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 384 pp.
- González, E. (2003). Módulos agroforestales para la producción caprina. *Revista ACPA* 4, 43-45 (<http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2003/REVISTA%2004/17%20MODULOSAGROFORESTALES.pdf>) (Consultado el 09 de abril de 2014).
- IPCC. (2014). Summary for policymakers. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B.; Barros, V. R. Dokken, D. J. Mach, K. J.; Mastrandrea, M. D.; Bilir, T. E.; Chatterjee, M.; Ebi, K. L.; Estrada, Y. O.; Genova, R. C.; Girma, B.; Kissel, E. S.; Levy, A. N.; MacCracken, S.; Mastrandrea P. R. y White L.L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32. Disponible en: http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WG2AR5_SPM_FINAL.pdf (Consultado el 05 de agosto de 2014).

- Monod, J. (1970). *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Le Seuil, Paris, France, 219 pp.
- Morley, F. H. W. (1979). ¿En qué consiste el enfoque de sistemas en la producción animal? En: *Enfoque de sistemas en la investigación ganadera*. Scarsi J. C. (Ed.). IICA. Montevideo, Uruguay. pp: 24-37.
- Noda, Y.; Martín, G. y García, D.E. (2005). Efecto de la altura y la frecuencia de defoliación en la producción y la calidad de la biomasa de *Morus alba* (Linn). *Pastos y Forrajes* 28(2):133-140.
- Park, J. y Sealton, R. A. F. (1996). Integrative research and sustainable agriculture. *Agricultural Systems*. 50:81-100.
- Reinjets, C.; Haverkort, B. y Waters-Bayer, A. (1992). *Farming for the future*. MacMillan, London. 250 pp.
- Smyth, A. J. y Dumanski, J. A (1996). A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*. 75(4):401-406.
- Sauvant, D. y Martin, O. (2010). Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité... les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage : définitions systémique et biologique des différents concepts. *INRA Productions Animales*. 23(1): 5-10.

Recibido: Agosto 14, 2014

Inicio de arbitraje: Artículo invitado

Dictamen para autor: No

Aceptado: Agosto 28, 2014

Figura 3
Modelo conceptual del sistema de producción bovina de doble propósito del municipio de Tecpatán, Chiapas, México.

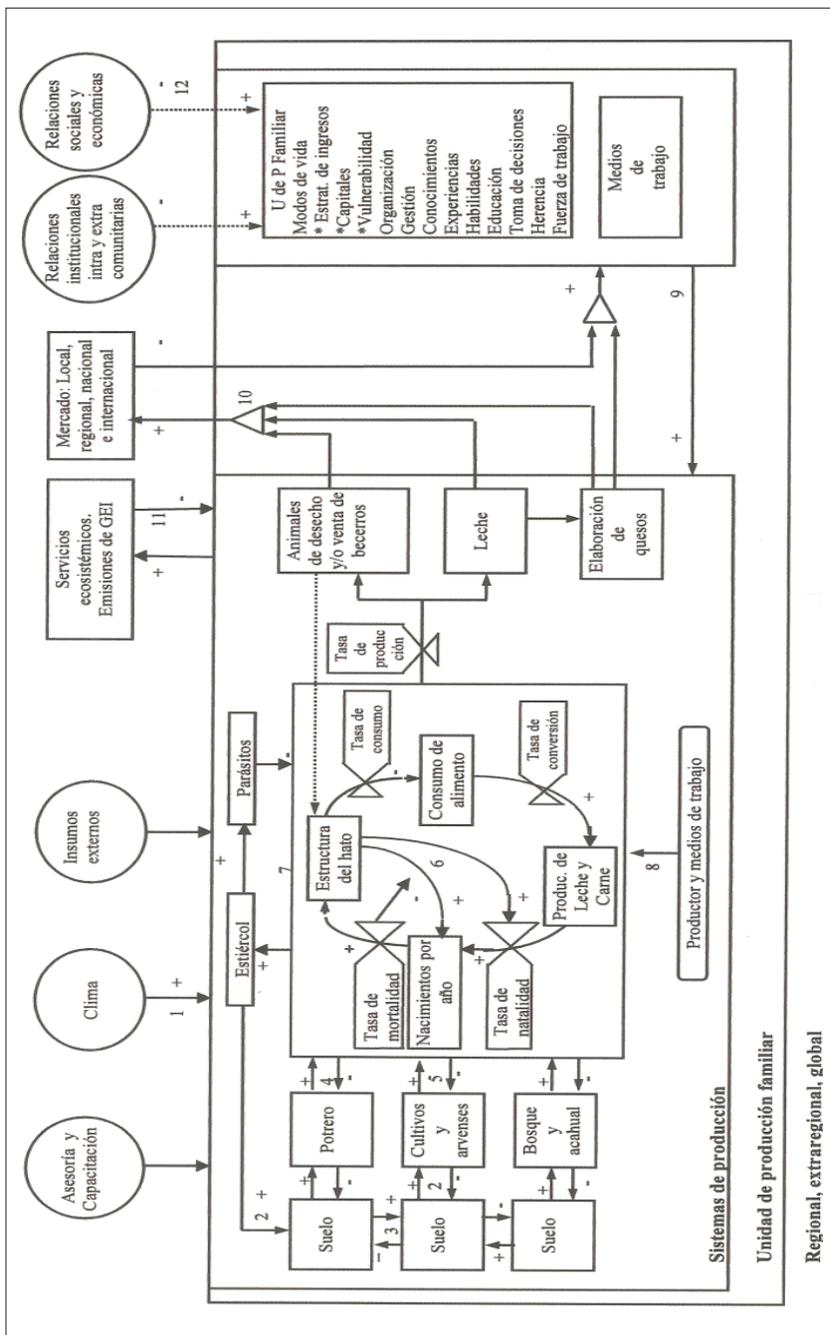


Figura 4
 Representación esquemática del modelo de funcionamiento de la tecnología de los módulos agroforestales para la producción de leche con cabras (experiencia cubana). La ilustración toma como base de cálculo la disponibilidad de 1 hectárea de banco forrajero.

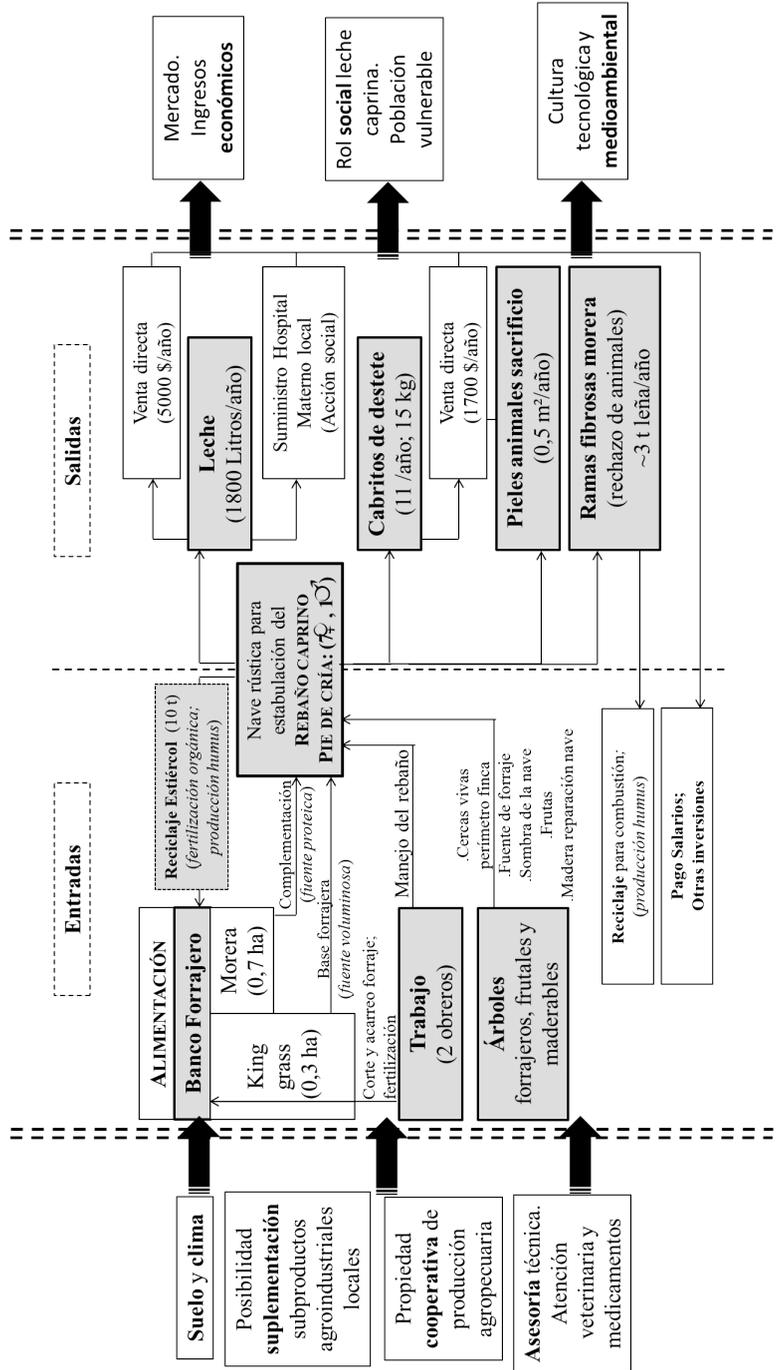
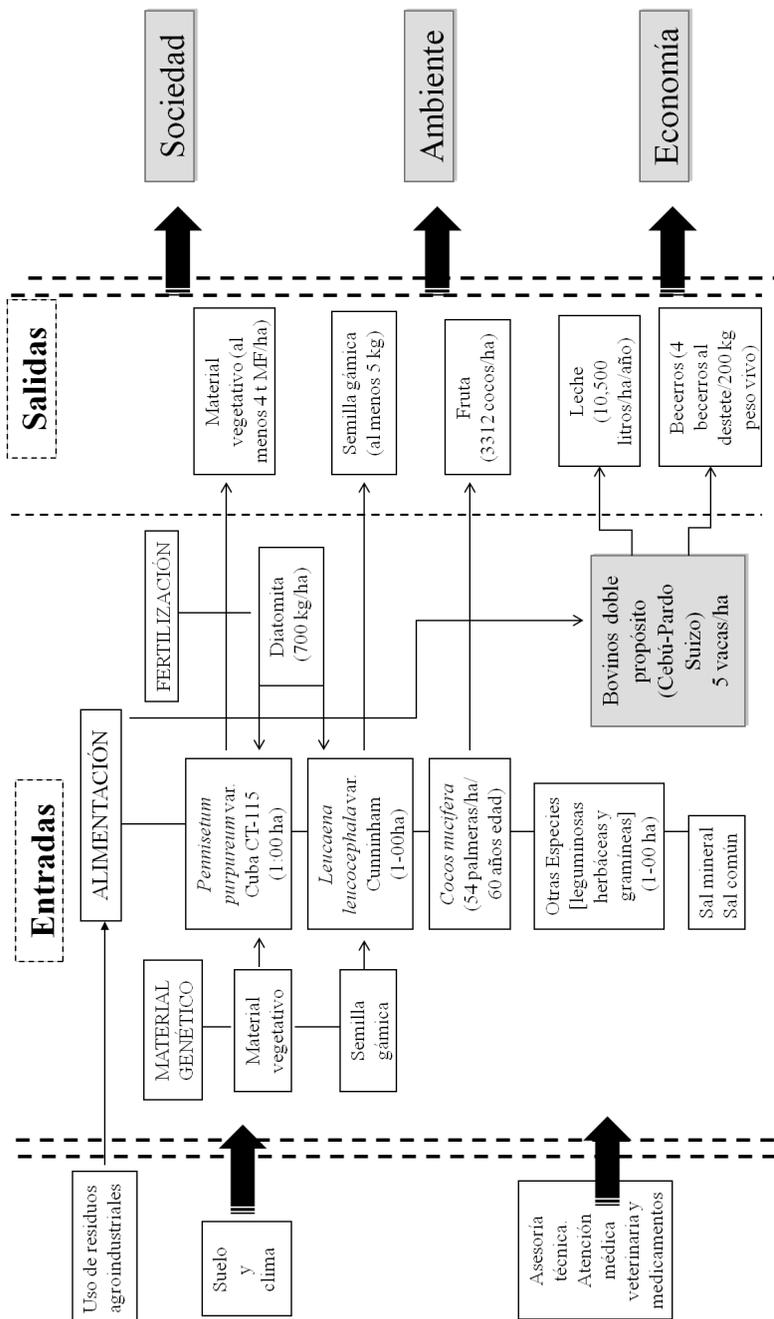


Figura 5
 Representación esquemática del modelo de funcionamiento de la tecnología de los sistemas silvopastoriles en ganadería bovina de doble propósito en el trópico seco de México.



Productividad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México•

Productivity of jalapeño pepper crop (*Capsicum annum* L.) with organic or conventional management in Calakmul, Campeche, México

Alejandro Morón Ríos y José Armando Alayón Gamboa

Departamento de Conservación de la Biodiversidad
ECOSUR-Unidad Campeche
Av. Rancho Polígono 2A, Ciudad Industrial, Lerma
Campeche, Campeche; México (C. P. 24500).
Tel. 01(981) 1273720

*Correspondencia: amoron@ecosur.mx

•Nota técnica

Resumen

Se compara el rendimiento productivo y económico del cultivo de chile jalapeño con manejo orgánico como alternativa al cultivo convencional que utiliza agroquímicos. Se sembraron dos parcelas con chile jalapeño variedad “Don Benito”, sin riego, manejadas de acuerdo al calendario del agricultor. Durante el ciclo agrícola, mensualmente, se registraron todas las inversiones monetarias realizadas en agroquímicos, jornales, adición de lombricomposta y fitoinsecticidas. También, se registró la biomasa de las plantas y las dimensiones de los frutos. La producción con manejo convencional fue mayor, pero el costo de producción se duplicó en comparación con el cultivo orgánico, afectándose negativamente su rentabilidad.

Palabras clave

Chile orgánico, Sureste, México.

Abstract

The productive and economic crop yield under organic management of the jalapeno peeper as an alternative to conventional farming using agrochemicals is compared. Two plots of the jalapeño pepper variety “Don Benito”, managed according to the calendar of the farmer, without irrigation were planted. During the growing season, all monetary investments in agrochemicals, wages, and addition of earthworm compost and insecticides were recorded monthly. Plant biomass and fruit size was also recorded. The production was higher with conventional management, but the cost of production doubled compared to organic farming, thereby affecting profitability negatively.

Keywords

Organic pepper, Southern Mexico.

En México se cultiva una gran variedad de tipos de chiles; entre ellos, el chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra (SIAP, 2010). En el año 2012, se estima que en el estado de Campeche se produjeron 6,764 toneladas en una superficie de cultivo de 1,682 hectáreas; lo cual dejó una derrama económica de 23,219 millones de pesos (SIAP, 2014).

Para la producción comercial de chile jalapeño se requiere que el productor administre y optimice sus recursos disponibles. Entre ellos, la mano de obra, el uso de fertilizantes y de insecticidas para el control de plagas del cultivo (Macías *et al.*, 2012).

La fertilización de síntesis química fundamentada en la teoría del balance mineral, aduce que los nutrimentos son necesarios para obtener altos rendimientos y buena calidad del fruto, aunado a un control químico de plagas y enfermedades. Sin embargo, el uso indiscriminado e ineficiente de fertilizantes y agroquímicos ha originado una disminución en el contenido de la materia orgánica y degradación del suelo (Castellanos y Pratt, 1981); mayor resistencia de plagas y uso de moléculas químicas de alto precio, repercutiendo en elevados costos, baja rentabilidad de la producción y contaminación ambiental (Garza, 2001).

Ante esta problemática, se han desarrollado alternativas ambientalmente amigables a bajos costos de producción. La aplicación de abonos orgánicos tiene el potencial de ser una fuente de nutrimentos económica y eficiente en la nutrición de los cultivos.

Los beneficios del uso de abonos orgánicos son muy amplios, ya que, además de aportar materia orgánica humificada y nutrimentos al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Pedroza y Samaniego, 2003). Otras opciones han sido el uso de insecticidas botánicos que pueden contribuir a la productividad del cultivo, disminuir problemas de salud humana y reducir el costo de producción.

En este trabajo se describen los efectos productivos y económicos del cultivo de chile jalapeño bajo un manejo orgánico con respecto al manejo convencional. El estudio se realizó durante el ciclo agrícola 2013-2014, en la localidad de El Chichonal (89° 33' 12.63"W; 18° 31' 33.42" N), municipio de Calakmul, Campeche. Esta localidad se ubica en la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera de Calakmul (REBICA).

El clima de la zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano y una marcada estación seca; la temperatura media anual es de 24.6°C y el promedio de precipitación total anual es de 1,076.2 milímetros (INEGI, 2011).

El terreno es de tipo cárstico y los suelos se distribuyen en un mosaico de diferentes asociaciones dominadas por litosoles, rendzinas, vertisoles y gleysoles (Morales-Rosas, 1999). El suelo donde se cultivó el chile jalapeño fue una asociación de litosol y rendzina, con un pH de 7.5 y 5% de materia orgánica.

Se utilizaron dos parcelas: la primera, fue de 4,400 m², en donde se estableció el cultivo con manejo orgánico; la segunda, tuvo una superficie de 1,802 m² sujeta a manejo

convencional con agroquímicos. En ambos casos se utilizó 1.50 Kg de semillas de chile jalapeño de la variedad “Don Benito”, que se sembraron directamente en el terreno a finales del mes de junio de 2013. Las actividades de preparación del terreno y siembra fueron iguales en ambas parcelas.

El cultivo estuvo sujeto a la temporalidad de las lluvias y todas las actividades e inversiones efectuadas en cada parcela se registraron en una libreta de contabilidad. Se cuantificó la cantidad de jornales utilizados e insumos agroquímicos o la adición de insecticidas botánicos y lombricomposta.

En la parcela bajo manejo orgánico se utilizaron dos toneladas de lombricomposta, que se aplicó junto al tallo de las plantas dos meses después de la siembra. En esta parcela, la densidad de siembra fue de 155,000 plantas por hectárea (ha) y en la de manejo convencional la densidad fue de 110,000 plantas por hectárea.

Durante el crecimiento del cultivo se efectuaron dos muestreos aleatorios en cinco cuadrantes de un m², para registrar el número de plantas, la longitud del tallo y las raíces. Junto con el registro de las plantas, se obtuvieron muestras de suelo en cada cuadrante. Éstas, se mezclaron en cada tipo de manejo para obtener una muestra compuesta al principio (junio) y al final del cultivo (enero).

Adicionalmente, se obtuvieron muestras de la lombricomposta utilizada como fertilizante en la parcela de cultivo orgánico. En la primera cosecha se anotaron las medidas de los frutos en ambas condiciones de manejo. Las muestras completas de las plantas (aérea y raíces) se secaron en una estufa hasta peso constante para determinar su materia seca. A las muestras de suelo y lombricomposta se les determinó pH, N y P. Los datos de la fracción vegetativa de las plantas (peso total, peso de la porción aérea y de la raíz, longitud y grosor del fruto) se analizaron mediante una prueba t de student de dos colas.

Las concentraciones de N y P del suelo disminuyeron al final del cultivo (cuadro 1), probablemente, porque en el cultivo orgánico se moviliza gran cantidad de compuestos mineralizados que se requieren para el crecimiento y fructificación de las plantas (Azofeifa y Moreira, 2008). Mientras que con el uso de fertilizantes de síntesis química (NPK) pudo ocurrir una mayor pérdida de compuestos nitrogenados a través de su volatilización y lixiviación; como se ha observado en estudios de meta análisis (Chivenge *et al.*, 2011) y a nivel de productores, al comparar cultivos orgánicos con cultivos que usan fertilizantes sintéticos a largo plazo (Aoyama y Kumakura, 2001; Bedada *et al.*, 2014).

Estos resultados sugieren que, de no mantenerse una fertilización adecuada en los suelos donde se efectuó el estudio, se corre el riesgo de disminuir su fertilidad, principalmente por una reducción en la concentración de N total y en la disponibilidad de P (Seufert *et al.*, 2012; Schipanski *et al.*, 2014). Este riesgo podría mitigarse con el uso de lombricomposta, ya que tiene un potencial de aporte de N y P (cuadro 1), lo que supone que su adición al suelo del cultivo orgánico, favoreció el aporte de éstos en forma disponible, similar a lo ofertado con la fertilización química en el cultivo convencional (Seufert *et al.*, 2012).

La biomasa seca de las plantas de ambos tipos de manejo no difirió significativamente; mientras que la longitud del fruto fue mayor en el cultivo orgánico y el ancho del fruto

en el convencional (cuadro 1); datos similares se han reportado en otras investigaciones (Azadi *et al.*, 2011; Seufert *et al.*, 2012), donde señalan una mejora sustantiva en la calidad del producto agrícola mediante un manejo orgánico.

Adicionalmente, el cultivo con manejo orgánico fue dos y media veces más económico que con el manejo convencional (cuadro 1), debido a una nula inversión en agroquímicos y fertilizantes de síntesis química.

El mayor porcentaje de la inversión, para el manejo convencional, fue el pago de jornales (48%) y compra de agroquímicos (26%); mientras que en el manejo orgánico, la mayor inversión se realizó para el pago de jornales en el control de maleza y mantenimiento (53%), además de la erogación para la cosecha (26%).

El alto costo de producción del cultivo de chile jalapeño bajo sistema convencional, puede recuperarse, sólo si el precio de mercado es igual o mayor a 10 pesos por kg. Sin embargo, aunque el precio de la fruta sea adecuado, los efectos negativos generados en el suelo, en la fauna y en la salud del productor, son cada vez más difíciles de recuperar (Schipanski *et al.*, 2014).

Mientras que el manejo orgánico, ofrece la posibilidad de competir en la comercialización del producto y, adicionalmente, incrementa la fertilidad del suelo (Seufert *et al.*, 2012).

En la agricultura orgánica se observa durante la transición una reducción de la producción (desde 26% a 43%) comparada con la producción convencional (Seufert *et al.*, 2012) y que en este ensayo fue de 44.7%, pero destaca en el tiempo una producción estable, debido a mejoras graduales en la fertilidad del suelo (Azadi *et al.*, 2011), como el aumento en la cantidad de materia orgánica, actividad microbiana y la disponibilidad de N y P (Seufert *et al.*, 2012). A su vez, el sistema ambientalmente amigable, fortalece elementos sociales, culturales y ecológicos, que permiten al sistema una producción sustentable (Schipanski *et al.*, 2014).

Cuadro 1
Comparación entre variables de tipo económico y de calidad de las plantas
cultivadas bajo manejo convencional y orgánico.

VARIABLES	CONVENCIÓNAL	ORGÁNICO
Vegetativas		
Agosto 2013		
Peso seco total de la planta (g)	0.34 ± (0.34) ^a	0.52 ± (0.41) ^a
Peso seco de la porción aérea (g)	0.30 ± (0.29) ^a	0.40 ± (0.31) ^a
Peso seco de la raíz (g)	0.05 ± (0.5) ^a	0.12 ± (0.11) ^a
Proporción raíz/tallo	0.30	0.16
Noviembre 2013		
Peso seco total de la planta (g)	7.51 ± (9.11) ^a	4.86 ± (4.21) ^a
Peso seco de la porción aérea (g)	6.59 ± (7.97) ^a	4.15 ± (3.41) ^a
Peso seco de la raíz (g)	0.92 ± (1.15) ^a	0.72 ± (0.92) ^a
Proporción raíz/tallo	0.14	0.17
Largo del fruto (cm)	6.37 ± (0.98) ^a	7.25 ± (0.75) ^b
Ancho del fruto (cm)	3.00 ± (0.31) ^a	2.58 ± (0.34) ^b
	Lombricomposta	Suelo Convencional
		Suelo Orgánico
		Inicio Fin Inicio Fin
N total (mg/100g)	104	51 25 69 16
P (mg/100g)	85.12	6.10 4.12 13.14 2.93
Económicas		
Área cultivada (m ²)	1,802	4,400
Costo por hectárea (pesos)	122,300.00	45,800.00
Producción por Ha. (Kg)	17,325.19	9,593.18
Costo por Kg de producto (pesos)	7.05	4.77
Disminución del costo de producción/kg de producto (%)		32.34
Diferencia en el rendimiento/Ha (Kg)		7732
Costo / Beneficio	0.70	0.47

NOTA: Los valores son promedios con diferentes tamaños de muestra, el número entre paréntesis corresponde a una desviación estándar. En las variables vegetativas, letras diferentes en la misma fila señalan diferencias significativas de las medias ($t_{0.05}$; $P=0.0000$).

Literatura citada

- Aoyama, M. y Kumakura, N. (2001). Quantitative and qualitative changes of organic matter in an Ando soil induced by mineral fertilizer and cattle manure applications for 20 years. *Soil Sci. Plant Nutr.* 47: 241–252.
- Azadi, H.; Schoonbeck, S.; Mahmoudi, H.; Derudder, B.; De Meyer, P. y Witlox F. (2011). Organic agriculture and sustainable Food production system: Main potentials. *Agric. Ecosys. Env.* 144:92-94.
- Azofeifa, A. y Moreira, M. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annum L.* Cv. hot) en Alajuela, Costa Rica. *Agron. Costarricense* 32(1): 19-29.
- Bedada, W.; Karlton, E.; Lemenih, M. y Tolera, M. (2014). Long-term addition of compost and NP fertilizer increases crop yield and improves soil quality in experiments on smallholder farms. *Agric. Ecosys. Env.* 195:193-201.
- Castellanos, J. Z. y Pratt, P. F. (1981). Mineralization of manure nitrogen correlation with laboratory indexes. *Soil Sci. Am. J.* 45:354-357.
- Chivenge, P.; Vanlauwe, B. y Six, J. (2011). Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence maize productivity? A meta-analysis. *Plant Soil* 342: 1–30.
- Garza, E. (2001). *El barrenillo del chile Anthnonomus eugenii y su manejo en la Planicie Huasteca*. INI-FAP-CIRNE. Campo Experimental Ébano. Folleto Técnico No. 4. San Luis Potosí, México. 15 pp.
- INEGI. (2011). *Campeche. Población, Hogares y Vivienda*. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=4>. (Consultada el 22 de marzo de 2014).
- Macías, R.; Grijalba, R. L. y Robles, F. (2012). Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *Biocencia* 14(3): 32-38.
- Morales-Rosas, J. (1999). Suelos. En: Folan, W. J.; Sánchez, M. C. y García, J. M. (Eds.). *Naturaleza y cultura en Calakmul, Campeche*. Universidad Autónoma de Campeche, México. 176 pp.
- Pedroza, S. A. y Samaniego, G. J. A. (2003). Efecto del subsuelo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Rev. Mex. Fitopat.* 21: 272-277.
- Schipanski, M. E.; Smith, R. G.; Pisani-Gareau, T. L.; Jabbour, R.; Lewis, D. B.; Barbercheck, M. E.; Mortensen, D. A. y Kaye, J. P. (2014). Multivariate relationships influencing crop yields during the transition to organic management. *Agric. Ecosys. Env.* 189: 119-126.
- Seufert, V.; Ramankutty, N. y Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485: 229-231.
- SIAP. (2010). *Un panorama del cultivo del chile*. SIAP. México. 20 pp.
- SIAP. (2014). http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/identidad/index.jsp. (Consultada el 20 de marzo de 2014).

Recibido: Abril 03, 2014

Inicio de arbitraje: Mayo 12, 2014

Dictamen para autor: Junio 11, 2014

Aceptado: Agosto 18, 2014

Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento*

Ensiled cassava as energy source for growing pigs

**Pedro Lezcano Perdigón, Dirlei Antonio Berto,
Silvio José Bicudo, Felipe Curcelli,
Priscila Gonzáles Figueiredo y Manuel Isidoro Valdivie Navarro**

¹Instituto de Ciencia Animal (ICA)
Carretera Central, Km 47 1/2

San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

²Facultade de Medicina Veterinaria - FMVZ/UNESP
Rua José Barbosa de Barros, 1780 Jardim Paraíso
18610-310 Botucatu – SP/ Brasil.

³Facultade de Ciencias Agronômicas – FCA/UNESP
Rua José Barbosa de Barros, 1780 Jardim Paraíso
18610-310 Botucatu – SP/ Brasil.

Tel.: (53) 599180 al 81 Ext.: 223 (53) 599410

*Correspondencia: plezcano@ica.co.cu

•Nota técnica

Resumen

Se condujeron dos experimentos para determinar el comportamiento de cerdos en crecimiento, comparando la dieta de maíz-soya con otra de raíz de yuca ensilada con agua o vinaza. Se utilizaron 16 cerdos de cruce comercial alojados en corrales individuales, mediante clasificación simple y dos tratamientos con ocho repeticiones/tratamiento. En el segundo trabajo se utilizaron 16 animales en similares condiciones, con vinaza para ensilar. No fueron encontradas diferencias significativas para la ganancia diaria (g) y conversión alimentaria (kg kg⁻¹). Se concluye que la raíz de yuca ensilada con agua y yogurt o vinaza, puede sustituir totalmente la energía del maíz para cerdos en crecimiento.

Palabras clave

Cerdos, ensilaje, maíz, yuca, vinaza.

Abstract

Two experiments were carried out to determine the performance of growing pigs comparing soybean-corn and cassava root liquid silage with water or vinasses. 16 commercial breed pigs were used allocated in individual cages according to a simple classification with two treatments and eight repetitions by treatment. Similar animals were used in the second experiment with two treatments with vinasses for the silage. There were no significant differences in daily weight gain (g) and feed conversion (kg kg⁻¹) for the growing period. In conclusion, the cassava root silage with water and yogurt or with vinasses totally substitutes the corn energy used for growing pigs.

Keywords

Pigs, silage, corn, cassava, vinasses.

El maíz (*Zea mays*) se encuentra entre el grupo de los granos energéticos más importantes para el animal a nivel mundial. Diversas causas han motivado que en los últimos años, su precio en los mercados haya subido vertiginosamente; motivo por el cual, se hace insostenible la producción de carne y motiva la introducción de otros alimentos que abaraten los costos de producción (Carvalho *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2008; Buitrago y Lockett, 1999; Zacarías, 2012).

Uno de los alimentos que más se han estudiado para sustituir el maíz lo constituye la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en forma de harina para cerdos y aves o ensilada, por el método tradicional para cerdos y otras especies (Buitrago, 1990; Almaguel *et al.*, 2011; Hermida, 2012 y Rodríguez, 2013).

Recientemente en Cuba, Rodríguez (2008) divulgó, en forma de plegable, una experiencia iniciada por campesinos de la región central del país; ésta consiste en moler la yuca e introducirla en tanques plásticos con agua adicionada hasta taparla y un inóculo de yogurt a razón de un litro de éste por cada 50 kg de yuca. El nuevo producto se dejó en reposo durante siete días, a partir del cual, se comenzó a ofertar principalmente a cerdas gestantes y cerdos en crecimiento, desde los 20 kg de peso vivo.

La nueva forma de emplear la yuca comenzó a ganar adeptos motivado por varios aspectos, entre los que sobresalen: fácil preparación, se conserva durante meses sin temor a su descomposición y los animales lo consumen bien en altas proporciones con respuestas significativas en la ganancia media diaria de los animales; además de poder emplear yuca no apta para el consumo humano por diversas causas.

Por todo lo anterior, se procedió a ejecutar dos trabajos experimentales, con el objetivo de comparar, en el primero, la raíz de yuca ensilada con agua y yogurt como única fuente de energía, más suplementación con soya, vitaminas y minerales, con una dieta clásica con base de maíz y soya; y en el segundo, comparar la raíz de yuca ensilada con la vinaza de las destilerías de alcohol, más suplementación con torta de soya, minerales y vitaminas.

Los experimentos se ejecutaron en el sector de suinicultura de la Universidad Estadual Paulista (UNESP), Finca Lageado, Botucatu-SP (Brasil), durante los meses de abril y julio de 2011.

La instalación utilizada fue del tipo abierta de 2.5 m de altura, piso de cemento, muros de bloques a 1.5 metros de altura, para la protección del viento y lluvia. Los corrales de acero lisos de 2.5 m², el comedero de concreto y el agua de consumo por bebederos automáticos del tipo chupón. La instalación empleada disponía sólo de 16 corrales individuales, motivo por el cual, se ejecutaron dos pruebas para conocer si podían existir diferencias entre emplear agua y yogurt o vinaza.

En el primer experimento, la yuca con cáscara fue molida y situada en tanques plásticos de 220 litros de capacidad; se adicionó agua hasta taparla y yogurt natural, a razón de 1 litro por cada 50 kg de yuca ensilada, la cual se comenzó a ofertar a los animales a partir de los siete días de procesada. La proporción de yuca molida en cada tanque fue de 150 kg y 50 litros de agua.

El primer experimento se condujo durante la fase de crecimiento (25 a 60 kg de peso vivo) y una duración de 42 días.

Se utilizaron 16 cerdos mestizos de 25 kg de peso vivo de las razas Yorkshire x Landrace, ocho machos castrados y ocho hembras, con ocho repeticiones por tratamiento; se utilizó una clasificación simple y los resultados se procesaron mediante el paquete estadístico Infostat versión 1 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

Las raíces de yuca se adquirieron de una fábrica de harina para consumo humano y la variedad fue la IAC-13, con 15 meses de edad. Las raíces con cáscara fueron picadas en una máquina de cuchillas que trabaja a una velocidad de 2,000 rpm.

El segundo experimento fue conducido en la misma nave descrita anteriormente, con 16 animales mestizos de igual cruce comercial que el anterior, ocho machos castrados y ocho hembras, con peso medio de 22.5 kg. La única diferencia en este experimento fue que el líquido empleado para ensilar fue la vinaza, procedente de la destilería del alcohol del complejo sucro-alcoholero São Manuel, distante aproximadamente a 30 km.

Se empleó una escala de alimentación de acuerdo a las exigencias nutricionales de los animales, según Rostagno *et al.* (2005). Los animales se pesaron individualmente cada 14 días y los índices evaluados fueron: la ganancia media diaria (g) y la conversión alimenticia (kg MS/ kg aumento). El consumo diario de alimento se corresponde con la escala antes mencionada.

No hubo muertes, desechos u otras anomalías en los animales durante el tiempo que duraron ambas pruebas, presentando una excelente salud.

Los indicadores del comportamiento animal para el peso inicio, final, ganancia diaria y conversión alimenticia en la primera prueba, aparecen en el cuadro 1. No se encontraron diferencias significativas para ninguno de los indicadores medidos, lo que demuestra que la yuca ensilada en forma líquida, por este método, es capaz de sustituir eficientemente toda la energía del maíz en cerdos en crecimiento, independientemente del alto potencial de crecimiento que tengan los animales, como se demuestra en este caso.

El consumo diario de alimento fue el planificado sin sobrantes en los cuadros, pues los animales consumieron todo el alimento ofertado, según los cálculos realizados de las tablas publicadas para cerdos y aves, por Rostagno *et al.* (2005).

Cuadro 1
Comportamiento productivo de los cerdos en crecimiento
en el primer experimento, alimentados con dieta tradicional (maíz-soya),
núcleo proteico-minero vitamínico (NPVM + yuca) ensilada con agua y yogurt.

Indicadores	Maíz soya	NPVM + yuca ensilada con agua y yogurt	ES±
Peso inicial (kg cerdo ⁻¹)	25.36	26.01	0.40
Peso a 42 días (kg cerdo ⁻¹)	61.24	60.74	0.42
Consumo de alimento, kg/día base húmeda	2.2	0.9-6.0	-
Ganancia diaria a 42 días (g cerdo ⁻¹ día ⁻¹)	850	827	14
Conversión MS a 42 días, kg/kg ⁻¹	2.36	2.60	0.16

En el segundo experimento se emplearon las mismas dietas, con la única diferencia que el líquido para ensilar fue la vinaza de las destilerías de alcohol. Para el comportamiento de los animales (cuadro 2), tampoco se encontraron diferencias significativas para los indicadores medidos; y prueban que la vinaza de las destilerías de alcohol es un excelente preservante para ser empleado en este tipo de tecnología de alimentación; el pH estuvo ácido y estable durante meses después de producido el ensilaje, sin ningún tipo de putrefacción o rechazo de los animales para consumir el alimento, aspecto que ratifica su uso por este concepto.

Cuadro 2
Comportamiento productivo de los cerdos en crecimiento
en el segundo experimento, donde fueron utilizados maíz-soya,
núcleo proteico-mineral-vitamínico (NPMV) + yuca ensilada con vinaza.

Indicadores	Maíz soya	NPVM + yuca ensilada con vinaza	ES±
Peso inicial (kg cerdo ⁻¹)	21.80	22.00	0.12
Peso a 42 días (kg cerdo ⁻¹)	58.80	57.20	0.28
Ganancia diaria a 42 días (g cerdo ⁻¹ día ⁻¹)	833	837	3
Consumo de alimento, kg día, húmeda	2.2	0.9-6.0	-
Conversión MS a 42 días (kg/ kg ⁻¹)	2.45	2.50	0.03

La raíz de yuca ensilada por los métodos tradicionales ha sido empleada en cerdos, por Montaldo y Gunz (1985) y Carvalho *et al.* (1999), con resultados satisfactorios; y en conejos, por Silva *et al.* (2008).

El método de ensilado con agua y yogurt o vinaza también ha sido reportado por Almaguel *et al.* (2010; 2011), y por Salguero (2012); pero no había sido sustituida totalmente toda la energía del maíz, ni habían logrado ganancias tan altas en la fase de crecimiento, lo cual se debe al alto potencial de crecimiento que presentan los animales, como se explicó anteriormente.

Entre las ventajas que se pueden mencionar para este método de ensilado de la yuca, se encuentra: la fácil preparación por los pequeños y medianos productores, tiempo de conservación (más de seis meses) y el costo menor de producción de la yuca (Silva *et al.*, 2008).

Una posible preocupación respecto del uso de la yuca consiste en la presencia de glucósidos cianogénicos, que puede ser alta o baja en dependencia de que se trabaje con yuca amarga o dulce. Según Soares (2003), la yuca ensilada por el método tradicional, el ácido cianhídrico se genera por la hidrólisis ácida, liberándose el 65% de éste después de 29 días de ensilado. En el presente estudio, el ácido cianhídrico bajó de 79.60 a 44.40 ppm después de siete días de ensilado, nivel no tóxico para ninguna especie de animales domésticos.

En Cuba, la vinaza concentrada de las destilerías de alcohol fue estudiada como aditivo en aves, por Hidalgo *et al.* (2009) y como alimento en cerdos, por Mora *et al.* (2013), quienes reportaron excelentes resultados en la mejora del comportamiento animal, así como en la reducción de muertes y diarreas en animales jóvenes de estas especies; tales resultados se asocian con un ambiente no prolífero para coliformes patógenos que no viven en un pH ácido, como es el caso de la vinaza.

Otros resultados importantes con la vinaza en la alimentación de cerdos han sido divulgados por Sarria y Serrano (2010).

Todas las vinazas que se generan en los procesos fermentativos para producir aguardientes y alcohol tienen en común la producción de ácidos orgánicos, que son los responsables de un pH entre 3.5 y 4.5; y pueden diferenciarse en el porcentaje de sólidos de la vinaza, que depende de la fuente de energía que se utilizó.

En el caso de este trabajo, la vinaza empleada se considera menos agresiva al medio ambiente, al tener solamente 2.5% de sólidos totales, por ser un producto de la fermentación del jugo de la caña de azúcar, el cual contiene menos impurezas; y por tal motivo, es muy utilizada como abono orgánico en la caña de azúcar. De todas formas, quedó demostrado que al emplear la vinaza como preservante, ella contribuye a darle otro uso a este contaminante que presenta niveles altos de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Se debe considerar que, aunque todos los que han publicado acerca de esta nueva tecnología se refieren al pequeño y mediano productor, en los momentos actuales más de 100 productores de convenio que sobrepasan las 100 t/año, emplean este proceso a partir de la creación de almacenaje, disponibilidad de yuca y balance de la cantidad de yuca a sembrar.

En el trabajo realizado, por no emplear un número grande de animales, no se realizó análisis económico; pero el costo de la t de yuca base seca fue un 50% más barato que la tonelada de maíz, y al vender los cerdos al frigorífico, los cerdos alimentados con ensilaje dieron ganancias, mientras los alimentados con maíz tuvieron pérdidas.

Finalmente, es destacable también cómo este proceso puede emplear yuca no apta para el consumo humano; lo que, unido también al empleo de la vinaza, la hace amigable con el medio ambiente.

Se considera que la raíz de yuca con cáscara ensilada en forma líquida con agua y yogurt o con vinaza de las destilerías de alcohol, es capaz de sustituir toda la energía del maíz en forma eficiente en la especie porcina en cerdos en crecimiento, al lograr elevadas ganancias de peso vivo.

Agradecimientos

A la CAPES, por el financiamiento del proyecto CAPES MES CUBA No. 107/10.

Literatura citada

- Almaguel, R. E.; Piloto, J. L.; Cruz, E.; Rivero, M. y Ly, J. (2010). Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento ceba alimentados con ensilado enriquecido de yuca (MEC). *Revista Comp. De producción porcina* Vol. 13(3).
- Almaguel, R. E.; Piloto, J. L.; Cruz, E.; Mederos, C. M. Y. y Ly, J. (2011). Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development* 23(1). <http://www.lrrd.org/lrrd23/1/alma23001.htm> (Consultado el 10 de octubre de 2012).
- Buitrago, J. A. (1990). *La yuca en la alimentación animal*. Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 446 pp.
- Buitrago, J. A. y Luckett, L. (1999). Potencial de la yuca industrial para la producción de alimentos animales. Publicación de la *Asociación Americana de la soya*, Cali. 27.
- Carvalho, L. E.; Galella, J. A.; Pinheiro, M. J. P.; Espaindola, G. B. y Bastos, F. J. S. (1999). Efeitos da utilização de Raspa Integral de Mandioca Seca ao Sol no Desempenho de Suínos em Crescimento. *Revista Científica de Produção Animal*. 1(2): 139-146.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L. y Robledo, C. W. (2011). InfoStat (versión 2011). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar> (Consultado el 20 de marzo de 2012).
- Hermida, H. (2012). *Evaluación de la harina de yuca (Manihot esculenta Crantz) como componente energético en la ceba de pollos machos camperos K₅₃*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. 56 pp.
- Hidalgo, K.; Rodríguez, B.; Valdiviá, M. y Febles, M. (2009). Utilización de la vinaza de destilería como aditivo para pollos en ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43(3): 281-284.

- Montaldo, A. y Gunz, T. (1985). *La yuca o mandioca en la alimentación animal*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 386 pp.
- Mora, L. M.; Hidalgo, H. R. K.; Ly, J. y Rodríguez, Y. (2013). Utilización de vinazas de destilerías concentradas en la alimentación de cerdos en Cuba. *Revista Computarizada de producción Porcina*. 20(3).
- Rodríguez, S. (2008). Plegable instructivo de divulgación a productores porcinos en Cuba, 1000 plegables.
- Rodríguez, N. R. (2013). *La yuca (Manihot esculenta Crantz) como fuente de energía en piensos locales para pollos sintéticos tipo campero Holguín*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. 76 pp.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T. y Donzele, J. L. (2005). *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. UFV. Viçosa, Brasil, 186 pp.
- Salguero, J. C. (2012). *Evaluación de ensilaje de yuca más agua, más yogurt y ensilaje de yuca y vinaza de destilerías de alcohol en la alimentación de cerdos en crecimiento*. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 54 pp.
- Sarria, P. y Serrano, C. V. (2010). Valor nutricional para cerdos de la vinaza generada en la producción de alcohol carburante de caña de azúcar en Colombia. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 17(4): 300-315.
- Silva, R. B.; Freitas, E. R.; Fuentes, M. F. F.; López, I. R. V.; Lima, R. C. y Becerra, R. M. (2008). Composição química e valores de energia metabolizável de subprodutos agroindustriais determinados com diferentes aves. *Acta Scientiarum Animal Scientiarum*. 30(3): 269-275.
- Soares, J. G. C. (2003). Silagen de maniçoba: uma excepcional. En: <http://www.Cpatsa.Embrapa.br/artigos/maniçoba.html> (Consultado el 12 de septiembre de 2012).
- Zacarías, J. B. (2012). *Alimentación de pollos de engorde, gallinas ponedoras y sus remplazos com harina de yuca (Manihot esculenta Crantz) y aceite de palma africana (Elaeis guineensis Jacq.) com impacto econômico para Angola*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. 108 pp.

Recibido: Abril 11, 2014

Inicio de arbitraje: Mayo 12, 2014

Dictamen para autor: Junio 19, 2014

Aceptado: Agosto 13, 2014



Título: *Rastro de rostro*

Autor: Adoración Palma (2manoS)

Técnica: Mixta (bolígrafo y lápiz de cera sobre papel)

Año: 2014

Saccharum spp. en Brasil. Una revisión♦

Saccharum spp. in Brazil. A review

**Samuel Córdova Sanchez,¹ Roberto Antonio Arévalo,^{2*}
Renato Mazairo Sanomya,³ Edna Ivani Bertoncini,⁴
Lourdes Úrsula Arévalo Cordero,⁵ Salvador Chaila⁶
y María de Lourdes Fustaino⁷**

¹Universidad Popular de la Chontalpa
Cuerpo Académico de Ingeniería y Medio Ambiente (CAIyMA)
Carr. Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0
Cárdenas, Tabasco; México (C. P. 86500).

²Agencia Paulista de Tecnología de Alimentos (APTA)
Piracicaba-Sao Paulo, Brasil.

³Assessoria Agrícola
Londrina-Parana, Brasil.

⁴Agencia Paulista de Tecnología de Alimentos (APTA)
Polo Centro Sul Piracicaba-SP, Brasil.

⁵Centro Integrados de Educación Pública Americana-SP, Brasil.

⁶Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

⁷FMC Brazil. Regulatory Affair Latin America.

*Correspondencia: roberto1648@yahoo.com.br

♦Estudio de revisión

Resumen

El objetivo del presente trabajo es analizar las bondades y efectos negativos de la caña de caña de azúcar en Brasil. En 2012, se cosecharon 9'075,388 hectáreas, cultivadas en nueve suelos, con humedad crítica, energía solar de 6,350 MJ m⁻² año, temperatura entre 30-45°C, la precipitación entre 1,500 a 2,500 mm, en el crecimiento y 100 mm en la maduración de la planta. Las grandes extensiones del monocultivo causan inestabilidad ecológica. Se ha detectado la infestación del cultivo con más de 23 especies de arvenses. La tendencia es aplicar el manejo integrado de plagas. La cosecha se realiza en el periodo de abril-noviembre. Para la zafra de 2014-2015, será prohibida la quema de la caña en áreas donde se practica la cosecha mecanizada; y para 2017, las áreas no mecanizadas. Del

Abstract

The aim of this paper is to analyze the benefits and negative effects of cane sugar in Brazil. In 2012, 9,075,388 hectares were harvested, grown in nine soils with critical humidity, 6,350 MJ m⁻² year of solar energy, temperature between 30-45 °C, precipitation between 1.500 to 2.500 mm, growth and 100 mm in plant ripening. Large areas of monoculture cause ecological instability. Infestation of crops with more than 23 species of weeds was detected. The trend is to apply integrated pest management. Harvesting takes place in the period from April to November. For the 2014-2015 harvests, burning will be prohibited in areas where sugarcane mechanized harvesting is practiced and on 2017, for the not mechanized areas. Of the total acreage, the 88.80% of the area can be

total del área cultivada, el 88.80% de la superficie puede ser cosechada con máquinas, lo que permite obtener residuos de cosecha, entre 10-20 t ha⁻¹; esta cantidad de residuos es efectiva para el manejo de arvenses. Las pérdidas en el rendimiento por arvenses varían de 10 a 100%; las peores arvenses que infestan los residuos de cosecha son especies de *Cyperaceae*, *Poaceae* y *Convolvulaceae*. Los diseminulos pueden ser transportados por vientos huracanados hasta 1,000 km, inundaciones 100 km, erosión 10 km, derrumbe, 1 km. Para el control de arvenses, en Brasil, se han registrado 47 ingredientes activos de herbicidas; de éstos, se aplicaron para el control de plagas agrícolas durante 2012, 823.20 mil t de productos químicos.

Palabras clave

Caña de azúcar, ambiente, cosecha, malezas, herbicidas.

harvested with machines, which allows for crop residues, between 10-20 t ha⁻¹; this amount of waste is effective for good weed management. The yield loss caused by weeds varies from 10 to 100%; the worst weeds that infest crop residues are *Cyperaceae*, *Poaceae* and *Convolvulaceae*. The seeds can be transported by winds up to 1,000 km, flooding 100 km, erosion 10 km and landslide 1 km., 47 ingredients of herbicides have been registered for controlling weeds in Brazil; of which 823.20 thousand tons were applied to control agricultural pests in 2012.

Keywords

Sugarcane, environment, crop, weeds, herbicides.

Introducción

Las áreas cañeras del mundo están en la faja de 35° LS y 35° LN y la cosecha global de *Saccharum* spp., durante 2012, fue de 26'088,636 ha, cuyo cultivo es realizado en 113 países. El mayor productor mundial de caña de azúcar es Brasil, con 9'075,388 ha cultivadas (FAO-STAT, 2014a;b) y con 421 usinas (una usina produce azúcar, etanol y electricidad; ÚNICA, 2013; Jornal Cana, 2014).

La importancia del cultivo de la caña de azúcar reside en la posibilidad de obtener más de 100 sub-productos. Esta es la principal razón para cosechar en forma mecanizada y sin quema previa, para no causar pérdidas económicas y ambientales, como se había creído originalmente (Cuba, 2012).

El clima es tropical a tropical semiárido para el cultivo de la caña de azúcar, existe alta luminosidad y la cantidad constante de humedad es un factor crítico; especialmente, debido al efecto invernadero (IPPC, 2007), que causa pérdidas significativas de humedad, inmediatamente después de las lluvias, ocasionando marchitez foliar o caídas de hojas en algunas especies.

Durante el periodo de crecimiento requiere humedad a capacidad de campo, o cuatro atmósferas de presión (Humbert, 1968). Pero en condiciones en campo la humedad del suelo varía con la textura (Enciso *et al.*, 2007). La humedad en suelo arenoso es 1.2 de 1/3 bares; en arcilloso es 4.8 de 1/3 de bares.

El cultivo de caña necesita de condiciones climáticas específicas; así, cuando se desea producir sacarosa, requiere elevada humedad y alta temperatura en el periodo de crecimiento y baja humedad en el periodo de maduración (Marín, 2011). Durante el periodo

de crecimiento la humedad en las vainas es superior al 80% y durante el periodo de maduración es alrededor de 70%. Las cantidad de precipitación para el crecimiento, varían con la latitud. Pero la suma total anual normalmente es alta en las zonas ubicadas entre 8 a 10 °LS; éstas, comienzan en marzo y terminan en agosto. En las zonas ubicados entre 18-23 °LS, el periodo lluvioso ocurre entre octubre a marzo.

En Alagoas y Pernambuco, es seco de enero-abril (Biswas, 1986), que es el periodo de cosecha. En la región Centro Sur, el tiempo seco ocurre regularmente de abril a julio. El periodo de cosecha es de abril a noviembre. En la Región Centro Sur, en el periodo 2010-2011, hubo intensas lluvias en otoño, lo que dificultó la cosecha. Durante la zafra 2013-2014, hubo un periodo de seis semanas de sequía, que causó pérdidas estimadas entre 35 a 40 millones de t de caña de azúcar, en las principales regiones productoras de Brasil (ÚNICA, 2014).

Las temperaturas para el brote y emergencia de plántulas oscilan entre 32 a 38°C. Para obtener buen rendimiento, la temperatura media es de 22 a 30°C, con un mínimo de 20°C, bajo la cual, la planta no crece. En algunas regiones la temperatura media máxima varía entre 30-33°C y la mínima es mayor de 5°C.

En Brasil, debajo de 20°LS, existe peligro de heladas, fenómeno inapropiado para obtener buen rendimiento del cultivo. Sin embargo, las heladas en Brasil son esporádicas. Las condiciones ambientales para el crecimiento del cultivo, también son apropiadas para el crecimiento de plagas de fitopatógenos, insectos, ratas, plantas arvenses, etcétera. Estas últimas ocasionan pérdidas significativas en el rendimiento potencial del cultivo de caña de azúcar (Doll, 1996; Zimdahl, 1980).

Las plantas arvenses son las únicas plagas constantes que se establecen en ambientes perturbados, donde el equilibrio del ecosistema se ha perdido, al implantar el cultivo de caña (Odum, 1988). Esto ocurre por eliminar la flora, fauna y la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes y agroquímicos, así como la utilización de combustible fósil, lo que ha aumentado la vulnerabilidad a los cambios meteorológicos y a las plagas, que cada vez se vuelven más agresivas.

La teoría de la intensidad del Estrés/Perturbación, limita la producción de tallos molederos de caña de azúcar en un ambiente determinado. La limitación por estrés ocurre cuando la producción de tallos molederos es afectada por: sombra, sequía, deficiencias nutrimentales y bajas temperaturas (Díaz *et al.*, 2013).

Por otra parte, la perturbación del ecosistema ocurre cuando se elimina la flora parcial o total, causada por eventos naturales o artificiales, como: pastoreo excesivo, fuego, deforestación, trillado y labranza. En un ambiente donde la perturbación y el estrés son altos, ocurre mortalidad. Cuando la perturbación es alta y el estrés es bajo, hay predominancia de plantas arvenses, donde la estrategia de selección es altamente incrementada. Es decir, más gasto de energía para la reproducción o multiplicación, que para el crecimiento de caña de azúcar.

Son las arvenses que provocan el gasto de energía en el cultivo. A nivel mundial en el cultivo de *Saccharum* spp., existen alrededor de 1,000 especies de arvenses que conviven con ella; pero 12 especies están incluidas como las peores que ocasionan los mayores problemas, por su difícil y alto costo para su manejo (Arévalo y Bertoncini, 2008).

Para el manejo químico de arvenses, en el cultivo de *Saccharum* spp., hay aproximadamente 47 ingredientes activos de herbicidas, que son registrados por el Ministerio de Agricultura y Abastecimiento de Brasil. Debido a que el control químico predomina sobre los otros métodos de manejo de plagas (arvenses, insectos, enfermedades, nematodos, roedores, etcétera).

Asimismo, para el manejo de plagas se están utilizando también cultivares resistentes, seleccionados en tres centros de producción de nuevos cultivares de caña de azúcar.

El objetivo de este trabajo es analizar las bondades del cultivo de caña de azúcar y sus efectos negativos desde el punto de vista social, económico y ambiental.

Caña de azúcar en Brasil

La topografía de los suelos brasileños es generalmente ondulada, con pendiente de hasta 12%, lo que facilita la cosecha mecanizada de caña sin quemar. Sin embargo, también existen pendientes de hasta 20% y que pueden ser cosechadas mecánicamente, pero haciendo previa sistematización de la topografía. Pendientes más elevadas no son apropiadas para la cosecha mecánica, pues se anula el cultivo de la caña o se buscan nuevas tecnologías para la cosecha mecanizada de la caña sin quemar.

Factores edafo-climáticos para el cultivo de caña de azúcar

En Brasil, existen nueve tipos de suelos (cuadro 1) donde se cultiva la caña de azúcar (EMBRAPA, 2013; Prado, 2013), con su correspondiente nomenclatura, según la SSS (2006). Aunque, la clase Latossolo eutrófico y Nitossolo eutrófico, corresponde a la misma clase Eutrudox y Eutrutox. Asimismo, existen estudios de las principales características climáticas que los diferencian (Biswas, 1986; Marín, 2011; EMBRAPA, 2012; Brasil, 2013).

Cuadro 1
Suelos cañeros de Brasil.

EMBRAPA, 2013	SSS, 2006	
	Área húmeda	Área seca
Latosol distrófico o álico	Hapludox	Haplustox
Latosol eutrófico	Eutrudox	Eustrustox
Latosol álico	Acrudox	Acrustox
Nitosol eutrófico	Eutrudox	Eustrutox
Argisol distrófico o álico	Hapludult	Haplustult
Argisol eutrófico	Hapludalf	Haplustalf
Neosol Quartzarênico distróficos o álicos	Quartzipsamment	
Cambisol distrófico o álico	Dystropept	
Cambisol eutrófico	Eutropept	

Fuente: Prado (2013).

La temperatura óptima para la caña de azúcar es de entre 30 a 45°C. El punto de saturación lumínica entre 8,000 a 10,000 pie velas. El punto de compensación de CO₂ de 0 a 10 mg kg CO₂. La tasa fotosintética máxima, de 30 a 45 mg CO₂ dm² h. Y la tasa de crecimiento máxima de la fitomasa de 4 g dm² día⁻¹ (Gliessman, 2002; Martínez, 1995; Odum, 1988).

La energía solar que recibe la superficie de la Tierra llega en forma de onda electromagnética, con longitudes de onda desde 0.001 a 1'000,000 nm. Pero no toda la luz del espectro solar es visible. La luz ultravioleta tiene longitudes de onda desde 1 a 390 nm, es invisible y perjudicial para la vida. La luz infrarroja, tiene longitud de onda de > 760 < 1 000 nm, y es invisible. La luz fotosintética tiene longitudes de onda de 400 a 760 nm (luz visible).

La energía solar apropiada para la fotosíntesis de caña de azúcar en Brasil es de 18-36 MJ m⁻². La radiación en 12 meses es de aproximadamente de 6,350 MJ m⁻² (Brasil, 2013). Para Guatemala, Castro (2010) determinó que en los años de buena producción, la duraciones de radiación directa es mayor de siete horas, o la cantidad de energía mayor de 20 MJ m² día⁻¹. Estos valores están dentro de los observados en Brasil.

La planta de *Saccharum* spp., es de Fotosíntesis C₄. Es decir, el primer compuesto estable formado en la fotosíntesis es de cuatro carbonos: Malato o Aspartato, en comparación de las especies de fotosíntesis C₃, donde el primer compuesto estable de la fotosíntesis, es de tres carbonos, el ácido APG-Ácido fosfoglicérico.

En las plantas de caña, la fotosíntesis se incrementa con aumento de la intensidad de la luz. Para producir un g de fitomasa seca utiliza entre 148-300 g de agua. Esto significa que por periodo de crecimiento desarrolla tres entrenudos por mes. Lo contrario en

las plantas de fotosíntesis C_3 , necesitan entre 400 a 1,000 g de agua para producir un g de fitomasa seca.

La fotosíntesis óptima en C_3 está entre 15-30°C, con temperaturas superiores y alta luminosidad la fotosíntesis se detiene. La estructura fotosintética histológica en caña de azúcar es el síndrome de Kranz (Martínez, 1995; Hattersley, 1983; Esau, 1959). Esto es, cloroplastos radiados, con vaina clorofílica que rodea la haces fibrovasculares. Por el contrario, en plantas C_3 , la estructura histológica fotosintética es en empalizada.

La cantidad de lluvias adecuadas para el crecimiento de la caña de azúcar en Brasil es de 1,500 a 2,500 mm y para maduración 100 mm (Marín, 2011). El crecimiento de la caña es normal cuando el suelo mantiene humedad en capacidad de campo. El tallo en crecimiento tiene entre 80-85% de humedad y cae entre 70 a 75% cuando está maduro (Humbert, 1968). Los principales suelos brasileños donde se cultiva caña de azúcar se muestran en el cuadro 1.

Monocultivo

La caña de azúcar es un inmenso monocultivo (FAOSTAT, 2014ab), el cual fue estimulado por la Revolución Verde de Borlaug (RVB) (Wikipedia, 1960). Ha producido altos rendimientos, pero ha causado grandes problemas de estabilidad ecológica de los agroecosistemas, donde el cultivo es atacado por diversas plagas de insectos, enfermedades, ratas, nematodos y malezas invasoras globales (*Weeds Global Invasive*). Su control es realizado principalmente con agroquímicos, situación que crea problemas ambientales, de contaminación y la aparición de organismos resistentes (Heap, 2013).

En la RVB no se ha tenido en cuenta el impacto ambiental, como contaminación ambiental por pesticidas, fertilizantes, semillas híbridas sin fertilidad, erosión de suelos, consumo excesivo de agua, alta mecanización, etcétera; lo que ha sufrido impetuosas críticas de ecólogos, economistas y de la población en general (Glaeser, 1986).

Manejo sostenible

Para revertir la pérdida de sostenibilidad, en la actualidad, la tendencia es aplicar el manejo integrado de plagas (Appleby, 2005; Labrada, 2004; Buckler *et al.*, 2000). Esta situación es compartida por la National Academy of Science (1980) y la European Academies Science Advisor (2013).

Los mejores resultados en el manejo del cultivo se obtienen utilizando diversas prácticas, como: labranza mínima, cultivos de coberturas, uso de vinazas, compostas, encalados, incorporación de residuos y tratamientos del ambiente (Hernández *et al.*, 2008). Con esto, las técnicas de manejo establecidas para el organismo invasor tienen éxito a menudo; pero han sido incapaces de ser consistentes debido a la falta de modelos de investigación ecológicos con técnicas de manejo sostenible (Simberloff *et al.*, 2005). Por esa razón, Duke (2012) propone la utilización de productos naturales para manejar malezas y disminuir el impacto ambiental. Arévalo *et al.* (2011) indican que las coberturas de plantas utilizadas para manejar arvenses tienen propiedades alelopáticas y limpian el suelo de plagas durante aproximadamente 100 días.

En términos generales, los mejores resultados son obtenidos por medio de una serie de técnicas y actividades coordinadas, que, en conjunto, tienen mayor efecto que cualquiera de los componentes utilizados aisladamente. Arévalo y Bertoncini (2008) proponen el manejo sostenible con preparación de suelo en época fría y seca o caliente. Así como también establecer el cultivo de caña cuando la dinámica de poblaciones de malezas está declinando, dejar los residuos de cosecha, sembrar cultivos de coberturas antes o durante el crecimiento del cultivo y aplicar herbicidas cuando sea necesario.

Cosecha de caña en Brasil

La cosecha de la caña de azúcar puede ser realizada con quema previa o sin ella. En la Región Centro Sur la cosecha se realiza en el periodo de abril-noviembre y en el Noreste entre noviembre-abril. Asimismo, la cosecha se lleva a cabo en cultivo de 12 meses para socas y resocas, y 18 meses de edad para ciclo plantilla.

De acuerdo con el protocolo firmado en 2007, entre el sector cañero y la Secretaría del Medio Ambiente, a partir de la zafra de 2014-2015, será prohibida la quema de la caña en las áreas de cosecha mecanizada; y en 2017 para las áreas de corte manual (Folha de São Paulo, 31 de marzo de 2014; ÚNICA, 2007).

En 2013, más del 80% del área fue cosechada mecánicamente. Algunos estudios indican que el 88.80% del área cultivada puede ser cosechada con máquinas integrales, ya que la quema de la caña de azúcar, durante la cosecha y el corte manual, es inhumano; ello, debido que las quemas perjudican la salud de la población y la emanación de gases incrementan el posible efecto invernadero (Aguiar *et al.*, 2013; IPPC, 2007). A nivel mundial, para cosechar la caña de azúcar se utiliza el sistema de caña quemada, corte manual y alce mecánico en un 60%.

Residuos de cosecha y manejo de arvenses

Los residuos de cosecha de la caña, secos al sol, son entre 10 a 20 t ha⁻¹, al ser depositados a la superficie del suelo, por las máquinas cosechadoras. Los residuos realizan un efectivo manejo de plantas arvenses (Arévalo y Bertoncini, 2008). En la presente revisión usaremos como planta arvense a aquella vegetación asociada al agroecosistema caña de azúcar y que no es un cultivo de interés (Bojorquez *et al.*, 2011). Labrada (2004) estableció que los residuos de cosecha controlan más del 50% de las poblaciones de arvenses. A pesar de que pueden escapar a este manejo varias especies, éstas deben ser controladas con el método químico.

Peores arvenses de la caña de azúcar en Brasil

Durante el periodo que nace la planta de caña hasta la cosecha, sufre los efectos de la convivencia de plantas de arvenses y ocasionan pérdidas significativas en el rendimiento potencial. Las pérdidas pueden ser entre el 10 al 100% (Doll, 1996; Zimdahl, 1980). Para evitar esos daños es necesario realizar el manejo de arvenses; para ello, pueden aplicarse principalmente varios métodos: mecánico, cultural y químico.

Mortensen *et al.* (2012) indican que los cultivos necesitan de mayor énfasis en prácticas integradas a largo plazo; para esto, es necesario conocer la especie de arvense. El Código Internacional de Nomenclatura (ICN) (2011), establece que el primer nombre científico o el más antiguo es el conservado, registrado y publicado en el diagnóstico original, que describir por primera vez la especie. Los nombres científicos posteriores para la misma especie son conocidos como sinónimos.

Todas las normas de taxonomía son regidas por el ICN. Sin embargo, existe desacuerdo en algunos nombres científicos de nomenclatura (Missouri Botanical Garden and the Royal Botanic Gardens, Kew, 2010; Linnaeus, 1782; USDA-United States Department Agriculture, 2013). Ya que, algunos autores consideran que el nuevo es el mejor. Esto ha causado una verdadera confusión en la bibliografía internacional. Las peores arvenses se encuentran ampliamente distribuidas en el mundo (Arévalo y Bertoncini, 2008; Holm *et al.*, 1977; Rochecouste, 1967) y en toda el área cañera de Brasil (cuadro 2).

Cuadro 2
Peores arvenses que infestan los residuos de cosecha en Brasil.

Especies	Siglas	Nombre vulgar
<i>Cyperus rotundus</i> L., 1753.	CYPRO	Coquillo
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., 1805.	CYNDA	Zacate bermuda
<i>Cynodon plectostachyus</i> (K. Schum.) Pilg., 1907.	CYNPL	Estrella africana
<i>Rottboellia exaltata</i> L. f., 1782. [<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton, 1981].	ROOEX	Caminadora o Zacate peludo
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde, 1904.	TRCIN	Pasto amargo
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd., 1809.	DIGHO	Zacate pata de gallina
<i>Digitaria nuda</i> Schumach., 1827.	DIGNU	Digitaria
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler, 1802.	DIGAD	Pangola
<i>Chloris elata</i> Desv., 1831.	CHRPO	Pasto borrego
<i>Panicum maximum</i> Jacq., 1781. [<i>Megathyrsus maximum</i> (Jacq.) B.K. Simon y S.W.L. Jacobs, 2003].	PANMA	Pasto tanzania
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf, 1919. [<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) Stapf, 1966].	PANPU	Pará
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers., 1805.	SORHA	Johnson
<i>Ipomoea acuminata</i> (Vahl) Roem. y Schult., 1819. [<i>Ipomoea indica</i> (Burm.) Merr., 1917].	IPOAC	Coruhela
<i>Ipomoea hereditifolia</i> L., 1753.	IPOHF	Camotillo
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, 1787.	PHBPU	Campanilla
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth, 1797.	IPONI	Aguinaldo azul
<i>Ipomoea remosissima</i> (Poir.) Choisy, 1845.	IPOCZ	Desconocido
<i>Ipomoea quamoclit</i> L., 1753.	IPOQU	Fin de amor
<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet, 1826.	IPOCA	Legación de cabra
<i>Ipomoea triloba</i> L., 1753.	IPOTR	Ipomea
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb., 1910.	IPOPE	Campanilla
<i>Merremia cissoides</i> (Lam.) Hallier f., 1893.	MRRCI	Bejuco coronal
<i>Merremia dissecta</i> (Jacq.) Hallier f., 1893.	MRRDI	Sandia

Fuente: Arévalo *et al.* (2014). Adaptado de Arévalo y Bertoncini (1999).

Es importante considerar que en la mayoría de las especies citadas en el cuadro 2, los residuos de cosecha tienen poco efecto de control (Arévalo y Bertoncini, 1999), causan problemas de competencia y dificultan la cosecha mecanizada de la caña y contamina calderas.

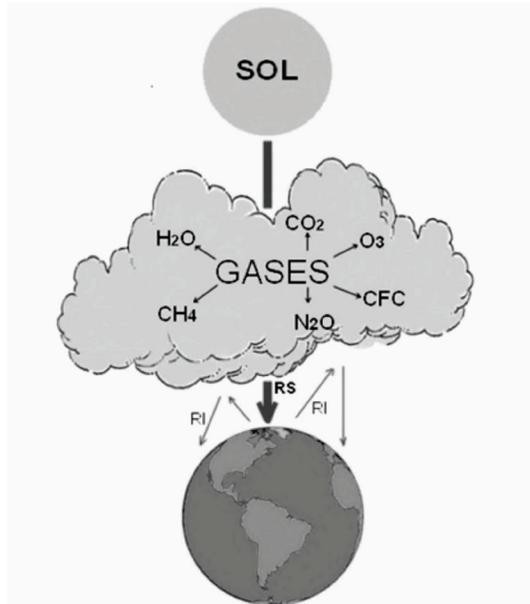
Impacto ambiental del cultivo de caña de azúcar

Los principales impactos sobre el ambiente del cultivo de la caña de azúcar son (Salgado *et al.*, 2013):

1. Tala de bosques para implantar el cultivo.
2. Alteración del clima por la quema.
3. Erosión y compactación del suelo.
4. Ataque de diversas plagas de insectos, enfermedades, nematodos, roedores, arvenses, etcétera.
5. Contaminación ambiental en campo; en la quema se liberan Bióxido de carbono (CO_2), Óxido Nitroso (N_2O) y Óxido de Nitrógeno (NO_x); en general, una hectárea de caña libera 6.6. t año⁻¹ de C y emite 24.3 t año⁻¹ de CO_2 y así como en fábrica; se producen esencialmente productos orgánicos como bagazo quemado y sin quemar; en general, por cada tonelada de caña producen 0.29 t de cachaza, 8.53 kg de ceniza, 0.34 kg de SO_x , 0.64 de partículas (40 a 60 μm purgas de calderas 25 L agua) y los productos inorgánicos más comunes producidos en la clarificación del azúcar se utilizan 0.020 L de ácido muriático y 0.030 L de sosa cáustica por tonelada de caña.
6. Resistencia de plagas a pesticidas.
7. Especies arvenses resistentes a herbicidas.

Las quemas afectan el clima de la Tierra, por la nube de gases del efecto invernadero (figura 1). Y ocasiona que las peores arvenses se distribuyan en el mundo (Arévalo y Bertoncini, 2008; Holm *et al.*, 1977; Rochecouste, 1967) y en toda el área cañera del Brasil. Asimismo, hace que en los cinco reinos vivos, de Margulis y Schwartz (2001), frecuentemente ocurran extinciones de especies.

Figura 1
Aspecto general de la Teoría del efecto invernadero (EI).



NOTA: El sol emite Radiación Solar (RS), de onda corta, que calienta la Tierra. La energía recibida vuelve para la atmósfera como Radiación Infrarroja (RI), de onda larga; cuando encuentra la nube de gases, vuelve para la superficie de la Tierra y provoca excesivo calentamiento, es el EI. Los principales gases del EI son: CO₂, vapor de H₂O, CH₄, O₃, CFC y N₂O. El incremento de gases en la troposfera se debe a las actividades humanas.

Arévalo *et al.* (2014, adaptado de IPCC, 2007).

Impacto de desastres naturales sobre las especies arvenses

Los estudios sobre el impacto de los desastres naturales sobre las arvenses son recientes (WSSA, 2012; EMBRAPA, 2012; Espinosa-García *et al.*, 2009; Magrin, 2009). Las arvenses responden mejor a los incrementos de CO₂ y a la temperatura que las plantas cultivadas. Éstas, se vuelven agresivas y el manejo se torna complicado.

De acuerdo con Espinosa-García *et al.* (2009), el cambio climático global afectará a las poblaciones de arvenses, con respecto a:

1. Distribución
2. Diversidad de especies exóticas
3. Habilidad competitiva
4. Modelación de distribución de las peores especies de arvenses
5. Limitaciones de los modelos de nicho
6. Plasticidad y variación genética
7. Enemigos naturales
8. Vías de migración y reservorios de arvenses

9. Estatus actual de las especies invasoras
10. Estatus futuro de las especies invasoras
11. Factores de incertidumbre en la predicción de la flora de arvenses

Migración de arvenses por el cambio climático

La migración de malezas, causada por el cambio climático, se ha visto significativamente incrementada. El principal impacto de los desastres naturales en las poblaciones de arvenses contribuye para la migración de WGI que infestan la agricultura en el mundo, por los vientos huracanados, inundaciones, derrumbes, alteración del clima, romper la latencia de los diseminulos, incremento de la eficiencia de fotosíntesis, con aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera.

No existen estudios para cuantificar hasta dónde migra un determinado diseminulo desprendido de la planta madre, causado por desastres naturales. Pero puede estimarse que los vientos huracanados pueden transportar hasta 1,000 km, inundaciones 100 km, erosión 10 km, derrumbe 1 km (Arévalo *et al.*, 2014).

Herbicidas para caña de azúcar en Brasil

El método químico es una práctica ampliamente difundida en Brasil (Soares *et al.*, 2008). Se controlan las arvenses mediante la aplicación de herbicidas, en pre-siembra, pre-emergencia o post-emergencia. Y también se aplica tratamiento sobre los residuos de cosecha de la caña, para controlar malezas emergentes. Prácticamente no existen problemas de arvenses que no puedan ser controlados con aplicación de herbicidas (Caseley, 1996), salvo que aparezcan biotipos resistentes.

Este es uno de los mayores desafíos contemporáneos de esta tecnología, sumada a la contaminación ambiental, causada por algunas moléculas que tienen largo poder residual y por la deriva del producto; se estima que alrededor del 30% del insecticida aplicado sale del campo (Heap, 2013). Los problemas de las arvenses resistentes a herbicidas han sido reportados para 65 cultivos en 61 países e incluyen 217 especies de arvenses.

Los herbicidas presentan entre 21 a 25 sitios de acción para *Monocotyledoneae* y *Dicotyledoneae*, respectivamente. Labrada (2004) asevera que las arvenses deben ser manejadas con métodos integrados. La European Academies Science Advisor (2013) propone reducir la utilización de la agricultura química y desarrollar cambios que permitan mantener un ambiente limpio y equilibrado.

De acuerdo con Heap (2014), en el mundo hay 237 especies de arvenses resistentes a herbicidas. De ellas, 138 son dicotiledóneas y 99 monocotiledoneas. La resistencia fue observada en 155 herbicidas diferentes en 22 cultivos en 65 países. En la caña de azúcar en Brasil fueron encontradas 15 especies de arvenses resistentes a herbicidas, como inhibidores de ALS-Acetolactato Sintetasa (Imidazolinona; Sulfonanilida; Sulfonilureas); ACCase- Acetil-CoA Carboxilasa. Auxinas sintéticas (herbicidas Benzóicos, Fenoxi; Polínicos); Glicina (Glifosato y Sulfosato) y Protox- Protoporfirinogena Oxidasa (Difeniléter; Ptalimidias; Triazolinonas; Ixadiazon), (Christoffoleti, 2008).

En Brasil, para el cultivo de caña de azúcar se tienen registrados (por el Ministerio de Agricultura y Abastecimiento) 47 ingredientes activos de herbicidas (Banco Giagro, 2013). Se observa una verdadera confusión de los nombres comunes de herbicidas en América Latina, donde se utiliza una mezcla de lengua inglesa, portuguesa y española (Camargo y Arévalo, 1992; Arévalo *et al.*, 2009a; 2010).

La cantidad de productos químicos consumidos por la agricultura en Brasil, en 2012, fue de \$9.71 billones (USD), con 823.22 mil toneladas de productos químicos para el control de plagas. Con eso, Brasil es el segundo consumidor mundial, detrás de Estados Unidos, que consume \$12.9 billones (USD) (ANDEF, 2012; IBGE, 2012).

El sector cañero en Brasil consumió un equivalente del 7.90% del valor bruto de la producción agrícola. Las ventas de herbicidas fueron de \$3.13 billones (USD) en 2012. La caña de azúcar es el segundo cultivo consumidor de herbicidas, en 2012 consumió \$1.2 billones (USD) de productos químicos, y más del 80% de las ventas de productos químicos en Brasil son destinadas a soya, maíz, algodón y café.

Conclusiones

El mayor productor mundial de caña de azúcar es Brasil, con 9'075,388 ha, con 421 usinas, cultivada en 27 estados, con un clima tropical a tropical semiárido y se cultiva en nueve clases de suelo. Y uno de los factores de las pérdidas en el rendimiento son por plantas arvenses entre 10 a 100%. En el mundo existen alrededor de 1,000 especies de arvenses y de éstas son 12 las peores en el cultivo de *Saccharum spp*; su control y la tendencia en los últimos años es el manejo integrado de plagas (MIP), con residuos de cosecha, ya que se producen entre 10-20 t ha⁻¹, y es efectivo para el manejo de arvenses. Hay que minimizar el uso de herbicida, ya que en Brasil existen registrados 47 ingredientes activos de herbicidas para caña de azúcar. Ya que en la zafra de 2014-2015, será prohibida la quema de la caña en áreas de cosecha mecanizada y en el 2017 en las áreas no mecanizadas; en general, el 88.80% del área cultivada puede ser cosechada con máquinas.

Literatura citada

- Aguiar, D. A.; Rudorff, F. T. y Silva, W. F. (2013). Monitoramento do modo de colheita de caña-de-açúcar no Estado de São Paulo-Brasil por meio de imagens de sensores orbitais em dois anos de safra. Disponible en:<http://www.dr.inpe.br/laf/canasat/Monitoramento%20do%20modo%20de%20%> (Consultado el 04 de abril de 2014).
- ANDEF. (2012). Defensivos na safra 2011/12. Disponible en: <http://andef.com.br/noticias/noticia.asp?cod=475> (Consultado el 08 de agosto de 2013).
- Appleby, A. P. (2005). Story of weed control in the United States and Canada-a sequal. *Weed Science*, 53(6): 762-768.
- Arévalo, R. A. y Bertoncini, E. I. (2008). Manejo sostenible de malezas (matospecies) en *Saccharum spp.* (caña de azúcar). En: *Memoria Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Malezas*, 28, Tapachula. Chiapas. México. Memoria ASOMEICIMA CD-RON, p. 72-109.
- Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I. y Arévalo, L. U. (2014). *Interacciones de desastres naturales en la agricultura*. EAE Publishing. España. 100 pp.

- Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I. y Bojórquez, B. G. (2010). Errores de agroterminología en Congresos de ASOMECIMA. *Congreso Mexicano de Ciencia de la Maleza*, 31. Cancún, México. CD -Memorias ASOMECIMA.
- Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I.; Ibáñez, E. A. y Bojórquez, B. G. (2009). Errores de agroterminología en ciencia de la maleza en América Latina. Una revisión del problema. En: *Congreso da SEMH*, 12; *Congreso ALAM*, 19; *Congreso IBCM*, 2. Lisboa, 2009. Ed. 2009 ISA Press, v. 1. 303 pp.
- Arévalo, R. A.; Bertoncini, E. I.; Arada, E. M. y González, T. A. (2011). Alelopatía en *Saccharum spp.* (caña de azúcar). *Av. en Inv. Agropecuaria*. 15(1): 51-60.
- Arévalo, R. A. y Bertoncini, E. I. (1999). Manejo químico de plantas daninhas nos resíduos de colheita. *Rev. STAB-Açúcar, Álcool e Suprodutos*. Piracicaba-SP. 17(4): 37.
- Banco Giagro. (2013). Herbicidas registrados para cana em Brasil. Disponible en: <http://www.hmainf.com.br/giagro/index.html> (Consultado el 22 enero de 2014).
- Biswas, B. C. (1986). *Agro-climatología del cultivo de la caña de azúcar. Informe acerca de la agro-climatología del cultivo de la caña de azúcar*. Comisión de Agro-climatología. Ginebra, Suiza. HIMAT. 190 pp.
- Brasil. (2013). Clima favorável à produção da cana-de-açúcar. Disponible en: <http://www.sugarcane.crops.com/p/climate/> (Consultado el 21 de marzo de 2013).
- Bojórquez, B. G.; Rosales, R. E.; Zita, P. G.; Vargas, T. V. y Esqueda, E. V. (2011). *Manejo de malezas en México. Vol. 1. Malezas terrestres*. Editorial Universidad Autónoma de Sinaloa en Coedición con UNAM, ASOMECIMA A.C. y SENASICA. México. 326 pp.
- Buckler, D. D.; Liegman, M. y Obricki, J. J. (2000). Theoretical and practical challenge to an IPM approach to weed management. *Weed Science*. 48(3): 274-280.
- Camargo, P. N. y Arévalo, R. A. (1992). Agroterminología. En: *Simposium Internacional de Manejo de Malezas. Situación Actual y Perspectivas*, 1., *Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*, 13. Chapingo. Universidad Autónoma Chapingo. México, 1992. Memoria UACH. pp. 51-148.
- Caseley, J. C. (1996). Herbicidas. En: Labrada, R.; Caseley, J. C. y Parker, C. *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. (120): 195-240.
- Castro, O. R. (2010). La variabilidad solar y su efecto en la caña de azúcar en Guatemala. Disponible en: <http://www.atasa.org/variabilidad-solar-y-su-efecto-en-la-caña-de-azúcar-en-Guatemala> (Consultado el 23 de enero de 2013).
- Cuba. (2012). Caña de azúcar: *Las potencialidades de sus derivados*. Disponible en: <http://dcuba.net/rss/azucar-las-potencialidades-de-sus-derivados> (11 de abril de 2013). Disponible en: <http://tropicos.org/name/25509848> (Consultado el 06 de abril de 2014).
- Christoffoleti, P. J. (2008). *Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas*. 3ª ed. Piracicaba-SP. Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas –HRAC-BR. 120 pp.
- Díaz, R. C.; Hernández, A. M.; Sánchez, A. C. y Barrios, E. J. (2013). Desarrollo inicial de variedades de caña de azúcar en condiciones de sequía. *Memoria. VIII Reunión Nacional de Innovación Agrícola*. Del 10 al 13 de septiembre, Veracruz, Ver., México. 380 pp.
- Doll, J. D. (1996). Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. En: Labrada, R.; Caseley, J. C. y Parker, C. *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal (120): 33- 39.
- Duke, S. (2012). Discovery and development of natural product base weed management methods. Disponible en: <http://ars.usda.gov/research/proje4ct/projects.Html?ACCN-NO=422013&fy=2012> (Consultado el 08 de abril de 2014).
- EMBRAPA. (2012). Impact of climate change on plant disease, pests and weeds. Disponible en: <http://www.macropromam.l.cnptia.embrapa.br/climapest/english-version> (Consultado el 08 de enero de 2014).
- EMBRAPA. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Santos, H.G. 3ra. Ed., Rev. Ampl. Brasília, D.F: Embrapa. 353 pp.
- Enciso, J. M.; Porter, D. y Péries, X. (2007). Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. *Coop. Texas Extensión B-61945 08/07*, 14 pp. Disponible en: repositor.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87470/pdf-2437.pdf (Consultado el 04 de abril de 2014).
- Esau, K. (1959). *Anatomía vegetal*. Barcelona. Editorial Omega. pp. 430-448.

- Espinosa-García, F. J.; Correa, J. M. y Ramírez del Ángel, M. (2009). La configuración de la flora mexicana de malezas del futuro: Cambio climático, invasiones biológicas y las vías del cambio. En: *Congreso Mexicano de la Ciencia de la Maleza*, 30, Culiacán Rosales. Sinaloa, México. Memoria ASOMECA-IMA CD-ROM.
- European Academies Science Advisor Council (EASAC). (2013). Planting the future: opportunities and challenge for using crop genetic improvement technologies for sustainable agriculture. Disponible en: http://www.easac.eu/fileadmin/Reports/Planting_the_future/EASAC_Planting_the_future_FULL_REPORT.Pdf (Consultado el 08 de abril de 2014).
- FAOSTAT. (2014a). Faostat Division. Área mundial cosechada de caña de azúcar. Disponible en: faostat.fao.org/site/567/Default.aspx?PageID=567#anchor (Consultado el 29 de marzo de 2014).
- FAOSTAT. (2014b). Faostat Division. Área cosechada de caña de azúcar en Brasil. Disponible en: faostat.fao.org/site/567/Default.aspx?PageID=567#anchor (Consultado el 29 de marzo de 2014).
- Folha de São Paulo. Zafra 2014-2015 marca o fim das queimadas da cana no Estado de São Paulo. Disponible en: <http://www.folha.uol.com.br/cotidiano/ribeirao preto/2014/02/1413167-safra-200142015-marca-o-fim-da-queimada-da-cana-no-estado-de-sao-paulo.shtml> (Consultado el 30 de marzo de 2014).
- Glaeser, B. (1986). *The green revolution revisited*. Unwin Hyman, London. 206 pp.
- Gliessman, S. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Edición en español: Rodríguez, E.; Benjamin, T.; Rodríguez, L. y Cortés, A. Editorial Turrialba, CATIE. C.R. 359 pp.
- Hattersley, P. W. (1983). Characterization of C₄ type leaf anatomy in grass (Poaceae). *Mesophyll: Bundle sheath area ratios*. *Annals of Botany*. 53(2): 163.
- Heap, I. (2013). Global herbicide resistance challenge. Disponible en: <http://www.herbiciderestanceconference.com.au/.../IanHeap> (Consultado el 25 marzo de 2014).
- Hernández, G. I.; Salgado, G. S.; Palma, D. J.; Lagunés, L. C.; Castelán, E. M. y Ruiz, R. O. (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia*. 33(11): 860-855.
- Holm, L. G.; Plucknett, D. L.; Pancho, J. V. y Herberger, J. P. (1977). The world's worst weeds. Distribution and biology. Honolulu. *The East-West Center by the University Press of Hawaii*. pp. 8-257.
- Humbert, R. P. (1968). The growing of sugar cane. Amsterdam. *Elsevier*. pp. 51-57.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). Cana-de-açúcar. Disponible en: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica> (Consultado el 23 marzo de 2014).
- ICN-International Code Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code). (2011). *Regnum Vegetabile 154*. Koeltz Scientific Books. 240 pp.
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Cambio climático 2007: *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Ginebra, Suiza. 104 pp.
- Jornal Cana. (2014). Brasil possui 421 usinas e destilarias. Disponible en: <http://www.jornalcana.com.br/brasil-possui-421-usinas-e-destilarias> (Consultado el 10 de abril de 2014).
- Labrada, R. (2004). Tendencias actuales en el manejo de malezas. En: *FAO. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, No. 120. Add 1. pp. 285- 298.
- Linnaeus, F. 1782. *Suppl. Pl. Orphanotrophe*, Brunswick. Trópicos. (2013). <http://www.tropicos.org/Reference/39004> Consultado en: 26 de agosto de 2014).
- Magrin, G. (2009). Impacto del cambio climático en el sector agrícola y posibles medidas de adaptación. En: *Seminario Internacional Adaptación al Cambio Climático-Escenarios Climáticos y Medidas de Adaptación*. INTA, Argentina. Disponible en: <http://www.jica.org.ar/images/archivos/Presentacion%20cambio%20> (Consultado el 07 de marzo de 2013).
- Margulis, L. y Schwartz, K. V. (2001). *Cinco reinos. Um guia ilustrado dos filós da vida na terra*. 3^a Ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 497 pp.
- Marín, F. R. (2011). Relação entre cultura e clima. Cana-de-açúcar. Disponible en: <http://www.agencia.cnpia.embrapa ageitec> (Consultado el 24 de abril de 2014).

- Martínez, F.G. (1995). Elementos de fisiología vegetal. Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte. Metabolismo. *Mundi Prensa* Madrid. pp. 627-629.
- Missouri Botanical Garden and the Royal Botanic Gardens, Kew (2010). The plant list. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, 1981. A working list of all plant species. Disponible en: <http://www.theplantlist.org/browse/Poaceae>, 2010. The plant list (2010). Version 1. <http://www.Theplantlist.org/1st> January (Consultado el 05 de abril de 2014).
- Mortensen, D. A.; Egan, J. F.; Maxwell, B. D.; Ryan, M. R. y Smith, R. G. (2012). Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*. 62(1): 75-84.
- National Academy of Science. (1980). *Plantas nocivas y cómo combatirlas. Control de plagas de plantas y animales*, Vol. 2. México. Limusa. 288 pp.
- Odum, E. P. (1988). Ecología. Río de Janeiro. *Guanabara*. pp. 19-51.
- Prado, H. (2013). *Pedologia Facil-aplicações em solos tropicais*. Piracicaba-SP. Hélio Prado, 284 pp.
- Rochecouste, E. (1967). Weed control in sugar cane. Réduit. *Mauritus Sugar Industry Research Institute*. pp. 81-96.
- Salgado, G. S.; Lagunes, L. C.; Núñez, E. R.; Ortiz, C. F.; Bucio, A. L. y Aranda, E. A. (2013). *Caña de azúcar: Producción sustentable*. Editorial BBA (Biblioteca Básica de Agricultura). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. 524 pp.
- Simberloff, D.; Parker, I. M. y Windle, P. N. (2005). Introduced species policy, management and future research needs. *Eco Environ*. 3(1): 12-20.
- Soares, A. B.; Christoffoleti, P. J.; López-Ovejero, R. F.; Nicolai, M. y Carvalho, J. P. (2008). Manejo integrado de plantas daninhas em cana-de-açúcar em grandes unidades de produção-Visão prática. En: Karam, D.; Tabim Mascarenhas, M. H. y Silva, J. B. (Eds.). *A Ciência das Plantas Daninhas na Sustentabilidade dos Sistemas Agrícolas. Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*, 26; Congreso de la Asociación Latino-Americana de Malezas-ALAM, 18. Ouro Preto, MG. Brasil. Livro de Palestras SBPCD-ALAM. 122 pp.
- Soil Survey Staff (SSS). (2006). *Keys to soil taxonomy*. 10a Edition. USDA-NRSC. Washington, D. C. USA. 339 pp.
- ÚNICA-União da Indústria Canavieira de São Paulo. (2014). Seca reduz 40 milhões de t na próxima safra de cana-de-açúcar no Brasil. Disponible en: article.wn.com/sequia_recorta_40 mln_ton_de_P/ (Consultado el 04 de abril de 2014).
- ÚNICA. (2007). Protocolo de cooperación entre governo do Estado de São Paulo e Única. Disponible en: http://www.unica.com.br/userFiles/Protocolo_assinado_Agro (Consultado el 25 de marzo de 2014).
- ÚNICA. (2013). Portal Única. Número de usinas e destilarias em Brasil. Disponible en: <http://www.unica.com.br/documentos/publicações/sid/6537316> (Consultado el 25 de marzo de 2014).
- USDA-United States Department Agriculture. (2013). Natural Resources Conservation Service. Plants Profile, 2013. *Urochloa mutica (Forssk.) T.Q. Nguyen*. Para grass. Disponible en: <http://plants.usda.gov/java/Profile?symbol=URMU> (Consultado el 15 de enero de 2014).
- Wikipedia. (1960). Revolución Verde. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Revolución_verde (Consultado el 03 de abril de 2014).
- WSSA-Weed Science Society of America. (2012). Climate change may be fueling a new generation of more aggressive weeds. Disponible en: http://wssa.net/WSSA/PressRom/WSSA_global_warming_Reliasse.pdf (Consultado el 08 de marzo de 2014).
- Zimdahl, R. L. (1980). *Weed crop competition*. Oregon States University -IPPC. 31-A-80. 196 pp.

Recibido: Abril 28, 2014

Inicio de arbitraje: Mayo 23, 2014

Dictamen para autor: Junio 30, 2014

Aceptado: Septiembre 12, 2014

Importancia de la innovación para mejorar la productividad en los sistemas de cría de becerros[♦]

Importance of the innovation to enhance productivity
in the rear beef cattle systems

Hermilo Suárez Domínguez y Gilberto Aranda Osorio*

Departamento de Zootecnia
Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, Estado de México; México (C. P. 56230).

*Correspondencia: garanda@correo.chapingo.mx

[♦]Estudio de revisión

Resumen

El objetivo del presente trabajo consistió en destacar la importancia de la innovación como alternativa para resolver la situación de baja tasa de pariciones en los sistemas de cría de becerros en México. Para ello, se analizó información publicada en diversas fuentes, así como obtenida en visitas a distintas unidades de producción. Como resultado, se obtuvo que en 85% de las unidades de producción prevalece un nivel tecnológico bajo, debido a que la innovación se realiza de manera lenta; ya que las prácticas de manejo zootécnico se han mejorado muy poco en los últimos años, requiriéndose dos vacas para producir un becerro destetado al año, en todas las regiones agroecológicas del país y en cualquier escala de operación. Esta situación se debe a que los productores deciden la adopción de tecnologías con base en la costumbre y las fortalezas de sus saberes empíricos, no en criterios ambientales, económicos o de eficiencia técnica; además de que consideran que la baja productividad es una condición “normal” en los

Abstract

The aim of this work was to highlight the importance of innovation as an alternative to resolve the situation of low calving rate in calf rearing systems in Mexico. To do this, information published in various sources was analyzed, as well as from visits to individual farms. As a result, it was found that in 85% of the production units the use of low technology prevails because innovation takes place slowly; as animal husbandry management practices have improved little in recent years, requiring two cows to produce a weaned calf per year, in all agro-ecological regions of the country at any scale of operation. This situation occurs because the producers decide the adoption of technologies based on custom and the strengths of their empirical knowledge and not on environmental, economic or technical efficiency criteria; plus they believe that low productivity is a “normal” condition in the actual breeding systems. It is concluded that the generation, validation and transfer of livestock technology still faces the challenge of

sistemas de cría. Se concluye que la generación, validación y transferencia de tecnología ganadera todavía enfrenta el desafío de responder a las necesidades identificadas por los productores como premisa para generar impactos favorables en la cría de becerros.

Palabras clave

Bovinos, impacto tecnológico, actitud.

responding to the needs identified by farmers as a premise to generate positive impacts on rearing calves.

Keywords

Bovines, technological impact, attitude.

Introducción

En México, la tasa de reproducción del ganado bovino para carne es de 51% (Iruegas, 2011), con un rango de 48 a 61 becerros por cada 100 vacas (Sánchez *et al.*, 1999), aun en entidades tradicionalmente ganaderas, como Sonora (Bravo *et al.*, 2010; López *et al.*, 2010); en tanto que la situación es más crítica en los sectores ejidal y comunal, en los cuales, la tasa de pariciones es de 35 a 40% (Ibarra *et al.*, 2011), lo que indica que algunas vacas tienen un parto cada tres años.

Con esta información y los datos del cuadro 1 se puede deducir que la tasa de pariciones en los sistemas de cría ha variado poco en las últimas tres décadas, y que esa tasa tampoco mantiene una relación directa con el tamaño del inventario del ganado ni con la localización geográfica de las unidades de producción (UPP). Esto quiere decir que en los sistemas de cría del país ocurre una situación similar, en términos de la reproducción del ganado, a pesar de las diferencias ambientales propias de las regiones agroecológicas, las razas de ganado y las particularidades en el uso de tecnologías.

Cuadro 1

Relación entre tasa de pariciones y tamaño del inventario en los sistemas de cría.

Entidades y regiones	Valor promedio	Valor inferior	Valor superior	Cantidad de vacas ¹	Referencias	
Carácuaro, Michoacán	60%	29%	100%	13±9	Espinosa y Flores (2000)	
Hidalgo	Huejutla	58%	33%	90%	35±21	Astudillo y Rodríguez (2002)
	Huasteca	72%	60%	84%	33±20	Velasco (1999)
Costa de Chiapas	77%	64%	83%	67±53	Luna (1998)	
Veracruz	Varias regiones	64%	36%	78%	14,167 UA ²	Información propia
Parral, Chihuahua	51%	25%	75%	89±66	Gaucín y González (1997)	
Maravatío, Guanajuato	50%	33%	69%	16±3	Andrade (2000)	

¹ Se expresa como promedio ± una desviación estándar.

² Los datos corresponden a 165 UPP agrupadas en 15 GGAVATT.

Debido a que la situación que se describe ha persistido durante varios años, los productores consideran que los resultados señalados líneas arriba son “normales” en los sistemas de cría (Cipriano-Salazar *et al.*, 2006). Por tanto, la baja eficiencia reproductiva de las vacas de cría todavía representa la principal situación a resolver en las distintas regiones agroecológicas del país. Se supone que, bajo tales condiciones, la cría de becerros no ofrece niveles de sostenibilidad en el aprovechamiento de los recursos naturales; y que, en otros casos, tampoco permite solventar los gastos de la familia del productor (Senra, 2012), lo que constituye un círculo vicioso que parecería difícil de resolver. No obstante, el cuadro 1 permite observar casos en los cuales la tasa de pariciones alcanza niveles de 100%, lo que permite plantear la posibilidad real de obtener un becerro por vaca al año mediante esquemas de innovación.

Por tanto, el presente artículo tiene como objetivo describir el nivel tecnológico de los sistemas de cría de becerros en México y la influencia de algunos factores que lo determinan.

Nivel actual de tecnificación

Como se puede observar en los datos del cuadro 2, en los sistemas de cría de becerros prevalece el nivel tecnológico bajo, ya que cuatro de cada cinco UPP han realizado alrededor de tres innovaciones tecnológicas en el manejo del ganado, independientemente de las características socioeconómicas de los productores; en tanto que el resto de las UPP aprovecha entre dos y seis innovaciones adicionales. Además, la cantidad de innovaciones parece guardar relación directa con la eficiencia de producción.

Cuadro 2
Índice de adopción tecnológica en los sistemas de cría de becerros.

Tipología de productores	Índice tecnológico (media ± desviación estándar)	Producción de carne	Descriptorios tecnológicos
Tradicionales (80%)	2.8 ± 1.2	196 kg/UA	Asesoría técnica Frecuencia de la asesoría Registros contables Sistema de pastoreo Carga animal
En transición (17%)	4.6 ± 2.6	206 kg/UA	Desparasitación Frecuencia de desparasitación Suplementación de vacas Suplementación de becerros
Empresariales (3%)	8.5 ± 0.1	278 kg/UA	Frecuencia de suplementación Uso de inseminación artificial

Fuente: Con datos de Oros *et al.* (2011). El análisis estadístico por tipología no identificó diferencias en las características socioeconómicas de los productores.

Esta información refiere que el impacto de las innovaciones tecnológicas ha sido menor que el esperado, lo que explica por qué no se han adoptado a gran escala, incluso en los sistemas “comerciales” (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009) y de tipo “empresarial” (Oros *et*

al., 2011). Por tanto, gran parte de la situación actual de baja eficiencia reproductiva de los sistemas de cría se debe a que el manejo zootécnico no se ha mejorado en las últimas décadas (Perales y Rojas, 2013).

Según la opinión de algunos investigadores, la innovación resulta compleja porque involucra de manera directa a los productores, debido a que en ellos recae tomar la decisión de aceptar o rechazar las propuestas tecnológicas (Albuquerque, 2008); en consecuencia, la baja tasa de pariciones en los sistemas de cría se debe a que los productores no han realizado las innovaciones necesarias para producir con mayor eficiencia (Suárez, 2013).

Intensidad de la tecnificación

En el cuadro 3 se pueden observar datos mediante los cuales se muestra que en los sistemas de cría de becerros la innovación tecnológica se realiza lentamente, alternativa por alternativa y en el transcurso de muchos años; en consecuencia, la productividad en estos sistemas también se mejora de manera lenta (De la Fuente *et al.*, 1989).

Cuadro 3

Antigüedad de la adopción de tecnologías en los sistemas de cría de becerros.

Alternativas tecnológicas	Década de adopción					
	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Alimentación suplementaria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Establecimiento de praderas	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
División de potreros	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Distribución de abrevaderos	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Programas de salud animal	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Programas de reproducción	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Diagnóstico de gestación	No	No	No	No	No	No
Registro de información	No	No	No	No	No	No

Fuente: Datos cortesía del Ing. Irineo Morales Pacheco, Agencia de Innovación Tecnológica (ECOPRODES, A.C.), Tuxtepec, Oaxaca. Los datos provienen de 606 UPP.

Por lo general, los ganaderos inician la cría de becerros en agostaderos o pastizales como base para el pastoreo y el apoyo en alimentación suplementaria, que suple parte de la escasez de forraje durante las épocas de estiaje; y después, se incorporan especies forrajeras mejoradas (para corte o pastoreo) con la finalidad de aumentar la disponibilidad anual de forraje y cubrir las necesidades de alimentación del ganado.

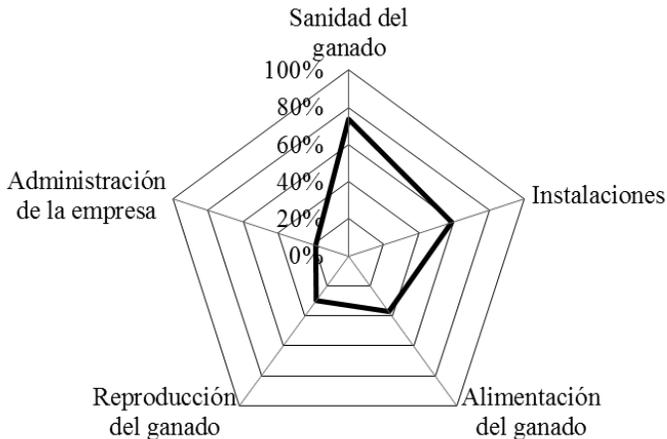
La siguiente etapa de desarrollo de los sistemas de cría consiste en dividir los potreros para usar de manera eficiente los forrajes y prolongar la vida útil de las praderas; lo que, a su vez, requiere la instalación de una red de bebederos que se extienda a todos los potreros. Dependiendo del tamaño de la unidad de producción, de las condiciones

topográficas del terreno y de la disponibilidad monetaria del productor, este proceso puede tardar varios años. De manera simultánea se van incorporando algunas prácticas de manejo sanitario y de reproducción del ganado. El patrón que se describe se puede observar en los datos del cuadro 3.

Lo expuesto refiere que los productores establecen el siguiente orden de prioridades en el manejo de los animales: salud, alimentación y reproducción. Como se puede observar en la figura 1, la alimentación y la reproducción del ganado son las áreas menos desarrolladas de los sistemas de cría, junto con la administración de la empresa. Por tanto, las acciones de innovación se pueden aplicar tanto en el manejo del ganado y los recursos forrajeros como en la gestión administrativa de las UPP y el desarrollo del personal que debe tomar las decisiones para producir más becerros. En tanto que no se logre la optimización en el manejo del ganado, será difícil que se aproveche el valor genético de los animales.

La situación que se describe hace alusión a que las prácticas de manejo reproductivo del ganado todavía se encuentran en fase de implementación en los sistemas de cría del país; en particular, porque todavía no se practica el diagnóstico de gestaciones ni se evalúa la fertilidad de los sementales previo al periodo de empadre (Oros *et al.*, 2011; Chemineau, 2012). Por consiguiente, la mayoría de las vacas de cría concibe de manera natural, con un mínimo de control de la reproducción, así que la monta directa figura como la opción tecnológica apropiada para reproducir al ganado (Espinosa y Flores, 2000).

Figura 1
Nivel de desarrollo de las distintas áreas de los sistemas de cría.



Fuente: Con datos de Flores (2010).

La situación descrita quizá se debe a que la innovación se tiene que realizar con relación directa a la necesidad que se pretende resolver (Suárez *et al.*, 2012), y eso no resulta muy sencillo para los productores; por tal razón, la mayor proporción de prácticas de manejo permanecen sin alteración (Marcelo, 2001) debido a que los ganaderos toman decisio-

nes con base en su manera de ser como producto del legado intergeneracional (Suárez, 2013). Esto quiere decir que los productores requieren cierto tiempo para descubrir la necesidad de realizar cambios en el manejo del ganado, instalaciones o potreros; por tanto, las decisiones de innovación sobrevienen un poco más tarde. La comprensión de los factores antropológicos y sociales de los ganaderos resulta fundamental en la posibilidad de producir más becerros (Albuquerque, 2008).

Para adoptar tecnologías, los ganaderos deben: a) decidir con base en criterios ecológicos; b) de bienestar animal; c) considerar el tiempo que emplearán en aprender y aplicar las innovaciones; d) valorar la posible colaboración de otros productores; y e) calcular el beneficio económico resultante. La influencia de estos criterios determina el universo de UPP en el rango de tradicionales (80%) a otras (3%) que utilizan tecnología de vanguardia (Díaz-Rivera *et al.*, 2011; Oros *et al.*, 2011).

Implicaciones

El índice incipiente de innovación en la cría de becerros se refleja en baja tasa de pariciones (CP-FUNPROVER, 1999), lo que refiere una situación de “rezago tecnológico” que se debe atender con alto nivel de prioridad (INIFAP, 2012). Por un lado, se asume que la mayoría de los productores desconocen el impacto de las alternativas tecnológicas (CP-FUNPROVER, 1999); por otro lado, se considera que la innovación responde a un proceso de aprendizaje mediante el cual los ganaderos, desde su perspectiva, valoran la pertinencia de la innovación en función de la necesidad que se pretende resolver (Suárez *et al.*, 2012). Además, se debe considerar que no todos los ganaderos están dispuestos a correr riesgos de innovación.

Con la información expuesta se infiere que las propuestas de innovación no pueden soslayar los aspectos sociales, culturales y de racionalidad de los ganaderos, y que en los sistemas de cría se configura un escenario de interrelaciones entre baja tasa de pariciones, estancamiento de la producción y tradicionalismo de las prácticas zootécnicas.

Quizá se podría plantear que el rezago productivo se debe a que los ganaderos carecen de recursos para adquirir tecnologías, o bien, que éstas son muy costosas (CP-FUNPROVER, 2003) e inaccesibles para 80% de ellos, pues la tecnificación no ocurre por la mediación del capital que, muchas veces, los ganaderos no tienen (Saldaña, 1996).

Además, Albuquerque (2008) señala que la innovación se limita cuando las propuestas de los científicos no se vinculan de manera efectiva con las necesidades de los sistemas de cría. Por su parte, Saldaña (2006) menciona que en el modo clásico de la innovación los participantes juegan un solo papel, ya que unos investigan, otros validan, otros transfieren y otros adoptan. Esta situación explica porqué la investigación pecuaria que se realiza en el país ha tenido sólo un ligero impacto en la cría de becerros (Ku, 2008), pues la aplicación de las tecnologías es todavía escasa (SAGARPA, 2013). Así que las propuestas de cambio tecnológico no han respondido a las necesidades de la cría de becerros y todavía no son inductores de hábitos y nuevas conductas en los ganaderos (Silva, 2013).

Por tanto, las vacas de cría producen pocos becerros debido a que los ganaderos no son protagonistas en la generación de tecnologías. En consecuencia, tomar en cuenta la opinión de los ganaderos constituye una prioridad para establecer sistemas de innovación que incluyan su manera de comprender la realidad, de modo que se despierte en ellos la inquietud de la innovación (Saldaña, 2006). Además, el cambio tecnológico se vuelve lento porque los ganaderos experimentan una innovación antes de adoptarla y, al hacerlo, la van adaptando a sus condiciones (Schmelkes, 2001).

No obstante que los ranchos de cría operan en baja escala, por lo general, con menos de 60 vacas, y que algunos productores carecen de los medios económicos para adquirir más ganado (Sánchez *et al.*, 1999), la posibilidad de aumentar la producción de becerros depende de que los procesos se vuelvan intensivos a partir del uso de otras tecnologías (Suárez *et al.*, 2012).

En consecuencia, la capacidad de innovación se refiere a la reacción de los productores ante la necesidad de cambio tecnológico, como recurso para vencer los patrones tradicionalistas de producción, facilitar la realización del trabajo diario, agregar valor a los ranchos e incrementar, de manera notable, el bienestar individual y colectivo del personal de las UPP (Silva, 2013).

Debido a la situación de rezago tecnológico, la innovación se requiere en cada área de los sistemas ganaderos, y se debe realizar hasta optimizar el sistema y obtener un becerro por vaca al año. Por supuesto, se debe iniciar con la innovación del proceso administrativo de la producción.

Conclusiones

En la situación actual de los sistemas de cría de becerros, cuatro de cada cinco UPP corresponden al nivel tecnológico bajo, independientemente de las características socioeconómicas de los productores.

La adopción de tecnologías se realiza de manera lenta en los sistemas de cría, al margen de la localización geográfica de las UPP y el tamaño del inventario ganadero; lo que define una situación de rezago tecnológico que, a su vez, determina que en los sistemas de cría se requieran dos vacas para producir un becerro al año.

Las propuestas de cambio tecnológico son importantes pero no han respondido a las necesidades de la cría de becerros y todavía no son inductoras de hábitos y nuevas conductas en los productores.

Tomar en cuenta la opinión de los ganaderos constituye una prioridad para establecer propuestas de innovación que incluyan su manera de comprender la realidad.

Literatura citada

- Albuquerque, F. (2008). Innovación, transferencia de tecnología y desarrollo económico territorial: una política pendiente. *Arbor*. 184(732):687-700.
- Andrade, J. J. (2000). *Diagnóstico técnico económico de la ganadería bovina de cría en Santiago Maravatío, municipio de Guanajuato*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 75 pp.
- Astudillo, J. J. y Rodríguez, C. I. (2002). *Caracterización técnico-económica de la ganadería bovina en el municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 pp.
- Bravo, L. C.; Castellanos, A. E. y Shoko, B. D. (2010). Sequía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora: Un caso de estudio enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros. *Estudios Sociales*. 18(35):210-241.
- Chemineau, P. (2012). Una reflexión prospectiva sobre técnicas sustentables para controlar la reproducción en mamíferos domésticos. *Trop. Subtrop. Agroecosyst*. 15 (Supl. 1):1-14.
- Cipriano-Salazar, M.; Manzo-Ramos, F.; Camacho-Díaz, L. M. y Hernández-Castro, E. (2006). Lógica de producción en la ganadería extensiva de Tierra Caliente, Guerrero, tecnología, sustentabilidad y conocimiento local. En: Cavallotti, V. B.; Hernández, M. M.; Ramírez, V. B. y Marcof, C. F. (Coords.). *Ganadería, desarrollo sustentable y combate a la pobreza: Los grandes retos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 188-200.
- CP-FUNPROVER. (2003). *Necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena de bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz*. Memoria. Tepetates, Veracruz. México. 130 pp.
- De la Fuente, H. J.; Garmendia, G. A.; González, H. M.; Jiménez, M. L. y Mazcorro, V. E. (1989). *Bonanza y crisis de la ganadería nacional, una visión integral de la actividad pecuaria en México*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 349 pp.
- Díaz-Rivera, P.; Oros-Noyola, V.; Vilaboa-Arroniz, J.; Martínez-Dávila, J. P. y Torres-Hernández, G. (2011). Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en Las Choapas, Veracruz. México, *Trop. Subtrop. Agroecosyst*. 14:191-199.
- Espinosa, A. B. y Flores, J. M. (2000). *Caracterización técnico-económica de la ganadería bovina en el municipio de Carácuaro de Morelos, Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 81 pp.
- Flores, V. S. (2010). *Análisis de la cadena producto de la ganadería bovina de doble propósito en la costa oaxaqueña*. Tesis doctoral. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México, México. 337 pp.
- Gaucín, O. R. y González, R. P. (1997). *Caracterización técnico-financiera de la cría de becerros en el municipio de Hidalgo del Parral, Chihuahua*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 70 pp.
- Ibarra, F. A.; Moreno, C. Y.; Martín, M. H.; Moreno, M. S.; Dengean, B. F.; Baldenegro, C. A. y León, F. L. (2011). El destete precoz como herramienta para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de Sonora, México. *Rev. Mex. Agroneg*. 15 (28):531-542.
- INIFAP. (2012). *Reporte anual 2011. Ciencia y tecnología para el campo mexicano*, INIFAP. México. 270 pp.
- Iruegas, L. F. (2011). *Escala mínima de ganadería bovina sostenible en la Huasteca Potosina*. FIRA. Boletín Informativo 12. 52 pp.
- Ku, J. (2008). *Reflexiones sobre la investigación pecuaria en México*. Memoria de la XXXVI Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Escobedo, Nuevo León, México. pp. 64-93.
- López, R. M.; Solís, G. G.; Saldívar, M. J. y López, E. R. (2010). Percepción de los ganaderos respecto a la sequía, viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estudios Sociales*. 1:222-241.
- Luna, R. L. (1998). *Caracterización técnica-financiera de las explotaciones ganaderas en la región Costa de Chiapas*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 pp.

- Marcelo, C. (2001). Aprender a enseñar para la sociedad del conocimiento. *Rev. Complutense de Educación*. 12(2):531-593.
- Oros, N. V.; Díaz, R. P.; Vilaboa, A. J.; Martínez, J. P. y Torres, H. G. (2011). Caracterización por grupos tecnológicos de los hatos ganaderos doble propósito en el municipio de Las Choapas, Veracruz, México. *Rev. Científ.* 1:57-63.
- Perales, M. A. y Rojas, L. A. (2013). La ganadería tradicional en tiempos de hambre, ¿eco-innovación o asistencialismo? En: Cavallotti, V. B.; Hernández, M. M.; Ramírez, V. B. y Marcof, C. F. (Coords.). *14to. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. pp. 25-33.
- SAGARPA. (2013). Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. *D.O.F.* 13/12/2013. México. pp. 50-112.
- Saldaña, A. R. (2006). Perspectivas de la innovación y gestión del conocimiento en el sector pecuario de México. Memoria de la *XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Boca del Río, Veracruz. México. pp. 93-107.
- Sánchez, R. G.; Gómez, M. R.; Ávalos, F. L.; Iruegas, E. L. y Rosete, D. J. (1999). *Oportunidades de desarrollo de la industria de la carne de bovino en México. Una estrategia de reconversión*. FIRA. Boletín informativo. 86 pp.
- Schmelkes, V. S. (2001). La combinación de estrategias cuantitativas y cualitativas en la investigación educativa: reflexiones a partir de tres años de estudios. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 3(2): 82-94.
- Senra, A. (2012). Cultura de trabajo para garantizar la sostenibilidad; eficiencia e impacto final de las tecnologías. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 15(2):3-12.
- Silva, J. E. (2013). *Emprendedor, hacia un emprendimiento sostenible*. Alfaomega. Segunda Ed. México. 235 pp.
- Suárez, H.; Aranda, G. y Palma, J. M. (2012). Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16(3):83-91.
- Suárez, H. (2013). *El lado humano del técnico pecuario. Guía para superar la crisis de principiante*. Reimp. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 353 pp.
- Velasco, O. F. (1999). *Caracterización técnica financiera de la ganadería bovina en Tlanchinol, Hidalgo*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 pp.
- Vilaboa-Arroniz, J.; Díaz-Rivera, P.; Ruiz-Rosado, O.; Platas-Rosado, D.E.; González-Muñoz, S. y Juárez-Lagunes, F. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la Región del Papaloapan, Veracruz, México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 10:53-62.

Recibido: Abril 28, 2014

Inicio de arbitraje: Mayo 20, 2014

Dictamen para autor: Junio 13, 2014

Aceptado: Agosto 11, 2014



Título: *Hojas flotando 2*
Autor: Alberto Cruz Pacheco ("Cruz")
Técnica: Acrílico/madera
Año: 2014

Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba

Bromatological characterization of six forage species
in the Cauto Valley, Cuba

**Danis M. Verdecia Acosta,¹ Rafael S. Herrera García,^{2*}
Jorge L. Ramírez de la Ribera,¹ Ismael Leonard Acosta,¹
Raúl Bodas Rodríguez,³ Sonia Andrés Lorente,³
Francisco J. Giráldez García,³ Jesús S. González Álvarez,⁴
Yoendris Arceo Beníte,¹ Yurdanis Bazán Osorio,¹
Yovanis Álvarez Báez¹ y Secundino López Puentes⁴**

¹Universidad de Granma
Apartado Postal 21, Bayamo
Granma, Cuba (C. P. 85 100).

²Instituto de Ciencia Animal (ICA)
Apartado Postal 24
San José de las Lajas, Mayabeque; Cuba.

³Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE)
Finca Marzanas, Apartado Postal 2436
Grulleros León, España.

⁴Departamento de Producción Animal
Universidad de León, Campus de Vegazana 2407
León, España.

*Correspondencia: rherrera@ica.co.cu

Resumen

Se realizaron seis experimentos simultáneos para determinar la composición bromatológica de leguminosas forrajeras en las condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto, Cuba. Se empleó un diseño en bloques al azar con seis réplicas y los tratamientos fueron las edades de rebrote de 60, 120 y 180 días para los árboles y arbustos (*Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina variegata*) y de 30, 45, 60, 75 y 90 días para las leguminosas rastreras (*Neonotonia wightii* y *Teramnus labialis*), en los periodos lluvioso y poco lluvioso. Se determinaron MS, PB, Ca, P, Mg,

Abstract

Six simultaneous experiments were conducted to determine the chemical composition of forage legumes in the soil and climate of Valle del Cauto, Cuba. A random block design was used using six replicates. Treatments were: regrowth age (60, 120 and 180 days) for trees and shrubs (*Leucaena leucocephala*, *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* and *Erythrina variegata*) and 30, 45, 60, 75 and 90 days for creeping legumes (*Neonotonia wightii* and *Teramnus labialis*) in dry and rainy seasons. DM, CP, Ca, P, Mg, Si, NDF, ADF, ADL, cellulose, hemicellulose, cellular content, ash, OM, IVDMD,

Si, FND, FAD, LAD, celulosa, hemicelulosa, contenido celular, ceniza, MO, DIVMS, DV, DISMS, DMO, DFND, DFAD y DPB. Se realizaron análisis de conglomerados para agrupar las especies con características similares. Durante el periodo lluvioso se encontraron seis grupos y en el poco lluvioso siete grupos; con los mejores resultados, de forma integral, para la *Neonotonia wightii*, *Teramnus labialis*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*, en el periodo lluvioso; y en el poco lluvioso, para *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina variegata* a edades tempranas. Se concluye que la edad presentó un marcado efecto en la composición bromatológica al disminuir la calidad en la medida que la madurez avanza.

Palabras clave

Leguminosas, edad, calidad.

DV, DISMS, DMO, DFND, DFAD and DPB were determined. Cluster analysis was performed in order to determine species with similar chemical characteristics. Six groups with the best results were found during the rainy season for *Neonotonia wightii*, *Teramnus labialis*, *Gliricidia sepium* and *Tithonia diversifolia* and seven in dry season for *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* and *Erythrina variegata*, all at early ages. We conclude that age has a marked effect on the chemical composition by decreasing quality as the maturity progresses.

Keywords

Legumes, age, quality.

Introducción

A raíz del déficit alimentario y la crisis económica mundial, los países latinoamericanos —y en particular Cuba— han tenido que incursionar en otras estrategias de alimentación para incrementar la producción animal en las condiciones tropicales; específicamente, ofertándole al ganado mayor cantidad de proteína y minerales que, en sentido general, se encuentran de forma deficitaria en los pastos. En este sentido, la biomasa de los árboles, arbustos y leguminosas rastreras han tenido un papel protagónico por sus considerables contenidos de proteína y aceptable valor nutritivo (García, 2004).

El empleo de árboles, arbustos y leguminosas en sistemas para la alimentación animal es un ejemplo típico de las técnicas alternativas resaltadas por varios autores; quienes defienden su utilización como suplemento en las dietas por su elevado valor nutritivo, ricas en proteínas, minerales, alta digestibilidad y otros principios nutritivos (García *et al.*, 2006a).

La información sobre la composición bromatológica de especies prateses en la región oriental de Cuba no es amplia (Ramírez *et al.*, 2012; Verdecia *et al.*, 2012), y es aún más limitada en las leguminosas volubles, árboles y arbustos; por lo que los estudios sobre la composición bromatológica en estas especies sería de mucha utilidad para los productores en esta región.

Por lo antes expuesto, este trabajo tuvo como objetivo determinar la composición bromatológica de seis especies de leguminosas forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba.

Materiales y métodos

Área de la investigación

Se realizaron seis experimentos simultáneos en el mismo lugar (suelo y clima) para analizar cada una de las especies. El estudio se desarrolló en el Departamento Docente Productivo de la Universidad de Granma. Esta instalación se encuentra al sureste del país, en la provincia de Granma, Cuba.

Los experimentos se desarrollaron durante dos años, dividiendo el estudio en dos periodos: el lluvioso (mayo-octubre) y poco lluvioso (noviembre-abril) para cada uno de los años. Durante el periodo lluvioso las precipitaciones fueron 893.67 mm; la temperatura media, mínima y máxima registró valores de 26.73, 22.31 y 33.92 °C, respectivamente; y la humedad relativa media, mínima y máxima fue de 80.78, 51.02 y 96.22%, respectivamente.

En el poco lluvioso las precipitaciones alcanzaron valores de 364 mm; la temperatura estuvo en el orden de 24.05, 18.29 y 31.58°C para la media, mínima y máxima, respectivamente; y la humedad relativa mínima, media y máxima alcanzó promedios de 76.21, 44.16 y 97.03%, respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del rango de valores históricos de la región.

El suelo del área experimental fue Pardo con carbonato (Hernández *et al.*, 1999), con pH de 6.2. El contenido de P₂O₅, K₂O y N total fue de 2.4, 33.42 y 3 mg/100g de suelo, respectivamente, con 3.6% de materia orgánica (Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma, 2007).

Tratamientos y diseño experimental

En cada experimento se empleó un diseño de bloques al azar, con seis réplicas agronómicas para cada uno de los tratamientos. Éstos, consistieron en las edades de rebrote (60, 120 y 180 días para los árboles y arbusto; y 30, 45, 60, 75 y 90 días para las leguminosas rastreras).

Procedimiento

Al inicio de cada periodo estacional se realizó un corte de uniformidad a un m de altura en las parcelas (0.5 ha) de *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina variegata* y a 15 cm de altura del suelo para la *Tithonia diversifolia*. En cada una de las edades de rebrote (60, 120 y 180 días) se cosecharon 10 plantas/parcela y se separaron manualmente las hojas, los pecíolos y los tallos con diámetro inferior a dos cm para los análisis de laboratorio.

Para el caso de *Teramnus labialis* y *Neonotonia wightii*, en cada periodo, al inicio de la evaluación, se realizó el corte de uniformidad a cinco cm del suelo. Se delimitaron parcelas de 25 m², correspondientes a las edades de rebrote (30, 45, 60, 75 y 90 días), las que se cortaron de forma manual, previa eliminación de 50 cm de efecto de borde y se tomaron 200 g para los análisis de laboratorio. El terreno no se regó ni fertilizó durante la etapa experimental.

Composición bromatológica

La composición bromatológica se determinó en los laboratorios del Departamento Producción Animal de la Universidad de León, España. La materia seca (MS) se obtuvo por secado de las muestras a temperatura ambiente, hasta peso constante, en local ventilado y oscuro.

Posteriormente, se molieron hasta el tamaño de partícula de 1 mm y se almacenaron en frascos ámbar, hasta el momento del análisis. Se cuantificaron: la proteína bruta (PB) por el método Kjeldhal, la ceniza, calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sílice (Si) y materia orgánica (MO), de acuerdo con AOAC (2000); mientras que la fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina ácido detergente (LAD), celulosa (CEL), hemicelulosa (HCEL) y contenido celular (CC), según Goering y Van Soest (1970).

Digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la Materia Seca

Para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se siguió el protocolo recomendado por el fabricante del incubador Daisy^{II}® (ANKOM Technology, 2000, Technology, Fairport, NY-USA), mediante bolsas FN° 57 con tamaño de poro de 25 μm y dimensiones de 5 x 4 cm, fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones. En cada una de ellas se depositaron 0.25 g de muestra, para obtener 36 cm² de área efectiva por bolsa, lo que corresponde a una relación tamaño de la muestra y superficie de la bolsa de 14.4 mg/cm².

Después se sellaron con calor para este propósito (Ankom Technology, 2000). En cada una de las cuatro jarras de digestión se incubaron, al azar, una réplica de cada una de las edades de estas especies, incluyendo una bolsa en “blanco” (bolsa vacía y sellada sin muestra), con el fin de generar el factor de corrección por el posible ingreso de partículas o pérdida de peso de las bolsas. El procedimiento se realizó por duplicado.

En el proceso se emplearon cuatro recipientes de vidrio de 4 L de capacidad en los que se añadieron 2 L de mezcla de líquido ruminal y medio de cultivo (1:4 v/v), descrito por Goering y Van Soest (1970); este líquido se extrajo de un grupo de ocho ovejas adultas de la raza Merina. El inóculo ruminal se filtró a través de cuatro capas de gasa, se determinó inmediatamente su pH y se procedió a la mezcla (a partes iguales) del líquido ruminal procedente de los animales que recibían la misma ración.

Las muestras se incubaron durante 48 h en el Daisy^{II}® a $39.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$, con agitación circular constante. Después de la incubación, las bolsas se lavaron con agua fría para detener la fermentación y se procesaron en el analizador de fibra Ankom 2000, en el cual se sometieron los residuos de la incubación a una solución detergente neutra a 100°C durante una hora, tres lavados sucesivos con agua a 90°C y secado en estufa de aire forzado a 105°C durante dos horas; proceso que permite remover restos microbianos y algunos remanentes de fracciones solubles y, de esta forma, determinar la digestibilidad verdadera (DV).

Para la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) se empleó el método de Ørskov *et al.* (1980); se utilizaron tres ovejas de la raza Merina con peso vivo de 53.8 ± 4.08 kg, las que consumieron heno de alfalfa (*Medicago sativa*) y *Erica arborea*. Las bolsas utilizadas para las incubaciones (15 cm x 10 cm) se confeccionaron con tejido de nailon (Saatilon 120.38 W PW, Saati Serigrafía Ibérica, España) con tamaño de poro de 45 μm . Las muestras por cada edad de rebrote se incubaron por duplicado en cada animal. A las 72 horas se extrajeron las bolsas, se lavaron con agua fría y se congelaron a -30°C .

Para llevar a cabo las determinaciones analíticas pertinentes, las bolsas se descongelaron en una cámara frigorífica a 4°C , se lavaron con agua fría, se secaron en estufa de aire forzado a 53°C hasta peso constante y se pesaron. Posteriormente, los residuos se procesaron en el analizador de fibra (Ankom Tecnología, 2000) para la determinación de la digestibilidad de FND (DFND) y FAD (DFAD), por método Kjeldhal (AOAC, 2000) para la digestibilidad de PB (DPB).

La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) se cuantificó según Aumont *et al.* (1995).

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los resultados se utilizó la técnica de análisis multivariado de conglomerados (*clusters*) para agrupar las especies con características similares. Se presentó el intervalo en el que se encuentran los diferentes indicadores de la composición bromatológica en cada grupo formado. Se establecieron la media y desviación estándar para todos los indicadores que conforman cada uno de ellos y se aplicó el paquete estadístico StatSoft (2007), 8.0 para *Windows*.

Resultados

Calidad de árboles, arbustos y leguminosas rastroas en el periodo lluvioso

El análisis de conglomerados arrojó seis grupos según su similitud en cuanto a la composición bromatológica de árboles, arbustos y leguminosas rastroas durante el periodo lluvioso. Las especies del primer grupo (cuadro 1) se caracterizaron por presentar los menores porcentajes de MS, FAD, LAD y, por consiguiente, resultados medios a altos en las digestibilidades.

La *Erythrina variegata* y *Tithonia diversifolia*, en el grupo dos, con los mayores contenidos de Ca, CC y digestibilidad de la proteína bruta (DPB); y los más bajos en FND y HCEL.

La *Tithonia diversifolia*, en el grupo tres, mostró los mayores valores de P, lignina, ceniza, DIVMS, DV, DISMS, DMO, DFND, DFAD, y los menores de Mg y MO.

La *Neonotonia wightii* y *Teramnus labialis*, en el grupo cuatro, mostraron los valores más bajos de PB, CC, DISMS, DFND y elevados de FND y celulosa (CEL).

La *Leucaena leucocephala*, en el grupo cinco, registró los mayores valores de PB, HCEL, MO, y los menores de Ca, P, Si, CEL, ceniza, DIVMS, DV, DMO y DPB.

La *Erythrina variegata*, en el grupo seis, presentó los valores más elevados de MS, Mg, Si, FAD y los más bajos de DFND y DFAD.

Cuadro 1
Indicadores bromatológicos de los grupos obtenidos
por análisis de conglomerado durante el periodo lluvioso.

Ítem	Grupo					
	1	2	3	4	5	6
MS	20,08 ± 2,62	21,23 ± 4,60	23,48	23,95 ± 1,67	24,80 ± 5,63	26,73
PB	20,62 ± 2,84	21,76 ± 5,76	22,3	13,02 ± 3,80	28,86 ± 3,08	17,24
Ca	2,09 ± 1,05	2,96 ± 0,56	2,63	1,37 ± 0,27	1,20 ± 0,46	2,72
P	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,002	0,01
Mg	0,36 ± 0,17	0,56 ± 0,32	0,22	0,36 ± 0,44	0,24 ± 0,02	0,82
Si	3,24 ± 0,87	4,00 ± 0,53	4,58	2,79 ± 1,29	1,99 ± 0,87	4,65
FND	47,84 ± 5,65	43,79 ± 2,96	45,71	56,11 ± 2,42	52,21 ± 9,25	52,42
FAD	26,19 ± 4,64	27,81 ± 3,60	26,56	33,68 ± 2,86	26,84 ± 4,31	35,67
LAD	7,68 ± 3,87	16,88 ± 11,15	26,53	10,84 ± 2,79	15,60 ± 5,96	22,75
CEL	18,60 ± 7,69	13,78 ± 2,70	12,34	22,74 ± 4,30	11,24 ± 2,46	13,08
HCEL	21,72 ± 1,90	15,95 ± 0,70	18,73	22,79 ± 2,58	25,37 ± 4,99	16,59
CC	52,14 ± 5,66	56,19 ± 2,96	54,71	43,89 ± 2,43	47,79 ± 9,25	47,58
Ceniza	12,64 ± 1,30	18,84 ± 0,79	19,28	15,33 ± 5,22	11,93 ± 5,16	16,63
MO	87,21 ± 1,24	81,16 ± 0,79	80,72	84,67 ± 5,21	88,06 ± 5,16	83,07
DIVMS	61,80 ± 1,82	71,91 ± 3,38	74,55	56,86 ± 1,77	50,94 ± 0,40	62,57
DV	78,52 ± 2,00	86,57 ± 6,49	92,07	73,12 ± 2,18	67,53 ± 0,79	89,49
DISMS	75,25 ± 6,61	86,98 ± 2,83	90,71	60,66 ± 7,86	69,07 ± 2,56	78,07
DMO	64,26 ± 2,02	72,36 ± 2,99	74,8	59,78 ± 2,74	53,36 ± 0,47	63,64
DFND	45,49 ± 4,88	42,64 ± 7,69	56	30,99 ± 6,06	35,45 ± 3,94	17
DFAD	48,00 ± 4,57	42,75 ± 2,50	58	33,60 ± 5,90	38,09 ± 3,49	23,99
DPB	54,53 ± 3,69	55,59 ± 4,47	37,68	35,38 ± 11,85	33,66 ± 9,86	39,54

Grupos: 1, *N. wightii* (30, 45, 60 días), *T. labialis* (30, 45 días), *G. sepium* (60, 120 y 180 días); 2, *T. diversifolia* (60, 180 días), *E. variegata* (60, 120 días); 3, *T. diversifolia* (120 días); 4, *N. wightii* (75, 90 días), *T. labialis* (60, 75, 90 días); 5, *L. leucocephala* (60, 120, 180 días); 6, *E. variegata* (180 días).

MS, materia seca; PB, proteína bruta; Ca, calcio; P, fósforo; Mg, magnesio; Si, sílice; FND, fibra neutro detergente; FAD, fibra ácido detergente; LAD, lignina ácido detergente; CEL, celulosa; HCEL, hemicelulosa; CC, contenido celular; MO, materia orgánica; DIVMS, digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DMO, digestibilidad de la materia orgánica; DFND, digestibilidad de la FND; DFAD, digestibilidad de la FAD; DPB, digestibilidad de la PB.

Calidad de árboles, arbustos y leguminosas rastreras en el periodo poco lluvioso

Durante la época poco lluviosa se consideraron siete grupos.

El primero (cuadro 2), compuesto por *Neonotonia wightii* y *Teramnus labialis*, se caracterizó por bajas concentraciones de Ca, P, Si, lignina, Mg y altos de FND.

La *Leucaena leucocephala*, en el segundo grupo, presentó elevados porcentajes de PB y los menores en ceniza y DPB.

El tercer grupo, conformado por la *Gliricidia sepium*, tuvo valores bajos de FAD, CEL y mayores de DISMS.

La *Erythrina variegata*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*, formaron parte del cuarto grupo, con los valores más bajos de MS, FND y los mayores de CC, DV, DFND, DFAD y DPB.

El quinto grupo, conformado por *Erythrina variegata*, registró elevados porcentajes de Mg, Si, y los menores de HCEL y DISMS.

El sexto, integrado por *Tithonia diversifolia*, mostró altos tenores de MS, Ca, P, lignina, ceniza, DIVMS, DMO, y bajo de MO.

Y en el séptimo grupo, la *Neonotonia wightii*, con las menores concentraciones de PB, Mg, CC, DIVMS, DV, DMO, DFND, DFAD, y los mayores de FAD y CEL.

Cuadro 2
Indicadores bromatológicos de los grupos obtenidos
por análisis de conglomerado durante el periodo poco lluvioso.

Item	Grupo						
	1	2	3	4	5	6	7
MS	22.37 ±3.53	25.98 ±6.33	24.41 ±2.39	21.63 ±3.28	26.97 ±2.62	29.41	28.33
PB	14.85 ±2.34	29.92 ±4.38	20.73 ±3.84	28.14 ±1.53	20.77 ±1.24	17.51	8.34
Ca	1.20 ±0.33	1.55 ±0.29	1.74 ±0.03	2.95 ±0.83	2.34 ±0.40	3.80	1.36
P	0.006 ±0.00031	0.008 ±0.000054	0.0085 ±0.000071	0.01 ±0.00005	0.01 ±0.00005	0.013	0.012
Mg	0.27 ±0.09	0.28 ±0.04	0.34 ±0.00	0.43 ±0.13	0.53 ±0.08	0.42	0.24
Si	2.53 ±1.02	2.75 ±1.35	3.47 ±0.71	4.10 ±1.08	4.60 ±0.37	3.97	2.99
FND	53.91 ±2.53	46.07 ±4.45	45.91 ±4.56	43.79 ±2.40	49.99 ±2.25	51.46	57.41
FAD	32.42 ±2.83	25.02 ±1.44	19.51 ±0.23	25.36 ±4.55	32.19 ±1.75	31.76	38.10
LAD	7.66 ±2.95	11.66 ±4.57	11.54 ±2.18	13.08 ±11.08	18.06 ±3.20	31.73	13.48
CEL	24.23 ±1.62	13.41 ±3.71	7.97 ±1.95	15.70 ±4.28	14.19 ±1.29	12.61	24.62
HCEL	22.04 ±1.55	21.06 ±3.43	26.40 ±4.33	18.49 ±2.41	17.81 ±0.49	19.53	19.31
CC	46.08 ±2.52	53.93 ±4.45	54.10 ±4.56	56.15 ±2.51	50.01 ±2.25	48.88	42.59
Ceniza	11.90 ±1.40	9.60 ±1.33	12.08 ±1.36	16.92 ±3.22	16.46 ±0.28	20.97	11.79

Continúa en la página 83

Viene de la página 82

Item	Grupo						
	1	2	3	4	5	6	7
MO	88.10 ±1.41	90.40 ±1.33	87.74 ±1.56	83.10 ±3.19	83.55 ±0.27	79.03	88.21
DIVMS	58.92 ±2.49	57.38 ±1.48	64.61 ±3.88	72.99 ±5.25	68.52 ±1.20	75.75	56.36
DV	75.70 ±2.53	76.57 ±2.88	82.20 ±0.23	83.52 ±2.50	80.60 ±0.17	90.18	72.45
DISMS	72.56 ±9.21	67.43 ±4.40	84.03 ±6.63	82.63 ±7.32	42.86 ±0.69	65.88	57.52
DMO	61.58 ±3.39	59.12 ±1.46	65.54 ±3.63	73.23 ±4.74	69.18 ±1.03	76.13	57.41
DFND	37.95 ±7.29	31.08 ±6.86	35.00 ±5.66	49.50 ±5.80	32.00 ±14.14	26.00	20.00
DFAD	40.50 ±7.01	38.82 ±3.64	38.50 ±6.37	51.50 ±5.07	36.50 ±13.44	29.00	24.00
DPB	54.65 ±8.49	35.03 ±5.13	60.48 ±10.06	62.14 ±5.53	48.28 ±7.07	52.00	43.13

Grupos: 1, *N. wightii* (30, 45, 60, 75 días), *T. labialis* (30, 45, 60, 75, 90 días); 2, *L. leucocephala* (60, 120, 180 días); 3, *G. sepium* (120, 180 días); 4, *G. sepium* (60 días), *E. variegata* (60 días), *T. diversifolia* (60, 120 días); 5, *E. variegata* (120, 180 días); 6, *T. diversifolia* (180 días); 7, *N. wightii* (90 días).

MS, materia seca; PB, proteína bruta; Ca, calcio; P, fósforo; MG, magnesio; Si, sílice; FND, fibra neutro detergente; FAD, fibra ácido detergente; LAD, lignina ácido detergente; CEL, celulosa; HCEL, hemicelulosa; CC, contenido celular; MO, materia orgánica; DIVMS, digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DMO, digestibilidad de la materia orgánica; DFND, digestibilidad de la FND; DFAD, digestibilidad de la FAD; DPB, digestibilidad de la PB.

Discusión

Calidad de árboles, arbustos y leguminosas rastreras en el periodo lluvioso

Durante el periodo lluvioso los bajos contenidos de MS, FAD, LAD y resultados medios de digestibilidad presentados por el primer grupo se deben —según Ramírez *et al.* (2002)— al tipo de tejido, en la medida que la célula de la planta madura, la pared celular se ensancha y comúnmente produce una pared secundaria de composición distinta, con notable deposición de constituyentes aromáticos; por lo que ocurren concomitantemente cambios químicos y anatómicos, afectando la digestibilidad, lo que se relaciona con que durante las menores edades hay mayor succulencia de las hojas y mayor cantidad de tallos tiernos (Bayoli *et al.*, 2008).

En cuanto a la digestibilidad, todos los valores (excepto la DFND y DFAD), están por encima de 55%, valor que se considera como aceptable para un forraje de buena calidad, según Soto *et al.* (2009). Estos resultados coinciden con los reportados por García *et al.* (2008b) y Pinto-Ruiz *et al.* (2010), en *Gliricidia*, *Vigna unguiculata* y *Desmodium uncinatum*.

El grupo 2 se caracterizó por presentar altos contenidos de Ca, CC y bajos de P, FND y HCEL. Lo que pudo estar asociado a la ocurrencia de lluvias durante ese periodo, provocando la aparición de nuevos rebrotes y, por lo tanto, mayor succulencia de las hojas. Los bajos contenidos FND y HCEL, y altos de CC son similares a los resultados señalados por Soto *et al.* (2009) quienes, al evaluar forrajeras tropicales, encontraron menores porcentajes de la pared celular a edades tempranas con incremento en la edad hasta los 180 días; donde experimentaron nuevamente una disminución, por lo que asociaron este comportamiento al efecto de las precipitaciones.

Resultados que concuerdan con los reportados por García *et al.* (2008b) y Padrón *et al.* (2008) para la *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Epiphyllum hookeri*, con valores de Ca de 1.45-2.8% y P de 0.11-0.19%; aunque los tenores de fósforo encontrados en la presente investigación son inferiores a los informados por estos autores.

Los bajos valores de Mg, MO y elevados de LAD, ceniza, DIVMS, DV, DISMS, DMO, DFND, DFAD caracterizaron al tercer grupo, que estuvo integrado por la *Tithonia diversifolia*, a los 120 días. Los valores de Mg obtenidos en este estudio se pudieran atribuir a la variabilidad de este elemento en el suelo, lo cual fue señalado con anterioridad por Merino *et al.* (2003); mientras que están por debajo de los informados por Gonzalvo *et al.* (2001) en *Leucaena leucocephala* y *Morus alba* (0.30-0.47%). El contenido de MO es similar a los indicados por Bugarín *et al.* (2009) en *L. glauca* y *C. ternatea*.

En cuanto a la digestibilidad, los resultados coinciden con los obtenidos en la mayoría de las evaluaciones de valor nutritivo utilizando rumiantes, lo cual demuestra que en la fase inicial de crecimiento, aun cuando no se encuentra en su máximo desarrollo vegetativo, esta especie también mantiene una elevada calidad de sus fracciones.

Si se tiene en cuenta la elevada degradación ruminal de la MS y MO, los resultados son consistentes con los obtenidos en la fracción comestible de otras plantas forrajeras no leguminosas que contienen bajos o nulos contenidos de taninos en la biomasa (como *M. alba*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Moringa oleifera*) y que constituyen excelentes fuentes suplementarias de proteínas para rumiantes y monogástricos en condiciones tropicales (García *et al.*, 2006b; Medina *et al.*, 2009).

Los menores valores de PB, CC, DISMS, los más altos de FND y CEL distinguieron al cuarto grupo, que estuvo representado por las edades más avanzadas (60-90 días) para las leguminosas rastreras (*T. labialis* y *N. wightii*). Lo que se atribuye a las variaciones de las proporciones de tallo y las vainas dentro de la biomasa vegetal que conforma el forraje integral. Por lo que los contenidos de FND son suficientes para modificar la acción de los microorganismos ruminales en el contenido celular (CC). Además, la fibra actúa como capa protectora de la PB y así evita la rápida colonización de los microorganismos del rumen; de esta forma, provoca la disminución de la digestibilidad (Quirama *et al.*, 2011).

Los contenidos de PB fueron de 13.02% e inferiores a los informados en otras especies forrajeras tropicales (21.3-23.7%) en la misma edad de rebrote (60 días), por Medina *et al.* (2009). Mientras que Díaz *et al.* (2003) —al caracterizar variedades de *Glycine max*— reportaron valores de FND y CEL de 39-57% y 22-31%, respectivamente.

La *Leucaena leucocephala* (60, 120 y 180 días), en el quinto grupo, presentó los contenidos más altos de PB, HCEL, MO y los menores de Ca, Si, CEL, Ceniza, DIVMS, DMO y DPB. La concentración de PB en esta especie, es similar (23-25%) a la obtenida por García *et al.* (2008b), García *et al.* (2009) y Pinto-Ruiz *et al.* (2009); y se encuentran en el rango definido por Norton (1994) como normales para especies arbóreas (12-30%).

Los valores de HCEL en este grupo son superiores a los obtenidos por García *et al.* (2006a), García *et al.* (2008b) y Padrón *et al.* (2008) al estudiar varias especies de los géneros *Abizia*, *Cassia*, *Pithecellobium*, *Gliricidia*, *Tithonia*, *Leucaena* y *Epiphyllum*, y sus porcentajes variaron de 9-20.

Aunque los contenidos de calcio de estas especies no cubren los requerimientos para la producción del ganado en pastoreo, las concentraciones son similares a las reportadas para la biomasa de numerosos árboles forrajeros (Padrón *et al.*, 2008 y García *et al.*, 2009). Los contenidos de Si son similares a los obtenidos por Parra *et al.* (1972) para leguminosas tropicales.

A pesar de que este grupo presentó los contenidos mayores de PB y MO, es preciso destacar que también se obtuvieron los más bajos en la DMO y DPB. Estos resultados fueron atribuidos a la proporción de polifenoles presentes en la biomasa y la capacidad que presentan éstos para acoplar proteínas en dependencia de los cambios de pH que tiene lugar desde la entrada del abomaso hasta el intestino (García *et al.*, 2008a).

El sexto grupo, integrado por la *Erythrina variegata* (180 días), con los mayores valores de MS, Mg, Si y FAD y menores de DFND y DFAD, está muy relacionado con lo argumentado por Herrera (2006); ya que se ha demostrado que en la medida que los forrajes envejecen (mayor edad), su calidad disminuye debido al incremento del engrosamiento de la pared celular y sus constituyentes, y disminución del contenido de carbohidratos solubles, proteína y digestibilidad.

La digestibilidad de la masa forrajera estará en función de la proporción relativa de cada componente y de su digestibilidad individual. Por otra parte, la reducción de la digestibilidad con el incremento de la madurez está, también, influida por el aumento de los componentes estructurales (Medina *et al.*, 2009).

Calidad de árboles, arbustos y leguminosas rastreras durante el periodo poco lluvioso

Durante el periodo poco lluvioso, en el grupo 1 —integrado por *N. wightii* (30-75 días) y *T. labialis* (30-90 días)— se caracterizó por su bajo contenido de Ca, P, Si y LAD. Las diferentes proporciones de P y Ca; los cuales constituyen algunos de los macroelementos más importantes en muchas leguminosas, se deben a los requerimientos particulares de cada especie para el funcionamiento de su metabolismo; este aspecto se encuentra estrechamente relacionado con la capacidad que tienen las plantas para adsorber selectivamente determinados cationes presentes en el suelo (Arzola y Fundora, 1992). Resultados éstos, inferiores a los reportados por García y Medina (2006) y similares a los de Delgado *et al.* (2007).

En el caso de los contenidos de Si y LAD se demuestra la excelente calidad nutritiva de estas especies durante este periodo, ya que los valores son inferiores a los reportados por Delgado *et al.* (2007).

En el segundo grupo integrado por la *L. leucocephala* (60-180 días) se encontraron los mayores valores de PB y los menores de ceniza y DPB. Aunque este grupo presenta los valores más altos de PB también tiene los más bajos en DPB y esto pudiera indicar el efecto antinutricional ampliamente conocido de los taninos en la degradación ruminal, informado en numerosas investigaciones llevadas a cabo con *Leucaena* (Stewart y Dunsdon, 1998) y en otras arbóreas forrajeras de amplia distribución en el trópico de los géneros *Cassia*, *Pithecellobium* y *Albizia* (García *et al.*, 2006a y García *et al.*, 2006b).

No obstante, los tenores de PB reportados en este estudio son superiores a los informados por García *et al.* (2009) en *Leucaena leucocephala*, con 25.71%. Las concentraciones de ceniza son superiores a las informadas por García *et al.* (2008b), Padrón *et al.* (2008) y García *et al.* (2009) con 7.23-7.94%.

La *G. sepium* (120 y 180 días) en el tercer grupo presentó los menores valores de FAD y los más altos de DISMS. Van Soest (1996) señaló que esta relación puede alterarse por efecto de los factores ambientales. Alonso-Díaz *et al.* (2007) y García *et al.* (2009), al evaluar árboles y arbustos forrajeros, encontraron que las especies con menor proporción de la fracción fibrosa presentaron mayor DISMS; este aspecto reviste gran significación al considerar que los componentes de la pared celular son los causantes de los efectos negativos en la digestibilidad (Sandoval *et al.*, 2005).

Por su parte, Hernández y Cantú (2001) encontraron una estrecha relación inversa entre la concentración de FAD y la DISMS e, incluso, se emplea para la predicción del valor energético de los forrajes.

La *E. variegata* (60 días), *G. sepium* (60 días) y *T. diversifolia* (60, 120 días), en el cuarto grupo, presentaron los menores porcentajes de MS, FND y los mayores de CC, DV, DFND, DFAD y DPB. Este comportamiento está relacionado con las menores edades de rebrote de 60 y 120 días, donde la planta presenta mayor cantidad de hojas y menor desarrollo de los tallos.

La FND representa del 30 al 80% de la MO de los recursos forrajeros, por lo que la digestibilidad de sus diferentes componentes es muy variable, principalmente debido a diferencias en la composición estructural de ésta (Buxton y Redfearn, 1997); mientras que Suárez *et al.* (2008) en *Gliricidia* y *Erythrina* obtuvieron valores de FND superiores (50-70%) e inferiores de digestibilidad (42-46 %) a los de la presente investigación, debido a la edad del material utilizado (90 días).

La *E. variegata* (120 y 180 días), en el quinto grupo, presentó los valores más altos de Mg, Si y los más bajos de HCEL y DISMS; este comportamiento se puede atribuir al aumento de la madurez de los tallos y las hojas con la edad, donde se incrementa la acumulación de minerales como Mg en la corteza y biomasa, y el Si se concentra en la pared celular; su concentración depende de la disponibilidad de éstos en el suelo (Merino *et al.*, 2003).

El comportamiento de la HCEL se debe, según Valenciaga (2007), a las diferencias ambientales, la especie evaluada, la disponibilidad de nutrientes en suelo, el balance hídrico en la planta y en el suelo, el periodo del año y la relación hoja-tallo, entre otros factores.

Estos resultados son similares a los obtenidos por González y Cáceres (2001) quienes, al evaluar la calidad de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras, obtuvieron los resultados más bajos en cuanto a digestibilidad en la especie *Erythrina poeppigiana* y *Erythrina berteroana* y son inferiores a los reportados por Flores *et al.* (1998), con 54.30% en *Erythrina berteroana*.

La *T. diversifolia* a los 180 días presentó, en el sexto grupo, las mayores concentraciones de MS, Ca, P, LAD, ceniza, DIVMS, DMO y las más bajas de MO. De acuerdo con lo reportado por Mahecha y Rosales (2005) y Pérez *et al.* (2009); en términos generales, el follaje de *Tithonia* se caracteriza por: alto contenido de nitrógeno total, elevada proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica, alto contenido de fósforo y rápida digestibilidad a nivel ruminal; lo que coincide con las estimaciones de Mehrez y Ørskov (1977).

Mahecha *et al.* (2007), al comparar los contenidos de minerales de la *Tithonia* con los del suelo donde se desarrolló el cultivo, encontraron una relación positiva entre éstos; y dichos autores reportaron tenores elevados de minerales, incluso el fósforo, aunque estuvieron por debajo de las necesidades nutricionales de los animales. Estos resultados son similares a los reportados por Pérez *et al.* (2009), con 23, 78.60 y 21.40% de MS, MO y ceniza, respectivamente.

La *N. wightii* a los 90 días se ubicó sola en el séptimo grupo, la cual presentó los peores resultados integrales, fundamentalmente por bajos valores de PB, Mg, CC, DIVMS, DV, DMO, DFND, DFAD y los más altos de los carbohidratos estructurales FND, FAD y CEL. La baja concentración de PB (8.34%) se pudiera deber a la alta proporción de tallos en la muestra; ya que, por lo general, en la literatura especializada reporta valores de PB de aproximadamente 21% en las hojas, mientras que en los tallos oscila entre 7 y 20%. Habitualmente, los tenores de proteína que se observaron en las plantas analizadas son similares a los de las leguminosas templadas (McDonald *et al.*, 1995). Los valores de PB y FND encontrados para todas las plantas, se hallan en el rango establecido por Minson (1991) para las leguminosas tropicales.

Delgado *et al.* (2007) en *Neonotonia wightii* obtuvieron valores de PB, FND, FAD y celulosa de 18, 46, 36.80, 24.80 y 9.20%, respectivamente; estos resultados son inferiores a los reportados en el presente trabajo.

La O *et al.* (2006) determinaron la variabilidad de la digestibilidad *in situ* de la MS de cinco especies de leguminosas (Dólico, Mucuna, Centrosema, Siratro y Glycine) y reportaron valores de degradación efectiva de la MS entre 56 y 88%. El Siratro fue la que mostró mayor degradabilidad, seguida por Centrosema, Dólico, Glycine y Mucuna, en orden decreciente, respectivamente.

En la última década del siglo XX fue generalizado el criterio de que las leguminosas rastreras presentaban baja degradabilidad ruminal de nutrientes, atribuible al contenido generalmente alto de taninos, polifenoles y otros componentes secundarios del metabolismo de la planta (Ruiz *et al.*, 1995). Sin embargo, los datos presentados en la presente investigación no avalan dicho postulado.

Conclusiones

La edad presentó marcado efecto en la composición bromatológica al disminuir la calidad en la medida que la madurez avanzaba. Este comportamiento se evidenció al constatar, mediante el análisis de conglomerados, que los grupos donde se afectó la calidad estaban integrados por las edades más avanzadas de las especies *Neonotonia wightii*, *Teramnus labialis* y *Erythrina variegata*, en ambos periodos estacionales.

Agradecimientos

Al Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Proyecto AECID A/023167/09) por el financiamiento para realizar esta investigación.

Literatura citada

- Alonso-Díaz, M. A.; Torres-Acosta, J. F. J.; Sandoval-Castro, C. A.; Hoste, H.; Aguiar-Caballero, A. J. y Cepetillo-Leal, C. M. (2007). Is goats preference of forage trees affected by their tannins or fiber content when offered in cafeteria experiments? *Anim Feed Sci. Technol.* 141: 36-48.
- Ankom Technology. (2000). *Procedures for fiber and in vitro analysis*. Disponible en: <http://www.ankom.com> (Consultado el 16 de noviembre de 2004).
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17 th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D. C.
- Arzola, M. y Fundora, F. (1992). *Agroquímica*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 300 pp.
- Aumont, G.; Caudron, I.; Saminadin, G. y Xandé, A. (1995). Sources of variation in nutritive values of tropical forages from the Caribbean. *Animal Feed Sci. Tech.* 51:1-13.
- Bayoli, J. J.; Ngongoni, N. T. y Hamudikuwanda, H. (2008). Chemical composition and ruminal degradability of cowpea and silverleaf desmodium legumes harvested at different stage of maturity. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 8 (1): 1-11.
- Bugarín, J.; Lemnus, C.; Sanginés, L.; Ramos, A.; Soca, M. y Arece, J. (2009). Evaluación de dos especies de Leucaena, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México. II. Producción y composición bromatológica de la biomasa. *Pastos y Forrajes*. 32 (4): 1-9.
- Buxton, D. R. y Redfearn, D. D. (1997). Plant limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. *Journal of Nutrition*, 127: 814-818.
- Delgado, D. C.; La O, O. y Chongo, B. (2007). Composición bromatológica y degradabilidad ruminal *in situ* de leguminosas tropicales herbáceas con perspectivas de uso en los sistemas productivos ganaderos. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 41 (4): 343-346.
- Díaz, M. F.; Padilla, C.; Torres, V.; González, A.; Curbelo, A. y Noda, A. (2003). Caracterización bromatológica de variedades de soya (*Glycine max*) en producción de forrajes, forrajes integrales y granos en sistemas de verano. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 37(3): 311-317.
- Dirección de Suelos y Fertilizantes de Granma. (2007). Ministerio de la Agricultura. Granma, Cuba.
- Flores, O. I.; Bolívar, D. M. A.; Botero, J. A. e Ibrahim, M. A. (1998). Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 10. No. 1.
- García, D. E. (2004). Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*. 27(2):101-111.
- García, D. E. y Medina, M. G. (2006). Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zoot. Trop.* 24(3):233-250.

- García, D. E.; Medina, M. G.; Ojeda, F.; Humbría, J.; Domínguez, C. E.; Baldizán, A. y Toral, O. (2006a). Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género *Albizia*. *Pastos y Forrajes*, 29(4):231-241.
- García, D. E.; Medina, M. G.; Humbría, J.; Domínguez, C. E.; Baldizán, A.; Cova, L. J. y Soca, M. (2006b). Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootecnia*, 55(212):373-384.
- García, D. E.; Wencomo, H. B.; Medina, M. G.; Noda, Y.; Cova, L. y Spengler, J. (2008a). Evaluación de la calidad nutritiva de siete ecotipos de *Leucaena macrophylla* (Benth.) en un Suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. *Rev. Fac. Agron (LUZ)* 25: 43-67.
- García, D. E.; Medina, M. G.; Clavero, T.; Humbría, J.; Baldizán, A. y Domínguez, C. (2008b). Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los Andes Venezolanos. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 18 (5): 549-555.
- García, D. E.; Wencomo, H.; Medina, M. G.; Moratinos, P. y Cova, L. J. (2009). Caracterización de la calidad nutritiva de 53 accesiones del género *Leucaena* en condiciones tropicales. *Pastos y Forrajes*. 32(1): 1-16.
- Goering, M. K. y Van Soest, P.J. (1970). *Forage Fiber Analysis* (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural, USDA, Washington DC. 379 pp.
- González, E. y Cáceres, O. (2001). Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*. 25(1): 1-5.
- Gonzalvo, S.; Nieves, D.; Ly, J.; Macías, M.; Carón, M. y Martínez, V. (2001). Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. *Livestock Research for Rural Development* 13(2). 101-119.
- Hernández, A.; Pérez, J. M. y Boch, D. (1999). *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*. AGROINFIR MINAG, C. de la Habana, Cuba, 64 pp.
- Hernández, G.N. y Cantú, J. E. (2001). Producción, composición química y digestibilidad del forraje del Sorgo X Sudán de nevadura café en la región norte de México. *Técnica Pecuaria en México*. 38(3): 177-188.
- Herrera, R. S. (2006). Fisiología, calidad y muestreos. En: *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogas*. Herrera, R. S.; Rodríguez, I. y Febles, G. (Eds.). EDICA. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 89 pp.
- La O, O.; Chongo, B.; Delgado, D.; Ruiz, T. E. y Salas, M. (2006). Variabilidad en algunos indicadores de la composición química y degradabilidad ruminal de seis leguminosas tropicales. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 40:293-298.
- Mahecha, E. y Rosales, M. (2005). Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* Helmsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livest. Res. Rural Dev.*, 17 (9) 201-207.
- Mahecha, L.; Escobar, J. P.; Suárez, J. F. y Restrepo, L. F. (2007). *Tithonia diversifolia* (Helmsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livest. Res. Rural Dev.*, 17 (9).
- McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. y Morgan, C. A. (1995). *Animal Nutrition*. Fifth Edition. Longman Scientific and Technical. 547 pp.
- Medina, M. G.; García, D. E.; Gonzáles, M. E.; Cova, L. J. y Moratinos, P. (2009). Variables morfo-estructurales y de la calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*. 27(2): 121-134.
- Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. (1977). A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. 88:645-650.
- Merino, A.; Rey, C.; Brañas, J. y Rodríguez-Soalleiro, R. (2003). Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en García. *Invest. Agrar: Sist. Recur. For.* 12(2) 85-98.
- Minson, P.J. (1991). Composición química y valor nutritivo de las leguminosas tropicales. En: *Leguminosas Forrajeras Tropicales*. FAO. Skerman, P. J.; Cameron, D. E. y Riveros, F. (Eds.). Roma, Italia.
- Norton, B.W. (1994). The nutritive value of tree legumes. En: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Gutteridge, C. y Shelton, H. (Eds). CAB International, UK. P. 177-192.

- Ørskov, E. R.; Hovell, B. D. y Moudi, F. (1980). Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod. Anim. Trop.* 5: 213-218.
- Padrón, C. A.; Moreno, M. J. y Medina, C. A. (2008). Composición química, análisis estructural y factores antinutricionales de filocladios de *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. var. Hookeri (Link&Otto) Kimn. (CACTACEAE). *Interciencia.* 33(6): 443-448.
- Parra, R.; Combellas, J. y González, E. (1972). Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico. 2. Fracciones químicas que afectan la disponibilidad de los componentes fibrosos. *Agron. Trop.* 22: 219-230.
- Pérez, A.; Montejo, J.; Iglesias, J. M.; López, O.; Martín, G. J.; García, D. E.; Milián, I. y Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes.* 32(1): 1-15.
- Pinto-Ruiz, R.; Hernández, D.; Gómez, H.; Cobos, M. A.; Quiroga, R. y Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo.* 26(1): 19-31.
- Pinto-Ruiz, R.; Hernández, D.; Ramírez, L.; Sandoval, C. A.; Cobos, M. y Gómez, H. (2009). Taninos y fenoles en la fermentación *in vitro* de leñosas forrajeras tropicales. *Agronomía Mesoamericana.* 20(1): 81-89.
- Quirama, L.; Echeverry, J. J. y Suescún, J. E. (2011). Efecto de la edad de rebrote de *Lotus uliginosus* cv Maku sobre la digestibilidad post-ruminal de la proteína no degradable en rumen. *Revista Lasallista de Investigación.* 8(1): 42-49.
- Ramírez, R.; Ramírez, R. G. y López, F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL.* 5 (2): 180-189.
- Ramírez, J. L.; Herrera, R. S.; Leonard, I.; Cisneros, M.; Verdecia, D.; Álvarez, Y. y López, B. (2012). Relationship between quality indicators and age indicators in *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 in Cauto Valley, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 46(3): 315-319.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H.; Castillo, E. y Funes, F. (1995). *Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico.* XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 75 pp.
- Sandoval, C. A.; Lizárraga, H. L. y Solorio, F. J. (2005). Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, *in vitro* gas production and *in situ* degradability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123:277-289.
- Soto, S.; Rodríguez, J. C. y Russo, R. (2009). Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. *Tierra Tropical* 5 (1): 83-89.
- Stewart, J. L. y Dunsdon, A. J. (1998). Preliminary evaluation of potential fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agroforestry Systems,* 40: 177-198.
- StatSoft, Inc. (2007). *STATISTICA* (data analysis software system), versión 8.0.
- Suárez, J. C.; Carulla, J. E. y Velásquez, J. E. (2008). Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas en el piedemonte Amazónico. *Zootecnia Tropical.* 26(3): 231-234.
- Valenciaga, D. (2007). *Caracterización química y estructural de las paredes celulares de Pennisetum purpureum* cv. CUBA CT-115 y su degradabilidad ruminal en búfalos de río (*Bubalis bubalus*). Tesis Dr. ICA, La Habana, Cuba. 110 pp.
- Van Soest, P. J. (1996). *Environmental and forage quality.* Proceeding. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. 58th Meeting. Rochester, NY. Ithaca, NY. Cornell University. p.1-6.
- Verdecia, D.; Herrera, R. S.; Ramírez, J. L.; Leonard, I.; Álvarez, Y.; Bazán, Y.; Arceo, Y.; Bodas, R.; Andrés, S.; Álvarez, J.; Giraldes, F. y López, S. (2012). Valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* con énfasis en el contenido de metabolitos secundarios. *REDVET,* Vol. 13, No.11.

Recibido: Mayo 22, 2014

Inicio de arbitraje: Junio 09, 2014

Dictamen para autor: Julio 28, 2014

Aceptado: Septiembre 03, 2014

Justificación económica de la sustitución de correctores minerales en dietas de gallinas ponedoras*

Economic justification of the substitution
of mineral correctors in diets of egg-laying hens

**Roelis Castillo Mestre,¹ Dubel Buchillón Alfonso²
y Uliser Vecino Rondán¹**

¹Universidad de la Isla de la Juventud
Jesús Montané Oropesa (UIJ) Cuba.

²UEB Andrés Cuevas Heredia
Carretera Aeropuerto Km 3 ½ Nueva Gerona
Isla de la Juventud, Cuba.

*Correspondencia: rmestre@cuij.co.cu

•Nota técnica

Resumen

Con 384 gallinas de la raza White Leghorn, se experimentó la sustitución de CaCO_3 de importación por el yacimiento del territorio, con un diseño completamente al azar. T_1 = testigo no se le suministró CaCO_3 , T_2 = CaCO_3 de la provincia de Mayabeque, T_3 = 50:50% Mayabeque: local (Isla de la Juventud) y T_4 = producto local; se midieron los indicadores productivos, de salud y económicos. Los resultados muestran que existieron diferencias significativas en los indicadores evaluados, el mineral local mantuvo niveles superiores al importado en los indicadores evaluados con un ahorro de 3,502.16 pesos cubanos por el empleo del mineral local.

Palabras clave

Gallinas, carbonato de calcio, indicadores productivos.

Abstract

With 384 hens of the race White Leghorn, the substitution of import CaCO_3 was experienced by the location of the territory, with a design totally at random. T_1 = witness was not given CaCO_3 , T_2 = CaCO_3 of the county of Mayabeque, T_3 = 50:50% Mayabeque: local (Island of the Youth) and T_4 = local product, the productive indicators were measured, of health and economic, the results show that significant differences existed in the evaluated indicators, the local mineral maintained superior levels to the one cared in the indicators evaluated with a saving of 3,502.16 Cuban pesos by the employment of the local mineral.

Keywords

Hens, Carbonate of calcium, productive indicators.

Al formular un alimento para cualquier especie o categoría animal debe garantizarse un adecuado aporte de nutrientes y debe prestarse especial atención a los macrominerales, particularmente el calcio y el fósforo, que son importantes para la producción de huevo y la calidad del hueso de las gallinas ponedoras. Los niveles óptimos de estos nutrientes se han establecido para maximizar la producción de huevos y la calidad del cascarón (Acosta *et al.*, 2009a).

Berrío y Cardona (2001) plantean que el calcio y el fósforo son macrominerales, en donde niveles bajos de estos nutrientes resultarán en raquitismo en aves no maduras. La suplementación insuficiente de este mineral deprime la producción de huevos y resultan en una alta incidencia de daño en el cascarón del huevo.

A lo largo de los años, las necesidades de calcio (Ca) en las gallinas son cada vez mayores debido a que las gallinas modernas, altamente productoras de huevo, son de menor peso corporal y huevos de mayor peso comparadas con gallinas de hace 30 o 50 años, donde éstas eran de mayor peso corporal, producían menor número de huevos y de menor tamaño (Soler *et al.*, 2011).

En la Isla de la Juventud, la avicultura tiene como objetivo principal la producción de huevos y la extensión en la crianza de aves semirústicas; en este sentido, los insumos para estas producciones provienen de otras regiones del país, lo que provoca un aumento en los costos de producción.

Unos de los insumos que se transportan de la provincia Mayabeque e inciden en los costos de producción del huevo es el carbonato de calcio, el cual reviste una gran importancia para la alimentación de las gallinas ponedoras en la formación del huevo y de su salud, pues según Anón. (2009), esta especie debe consumir alrededor de cuatro gramos diarios para lograr la producción y sanidad apropiada.

Por tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el carbonato de calcio del proveniente del yacimiento local de la Isla de la Juventud, como fuente potencial mineral para la producción de huevos en gallinas.

La investigación se realizó en la UEB Andrés Cuevas Heredia, en la Isla de la Juventud, en el periodo comprendido desde octubre de 2012 a enero de 2013, en 123 días de ensayo. Para el experimento se utilizaron 384 gallinas ponedoras White Leghorn línea ₃₃, de 217 días de edad, ubicada en cuatro animales por jaula; es decir, 12 animales por metro cuadrado.

Los animales dispusieron en el transcurso de la investigación de agua potable a voluntad y pienso de gallinas ponedoras (Fase I), a razón de 107 g por gallina por día, el cual se le suministraba en horas de la mañana.

El experimento se montó con un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro réplicas y con 96 animales por tratamiento; en el experimento, el manejo con la alimentación fue homogénea, sólo varió el suministro del carbonato de calcio; T₁ = testigo no se le suministró CaCO₃; en el resto de los tratamientos se adicionaron dos gramos de CaCO₃ según el origen del mineral; así, el T₂ = producto de la provincia de Mayabeque,

T₃ = una relación 50:50% Mayabeque:Isla de la Juventud y T₄ = producto local (Isla de la Juventud). En todos los casos se mantuvo el mismo manejo y la adición de carbonato de calcio fue a las 3:00 pm.

Se evaluaron indicadores de producción y de salud; además, se realizó un análisis de factibilidad económica sobre el uso de las fuentes de carbonato de calcio empleadas en la investigación.

Los indicadores que se evaluaron fueron: producción total (Pt), huevos por aves (Hxa), huevo limpio (Hl), huevo cascado (Hc), huevos rotos (Hr), conversión alimentaria (Conv).

Los indicadores de salud fueron: la viabilidad (viabilidad), existencia final, selección negativa.

Para el procesamiento estadístico se empleó el paquete estadístico Infostat 2001 segunda versión; se realizaron comparaciones de medias por tratamiento, empleando DUNCAN al 0.50% para medir las diferencias significativas por tratamientos.

En el cuadro 1, se muestran los resultados de los indicadores de producción y de salud en los diferentes tratamientos de la investigación; al analizar la producción total y el huevo limpio, en ambos casos, el tratamiento cuatro (corrector mineral del territorio) mantiene resultados superiores con diferencias significativas a los tratamientos dos y tres, que se comportaron de manera similar; el tratamiento que sirvió como testigo (Tratamiento-1) presentó diferencia significativa con respecto a todos los tratamientos y fue el que menores resultados mantuvo en estos indicadores.

En el caso de huevos cascados y huevos rotos no hubo diferencias significativas en los tratamientos empleados en el transcurso de la investigación.

Al analizar los indicadores “huevos por aves” y “conversión alimentaria” se aprecia semejanza entre los tratamientos cuatro y tres, que fueron en los que se empleó carbonato de calcio del territorio; tampoco existen diferencias entre los tratamientos tres y dos, ni entre el dos y el uno.

En el caso de los indicadores de salud, como se puede apreciar con respecto a la viabilidad los tratamientos en los que se emplearon corrector mineral local, difieren con respecto a los tratamientos a los que se suministró de otra provincia y al testigo que presentó diferencias con todas las variantes empleadas.

Al comparar los resultados de la existencia final y la selección negativa, los resultados muestran que el tratamiento cuatro difiere con respecto a los demás; los tratamientos dos y tres se mantienen semejantes, así como el tres al tratamiento testigo.

Cuadro 1
Comportamiento de los indicadores productivos de la producción.

Indicadores	Tratamientos				ES	C.V. (%)
	1	2	3	4		
Producción total (u)	71,77c	74,85b	75,30b	77,23a	0,30	7,81
Huevos limpios (u)	69,62c	72,72b	73,40b	74,98a	0,29	8,37
Huevos cascados (u)	5,50a	5,20a	5,40a	5,60a	0,37	7,21
Huevos rotos (u)	3,50a	3,10a	3,20a	3,40a	0,35	9,49
Conversión **	1,49c	1,46bc	1,44ab	1,41a	0,73	7,23
Huevos x ave	22,50c	23,00bc	23,22ab	23,63a	0,35	8,32
Viabilidad (aves)	96,14c	97,55b	98,35a	98,37a	0,47	10,21
Existencia final	85c	89 b	87 bc	94 a	0,72	11,18
Selección negativa	18 c	14 b	16 bc	5a	0,85	9,24

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

** Kg de alimento / docena de huevos producido; (u) unidad.

Con la presente investigación queda demostrado lo planteado por Carrizo (2005) sobre la importancia del suministro de calcio en la dieta de gallinas ponedoras, ya que diariamente exportan de cuatro a cinco gramos de carbonato, que se emplea para la formación de los huevos y huesos largos.

Este planteamiento coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación; cuando las aves fueron suplementadas con los correctores minerales presentaron tanto mayor producción de huevos totales como huevos limpios, que cuando no se suministró el macroelemento.

En un trabajo llevado a cabo por Trabas y Valdés (1985) con diferentes niveles de proteína y calcio en dietas para ponedoras, presentaron resultados similares a los que se obtuvieron en la actual investigación; en los tratamientos que el calcio estuvo a voluntad, los animales presentaron mayor producción de huevos; estos autores alegan que el resultado estuvo influido a mayor cantidad de nutrientes disponibles.

Trabas y González (1984), en una investigación del patrón de consumo de la ponedora para diferentes alimentos, en el que presentaban proteínas, energía, calcio y fósforo mencionaron que en las dietas que existen mejores relaciones de calcio y fósforo disponible en la dieta la producción total de huevos, aumenta con diferencias significativas a los otros experimentos estudiados.

En estudios realizados por Suárez (2010) con empleo de varios correctores de calcio y fósforo en gallinas de producción, no hubo diferencias significativas en los indicadores productivos; este autor considera que al hacer un balance de los ingredientes favoreció esta respuesta.

En otra investigación realizada por Suárez y LonWo (2010) con empleo de correctores de calcio y fósforo en gallinas de producción con 57 semanas de edad, mencionan que no hubo diferencias significativas en los indicadores productivos; los autores consideran que no se justifica el uso de forma preventiva en la fase 2 de puesta.

En estudios llevados a cabo por Acosta *et al.* (2009a;b), al evaluar la fosforita del yacimiento Trinidad de Guedes (FTG) como fuente potencial de fósforo para gallinas ponedoras en la dieta, no presentó diferencias significativas en la producción total; difiriendo así con los resultados que se presentan en la actual investigación. Al parecer, el contenido mineral de las diferentes fuentes minerales ha provocado que, en nuestro caso, se haya incrementado la producción de huevos; por tanto, se llega a la conclusión de que podría sustituirse el corrector importado por el de producción local.

Resultados que concuerdan a los que se obtienen en las condiciones de la Isla de la Juventud, en que, al emplear correctores minerales en las dietas de gallinas ponedoras, se obtuvieron mayores resultados en los indicadores de producción que cuando se emplea el de la provincia de Mayabeque y cuando no se aplica.

Machuca (1998), con el empleo de *Elodea densa* en la dieta de gallina ponedora no encontró diferencias significativas entre los tratamientos empleados, aunque se logró sustituir el pienso comercial por la planta. El autor sugiere que esta planta presenta macrominerales (como el Calcio) que actuaron de forma positiva en la nutrición de las aves; resultado que corrobora lo ocurrido en el presente experimento, ya que, en los tratamientos que se suministró carbonato de calcio los resultados fueron superiores.

Valdés *et al.* (1995), en un estudio de las formas de suministrar calcio en gallinas ponedoras, obtuvieron mayores resultados en los indicadores “producción de huevos” y “conversión directa”, con diferencias significativas al tratamiento control (adición tradicional de calcio) y los que empleó calcio granulado. Los autores plantean que esta aseveración debe darse debido a la granulometría del calcio, el que está disponible en el momento de la formación de la cáscara del huevo.

Giraldo y Osorio (2010) comprobaron que en la gallina de postura la deficiencia de calcio resulta en menor producción de huevos y huevos de cascarón más delgado y frágil. Tal aseveración coincide con la actual investigación, por la cual se vieron afectados los indicadores de salud evaluados en los diferentes tratamientos.

En el cuadro 2, se aprecia el costo por unidad de producto y flete, comparando el producto local como el transportado de otra provincia para la UEB Andrés Cuevas Heredia, que consume anualmente 70 t/año de carbonato de calcio y que se acarrea de la provincia de Mayabeque.

Con el análisis efectuado con anterioridad, la UEB Andrés Cueva Heredia ahorraría por el concepto de la sustitución de carbonato de calcio un total de 3,502.16 CUP, equivalente a 140 USD. Estos gastos en un futuro pueden disminuir de forma considerable, pues existen otros yacimientos de este producto más cercano a la entidad, según estudio de prospección realizado por la empresa geominera de la Isla.

Cuadro 2
Estudio económico del empleo de correctores de calcio.

Parámetros	Carbonato de calcio importado	Carbonato de calcio local
Necesidad (t)	70	70
Precio del producto \$/t	38.80 ¹	35.00 ¹
Gasto total (\$)	2716 ²	2450 ²
Costo de flete (\$)	571.40	21.36
Viajes (Número)	6	9
Gastos por transportación año/(\$)	3428.4	192.24
Costo total (\$)	6,144.4	2,642.24
Ahorro al año (CUP)		3,502.16

NOTA: \$ peso cubano CUP.

El empleo de la propuesta del corrector mineral (carbonato de calcio) del municipio en dietas de gallinas ponedoras incidió de forma positiva en los indicadores productivos y de salud de gallina ponedora de la raza White leghorn, en la UEB Andrés Cuevas Heredia, de la Isla de la Juventud.

Con el empleo del corrector mineral del territorio en dietas de gallinas ponedoras, se logra un ahorro de 3,502.16 CUP (140 USD), por la reducción de gastos por transportación y costo del mineral.

Agradecimientos

A los doctores José Manuel Palma García, de la Universidad de Colima (México), y Leonardo Cruz Cabrera, de la Universidad Isla de la Juventud (Cuba), por la revisión y correcciones de la presente investigación.

Literatura citada

- Acosta, A. (2005). *Una opción técnico-económico y ambiental del empleo del fósforo en la alimentación de gallinas ponedoras*. Tesis en opción al título de maestro en producción animal tropical. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba, 56 pp.
- Acosta, A.; LonWo, E.; Cárdenas, M. y Almeida, M. (2009a). Evaluación de la fosforita del yacimiento Trinidad de Guedes (FTG) como fuente potencial de fósforo para gallinas ponedoras. *RCCA*, 43 (2): 167-174.
- Acosta, A.; LonWo, E.; Cárdenas, M. y Almeida, M. (2009b). Efecto del nivel dietético de fósforo en el comportamiento productivo y metabolismo mineral de gallinas ponedoras comerciales. *RCCA*, 43 (3): 285-289.
- Anón. (2009). *Lo que usted debe saber de la avicultura*. Elaborado por la Dirección de la UECAN con la colaboración de investigadores y especialistas. Editorial MINAG. 32 pp.
- Berrío, A. M. y Cardona, M. G. (2001). Evaluación productiva de una dieta alternativa como reemplazo parcial de concentrado comercial en aves de postura. *Revista Colombiana ciencias pecuarias*. 14 (2): 155-163.
- Carrizo, J. (2005). *Alimentación de la pollita y la ponedora comercial: programas prácticos*. Jornadas profesionales de avicultura de puesta. Valladolid, 27-29 de abril. 12 pp.
- Giraldo, C. y G, Osorio. (2010). *Metabolismo del calcio*. Universidad de Antioquia, Colombia. Disponible en: www.engormix.com.htm (Consultada en febrero de 2010).
- Machuca, L. (1998). Uso de la planta acuática *Elodea densa* en la alimentación de gallinas ponedoras II. *RCCAvícola* 22(2); 151:1-5.
- Soler, M. D.; Garcés, C. y Barragán, J. I. (2011). *La alimentación de la ponedora y la calidad del huevo*. www.engormix.com.htm (Consultada en febrero de 2011).
- Suárez, C. I. (2010). *Valoración económica y biológica del empleo de correctores calcio y fósforos para gallina White leghorn en condiciones de producción*. Tesis en opción al título de maestro en producción animal para zonas tropicales. ICA. 40 pp.
- Suárez, C. I y LonWo, E. (2010). *Valoración económica y biológica del empleo de un corrector calcio y fósforo para gallina White leghorn en condiciones de producción*. II Simposio Internacional de Producción de Monogástricos. III Congreso de producción animal. La Habana. Cuba.
- Trabas, R. y González, A. (1984). Patrón de consumo de la ponedora para la proteína, la energía, el calcio y el fósforo en distintos periodos del ciclo de postura. *Revista avicultura* 4 (2):12-20.
- Trabas, R. y Valdés, S. (1985). Alimentación restringida con dos niveles de proteína y calcio en dietas para ponedoras en condiciones subtropicales y sus efectos sobre la producción y calidad de la cáscara del huevo. *RCCAvícola*. 12 (1): 37-43.
- Valdés, S.; Rodríguez, J. y Smith, M. (1995). *Formas de suministrar calcio a ponedoras*. XXX Aniversario Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Memorias de evento.

Recibido: Junio 16, 2014

Inicio de arbitraje: Junio 25, 2014

Dictamen para autor: Agosto 22, 2014

Aceptado: Septiembre 17, 2014



Título: *Bosque en rojo*
Autor: Alberto Cruz Pacheco ("Cruz")
Técnica: Acrílico/madera
Medidas: 80x120cm
Año: 2009