

**A work culture to guarantee sustainability; efficiency
and final impact of technologies**

Senra, A. / 3-12

**Native legumes in cattle areas of
Isla de la Juventud, Cuba**

Castillo, R.; Vecino, U.; Cedié, Y. y Dixon, Y. / 13-27

**Use of chemical and organic fertilizers in onion
(*Allium cepa* L.) in Apatzingán, Michoacán, México**

Álvarez-Hernández, J. C.; Venegas-Flores, S.; Soto-Ayala, C.;
Chávez-Vargas, A. y Zavala-Sánchez, L. / 29-43

**Use of molecular scoreboards microsatellites to
determine condition of homocigosis and
heterocigosis in rodents produced in the Bioterio
of the University of the Andes, Venezuela**

De Jesús, R.; Rodríguez, N.; Torres, W.;
Moreno, Y. y O'Callaghan, J. / 45-63

**Possible Risk Factors of Global Warming in
Epicontinental Mexican Fish**

De la Vega-Salazar, M. Y. / 65-78

**Growth of pen shell *Atrina maura*
(Sowerby, 1835) (*Bivalvia*: Pinnidae)
cultured at different stocking densities**

Góngora-Gómez, A. M.; García-Ulloa, M.;
Domínguez-Orozco, A. L. y Hernández-Sepúlveda, J. A. / 79-94

Editorial

En *Avances en Investigación Agropecuaria* (REVAIA) nos congratulamos ampliamente con el gremio de los Veterinarios, Médicos Veterinarios o Médicos Veterinarios Zootecnistas en este 2011, su año Mundial de la Veterinaria, al celebrar su 250 Aniversario; es un honor muy especial dirigir estas líneas a los colegas que en diferentes partes del mundo ejercen esta noble profesión y, en particular, a los de habla hispana. Para muchos de nosotros, esta fecha tan especial representa un verdadero motivo de orgullo. Enhorabuena para todos desde esta revista agropecuaria.

Por lo cual, en REVAIA celebramos con gusto el poder servir de vehículo de investigaciones relacionadas con el medio, sabedores de que nuestra aportación es parcial, pero que, indudablemente, reconocemos la doble labor que realizan nuestros colegas; ello, en virtud de que, por un lado, deben conocer a los animales en sus diferentes aspectos; y por otro, considerar a los individuos que atienden, producen o aman a esos animales. Son etapas que, muchas veces, se ven disociadas en la Academia, pero que es necesario desarrollarlas en el ejercicio profesional.

Desde la doble trinchera tanto en la perspectiva de investigador y docente que desarrollo en la Universidad de Colima, como la de director de REVAIA en Colima, México, veo con aliento y optimismo cómo las actividades de la profesión que hemos elegido, está íntimamente relacionada con el mejoramiento de los indicadores productivos de la ganadería de la región tropical; esto, evidentemente, conlleva un compromiso social ineludible para nuestros países, pues miles de compatriotas se encuentran entre los más desprotegidos; ante tal circunstancia, es necesario realizar una reflexión profunda que permita dar opciones tecnológicas y económicas, pero a la vez sensibles con el entorno social y, por supuesto, asumiendo el reto ambiental que tenemos, en donde la deforestación, degradación, erosión, pérdida de conocimiento ancestral, entre otros factores adversos, son una constante de nuestro ecosistema. Asimismo, la participación que tiene el gremio en la generación de alimentos para una población en constante crecimiento, pero asumiendo además el compromiso con la inocuidad de esos alimentos que llegan a la mesa del consumidor.

Es, justamente en estas temáticas, en donde se han difundido múltiples trabajos desarrollados en nuestro país o en otras latitudes.

Por lo anterior, es innegable que un enfoque agrícola, ganadero, ambiental y social, debe conjuntar múltiples elementos que permitan la interpretación de los fenómenos con una orientación de tipo holístico; por lo que, en este sentido, la práctica del Médico Veterinario y Zootecnista es medular en nuestro medio, pues permite viabilizar el avance

de nuestras capacidades para enfrentar los problemas actuales y futuros al proponer nuevos conceptos ante realidades complejas.

Los retos de una economía globalizada provocan que nos enfrentemos con nuevas metas y propósitos; nos obliga a vencer esos grandes desafíos proponiendo respuestas a los problemas que se tienen. Por ello, en esta reflexión se plantea como visión reconocer lo propio, lo nuestro, lo local como una ventana de lo universal; tal situación implica un mayor conocimiento de nuestros recursos, de nuestros medios, de nuestro entorno; y con ello, lograr la generación de modelos menos consumistas y conocedores de su medio, menos depredadores y más generadores de oportunidades, es decir, sustentables en el tiempo.

Esta es una muestra de cómo nuestra labor profesional de Médico Veterinario y Zootecnista se suma a la búsqueda de nuevas alternativas para la ganadería, además de favorecer el medio ambiente, la alimentación sana, el bienestar animal, entre otras. En este contexto, ganadería y ambiente, inocuidad y bienestar se perfilan como temáticas actuales, relevantes y comprometidas con nuestro mundo, para el desarrollo de alternativas, de soluciones, con nuevos conocimientos que contribuyan a resolver estas necesidades.

La tarea a realizar consiste en, además de resolver los viejos retos en la producción animal, abordar con implicaciones actuales los desafíos ambientales; puesto que nuestra ganadería es considerada altamente contribuyente de gases de efecto invernadero. Esto, sin olvidar el control y prevención de enfermedades, para la obtención de productos sanos y de calidad.

Sin embargo, en esta retadora faena, el conocimiento que aplique o genere el MVZ será definitivamente de gran trascendencia, el cual, debe sumarse a las propuestas de otras disciplinas para lograr el objetivo de tener un mundo mejor. De ahí que tan loable profesión merezca que le dediquemos este editorial, acompañado de una gran felicitación por tan apreciable dedicación a lo largo de esos dos siglos y medio de ejercerla con nobleza y profundo sentido social.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

Cultura de trabajo para garantizar la sostenibilidad; eficiencia e impacto final de las tecnologías ▼

A work culture to guarantee sustainability; efficiency and final impact of technologies

Senra, A.

Instituto de Ciencia Animal (ICA).
San José de Las Lajas, La Habana
Cuba. Apartado 24.
Correspondencia: asenra@ica.co.cu
▼ Artículo invitado

Resumen

El objetivo de esta ponencia es exponer una cultura o estilo de trabajo para obtener una mayor sostenibilidad y eficiencia en los sistemas de explotación bovinos, principalmente de producción lechera basada en pastizales; en éstos, la finalidad del ajuste sistemático de las tecnologías e innovaciones es para obtener éxito y, simultáneamente, asegurar su impacto productivo final en el ecosistema. Se discute la necesidad de medir, controlar y analizar, sistemáticamente, los índices que se establecen en nuestros sistemas ganaderos para su evaluación periódica, con el propósito de conocer los problemas, confrontarlos y aplicar las medidas para evitar que el rebaño esté en condiciones insostenibles, con deterioro de los pastizales, que induzcan a degradación de las áreas de pastos y pérdida de suelos. Se señalan situaciones de ineficiencia e insostenibilidad de los sistemas, cuando el productor no tiene los conocimientos y habilidades que determinan su cultura de trabajo para mantener el control necesario durante el desarrollo de las tecnologías, y poder detectar a tiempo los problemas. Esto, debido al uso de estrategias que no se corresponden con nuestras condiciones, así como a los insuficien-

Abstract

The goal of this paper is to depict a new culture or work style to reach higher levels of efficiency and sustainability in bovine milk production grazing systems. The need to systematically measure, control and analyze the indexes that our cattle systems establish are discussed with the aim to know the existing problems, face them and apply measures to avoid the unsustainability of the herd that leads to the degradation of soil and grazing lands. Situations of inefficiency and unsustainability of the systems are shown, when the rancher does not have the knowledge and capacity determined by his work culture, to maintain the needed control throughout his technology development so he could be able to perceive the existing problems on time. This is due to the current production strategies which are not related to our actual conditions, as well as to the deficient knowledge and skills of the producers and the inefficient government control that is unable to guarantee the protection of the natural resources. Prioritizing the development of a work culture in cattle production is recommended, with the adequate capacitation and plans to guarantee the success

tes conocimientos y habilidades de los productores, unido al deficiente control de los gobiernos, para garantizar la protección de los recursos naturales. Se recomienda priorizar el desarrollo de una cultura de trabajo en la explotación ganadera, con planes adecuados de capacitación que permitan garantizar su éxito, para lograr un impacto productivo positivo de las tecnologías e innovaciones.

Palabras clave

Tecnología, innovación, trópico estacional, aplicación, indicadores, sostenibilidad, eficiencia.

of the production systems and reach a positive impact of the technologies and innovations.

Key words

Technology, innovation, seasonal tropic, application, index, sustainability, efficiency.

Introducción

La degradación de los ecosistemas de producción animal, en nuestras condiciones climáticas y socioeconómicas, determinó que la ganadería no garantizara los niveles de sostenibilidad y eficiencia mínimos necesarios.

Las causas fundamentales fueron: la aplicación de estrategias inadecuadas que incluían tecnologías no apropiadas para nuestras condiciones, agravadas por la falta sistemática de los controles mínimos necesarios de índices o indicadores fundamentales tanto económicos, como biológicos que permitieran detectar a tiempo los problemas que se presentaban, así como aplicar las medidas correspondientes para su solución, evitando las ineficiencias y pérdidas innecesarias de recursos naturales que han caracterizado los sistemas de explotación ganadera, tanto en Cuba como en el resto de la región.

Esto significa que no se alcanzó (ni se ha alcanzado aún), una cultura o estilo de trabajo en el que los productores sean capaces de cumplir con su principal función de obtener la eficiencia mínima necesaria en el uso de las tierras; ello provocó disminución de sus niveles de vida, posibilidades de participar en la oferta de alimentos a la población y el deterioro de los recursos naturales, principalmente el suelo y el agua, incrementando el éxodo del campesinado hacia las poblaciones, empeorando los efectos de las crisis provocadas por los cambios climáticos y la recesión económica global en los países menos desarrollados.

El objetivo de este trabajo es presentar las bases fundamentales de la cultura o estilo de trabajo que tiene que caracterizar las funciones de los productores ganaderos de nuestra región, para garantizar o rescatar los niveles necesarios de eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de explotación sobre la base del uso más eficiente de la tierra, manteniendo con ello el equilibrio ecológico.

Metodología de estudio

El estudio se basó en el análisis de los resultados que se han obtenido en la práctica social; así como en la investigación al aplicar tecnologías que no se correspondían con las

condiciones climáticas y socioeconómicas de nuestra región (Senra, 2005; 2007a;b; 2009 y 2010), sin la cultura o estilo de trabajo que permita su control y ajuste necesario a las condiciones concretas correspondientes, donde el productor no jugó el papel que corresponde a sus funciones de garantizar que sus sistemas de producción ganadera fueran eficientes y sostenibles, sin agredir los recursos naturales.

Resultados

Los resultados demuestran tanto desde el punto de vista biológico, económico y social que se han cometido errores estratégicos en la aplicación de las tecnologías, en su desarrollo y control; éstas demuestran la insuficiencia o la falta de una cultura de trabajo del productor que permitiera el uso eficiente y sostenible de la tierra, ya que, tanto los recursos internos como los externos, se utilizaron ineficientemente por no tener la experiencia y preparación técnica que se correspondiera con la necesidad de aplicar los controles de los índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia sobre la base de realizar las mediciones necesarias, para su análisis sistemático; lo cual incluye los conocimientos y habilidades para determinar los problemas principales y la forma de resolverlos para poder lograr sistemas sostenibles y eficientes.

A continuación se señalan los principales problemas y la forma práctica de resolverlos, así como la necesidad de prestarles la atención que se requiere, para poder enfrentar la recuperación de la ganadería en las actuales condiciones:

Principios y conceptos fundamentales de la cultura de trabajo que requiere el productor

1. Tener un concepto más claro de su papel en las investigaciones

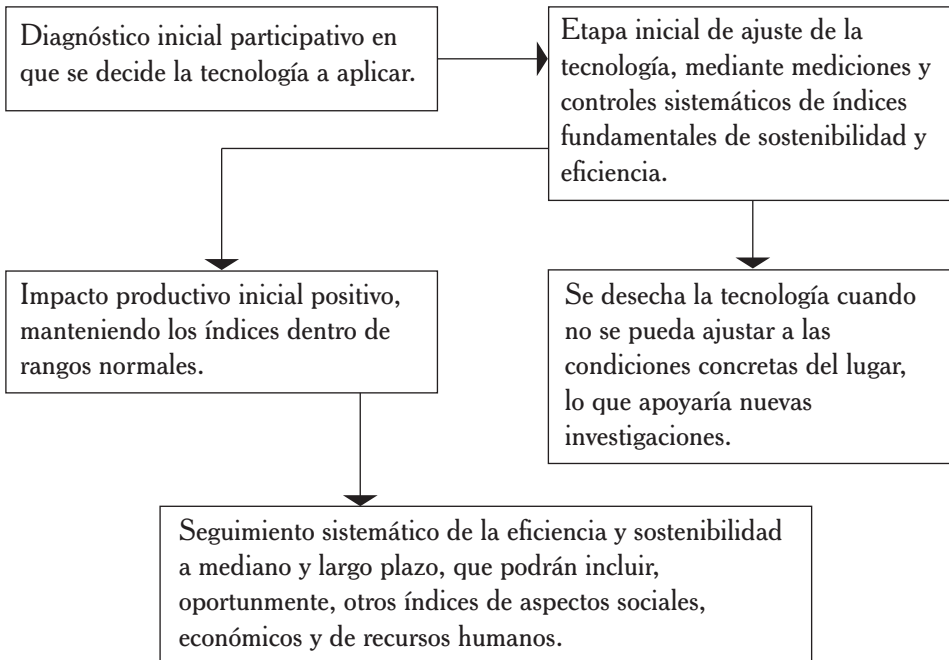
Se debe interpretar correctamente el concepto de que la investigación no termina en el Centro experimental, sino que continúa ininterrumpidamente; pero cambiando de forma, así como en quienes la continúan. Por ejemplo, en la figura 1, se observa que después que una tecnología o innovación, ha pasado exitosamente la prueba de extensión, en la cual hubo participación del productor junto con el investigador o extensionista, dicha tecnología entra en la etapa de generalización del resultado; sin embargo, independientemente de que la condición deba corresponder con su espectro de aplicación, se necesitan garantizar los controles mínimos necesarios de seguimiento, ya que ninguna condición es igual a las otras. En esa etapa el productor deberá jugar un papel fundamental no sólo en su aplicación, sino en ajustarla adecuadamente; para lo cual tendrá que estar suficientemente preparado, tanto por su experiencia como por sus conocimientos y habilidades adquiridas en cursos bien elaborados y/o actividades que lo avalen. En este último aspecto, los centros docentes y de investigación que les corresponda deben tener una activa y fuerte participación.

2. Responsabilidad del productor en la aplicación y ajuste de las tecnologías

De acuerdo con las funciones que debe cumplir el productor, en las etapas que continúan, a partir de los resultados obtenidos en los dispositivos de investigación (figura 1), que corresponden a la selección, aplicación y ajuste de las tecnologías e innovaciones tecnológicas, en la práctica social (se muestran estas funciones en la figura 2) éste será el principal responsable de su aplicación y ajuste; no obstante, para ello debe adquirir una cultura o estilo de trabajo que le permita cumplir esas importantísimas funciones; y no se debe pretender sustituirlo en esa tarea, ya que sería ilógico considerar que se pueda disponer del enorme número de profesionales que se requeriría, ni el alto costo que esto ocasionaría.

Figura 1

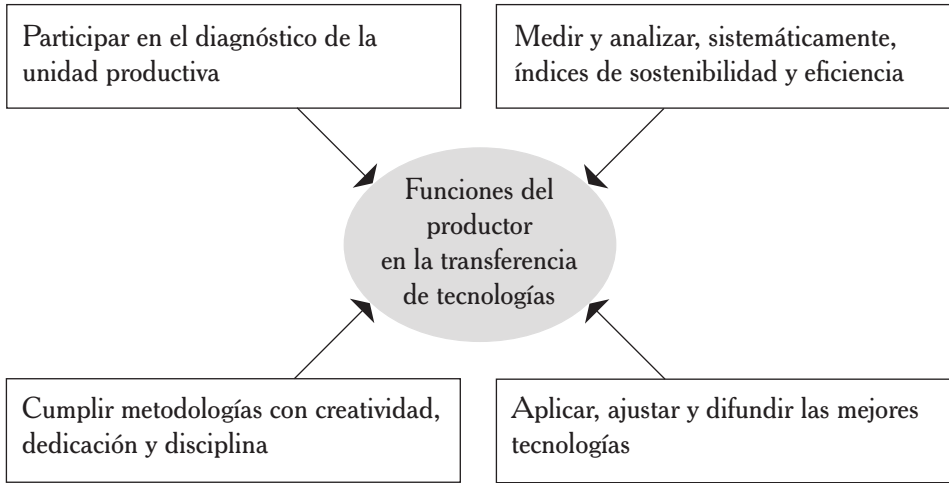
Etapas en la determinación, aplicación y ajuste de las tecnologías agropecuarias, en la práctica social.



Fuente: adaptado de Senra (2010).

Figura 2

Funciones del productor para garantizar el éxito de las tecnologías (lo que significa adquirir la cultura o estilo de trabajo necesario).



Fuente: adaptado de Senra (2007b).

3. Garantizar el impacto final positivo (mediante el control y ajuste sistemáticos de la tecnología e innovación tecnológica)

Una de las deficiencias principales por no haberse creado la cultura de trabajo adecuada en el productor, es el no darle el valor que tienen los beneficios de garantizar el análisis sistemático de índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia (figura 3), lo que aún no se ha resuelto. De acuerdo con Senra (2005), esto determinó que muchos dirigentes, productores y técnicos de la ganadería no conocieran el comportamiento dinámico de estos índices; ello les impidió conocer la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas en su empresa o unidades productivas, ya que limitaba detectar los problemas a tiempo; y, por tanto, el no poder aplicar las medidas necesarias para evitar el deterioro paulatino de los sistemas de explotación. Normalmente, en las empresas o fincas ganaderas se deben llevar controles relacionados con los índices productivos, reproductivos, de salud y económicos; todos ellos fundamentales y cuyo análisis sistemático podría ser decisivo para la eficiencia y sostenibilidad del sistema; pero se considera que se deben incluir otros, fáciles de medir, que significarán avances decisivos en la recuperación ganadera, como son los siguientes: a) Curva de rendimiento anual, por mes, de los pastos y b) Composición botánica anual de los pastos; ambos, por métodos prácticos apropiados (Senra y Vene-reo, 1986); c) Curva de Potencial Mínimo Relativo de la Producción de Leche (García-Trujillo y Pérez, 1988); d) Condición corporal de los animales (Senra, 2005) y e) Estimado del peso vivo por el método de “La cinta”, lo que permitirá calcular la ganancia diaria del peso vivo, ya que existen tablas que relacionan con el peso vivo y el períme-

tro torácico medido con cinta métrica (Menéndez-Buzadera, 1984; Menéndez-Buzadera *et al.*, 1987), entre otros.

4. Ajustar las cargas o la alimentación cuando el rebaño (masa) sea insostenible

Un error inaceptable en la cultura de trabajo del ganadero sería admitir que se mantenga una masa de animales fija, aunque no se garantice su alimentación mínima necesaria durante un tiempo mayor del que podría causar deterioro en los animales; ya que si no se garantizan los alimentos necesarios, ni se toma la decisión de ajustar el número de animales a la capacidad de carga real o disponibilidad real de alimentos, la condición del rebaño y del sistema serían insostenibles. La capacidad de carga se puede referir al pastizal, que representa el número de animales que se podrá mantener a partir de la producción del pasto, durante el periodo que corresponda (mensual, por época o anual) con la producción mínima necesaria para que sea sostenible biológica y económicamente. Pero nos referimos también a la capacidad de carga del sistema, que incluye los alimentos suplementarios y complementarios de que se disponen en el sistema para mantener un número de animales en condiciones sostenibles. La capacidad de carga es uno de los índices fundamentales para los cálculos del Balance Alimentario del sistema de explotación, tan necesario para la sostenibilidad del sistema (Senra, 1999) e imprescindible dentro de la cultura del productor.

Es decir, no ajustar el número de animales a la capacidad de carga es hacer lo contrario que exige un sistema sostenible. Cuando los rebaños no cuentan con la alimentación necesaria, los índices productivos, reproductivos y de salud animal, se deterioran irremisiblemente. Por ejemplo, la producción de leche, si las vacas no reciben la alimentación que se requiere para la producción mínima necesaria por animal (Potencial Mínimo Relativo), ella priorizará los nutrientes de la dieta para este producto alimenticio, en detrimento de la condición corporal del animal y sus indicadores reproductivos.

5. Conocer adecuadamente los rangos normales de los índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia para su mejor interpretación

Dentro de la cultura o estilo de trabajo del productor se necesita incluir los conocimientos y habilidades necesarias relacionadas con los principios fundamentales del pastoreo, así como los elementales de nutrición animal, y de su comportamiento reproductivo y salud; ya que será un complemento necesario en la interpretación adecuada de los problemas que se confrontan, cuando los índices o indicadores de sostenibilidad tanto del pasto, el suelo o el animal, no se mantienen dentro de los rangos normales de sostenibilidad y eficiencia, aceptados como ciencia constituida.

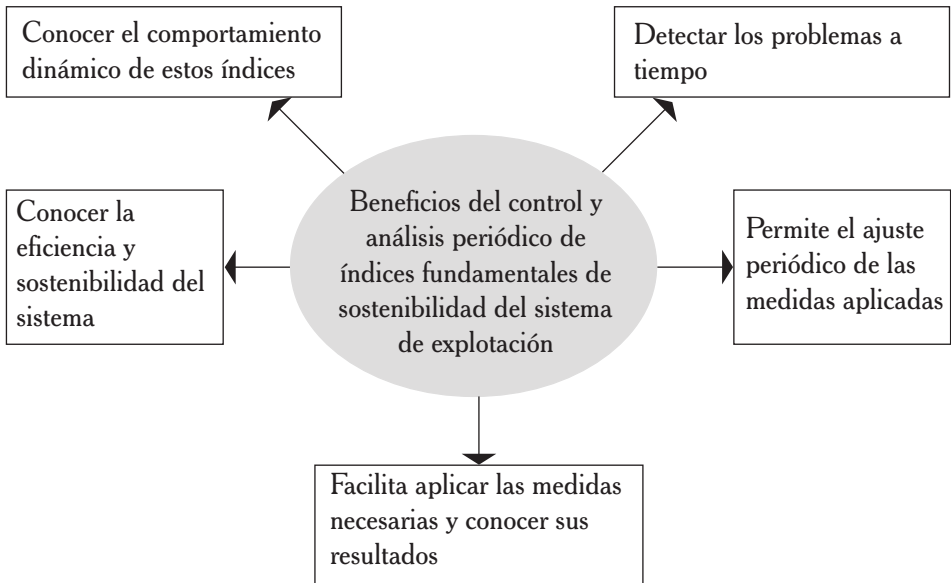
Esto es poco común dentro de la cultura actual del productor, debido a factores tan importantes como los relacionados con la inexperiencia o insuficiencia de algunos programas de capacitación que se han impartido; por lo que se deben revisar para aplicar los cambios que conduzcan al objetivo de que el productor cumpla su función de garan-

tizar la eficiencia y sostenibilidad necesaria de los sistemas que aplique. Como ejemplo, podemos presentar el caso de un estudio en el que se realizaron una serie de mediciones de índices de las hembras en desarrollo y de vacas lecheras (actual); sobre todo reproductivos y productivos, respectivamente, de una finca productora de leche, cuyos datos se muestran en el cuadro 1, para su interpretación por el productor, lo que se facilita porque en el mismo cuadro aparecen los rangos normales (debe ser) de dichos indicadores. En este ejemplo, la diferencia entre los valores reales (actuales) y los rangos normales, demuestra la ineficiencia de la finca que se analiza; esto requiere un análisis de los problemas que se confrontan, así como las soluciones más convenientes.

Figura 3

Beneficios del control y análisis de índices fundamentales de sostenibilidad como factor importante en el éxito del productor.

Análisis sistemático de índices fundamentales de sostenibilidad



Cuadro 1

Algunos índices que muestran la insostenibilidad de las hembras lecheras en una región analizada, así como los índices que se consideran normales.

Hembras en desarrollo	
Actual	Debe ser
Ganancia \approx 250 g/d	\geq 500 g/d
Edad de incorporación 28 – 38 meses	16 – 26 meses
Edad al parto 40 – 50 meses	26 – 35 meses
Mortalidad \approx 13.5	\leq 5%
Vacas	
Actual	Debe ser
Estado físico inadecuado $<$ 2.5	\geq 2.5
Natalidad \approx 60%	\geq 80%
Muy bajas producciones de leche	\geq Potencia mínimo relativa
Edad 8.5 – 11 años	\leq 7 años
Periodo interpartal \approx 1.5 años (548 días)	\leq 420 días
Partos totales \approx 4(0.27/año de edad promedio)	\approx 4(0.57/año de edad)
Alto % mastitis y cuartos perdidos	Bajo %, sin cuartos perdidos
Reposición \approx 10 %	Del 20 – 30 %

Valoración económica preliminar

Los principios y conceptos fundamentales de la cultura de trabajo que debe tener el productor (señalados en este artículo), representan beneficios económicos de gran envergadura, con el menor uso de recursos externos (reducción de importaciones) a partir del mayor y más eficiente uso de los recursos locales o regionales; lo cual resulta fundamental en esta etapa de recesión económica, sobre la base de una cultura de trabajo que permita al productor cumplir sus funciones fundamentales. Precisamente, esta propuesta lleva implícita la conservación de los recursos naturales; en especial, el suelo y el agua, lo que es fundamental para disminuir los efectos desfavorables de los cambios climáticos en un clima tan agresivo como el nuestro.

De acuerdo con Senra (2008), si solamente se tomara como base de cálculo el ahorro que se hubiera obtenido en Cuba, en la década del 70 u 80 del siglo XX, a través

del control y ajuste sistemático de los índices fundamentales de manejo, para garantizar la calidad necesaria de los pastizales, el volumen de siembras de reposición y de labores de rehabilitación, se hubiera reducido en, aproximadamente, 50%; esto representa, sobre la base de un costo de 300 pesos (MN) por hectárea, la reducción de 200,000 hectáreas (aproximadamente la meta anual alcanzada de siembras de reposición de pastos) a 100,000 hectáreas; esto equivaldría a 30 millones de pesos (MN) de ahorro.

Además, es ciencia constituida el hecho de que la eficiencia económica se incrementa por el beneficio que representa el efecto protector del suelo por el mejor manejo del ecosistema del pastizal, lo que evita o disminuye los efectos de los agentes erosivos con aumento de su fertilidad natural, y evita los altos costos que implica la recuperación de los suelos; pero estas pérdidas de “capital oculto” por lo general no se incluyen, a pesar de que comprometen la sostenibilidad del sistema, por lo que debe ser uno de los factores fundamentales que se incluya en la cultura de trabajo del productor.

Un aspecto determinante de los beneficios, serían las ventajas sociales por el aumento de productos de primera necesidad (como son la leche y la carne), lo que repercute en la disminución de importaciones y el aumento del sentido de pertenencia, disminuyendo la emigración hacia las ciudades, lo cual favorece la disponibilidad de brazos para las tareas agrícolas.

Los beneficios económicos en cifras estarán en correspondencia con la variante de explotación del sistema que se considere, así como su extensión en área y tiempo de explotación; sin embargo, cuando un sistema de explotación de bovinos, en pastoreo en nuestras condiciones climáticas se degrada de ligero a muy severo, por el mal manejo del ecosistema del pastizal, los mayores valores de disminución de la carga y la producción animal están alrededor del 40% (CATIE y NORAD, 2002; Betancourt *et al.*, 2007).

Conclusiones

1. El éxito de la aplicación de una tecnología en la producción comercial dependerá de que el productor adquiera una cultura o estilo de trabajo que se base en el control sistemático de índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia, para su análisis e interpretación adecuada.

2. Este análisis e interpretación permitirá determinar los problemas que se presentan en el sistema de explotación, así como tomar las medidas necesarias para su solución; lo que, simultáneamente, debe garantizar su impacto productivo final positivo. Esto será posible con una cultura de trabajo del productor que incluya los conocimientos mínimos necesarios de los principios fundamentales de manejo del ecosistema, y del comportamiento animal.

3. En esta cultura o estilo de trabajo del productor se incluirá no solamente los índices o indicadores que normalmente se controlan en la explotación pecuaria, sino incorporar otros, en especial los relacionados con el ecosistema del pastizal que, a pesar de ser necesarios, no se miden ni analizan, en detrimento de la eficiencia y sostenibilidad del sistema de explotación.

Recomendaciones

1. Darle prioridad a la capacitación de los productores ganaderos para que adquieran una cultura o estilo de trabajo que garantice sus conocimientos y habilidades para el control sistemático de la tecnología durante su aplicación, para que ésta sea eficiente y sostenible, lo que se corresponderá con su impacto final positivo.

2. Incorporar en los cursos de capacitación de los productores, los conocimientos y habilidades necesarias para las mediciones y controles sistemáticos, no sólo de los índices o indicadores que normalmente se miden en la producción comercial, sino de otros; sobre todo del ecosistema del pastizal, que normalmente no se miden, pero que son decisivos en el impacto final de las tecnologías.

Literatura citada

- Betancourt, H.; Pezo, D. A.; Cruz, J. y Beer, J. (2007). Impacto bioeconómico de pasturas de doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala. *Pastos y Forrajes*. 30:169.
- Catie y Norad. (2002). *Multi stakeholder participator of sustainable land use alternative for degraded pasture lands in Central America*. Turrialba. Costa Rica. 50pp.
- García-Trujillo, R. y Pérez, M. (1988). Método práctico para el cálculo de la curva de lactancia potencial en rebaños lecheros. *Rev. Asoc. Cubana Prod. Anim.* 2:3.
- Menéndez, A. (1984). Método simple para evaluar hembras. *Rev. Asociación Cubana de Producción Animal*. 3:13.
- Menéndez, A.; Pérez, B.; Penichet, A.; Varela, O.; Herrera, R.; Fernández, M. y Rodríguez, M. (1987). Estimación del peso vivo. *Rev. Cubana de Producción Animal*. 4:31.
- Senra, A. (1999). Sistemas de alimentación y manejo para la producción de leche en el trópico americano. En: *2^{da} Curso de Manejo y Alimentación de Rumiantes*. FEPALE-CENSA, La Habana, Cuba.
- Senra, A. (2005). Índices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 39:13.
- Senra, A. (2007 a). Reflexiones con relación a factores decisivos en la sostenibilidad y eficiencia de la ganadería en Latinoamérica. *Rev. Avances de Investigación Agropecuaria*. México. 11(1) p. 15.
- Senra, A. (2007 b). Por la sostenibilidad de los sistemas ganaderos. *Rev. Asociación Cubana de Producción Animal*. 3: 42.
- Senra, A. (2008). Control y ajuste sistemático de la tecnología bovina. Como metodología para el éxito de su aplicación y su Impacto Productivo Final en el ecosistema. Ponencia, VII (2da. Etapa). Forum de Ciencia y Técnica, Instituto de Ciencia Animal, Municipio San José de Las Lajas, Prov. La Habana.
- Senra, A. (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad y sostenibilidad de los suelos. *Rev. Avances de Investigación Agropecuaria*. 13(2):3-15.
- Senra, A. (2010). El ajuste sistemático de índices fundamentales de sostenibilidad, durante el desarrollo de las tecnologías bovinas, permitirá un impacto productivo final positivo en el ecosistema. Sección de posters (Resúmenes), III Congreso de Producción Animal Tropical, Palacio de Convenciones, Ciudad de La Habana, Cuba. 15 al 19 de Nov. de 2010.
- Senra, A. y Venereo, A. (1986). Métodos de muestreo. En: *Los pastos de Cuba. Producción*. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Tomo 1. 649 pp.

Recibido: Julio 1, 2011

Aceptado: Agosto 2, 2011

Leguminosas nativas en áreas ganaderas de la Isla de la juventud, Cuba

Native legumes in cattle areas of Isla de la Juventud, Cuba

Castillo, R.;* Vecino, U.; Cedié, Y. y Dixon, Y.

Universidad Isla de la Juventud Jesús Montané Oropesa (Ulj). Cuba.
Carretera aeropuerto Km 3 ½ Nueva Gerona
Isla de la Juventud, Cuba.

*Correspondencia: rmestre@cuij.co.cu

Resumen

Este estudio se realizó durante el periodo comprendido de septiembre-diciembre de 2007, en dos áreas ganaderas de los poblados de La Reforma y La Victoria del municipio Isla de la Juventud, Cuba. El objetivo central consistió en identificar las especies de leguminosas presentes en estos ecosistemas con diferentes condiciones edafoclimáticas. Estas áreas son caracterizadas por poseer suelos con pH ácido de tipo Ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado, Gley ferralítico, Arenoso cuarcítico, Rojizo lixiviado. Se encontraron 15 géneros; la frecuencia de aparición, en orden descendente, fue: *Calopogonium*, *Centrosema*, *Pueraria*, *Arachis*, *Stylosanthes*, *Leucaena*, *Mimosa*, *Alysicarpus*, *Cassia*, *Desmodium*, *Gliricidia*, *Albizia*, *Vigna*, *Teramnus*, *Clitoria*. Doce de ellas de porte herbáceo y tres de tipo arbustivo. La presencia de los diferentes géneros estuvo relacionada con los sistemas de manejo, siendo abundante primeramente en las áreas de pastoreo de animales en desarrollo, en la Reforma (poblado ganadero), por la vegetación imperante asociado a pastos naturales y por la tolerancia a la sombra. En estas condiciones sobresalen, por su frecuencia, *Calopogonium* y *Centrosema*, respectivamente. Se concluye que, en las condiciones edafoclimáticas del territorio de los 15 géneros identificados, *Calopogonium* y *Centrosema* son los más promisorios y en ello deben enmarcarse las estrategias futuras.

Abstract

This study was carried throughout September to December 2007 in two cattle areas located in the towns of Reforma and Victoria in the Isla de la Juventud municipality in Cuba. The objective was to identify the leguminous species present in these ecosystems in different soil and climatic conditions. These areas are characterized for their acidic soils. Fifteen genera of leguminous plants were found, the appearance and frequency, presented in descending order was: *Calopogonium*, *Centrosema*, *Pueraria*, *Arachis*, *Stylosanthes*, *Leucaena*, *Mimosa*, *Alysicarpus*, *Cassia*, *Desmodium*, *Gliricidia*, *Albizia*, *Vigna*, *Teramnus* and *Clitoria*. Twelve of them were herbaceous plants while three grew as shrubs. The presence of the different genera was related to the management systems, more legumes were found in pastures where growing cattle was more present, in the Reforma town, due to the prevailing vegetation associated to natural grasses and because of the tolerance to shade. Under these conditions *Calopogonium* and *Centrosema* stand out for its frequency. We conclude that under the soil and climate conditions present on the 15 identified genera areas, *Calopogonium* and *Centrosema* are the most promissory ones, and future strategies should be framed around these two kind of leguminous plants.

Palabras clave

Leguminosas, germoplasma, ecosistemas.

Key words

Legumes, germplasm, ecosystems.

Introducción

En la historia de la Humanidad, las plantas cultivadas por los agricultores fueron, en un principio, las razas o variedades locales domesticadas, las cuales permanecieron en cierto sentido sin modificación con respecto a las especies silvestres; aunque habían sido seleccionadas en forma artificial por algún carácter deseable y se adaptaron a las influencias humanas y ambientales particulares (Ligarreto, 2001).

Las leguminosas revisten gran importancia en la alimentación animal, por su contribución proteica en la dieta; asimismo, por su efecto indirecto al aportar dinitrógeno atmosférico al suelo, mejorando de esta forma la calidad de las gramíneas que consumen los animales (Hernández *et al.*, 1999). Sin embargo, en los últimos años, las especies de esta familia se difunden en la producción, pero no con la necesaria intensidad y grado de expansión que requiere el desarrollo de la industria pecuaria de Cuba. Entre los aspectos que limitan su uso, se encuentra el manejo a las que son sometidas, por lo que no siempre se ha logrado su establecimiento y utilización adecuada, adicionado a la disponibilidad de semilla certificada (Fiallos, 2007).

A pesar de que las accesiones introducidas muestran buena adaptación y altos niveles de producción, no se debe descuidar el estudio de las especies nativas y/o naturalizadas, cuyos ecotipos tienen una marcada adaptación y elevada capacidad de resistencia a los factores adversos (Machado *et al.*, 1999).

En este contexto, la prospección e identificación del germoplasma nativo sigue siendo una necesidad, ya que cada día desaparecen especies a causa de la urbanización, el desmonte, el uso de productos químicos en la agricultura, el sobrepastoreo, entre otros; extinguiéndose con ellos la posibilidad de dar respuestas a graves problemas que enfrenta la agricultura actual (Álvarez, 2003). En este sentido, trabajos realizados por Menéndez (1982), Martínez (1994), Hernández *et al.* (1999) y Álvarez (2003) mostraron que este tema es importante para el desarrollo de la ganadería, pues los adelantos conseguidos por los países desarrollados y en vías de desarrollo en materia de productividad agrícola, dependieron del acceso a una amplia variedad de recursos fitogenéticos (Milera *et al.*, 2007).

La experiencia nacional e internacional de los últimos años, acerca del potencial de las leguminosas nativas que crecen de forma silvestre en los ecosistemas del área tropical en América, constituyen una amplia fuente de conocimiento que todavía no se aprovecha con efectividad, a pesar de mostrar resultados favorables (Álvarez, 2003).

La evaluación regional con leguminosas autóctonas, aunque limitada en Cuba, permite mostrar las bondades de los recursos nativos en la producción de forraje (Martínez *et al.*, 1995), lo que reafirma el criterio de continuar esta línea importante de estudio; sin contar con otros usos posibles, como abonos verdes, grano y cobertura, además de alimento para los animales (Anon, 1985).

Por tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar las especies de leguminosas presentes en ecosistemas ganaderos de los poblados de La Victoria y La Reforma, pertenecientes al municipio Isla de la Juventud, Cuba.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Municipio Isla de la Juventud, ubicado en la región Occidental de Cuba, entre los 21.5° latitud norte y los 82.5° longitud oeste. El área de estudio abarcó diez vaquerías en producción de los dos poblados más importantes dedicados a la ganadería en el municipio, con similar tamaño de superficie muestreada con siete unidades en La Reforma y tres en La Victoria. Las áreas muestreadas constituyeron un 34% del total de la que se encontraban en producción.

Se dividieron las áreas para realizar los muestreos, teniendo en cuenta el uso de la tierra (clasificándolas en pastoreo, forrajeras y animales en desarrollo); para el muestreo se utilizó un cuadro que medía un m²; se hizo con diagonales que se cruzaron en cada cuartón y sobre ellas se recorrieron transeptos en zigzag, con el fin de examinar la mayor cantidad de área posible, incluyendo las áreas marginales cercanas y las orillas de las cercas.

En las unidades con características muy homogéneas se trazó una diagonal y en áreas de características menos homogéneas se trazaron dos diagonales para evitar la pérdida de información; durante el muestreo se identificaron todos los géneros y se colectaron algunos en los que se presentaban dudas; se identificaron con la ayuda de los ganaderos de la zona y de los profesores del Departamento de Ciencias aplicadas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Isla de la Juventud.

Para el procesamiento estadístico se empleó el paquete InfoStat versión 2.0, la frecuencia de aparición de los géneros se cotejó mediante una comparación múltiple de proporciones. Los géneros se agruparon según el propósito productivo mediante un análisis de conglomerados, empleando el método de Ward y la distancia euclidiana. La asociación de leguminosas con pastos en áreas ganaderas se graficó, según el diagrama biplot derivado de un análisis de componentes principales.

La prospección se realizó en la etapa comprendida de septiembre a diciembre de 2007; se inició en La Reforma y se terminó en La Victoria. Se tomó en consideración que en esta época completan su estado fisiológico muchas de las especies de leguminosas presentes en el territorio y por la menor precipitación registrada en el año.

Ecosistema ganadero La Reforma: en este poblado está localizada la mayor cuenca ganadera del territorio pinero, la cual abarca un total de 636 ha, dividida en 12 vaquerías y una recría. Al momento de la investigación, sólo se encontraban en utilización siete vaquerías, las restantes estaban infestadas de marabú (*Dichotrachys cinerea*); de las siete que se encontraban en producción, había algunas áreas que también se encontraban infestadas, las cuales no se muestrearon; en total, fueron recorridas 136.2 ha.

Los suelos predominantes en estas áreas se clasifican en: Ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado (40%), Gley ferralítico (21%), Arenoso cuarcítico (20%), Rojizo lixiviado (19%); mismos que se encuentran localizados en zonas bajas, presentando las siguientes características: textura que va de arenoso a arcilloso.

La profundidad promedio varía entre 120 cm hasta 150 cm, se muestran bien definidos los horizontes y, como características generales, la presencia de horizontes Gley (esto se debe al insuficiente drenaje interno); se muestra también la presencia de Fe y Al. La fertilidad natural de estos suelos se considera mala; según los estudios realizados, el pH es ácido, con contenido bajo de materia orgánica y bajo contenido de N-total, son bajos los porcentajes de microorganismos presentes, lo que indica que los procesos de degradación pueden demorar; además que tienden a la degradación y la pérdidas de sus propiedades físico-químicas, se presentan dos épocas bien definidas de precipitación: la estación seca (noviembre-abril) y la lluviosa (mayo-octubre), representando el 86.6% del total de precipitaciones caídas; la temperatura media anual es de 25.2°C, siendo el valor más bajo el de enero, con 21.4°C, y el más alto julio, con 27.6°C. La humedad relativa anual es de 79%, con el valor más bajo en el mes de abril (71.4%) y septiembre con el valor más alto (83.8%).

Manejo de los pastizales: estas áreas llevaban un promedio más de 20 años de producción continua con pastoreo extensivo y con los inconvenientes de nula aplicación de fertilizantes y ausencia de riego; no se ha realizado acción de siembra de pastos, sólo de *Pennisetum purpureum* en las áreas dedicadas al corte.

Ecosistema ganadero La Victoria: en este poblado está localizada la segunda mayor cuenca del territorio, la cual abarca 421.2 ha, dividida en tres vaquerías y una recría, las cuales se encontraban en utilización en el momento de la investigación; en algunas áreas se encontraban infestada de marabú (*Dichotrachys cinerea*), pero en menor medida que en el poblado de La Reforma; en total fueron muestreadas 118.9 ha.

Los suelos predominantes en estas áreas se clasifican en: Ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado (35%), Rojizo lixiviado (34%), Gley ferralítico (16%), Arenoso cuarcítico (15%), los cuales están localizados en zonas ligeramente onduladas y llanas, presentando las siguientes características: textura que va de arenoso a arcilloso.

La profundidad promedio varía entre 100 hasta 120cm; se muestran bien definidos los horizontes y como características generales, la presencia de horizontes Gley; esto se debe al insuficiente drenaje interno. La fertilidad natural de estos suelos es baja; según los estudios realizados el pH es ligeramente ácido, con contenido bajo de materia orgánica y bajo contenido de N-total; las precipitaciones anuales presentan dos épocas bien definidas: la estación seca (noviembre-abril) y la lluviosa (mayo-octubre), representando el 88.6% del total de precipitaciones caídas; la temperatura media anual es de 25.2°C, siendo el valor más bajo el de enero, con 21.5°C y el más alto julio, con 27.5°C; la humedad relativa anual es de 79.9%, con el valor más bajo en el mes de abril (71.6%) y agosto con el valor más alto (86.4%).

Manejo de los pastizales: estas áreas llevaban un promedio más de 20 años de producción continua, todavía presentan algunos insumos y muestra un área con pastoreo restringido en el periodo estudiado; se habían mejorado las condiciones de las áreas correspondiente a la vaquería Ubre blanca con el establecimiento de bancos de biomasa de algunas gramíneas, como el pasto mulato (*Brachiaria híbrido* cv. Mulato o CIAT 36061), el *Pennisetum purpureum* Clon Cuba CT-115, King grass tradicional (*Pennisetum pur-*

pureum); en las primeras etapas de establecido contaron con riego, algo que ya no se llevaba a cabo durante el momento de la investigación; la aplicación de fertilizante es nula.

Durante la investigación, se registraron las precipitaciones históricas por cada poblado y se le aplicó una comparación de medias de Duncan, empleando el paquete InfoStat versión 2.0 (cuadro 1).

Cuadro 1

Régimen de precipitaciones históricas por zona.

Poblad	Seca	Lluvia	Anual
La Reforma	217.9 c	1407.1 b	1625 a
La Victoria	181.8 c	1410.5 b	1592.3 a

Precipitación (mm).

Resultados

En el cuadro 2, se muestra el resultado de la identificación por frecuencia total de apariciones, por poblados y tolerancia a la sombra; se encontraron 15 géneros de leguminosas en los dos poblados como resultado de la prospección efectuada. Tanto por frecuencia total y tolerancia a la sombra sobresalieron los géneros *Calopogonium* y *Centrosema*; estas especies predominaron en el área de La Reforma. Por otro lado, *Leucaena*, *Albizia* y *Cassia* no estuvieron presentes en el área de sombra y las especies *Gliricidia*, *Pueraria*, *Arachis*, *Stylosanthes*, *Clitoria* predominaron en lugares sin sombra.

Cuadro 2

Géneros colectados por poblado y tolerancia a la sombra en áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, Cuba.

Género	Frecuencia Total	Poblado		Tolerancia	
		La Reforma	La Victoria	En sombra	Sin sombra
<i>Calopogonium</i>	96 a	63	33	61	35
<i>Centrosema</i>	86 a	57	29	51	35
<i>Pueraria</i>	42 b	28	14	16	26
<i>Arachis</i>	40 b	24	16	8	32
<i>Stylosanthes</i>	34 b	27	7	7	27
<i>Leucaena</i>	31 b	22	9	X	31
<i>Mimosa</i>	30 bc	16	14	16	14
<i>Albizia</i>	30 bc	8	22	X	30
<i>Cassia</i>	29 bc	12	17	X	29
<i>Desmodium</i>	28 c	10	18	18	10
<i>Gliricidia</i>	21 c	12	9	1	20
<i>Alysicarpus</i>	20 c	4	16	16	4
<i>Vigna</i>	13 cd	6	7	4	9
<i>Teramnus</i>	10 d	3	7	6	4
<i>Clitoria</i>	10 d	7	3	1	9
Total	520	299	221	205	315

X: sin presencia.

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Según la finalidad productiva, existieron seis géneros que sobresalen por aparecer en todas las áreas muestreadas. En las áreas de pastoreo con animales en desarrollo abundaron por cantidad y diversidad de géneros las leguminosas, seguido del área de pastoreo con animales adultos y con menor frecuencia de géneros las áreas de corte. *Alysicarpus*, *Stylosanthes* y *Cassia*, son los géneros con menor presencia, ya que sólo se presentaban en un fin productivo. El resto de los géneros se presentó en más de un fin produc-

tivo. Los géneros de *Calopogonium* y *Centrosema* sobresalen por encima del resto de leguminosas, por su frecuencia en las áreas, según su fin productivo (cuadro 3).

Al aplicar un análisis de conglomerados, empleando el método de Ward y la distancia euclidiana, se puede percatar que existen grupos bien definidos, uno formado por *Calopogonium* y *Centrosema*, los cuales se encontraron abundantes en todos los fines productivos, otro compuesto por *Leucaena*, *Gliricidia*, *Vigna*, *Teramnus* y *Clitoria*, los cuales se presentaron en más de un fin productivo, en otro se agrupó *Pueraria* y *Arachis* los cuales presentaron frecuencia de aparición alta, aunque *Arachis* no apareció en áreas de forraje, en el caso de *Stylosanthes*, *Cassia*, *Mimosa*, *Desmodium*, *Alysicarpus* y *Albizia* fueron los géneros de menor frecuencia de aparición (cuadro 3, figura 1).

Cuadro 3

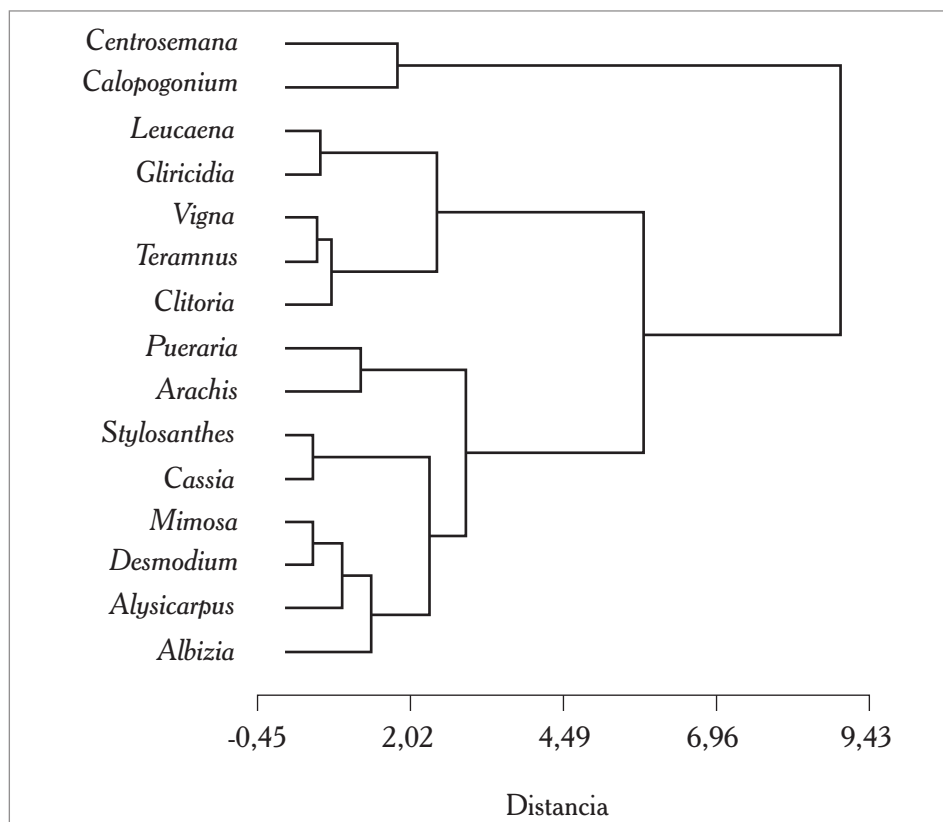
Distribución de géneros de leguminosas según la finalidad productiva en áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, Cuba.

Género	Propósito productivo del área muestreada		
	Área de pastoreo	Área de forraje	Animales en desarrollo
<i>Calopogonium</i>	31	42	23
<i>Centrosema</i>	24	27	35
<i>Pueraria</i>	19	8	15
<i>Arachis</i>	15	x	25
<i>Stylosanthes</i>	x	x	34
<i>Leucaena</i>	15	11	5
<i>Mimosa</i>	9	x	21
<i>Albizia</i>	x	12	18
<i>Cassia</i>	x	x	29
<i>Desmodium</i>	6	3	19
<i>Gliricidia</i>	13	8	x
<i>Alysicarpus</i>	x	x	20
<i>Vigna</i>	4	x	9
<i>Teramnus</i>	1	3	6
<i>Clitoria</i>	7	x	3
Total	144	114	262

X: Sin presencia.

Figura 1

Distribución de géneros de leguminosas según fin productivo en áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, Cuba.



Los pastos naturales fueron la vegetación acompañante que predominó con los diferentes géneros de leguminosas; esto representó el 51.3%, especialmente asociados con *Paspalum sp* y *Dichantium sp*. Por otro lado, al aplicar un análisis de componentes principales y graficarlo, según el diagrama biplot, se puede apreciar que los géneros *Calopogonium* y *Centrosema* fueron los más sobresalientes al aparecer asociados a todos los pastos encontrados en la siguiente investigación; en el caso de *Pueraria*, *Leucaena*, *Mimosa*, *Albizia*, *Desmodium*, *Gliricidia*, *Cassia*, *Alysicarpus*, se comportaron en un grado medio; los géneros con menor grado de asociación fueron: *Teramnus*, *Clitoria*, *Vigna*, *Stylosanthes* y *Arachis* (cuadro 4, figura 2).

Cuadro 4

Asociación de leguminosas con pastos en áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, Cuba.

Género	<i>Cy- nodon</i>	<i>Dichan- tium</i>	<i>Bra- chiaría</i>	<i>Panicum</i>	<i>Pennise- tum</i>	<i>Pas- palum</i>	Otros (pastos natura- les)
<i>Calopogo- nium</i>	10	13	8	12	20	15	18
<i>Centrosema</i>	14	16	4	6	15	17	14
<i>Pueraria</i>	6	14	-	10	-	-	12
<i>Arachis</i>	-	-	9	-	-	10	21
<i>Stylosanthes</i>	15	-	-	12	-	-	7
<i>Leucaena</i>	9	-	3	14	-	-	5
<i>Mimosa</i>	1	7	5	-	-	9	8
<i>Albizia</i>	6	-	4	9	-	-	11
<i>Cassia</i>	6	-	2	3	-	13	5
<i>Desmodium</i>	5	-	6	3	2	7	5
<i>Gliricidia</i>	4	-	-	2	-	6	9
<i>Alysicarpus</i>	3	-	5	-	-	10	2
<i>Vigna</i>	6	-	-	4	-	-	3
<i>Teramnus</i>	1	-	-	5	-	-	4
<i>Clitoria</i>	4	-	-	-	-	5	1
Total	90	50	46	80	37	92	125

mento de la carga animal (indicaron que el pisoteo y el tamaño del bocado afecta la presencia de leguminosas en el pastizal); mientras que Castillo *et al.* (2002) lograron mayor persistencia de las leguminosas en los pastizales al aumentar el número de cuarterones.

La precipitación es uno de los factores que contribuyen a la baja persistencia de las leguminosas forrajeras tropicales; cuando se presentan en asociación con gramíneas existen diferencias fisiológicas entre estos dos grupos de plantas. En condiciones de clima tropical las leguminosas forrajeras, que son especies del grupo fotosintético C₃, deben permanecer asociadas con gramíneas del grupo fotosintético C₄, que presentan tasas de crecimiento superiores en condiciones de temperaturas y radiación solar elevada. Esta diferencia fisiológica (según Fisher y Cruz, 1995), incide directamente en el desarrollo de las leguminosas, fenómeno observado en la zona de La Victoria, pues los pastizales de esta cuenca tenían menos tiempo de utilización y algunas áreas habían sido recuperadas con cultivares de pasto; esto influyó para que las leguminosas no tuvieran una mayor representatividad, ya que se necesitan varios años de explotación para que la vegetación en los pastizales cambie; con un mayor tiempo de empleo se encontraban las áreas ganaderas de la Reforma, coincidiendo este resultado con Ruiz *et al.* (2007) quienes, al establecer leguminosas herbáceas con pastos naturales durante cinco años de evaluación sometida a pastoreo rotacional con animales de preceba, observaron un aumento en la presencia de leguminosas, determinado por los puntos enraizados de la misma.

La información biogeográfica de las especies es importante por diversas razones; entre ellas: ayuda a comprender la adaptabilidad diferencial de los ecotipos a los factores ecológicos adversos y sirve para identificar fuentes de germoplasma adaptados a condiciones ecológicas particulares (Menéndez, 1982; Martínez *et al.*, 1994; Hernández *et al.*, 1999; Álvarez, 2003; Olivera *et al.*, 2008). Esto se pone de manifiesto, en los resultados de este trabajo, cuando la prospección de leguminosas en áreas ganaderas del municipio Isla de la Juventud, permitió identificar una diversidad de géneros en estas áreas ganaderas.

Con las mismas condiciones de explotación a los identificados en la presente investigación, se encontraron resultados similares en un estudio de la biodiversidad de leguminosas forrajeras en la zona central de Las Tunas, cuando se logró coleccionar 14 géneros, lo que evidencia la alta riqueza de esta familia en el territorio nacional (Álvarez *et al.*, 1997); por otra parte, Menéndez y Machado (1978) en la zona oeste de las provincias orientales, encontraron un total de 20 géneros, destacando seis: *Calopogonium*, *Teramnus*, *Alysicarpus*, *Cassia*, *Centrosema*, *Desmodium*.

En otro trabajo realizado en la región central de Sancti Spíritus, dentro de los principales géneros coleccionados, se encontraron: *Centrosema* y *Desmodium*, acompañada de otras que no fueron encontradas en este trabajo; por ejemplo: *Canavalia*, *Aeschynomenes* y *Galactia*, las cuales, según Barreto *et al.* (1998) se ubicaron como especies endémicas que se desarrollan de forma espontánea en la región central de Cuba.

Estos resultados reafirman lo planteado por Menéndez (1982), quien señaló que la distribución natural de las leguminosas, sigue la misma tendencia que el resto de los cultivos y que las regiones tropicales son ricas debido a la existencia de miles de especies de

tan importante familia; Cuba no queda fuera de esto, por contar con un alto y variado banco de germoplasma de leguminosas y un alto grado de endemismo, que incluye 68 géneros (6 endémicos) y 349 especies.

Esta investigación, realizada en áreas ganaderas del municipio, confirma lo planteado por Funes *et al.* (1995) y Menéndez (1982) sobre el alto índice de naturalización de muchas de las especies de la familia *Leguminosae* en áreas ganaderas de Cuba.

Se demostró la existencia de una amplia diversidad de la familia, bajo las condiciones de las áreas ganaderas del territorio, al observar que proliferan abundantes en las áreas muestreadas; los géneros de *Calopogonium* y *Centrosema* fueron los más destacados por su abundancia (96 y 86, respectivamente) y por encontrarse en todas las modalidades estudiadas en este trabajo, se evidencia la persistencia de los géneros en las áreas ganaderas del municipio, a pesar de que se encontraban bajo condiciones de manejo completamente adversas, sin fertilización, ni riego.

Además, en un trabajo de prospección, Menéndez (1994), observó que cuatro especies de este género mostraron grandes perspectivas para la región central del país, las cuales se encontraban asociadas a diferentes componentes vegetales; entre ellos, gramíneas de diferentes hábitos de crecimiento.

Así, Hernández *et al.* (1990), evidenciaron la potencialidad del género *Centrosema* en la provincia Sancti Spíritus, pues fue la más representativa en el área muestreada, lo que coincide con lo obtenido en el actual estudio.

Por otra parte, se pudo constatar que hubo especies que mostraban en su hábitat natural preferencia por desarrollarse bajo la sombra; este es un elemento importante en los momentos actuales, cuando la tendencia general de la ganadería va encaminada hacia el establecimiento de los sistemas multiestrato (Simón y López, 2009), pues la integración de arbóreas y herbáceas es un aspecto fundamental en el mejoramiento de la relación suelo-planta-animal para un incremento de la biodiversidad (Senra, 2005; 2009). Esto será un elemento de desarrollo para una ganadería sostenible en los países tropicales (Murgueitio, 2009).

En el caso de tolerancia a la sombra, *Calopogonium*, *Centrosema*, *Mimosa*, *Alysicarpus*, *Desmodium* y *Teramnus* fueron los géneros que sobresalieron; esto coincide con Hernández *et al.* (2001) y con Alonso *et al.* (2006), quienes mencionaron que la presencia de sombra puede afectar la composición botánica de la pradera, dado que varía de gramínea a especies de hoja ancha, o en algunos casos puede despoblarse el área; ello evidencia que las plantas que poseen hoja ancha se adaptan más a resistir la sombra, explicación que se adecua a los resultados obtenidos en esta investigación.

Asimismo, la presencia múltiple de leguminosas coincide con lo obtenido por Hernández *et al.* (2001), quienes evaluaron la composición botánica de gramíneas y leguminosas en un sistema silvopastoril multiasociado con vacas lecheras; encontraron que a través de dos años la presencia de leguminosas herbáceas y volubles superaron a la presencia de las gramíneas con más del 50% en la composición botánica del sistema. En este contexto, *Stylosanthes* disminuyó su presencia, debido a: sus características de crecimiento erecto, de un punto de enraizamiento diferente a otras leguminosas, además de

poseer una hoja angosta que la hace más susceptible a la presencia de sombra; esto coincidió con la presente investigación en donde este género se presentó poco en la sombra.

En el caso de las asociaciones con pastos cultivados y pastos naturales, se identificaron todas las leguminosas acompañadas de pastos naturales; destacan los casos de *Calopogonium* y *Centrosema*, que se encontraban asociadas a todo tipo de pastos, coincidiendo con lo señalado por otros autores (Menéndez, 1982; Martínez *et al.*, 1994; Hernández *et al.*, 1999; Álvarez, 2003; Olivera *et al.*, 2008) quienes, en prospecciones anteriores, encontraron resultados similares, lo que demuestra la alta adaptabilidad de estos géneros en áreas ganaderas de Cuba.

Conclusiones

Se encontraron 15 géneros de leguminosas en las áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, en suelos con pH ácido, en áreas de secano y sin la aplicación de fertilizantes.

Los géneros de *Calopogonium* y *Centrosema* sobresalen por su frecuencia de aparición por localidad (zona de La Reforma), tolerancia a la sombra, asociación con gramíneas, en particular, con pastos naturales y fines productivos (animales en desarrollo).

Recomendaciones

Seleccionar y evaluar, por cada zona, el material promisorio y realizar su extensión a mayor escala en estas áreas; para lo cual se requiere multiplicar sus semillas, además de terminar de prospectar otras unidades, para con ello lograr un uso eficiente de las leguminosas, además de la identificación de las leguminosas hasta especies.

Literatura citada

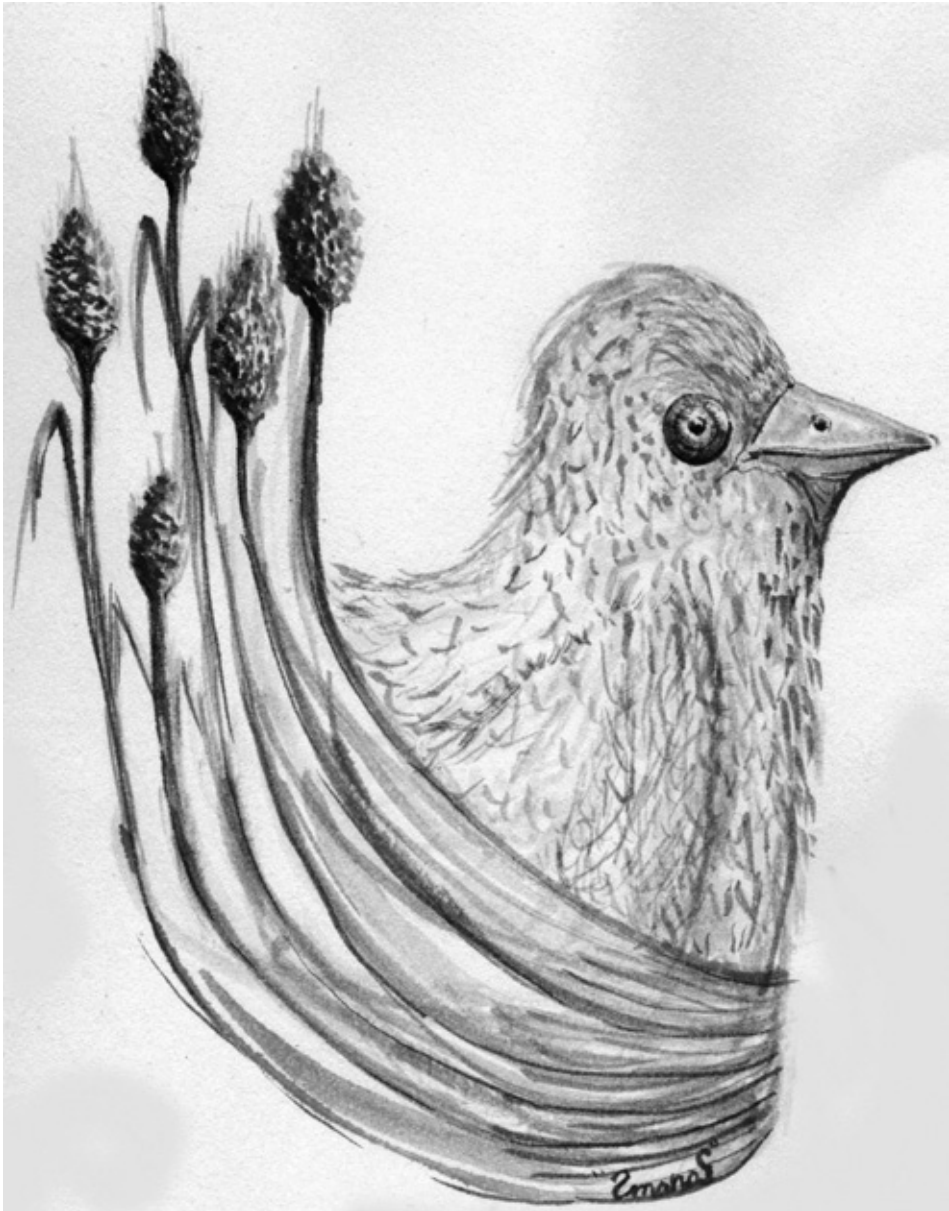
- Alonso, J.; Febles, G.; Ruiz, T. E. y Achang, G. (2006). Efecto de la sombra en la gramínea asociada en un sistema silvopastoril de leucaena-guinea durante sus diferentes etapas. *RCCA*. 40(4):503-511.
- Álvarez, O. (1995). *Evaluación agronómica inicial de ecotipos nativos de canavalia*. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Las Villas, provincia de Villa Clara. Cuba.
- Álvarez, O.; Hernández, N.; Hernández, C.; Martínez, H. L.; Bécquer, C.; Álvarez, A. y Funes, F. (1997). *Base metodológica ajustada para la localización, colección, preservación y caracterización de leguminosas forrajeras nativas y naturalizadas en las principales zonas ganaderas del país*. Estación Experimental de Pasto y Forrajes de Sancti Spíritus. Cuba. 220 pp.
- Álvarez, O.; Vega, S.; Martínez, H. L.; Cruz, M.; Rivero, J.; Gutiérrez, D. y Vigil, M. (1997). *Potencial agropecuario de leguminosas en Cuba*. Informe de etapa. PNCT. Mejoramiento vegetal y Recursos fitogenéticos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Sancti Spíritus. CITMA. Informe de proyecto. 150 pp.
- Álvarez, O. (2003). *Rescate, conservación, propagación, y estudio multidisciplinario de leguminosas forrajeras nativas y naturalizadas en áreas ganaderas*. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Estación Experimental Sancti Spíritus. Informe final del proyecto. 10 pp.
- Anon. (1985). *Manual de malezas de la caña de azúcar*. MINAZ. Cuba. 440 pp.
- Barreto, A.; Cateses, L. y Acosta, Z. 1998. Gramíneas y leguminosas naturales y/o naturalizadas de la provincia de Camagüey. *Pastos y Forrajes*. 21: 43-58.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E.; Febles, G.; Crespo, G.; Galindo, J.; Chongo, B. y Hernández, J. L. (2002). Efecto de la inclusión de la Leucaena en el 100% del área de pastos naturales en el comportamiento de machos bovinos. *RCCA* (34): 309.

- Chacón, E. y Stobbs, T. M. (1976). Influence of progressive defoliation of a grass sward on the cating behavior of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27: 709.
- Díaz, M. F.; Padilla, C.; Torres, V.; González, A. y Noda, A. (2003). Caracterización bromatológica de especies y variedades de leguminosas temporales con posibilidades en la alimentación animal. *RCCA*. 37(4): 453-457.
- Febles, G. y Padillas, C. (1972). Evaluación de asociaciones. *RCCA* (6) 405.
- Fiallos, L. R. (2007). *Prospección, caracterización y selección de gramíneas altoandinas de los páramos ecuatorianos*. Tesis presentada en opción al grado de candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Cuba. 4-12.
- Fisher, M. J. y Cruz, P. (1995). Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoi*. En: Kerridge, P. C. (Ed.). *Biología y agronomía de especie forrajera de Arachis*. Ciat, Cali. p. 56-75.
- Funes, Jr. F.; Funes, F. y Camina, F. (1995). Potencialidades de los recursos fitogenéticos. I Taller Internacional sobre Colecta y Evaluación de los Recursos Fitogenéticos. Sancti Spíritus, Cuba. 58-81.
- Gutiérrez, D. y Vecino, U. (2001). *Prospección de las leguminosas presente en ecosistemas ganadero de la Isla de la Juventud*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Isla de la Juventud. Citma. Informe de proyecto. 50 pp.
- Hernández, M.; Pereira, M. y Tang, M. (1994). Utilización de los microorganismos biofertilizantes en los cultivos tropicales. *Pasto y Forrajes*. (19):2.
- Hernández, N.; Hernández, C.; Martínez, H. L. Bécquer, C. J. (1999). Leguminosas naturalizadas en las regiones ganaderas de Sancti Spíritus. *Pastos y Forrajes*. (3): 303-309.
- Hernández, C.; Barrera, C.; Brito, R. y Pérez, F. (1990). *Localización e identificación de leguminosas silvestres en "Niña Bonita" de la empresa pecuaria de Managuaco, Sancti Spíritus*. Tesis de Licenciatura. Filial Universitaria Sancti Spíritus, Cuba. 12-18.
- Hernández, D.; Carballo, M.; González, A.; Sánchez, T.; Reyes, F.; Castellón, J. L. y Zaragoza, J. L. (2001). Composición botánica de gramíneas y leguminosas seleccionadas por vacas que pastaron en un sistema silvopastoril multiasociado. *RCCA*. 35 (3): 221-228.
- Ligarreto, G. A. (2001). Los recursos genéticos: un acervo importante para el mejoramiento de la producción de papa. *Revista Corpoica: Innovación y Cambio Tecnológico*. 2 (1):12-17.
- Machado, R.; Roche, R.; Toral, O. y González, E. (1999). Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. *Pastos y forrajes*, (22):181-203.
- Mafla, G. y Debouck, D. G. (2007). Alternativas para la conservación de recursos genéticos en banco de germoplasma. XVII Conv. Ven. Bot. Ciat, Cali, Colombia. p. 30-33.
- Martínez, H. (1994). Leguminosas nativas y algunos usos en la producción ganadera. Informe de etapa. Proyecto ramal. Minagri: 94.
- Martínez, H.; Funes, F.; Menéndez, J. y Funes, F. (1995). Leguminosas forrajeras nativas y naturalizadas. Estado actual y perspectivas para las condiciones de Cuba. I Taller Internacional sobre colecta y evaluación de Recursos Fitogenéticos nativos. Fitogen 95. Sancti Spíritus, Cuba: p. 48-60.
- Menéndez, J. (1982). *Estudio regional y clasificación de las leguminosas forrajeras autóctonas y/o naturalizadas en Cuba*. Tesis de candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. ISCAH. La Habana. Cuba: 89-90.
- Menéndez, J. y Machado, R. (1978). Leguminosas silvestres de Cuba. Oeste de las provincias orientales. *Pastos y Forrajes*. 1: 349.
- Menéndez, J. (1994). Biogeografía de *Centrosema* en Cuba. *Pastos y Forrajes*. (3): 17.
- Milera, M.; Machado, R. y Blanco, F. (2007). Importancia de los recursos fitogenéticos en la alimentación del ganado en Cuba. II Congreso Internacional de Producción Animal. IV Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. Cuba. PF-71:1-5.
- Monzote, M.; Castillo, E.; López, A. y García, M. (1986). Comparación de sistemas de alimentación basado en gramíneas puras o asociadas con leguminosas para la producción de carne. *RCCA*. (20): 95.
- Murgueitio, E. (2009). Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Av. en Inv. Agropecuaria*. 13(1): 3-19.

- Naranjo, L. G. (2006). Sistemas agroforestales para la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad. www.produccion-animal.com.ar (Consultada el 23 de octubre de 2009).
- Olivera, Y.; Machado, R. y Fung, C. (2008). Colecta de leguminosas forrajeras en tres provincias orientales de Cuba. *Pastos y Forrajes*: 31 (1): 25-34.
- Pacheco, J. (2007). *Evaluación de la producción de leche de un sistema de pedestales en la empresa pecuaria "La vitrina"*. Tesis de candidato a Maestro en Pastos y forrajes. Eepfih. Matanzas. Cuba: 4-15.
- Ramos, Y.; Álvarez, O.; Quintana, M.; Vega, S. y Palmero, L. A. (2008). Diversidad de accesiones de conchita azul (*Clitoria ternatea* L.) recolectadas en zonas ganaderas de Cuba. *Ciencia y Tecnología Ganadera*. 1 (2): 21-26.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Díaz, H. y Díaz, J. (2006). Momento de limpieza en el establecimiento de una asociación de gramíneas con mezclas múltiples de leguminosas rastreras. *RCCA*. 40 (2): 221-227.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Díaz, H. y Díaz, J. (2007). Estudio del número de leguminosas rastreras asociadas a una gramínea y su persistencia en el pastizal. *RCCA*. 41 (3): 271-274.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Díaz, H. y Díaz, J. (2007). Efecto del intercalamiento de cultivos temporales en el establecimiento de una mezcla múltiple de leguminosas rastreras asociadas a *Panicum maximum*. *RCCA*. 41 (3): 275-278.
- Simón, L. y López, O. (2009). Comportamiento lechero de genotipos Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 32 (3): 1-10.
- Senra, A. (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. *Av. en Inv. Agropecuaria*. 13(2): 3-15.
- Senra, A. (2005). Índices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina. *RCCA*. 39(1): 13-21.
- Tang, M.; Menéndez, J.; Gazo, M. y Castañeda, A. (1991). Selección de cepas nativas de rizobios en cilindros con suelo no disturbado en leguminosas tropicales. I. Suelo Pardo Grisáceo. *Pastos y Forrajes* (14): 133.
- Warker, B. (1975). Stocking rates. Effect in pasture quality. En: *Management of improve tropical pasture*. Ed. Univ. Queensland. St. Lucia. Australia. 104.
- Williams, R. y Clamen, R. (1990). Taxonomy of Centrosema. En: Centrosema: *Biology, agronomy and utilization*. CIAT. Cali. Colombia: 88-92.
- Yépes, S. 1974. Características botánicas de las principales leguminosas tropicales de pastoreo. Serie 1. Ingeniería Agronómica, Ciencias Agropecuarias. Universidad de La Habana. 1:115.

Recibido: Abril 20, 2010

Aceptado: Febrero 16, 2011



Título: *Pajarasca*
Técnica: Tinta sobre papel
Autor: Adoración Palma (2manoS)
Medidas: 14 x 12 cm
Año: 2011

Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México

Use of chemical and organic fertilizers in onion (*Allium cepa* L.) in Apatzingán, Michoacán, México

Álvarez-Hernández, J. C.;* Venegas-Flores, S.;
Soto-Ayala, C.; Chávez-Vargas, A.
y Zavala-Sánchez, L.

Escuela de Ciencias Agropecuarias
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Prolongación Mariano Jiménez s/n Col. El Varillero,
Apatzingán, Michoacán (México) C. P. 60660.

*Correspondencia: jcalvarh@umich.mx

Resumen

Como un cultivo alternativo y viable para la región “Valle de Apatzingán”, se planteó un experimento para evaluar la respuesta del cultivo de cebolla “criolla” a la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en Apatzingán, Michoacán (México). El almácigo se estableció en diciembre de 2009 y el trasplante se realizó a los 70 días posteriores, el marco de plantación fue a tres hileras (12.5 cm entre plantas y 15 cm entre hileras). Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron: I. Fertilización química común (fuente: urea simple y superfosfato de calcio triple); II. Fertilización química compleja (fuente: triple 17); III. Abono orgánico (fuente líquida con base en guano de murciélago), y IV. Testigo. Las aplicaciones se efectuaron a los 15, 35 y 55 días después del trasplante (ddt). Se evaluó: el desarrollo fenológico, las características productivas y físico-químicas. El análisis de varianza no mostró diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) entre tratamientos. Los nive-

Abstract

The answer of the “criolla” onion culture to the application of chemical and organic fertilizer was evaluated so it could be used as an alternative for the region “Valle de Apatzingán”, Michoacán (Mexico). The seedbed was established in December, 2009 and the establishment in the field was realized 70 days later, the plantation system used three rows (12.5 cm between plants and 15 cm between rows). An experimental design of randomized blocks was used with three replications and four treatments. The treatments were: I. Common chemical fertilizer (source: simple urea and triple calcium superphosphate); II. Complex chemical fertilizer (source: 17-17-17); III. Organic fertilizer (source: liquid, based in bat guano) and IV. Control group. The applications were done at 15, 35 and 55 days after transplanting. The phenological development, productive and physical-chemical characteristics were evaluated. The analyses of variance did not show any statistical differences ($P \geq 0.05$). The level and source of fertilization employed did not influence

les y fuentes de fertilización empleadas no influyeron en la respuesta fenológica, productiva y características físico-químicas del cultivo de cebolla en las condiciones ambientales de Apatzingán, Michoacán (México), bajo el esquema utilizado en el experimento.

Palabras clave

Alliaceas, características fenológicas, fertilización química, abonos orgánicos.

the phenological, productive and physical-chemical characteristics of the onion culture in the environmental conditions of Apatzingán, Michoacán (México).

Key words

Alliaceas, phenological characteristics, chemical fertilization, organic fertilizer.

Introducción

La cebolla es una de las hortalizas de mayor importancia en el consumo humano, por lo que existe una alta demanda, encontrándose en todos los mercados durante el año (Valadez, 1998). A nivel nacional, se establecieron 42,888 ha, de las cuales, Michoacán ocupó el séptimo lugar en superficie sembrada con 3,666 ha, y respecto al rendimiento obtuvo el segundo lugar con 35 t/ha (SIAP-SAGARPA, 2009). Asimismo, la producción de este cultivo se concentra, principalmente, en la región conocida como Ciénega de Chapala, en los límites colindantes con Jalisco y Guanajuato; sin embargo, estos sitios son afectados por condiciones ambientales adversas, como las heladas con efecto negativo y pérdidas totales del cultivo. Por ello, es necesario explorar lugares alternativos que reúnan las condiciones agroecológicas necesarias para la producción de cebolla en el estado y evitar los daños por heladas.

La cebolla es una planta que se desarrolla en diferentes tipos de suelos, preferiblemente suelos orgánicos, ligeros o arenosos, limosos y limo-arenosos; y climas que van desde cálidos, templados y fríos, comprendidos éstos entre los 50 y 300 msnm, pero mejora su producción por encima de los 900 m (Valadez, 1998; Maroto, 2002), características que reúne el “Valle de Apatzingán” para el establecimiento de este cultivo, en forma masiva, durante el ciclo otoño-invierno.

Por otra parte, la fertilización del cultivo de cebolla, se realiza sin un diagnóstico integral previo, y se basa en la aplicación empírica de fertilizantes sólidos con base en síntesis química y en características visuales comunes. Algunos estudios se enfocan a determinar las fases de mayor extracción de elementos del cultivo de la cebolla. Así, Rodríguez *et al.* (1994) determinaron, mediante análisis foliar, las curvas de formación de materia seca y las extracciones de N-P-K; los resultados indicaron que durante el periodo de inicio de engrosamiento del bulbo y la cosecha, las plantas extraen alrededor del 85% del N y P, y el 80% de K. Por su parte, Nwadukwe y Chude (1995), mencionaron que bajo condiciones normales de suelo, una producción de 30 t/ha de cebolla extrae alrededor de 90, 40 y 120 kg/ha de N-P-K, respectivamente.

También, el empleo de dosis de fertilización química preestablecidas, son una referencia de moda para muchos productores, independientemente de la fertilidad de sus suelos. De acuerdo con Palacios (1978), las dosis 140-60, 150-80 y 160-80 kg/ha de N-P

dieron buenos resultados en la región de “el Bajío”, y en los estados de Morelos y Chihuahua, México, con rendimientos de 25 a 35 t/ha. Por otro lado, Deho *et al.* (2002) evaluaron diferentes dosis N-P-K y determinaron que la dosis 80-60-40 kg/ha tendió al mayor rendimiento (28.6 t/ha), diferente a lo indicado por Ghaffoor *et al.* (2003), quienes recomendaron la dosis 120-50-50 kg/ha de N-P-K para alcanzar los mayores rendimientos (13.20 t/ha) en suelos de fertilidad moderada; por su parte, Singh *et al.* (2000) mencionaron que el rendimiento de cebolla se mejoró considerablemente bajo la dosis 100-30-83 kg/ha de N-P-K.

Asimismo, varios estudios reportan respuestas diferentes del cultivo, incluso contradictorias a la adición de elementos; entre éstos, Añez y Tavira (1986), determinaron los mejores rendimientos de cebolla con 120 kg de P y K/ha, pero sin la adición de N; Henriksen (1987), menciona que con aplicaciones por encima de 120 kg/ha de N, se incrementó el rendimiento; Rana y Sharma (1994), reportaron incrementos en el rendimiento de cebolla con 60-120 kg/ha de N; Comadug (1998), no encontró diferencias en la aplicación de dosis crecientes de K (0-240 kg/ha); Añez *et al.* (1996) encontraron que, adicionando una t/ha de azufre (S) en polvo previo al trasplante, el rendimiento de cebolla tendió a ser mayor; Akhtar *et al.* (2002), evaluaron dosis crecientes de K (0 hasta 200 kg/ha) y con dosis constantes de N-P (150 y 100 kg/ha, respectivamente), obtuvieron el mayor rendimiento (61.1 t/ha) cuando se aplicó K junto con el N y P; contrariamente, el menor rendimiento (12.03 t/ha) lo observaron en el testigo sin K.

Con respecto a los abonos orgánicos en cebolla, Viteri *et al.* (2008) evaluaron cinco tratamientos orgánicos y químicos (caldos rizósfera, super cuatro, rizósfera + super cuatro y dos testigos químicos y absolutos); en la respuesta del cultivo de cebolla, encontraron diferencias significativas en el número de hojas (9.5-11), longitud de hojas (45.1-75.8 cm), diámetro de bulbo (4.8-5.4 cm) y peso de bulbo (49.7-67.1 g); el testigo absoluto presentó los valores bajos; Ruiz *et al.* (2007) evaluaron diferentes fuentes orgánicas (bagazo de caña, pulpa de café, estiércol caprino, estiércol bovino y gallinaza) a razón de 30 t/ha mezclados con fertilización química (160-120-230 kg/ha de N-P-K). Los resultados no revelaron diferencias estadísticas en el rendimiento (26.7-30 t/ha); Méndez y Viteri (2007) evaluaron diferentes mezclas de biofertilización (bocashi-gallinaza y bovinaza, caldo-súper cuatro y rizósfera) y fertilizante sobre el rendimiento de cebolla; no encontraron diferencias entre los sistemas producción orgánico (27.6-37.9 t/ha) y convencional (35.6 t/ha); Vetayasuporn (2006), evaluó el efecto de una mezcla de fertilización orgánica (estiércol bovino, cascarilla de arroz y melaza) y química (15-15-15 kg/ha de N-P-K) en el crecimiento y rendimiento cebolla var. *Ascolonicum*: no encontró diferencias significativas en la adición creciente de los fertilizantes.

Dada la respuesta poco clara del cultivo a la adición de abonos, actualmente no se ha definido con exactitud el nivel de fertilización adecuado en cebolla que permita lograr la máxima producción, apoyada en las técnicas analíticas. Sin embargo, es importante resaltar que un manejo inadecuado de la fertilización sintética, además de causar alteraciones negativas en las actividades fisiológicas de la planta y en el rendimiento (Mehdi *et al.*, 2001), degrada el ambiente, por lo que es necesario integrar métodos de manejo

sostenibles para la preservación del mismo (Méndez y Viteri, 2007). Debido al interés de generar información local que soporte la viabilidad del cultivo en la región del “Valle de Apatzingán”, se planteó la importancia de evaluar la respuesta del cultivo de cebolla “criolla” a la aplicación de diferentes niveles y fuentes de fertilizantes (químicos y orgánicos) en las condiciones ambientales de Apatzingán, Michoacán (México).

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el campo experimental de la Escuela de Ciencias Agropecuarias (ECA) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) en Apatzingán, Michoacán (México) (figura 1). Geográficamente se localiza a 19°05'00" de Latitud Norte y 102°22'17" de Longitud Oeste, con clima cálido semi-seco (BS) y una altura de 314 msnm (García, 1988). El tipo de suelo en el sitio experimental es vertisol pélico (arcilloso). Los registros de precipitación y temperatura durante el periodo del ensayo aparecen en el cuadro 1 y las características físico-químicas del suelo de la parcela experimental se muestran en el cuadro 2.

Figura 1

Ubicación del área de estudio: Apatzingán, Michoacán (México).



Cuadro 1

Registro de temperatura y precipitación durante el transcurso del ensayo (2009-2010).

Mes	Temperatura promedio (°C)		Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	
Diciembre 2009	32.2	16.26	1.5
Enero 2010	30.5	15.8	44.5
Febrero 2010	29.5	15.5	111.5
Marzo 2010	34.7	15.9	0.0
Abril 2010	37.0	17.9	0.0
Mayo 2010	39.1	20.7	0.0

Fuente: CONAGUA. 2009-2010. Registros climatológicos.

Cuadro 2

Características físico-químicas del suelo de la parcela experimental (Apatzingán, Michoacán, 2010).

VARIABLES físico-químicas	Resultado	Calificación
pH	7.8	Alcalino
Materia orgánica (%)	3.09	Medio
Nitrógeno inorgánico (mg/kg)	16.5	Bajo
Fósforo (mg/kg)	23.5	Muy alto
Potasio (mg/kg)	1,150	Muy alto
C. I. C. (mol/kg)	27	(≤5 - 40≥)
Densidad aparente (t/m ³)	1.14	---

En el establecimiento del almácigo se utilizó semilla de cebolla “criolla” proveniente de la región Ciénega de Chapala; se estableció el 3 de diciembre de 2009 en un área de 14 m². Para ello, se construyeron dos camas bajas con surcos de 16 cm de distancia. Previo a la siembra, se utilizó un preparado biológico con base en micorrizas (MicoFert®) aplicado directo al fondo de los surcos y después se depositó la semilla mediante el método “a chorrillo”, y se cubrieron con aserrín; cada metro lineal fue sembrado con aproximadamente 365 semillas. A los 62 días posteriores, las plántulas presentaron un tamaño de bulbo adecuado para el trasplante (6 mm de diámetro de pseudotallo). Éste se efectuó a los 70 días después de la siembra del almácigo, en una área de 1,229 m²;

por cada dos surcos de 0.60 m se dejó un andador de 1.20 m, con la finalidad de realizar las labores del cultivo. El marco de plantación se realizó a triple hilera con distancias de 12.5 cm entre plantas y 15 cm entre hileras, dando un total de 24 plantas/m lineal.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro tratamientos (cuadro 3) y tres repeticiones con lo que se obtuvieron 12 subparcelas experimentales. El tratamiento I se basó en un nivel de fertilización recomendado por INIFAP (2001) para la zona de influencia y, a su vez, el tratamiento II se basó en la utilización común realizada por los productores de la región; para el tratamiento III se utilizó un abono orgánico líquido con base en una mezcla de estiércoles de murciélago, bovino, aves, plumas, tallo de plátano, ceniza de madera, y hueso, melaza, miel y leche bajo proporción de 1.25: 2.5: 0.5: 0.25: 1.25: 0.4: 0.5: 0.1: 0.2 y 0.2, respectivamente (Álvarez *et al.*, 2010); y el tratamiento IV fue testigo. Las cantidades empleadas de fertilización (tratamiento I, II y III) se aplicaron fraccionadas en tres fechas diferentes, a los 15, 35 y 55 días después del trasplante (ddt).

Cuadro 3

Tratamientos considerados para el experimento del cultivo de cebolla.

Tratamiento	Fertilización	Cantidad empleada	Fuente
I	Química simple	305 y 130 kg/ha	Urea y SFCT*
II	Química compleja	588 kg/ha	Triple 17
III	Orgánica	12 l/ha	Abono líquido
IV	Testigo	-	-

*Super Fosfato de Calcio Triple.

Las fuentes de fertilización se diluyeron en agua, a razón de 200 l/ha; los tratamientos I y II se colocaron en agua con tres horas de anticipación para ser disuelto con movimientos constantes y circulares en la mezcla. La aplicación en campo se hizo con una regadera de jardín con capacidad de cinco litros. Se tomó la solución y se dispersó sobre las camas de cebollas cubriendo en su totalidad el área de cada tratamiento. Para el manejo de la plantación se siguieron las recomendaciones establecidas por el INIFAP (2001), con pequeñas modificaciones: siembra a tres líneas y aplicación generalizada de azufre (S) humectable en los riegos.

De acuerdo con la población total de plantas de cebolla, el tamaño de muestra se conformó por 36 plantas por tratamiento/repeticón (Israel, 2003). Con intervalos de 15 días se registraron las siguientes variables: altura de planta (cm), diámetro del pseudotallo (cm) y número de hojas. Respecto a las variables productivas (93 ddt), se registraron

diámetro de bulbo ecuatorial y polar (cm), peso promedio de bulbo (g), además se clasificó el peso de los bulbos por tratamiento bajo seis categorías establecidas con diferencia de 40 g (10-50, 51-90, 91-130, 131-170, 171-210 y 211-250 g); y rendimiento (kg/ha) estimado con base en el peso promedio. También, se registraron variables físico-químicas en 10 bulbos entre ellas el pH se determinó con un potenciómetro manual (Hanna® modelo pHep), los grados Brix, o sólidos solubles, se registraron con un refractómetro manual (Atago® modelo HSR-500) y el contenido de humedad de bulbos se obtuvo por diferencia de peso inicial y final.

El análisis de datos para las características fenológicas, productivas y físico-químicas se les practicó análisis de varianza bajo un diseño experimental de bloques al azar de cuatro tratamientos (tres fuentes de fertilizantes y testigo) y tres repeticiones, y la comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); para los análisis se utilizó el paquete estadístico SAS (1997); particularmente, para el peso de bulbos por tratamiento, se tomaron los límites de los valores y se clasificaron seis categorías de 40 g de peso, y mediante porcentaje se determinó la cantidad según el intervalo de peso.

Resultados

Desarrollo fenológico

Respecto a la variable altura de la planta, los resultados obtenidos no mostraron diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) en ninguna fecha de muestreo (15, 30, 45, 60 y 75 ddt) (cuadro 4). Asimismo, se aprecia una tendencia lineal en los tratamientos I y II en el incremento del valor conforme avanza el tiempo de estudio, hasta los 45 ddt; a partir de ahí, se mostró una inflexión de los valores obtenidos.

Cuadro 4

Altura de planta (cm) de cebolla a diferentes niveles de fertilización en el tiempo.

Trat.	Ddt				
	15	30	45	60	75
I	17.42 ± 2.70 a †	32.26 ± 1.70 a	42.62 ± 0.86 a	42.26 ± 0.76 a	39.98 ± 1.07 a
II	19.11 ± 2.97 a	31.77 ± 2.74 a	44.30 ± 5.50 a	41.20 ± 0.67 a	38.28 ± 1.66 a
III	19.35 ± 1.02 a	31.46 ± 1.00 a	40.17 ± 1.66 a	42.48 ± 2.44 a	39.93 ± 4.08 a
IV	19.21 ± 2.33 a	28.97 ± 4.66 a	38.22 ± 6.01 a	39.58 ± 4.11 a	39.20 ± 2.78 a

† Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

En la variable diámetro de pseudotallo, los resultados no mostraron diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) en los diferentes periodos de estudio (cuadro 5). Sin embargo, la tendencia de valores altos encontrados fue lineal en los tratamientos I, II y III hasta los 60 ddt; en la siguiente fecha (75 ddt), los valores descendieron.

Cuadro 5

Diámetro de pseudotallo (cm) de cebolla a diferentes niveles de fertilización en el tiempo.

Trat.	Ddt				
	15	30	45	60	75
I	0.32 ± 0.04 a †	0.68 ± 0.26 a	1.02 ± 0.05 a	1.11 ± 0.09 a	1.00 ± 0.14 a
II	0.34 ± 0.05 a	0.53 ± 0.13 a	0.99 ± 0.05 a	1.07 ± 0.08 a	0.98 ± 0.11 a
III	0.37 ± 0.06 a	0.65 ± 0.14 a	0.97 ± 0.08 a	1.07 ± 0.05 a	0.98 ± 0.04 a
IV	0.34 ± 0.03 a	0.54 ± 0.07 a	1.26 ± 0.47 a	1.05 ± 0.13 a	1.03 ± 0.13 a

† Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

El comportamiento en el número de hojas, durante las fechas de muestreo fue similar a las variables previas, pues el análisis estadístico no mostró diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) (cuadro 6).

Cuadro 6

Número de hojas de planta de cebolla a diferentes días después de trasplante, Apatzingán, Michoacán (2010).

Trat.	ddt				
	15	30	45	60	75
I	3.85 ± 0.09 a †	6.82 ± 1.45 a	7.72 ± 0.28 a	8.30 ± 0.80 a	7.48 ± 1.15 a
II	3.81 ± 0.28 a	5.77 ± 0.41 a	7.14 ± 0.54 a	8.15 ± 0.23 a	7.26 ± 0.68 a
III	3.90 ± 0.25 a	6.08 ± 0.64 a	7.42 ± 0.73 a	8.31 ± 0.22 a	7.86 ± 0.20 a
IV	3.68 ± 0.11 a	5.56 ± 0.50 a	6.89 ± 0.52 a	7.97 ± 0.66 a	8.17 ± 1.26 a

† Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Características productivas

Respecto al tamaño del bulbo, los análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) (cuadro 7). Por otra parte, en el peso del bulbo, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($P \geq 0.05$); asimismo, en el rendimiento estimado (400,000 plantas/ha), el análisis estadístico no fue significativo ($P \geq 0.05$) (cuadro 7).

Cuadro 7

Características productivas de bulbos de cebolla, Apatzingán, Michoacán (2010).

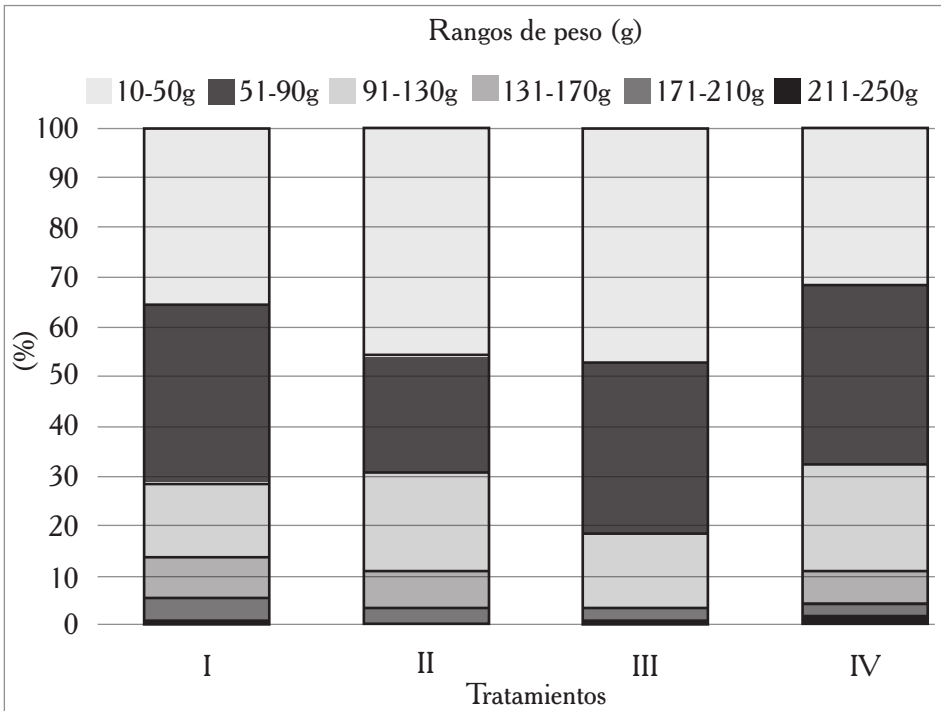
Trat.	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)	Peso/bulbo (g)	Rendimiento kg/ha
I	5.57 ± 0.45 a †	4.93 ± 0.12 a	78.98 ± 23.72 a	31,592 ± 9.48 a
II	5.28 ± 0.47 a	4.73 ± 0.45 a	71.15 ± 22.04 a	28,462 ± 8.81 a
III	4.99 ± 0.43 a	4.40 ± 0.24 a	62.91 ± 5.57 a	25,166 ± 2.23 a
IV	5.34 ± 0.49 a	4.69 ± 0.27 a	78.23 ± 23.29 a	31,292 ± 9.31 a

† Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Por otra parte, los bulbos cosechados de cada tratamiento presentaron una fluctuación en peso de 10 a 250 g formando seis categorías (figura 2). De manera general, se aprecia que en los tratamientos I y IV se lograron los seis tamaños de bulbos, diferente a los tratamientos II y III en donde solamente se obtuvieron cinco tamaños. Sin embargo, el tratamiento III supera en más del 90% de los bulbos con tres tamaños; y de éstos, el rango de 10-50 g tuvo el mayor valor respecto de los otros tratamientos (figura 2).

Figura 2.

Intervalos de peso de bulbos de cebolla, Apatzingán, Michoacán (2010).



Características físico-químicas de bulbos

Con relación a las características físico-químicas de bulbos (pH, sólidos solubles y contenido de humedad, cuadro 8), los análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$).

Cuadro 8
Características físico-químicas de bulbos de cebolla,
Apatzingán, Michoacán (2010).

Trat.	pH	Sólidos solubles (°Brix)	Humedad (%)
I	5.90 ± 0.14 a †	4.66 ± 1.24 a	92.50 ± 0.00 a
II	5.82 ± 0.12 a	3.92 ± 0.81 a	92.83 ± 2.46 a
III	5.92 ± 0.42 a	4.68 ± 2.33 a	91.83 ± 0.76 a
IV	5.90 ± 0.21 a	4.60 ± 0.50 a	93.75 ± 0.25 a

†Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Discusión

La falta de respuesta del cultivo de cebolla a la aplicación de diferentes dosis y fuentes de abonos pudo deberse a características fisiológicas y genotípicas de la especie, más que a condiciones ambientales; esto es, que la cebolla no es sensible a la adición de elementos mayores como otros cultivos hortícolas, pues varios estudios reportan únicamente tendencias en los resultados (Añez y Távira, 1986; Colberg y Beale, 1991; Rana y Sharma, 1994; Comadug, 1998; Maulana, 1998; Deho *et al.*, 2002; Viloría *et al.*, 2003; Méndez y Viteri, 2007).

Con relación a las variables fenológicas del cv. “criollo” evaluado, aún sin diferencias estadísticas, los valores obtenidos en el último muestreo (75 ddt) fluctuaron de 38.28 a 39.98 cm en altura de la planta, 0.98 a 1.03 cm en diámetro de pseudotallo y 7.26 a 8.17 hojas. En otros estudios con cultivares diferentes, Viteri *et al.* (2008) evaluaron diferentes tratamientos orgánicos y químicos; encontraron diferencias significativas en el número de hojas (9.5-11) y longitud de hojas (45.1-75.8 cm). El testigo presentó los valores bajos; Ruiz *et al.* (2007) evaluaron fertilización orgánica (30 t/ha) y química (160-120-230 kg/ha de N-P-K), no encontraron diferencias estadísticas en altura de la planta (68.06 cm) y número de hojas (5.33); por otra parte, Viloría *et al.* (2003) al evaluar diferentes tratamientos comprendidos entre 150-300, 44-77 y 166-291 kg/ha de N-P-K, respectivamente, y marcos de plantación de 6-12 x 20 cm, aunque no se encontraron diferencias estadísticas, reportaron alturas de la planta de 52.24 a 59.44 cm; Ghaffoor *et al.* (2003) evaluaron seis niveles de N-P-K (0-180, 0-100, 0-100 kg/ha), encontraron diferencias estadísticas en la altura de planta (44.22-50.63 cm), tamaño de hoja (37.89-46.55 cm) y número de hojas (14.04-16.24); Deho *et al.* (2002) evaluaron seis tratamientos de fertilización comprendidos entre 40-80, 0-120, 0-80 kg/ha de N-P-K, respectivamente. Los resultados no fueron significativos, pero determinaron que la dosis

80-60-40 kg/ha de N-P-K, tendió a generar los valores más altos en de la planta (39.07 cm) y número de hojas (11.6).

Respecto a las características productivas, al igual que las fenológicas, la respuesta del cultivo de cebolla "criolla" a la adición de abonos no fue clara (cuadros 7 y 8) desde el punto de vista estadístico; sin embargo, hubo tendencias en el tratamiento I (140-60 kg/ha de N-P) que alcanzó los máximos valores en el diámetro de bulbo ecuatorial (5.57 cm) y polar (4.93 cm), peso medio de bulbo (78.98 g) y rendimiento estimado (31,592 kg/ha). En las características físico-químicas, a excepción de la variable sólidos solubles en el tratamiento II (cuadro 8), los valores fueron muy uniformes.

Por su parte, Viteri *et al.* (2008), al evaluar abonos orgánicos y químicos, encontraron diferencias significativas en el diámetro de bulbo (4.8-5.4 cm) y peso de bulbo (49.7-67.1 g), el testigo absoluto presentó los valores bajos; Ruiz *et al.* (2007) no encontraron diferencias estadísticas al evaluar la fertilización orgánica y química en el diámetro ecuatorial (4.86 a 5.59 cm), peso medio de bulbo (106.9 a 128.3 g) y rendimiento (26,720 a 30,080 kg/ha); Vilorio *et al.* (2003) reportaron resultados no significativos en el peso medio de bulbo (67.08-105.31 g); Ghaffoor *et al.* (2003), reportaron diámetro de bulbo (5.79-6.48 cm) y rendimiento (10.17-12.28 ton/ha); Deho *et al.* (2002) evaluaron seis tratamientos de fertilización (40-80, 0-120, 0-80 kg/ha de N-P-K, respectivamente). A pesar de no encontrar diferencias significativas, determinaron que la dosis 80-60-40 kg/ha de N-P-K, tendió a un mayor diámetro ecuatorial (5.27 cm) y polar (4.40 cm), peso de medio de bulbo (63.53 g) y rendimiento (28,690 kg/ha); Kumar *et al.* (1998), recomiendan 150 kg/ha de N para alcanzar el mayor diámetro y rendimiento de bulbos; Kashi y Frodi (1998) observaron que el mayor peso de bulbo y rendimiento se logra con 120 kg/ha de N.

Por otra parte, Méndez y Viteri (2007) evaluaron diferentes alternativas de biofertilización, no encontraron diferencias entre el rendimiento de bulbos bajo manejo orgánico (27.6-37.9 ton/ha) y convencional (35.6 ton/ha); Akhtar *et al.* (2002), evaluaron la fertilización potásica (0 y 200 kg/ha), y aplicaron dosis constantes de N y P (150 y 100 kg/ha), el mayor rendimiento de bulbo (61.1 ton/ha) lo registraron cuando el K fue aplicado junto con el N y P; por el contrario, el menor rendimiento (12.03 ton/ha) se observó en el testigo sin K; Khan *et al.* (2002) evaluaron diferentes espaciamientos entre plantas (9, 12 y 15 cm) y niveles de N (0, 50, 100 y 150 kg/ha); encontraron el mayor rendimiento de bulbos (22.9 y 22.8 ton/ha) bajo la distancia de 12 cm y la aplicación de 100 kg/ha de N, respectivamente; Rana y Sharma (1994) reportaron incrementos significativos en el rendimiento con dosis de N de 60 a 120 kg/ha.

Un aspecto importante que hay que destacar, es que en la mayoría de las variables evaluadas, incluido el rendimiento, el tratamiento IV (testigo) igualó y, en algunos casos, superó a algunos tratamientos; probablemente esto se deba a las aplicaciones constantes de S en los riegos, aunque no se aplicaron con la finalidad de nutriente sino como neutralizador de pH del suelo; y ello pudo influenciar en la respuesta de este tratamiento (testigo). Un papel poco considerado de S en la nutrición vegetal es su esencialidad como macroelemento y su función conjunta con el N, pues ambos son componentes de

las proteínas (Añez *et al.*, 1996; Peña *et al.*, 1999; Guerrero y Tello, 2000). El hecho de que el tratamiento III haya registrado el menor peso de bulbo y, por consiguiente, el rendimiento a diferencia de los demás tratamientos no significa que no sea un abono adecuado para el cultivo de cebolla, pues el uso de este tipo de mezclas es amigable con el medio ambiente (Méndez y Viteri, 2007); además, el costo del producto justifica su aplicación (Álvarez *et al.*, 2010). Por lo anterior, es conveniente afinar más detalles de su uso en el cultivo.

Por otra parte, caracterizando el material “criollo” evaluado en las condiciones de clima cálido semi-seco, los rangos de peso obtenidos (figura 2) son una referencia clara para la elección del mercado que se pretenda alcanzar, y asimismo, tener registros que puedan ser comparables con otros genotipos evaluables en estudios posteriores para la región.

Conclusiones

Los niveles y fuentes de fertilización empleados no influyeron estadísticamente en la respuesta fenológica, productiva y características físico-químicas del cultivo de cebolla en las condiciones ambientales de Apatzingán, Michoacán. Bajo este enfoque, aunque el testigo tendió mayor producción, no es posible su adopción, puesto que su efecto pudo ser influenciado por factores no considerados en el estudio, como pudieron ser las aplicaciones de S en los riegos, y cuya finalidad fueron para neutralizar el suelo, y posiblemente afectó el rendimiento.

Recomendación

Se sugiere que esta investigación sienta las bases para continuar con estudios alternativos, donde se consideren los elementos N y S conjugados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la dirección y trabajadores de campo de la Escuela de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por su apoyo e interés en el desarrollo de este trabajo.

Literatura citada

- Akhtar, M. E.; Bashir, K.; Zamir, K. M. y Mahmud, K. K. (2002). Effect of potash application on yield of different varieties of onion (*Allium cepa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 1(4): 324-325.
- Álvarez, H. J. C.; Aguirre, D. A. y Venegas, F. S. (2010). Producción de biofertilizante líquido a base de estiércoles y compuestos orgánicos en Michoacán, México. *XII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*. Abril 28-30, 2010. Chapingo, México pp. 72-73.
- Añez, B. y Tavira, E. (1986). Aplicación de N, P y K a diferentes poblaciones de plantas de cebolla. *Turrialba*. 36(2): 163-170.
- Añez, B.; Tavira, E. y Figueredo, C. (1996). Producción de cebolla en repuesta a aplicación de fertilizantes en suelos alcalinos. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. 13(5): 509-520.
- Colberg, O. y Beale, A. (1991). 4 levels of nitrogen-fertilization in 2 onion (*Allium cepa*) varieties. *J. Agric. Univ. P. R.* 75(1): 1-10.
- Comadug, V. S. (1998). Yield performance of multiplier type (native) onions as affected by K fertilization and planting method. *J. Crop Science (Philippine)*. 2: 26.

- CONAGUA. (2009-2010). *Registros climatológicos*. Datos proporcionados por el Departamento de Hidrometría del Distrito de Riego 097 "Lázaro Cárdenas". México.
- Deho, N. A.; Wagan, M. R.; Baloach, M. K.; Rajpar, I. y Keerio, M. I. (2002). NPK trial on onion (*Allium cepa* L.). *Pakistan Journal of Applied Sciences* 2(8): 820-821.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. 4ta. Ed. UNAM. México. 246 pp.
- Ghaffoor, A.; Jilani, M. S.; Khaliq, G. y Waseem, K. (2003). Effect of different NPK levels on the growth and yield of three onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2(3): 342-346.
- Guerrero, B. J. y Tello, P. L. (2000). Efecto de la aplicación de azufre en los cultivos de cebolla y papa bajo condiciones de campo. *Anales Científicos UNALM (Perú)*. 35: 323-339.
- Henriksen, K. (1987). Effect of N and P fertilization on yield and harvest time in bulb onion (*Allium cepa* L.). *Acta Hort*. 198: 207-2015.
- INIFAP. (2001). *Guía para cultivar cebolla en el estado de Morelos*. Folleto para productores No. 32. Zacatepec, Morelos, México. 14 pp.
- Israel, G. D. (2003). *Determining sample size*. Program Evaluation and Organizational Development, IFAS, University of Florida. PEOD-6. June.
- Kashi, A. y Frodi, B. R. (1998). Effects of nitrogen on the yield, quality and storability of edible onion cultivars (*Allium cepa* L.). *Iranian J. Agric. Sci.* 29: 589-597.
- Khan, H.; Iqbal, M.; Ghaffoor, A. y Waseem, K. (2002). Effect of various plant spacing and different nitrogen levels on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Biological Sciences*. 2(8): 545-547.
- Kumar, H.; Singh, J. V.; Ajay, K.; Mahak, S.; Kumar, A. y Singh, M. (1998). Studies on the influence of nitrogen on growth and yield of onion cv. *Patna Red*. *Indian J. Agric. Res.* 32: 88-92.
- Maulana, E. (1998). Shallot cultivation on rain season with N dosage and different planting distance in dry land. *J. Penelitian-Pertsnisn-Terpan (Indonesia)*. 2: 5-8.
- Mehdi, S. M.; Sahkir, A.; Sadiq, M.; Sarfaraz, M.; Hassan, G.; Akhtar, J. y Jarnil, M. (2001). Effect of phosphorus, zinc and farm yard manure in the presence of nitrogen and potash on NP and Zn concentration in rice. *Pak. J. Biol. Sci.* 4: 342-343.
- Méndez, M. J. y Viteri, S. E. (2007). Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita, Boyacá. *Agronomía Colombiana*. 25(1): 168-175.
- Moroto, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial*. 5ta. Ed. Editorial Mundi-Prensa. España. 702 pp.
- Nwadukwe, P. O. y Chude, V. O. (1995). Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on seed crop of onion (*Allium cepa* L.) in a semiarid tropical soil. *Tropical Agriculture*. 72(3): 216-219.
- Palacios, A. A. (1978). *El cultivo de cebolla en el estado de Morelos*. Circular No. 78. SARH-INIA-CIAMEC-CAEZ. Zacatepec, Morelos. 11 pp.
- Peña, C.; Añez, B. y Dávila, M. (1999). Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a la aplicación de azufre, magnesio, cinc y boro en suelo alcalino. *Rev. Forest. Venez.* 43(2): 173-182.
- Rana, D. S. y Sharma, R. P. (1994). Effect of irrigation regime and nitrogen fertilization on bulb yield and water use of onion (*Allium cepa*). *Indian J. Agric. Science*. 64(4): 223-226.
- Rodríguez, A.; Álvarez, J. A. y González, J. A. (1994). Extracción de macronutrientes en cebolla. *Agrícola vergel*. 147(8): 151-155.
- Ruiz, C.; Russián, T. y Tua, D. (2007). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Trop.* 57(1): 7-14.
- SAS Institute (1997). *SAS/STAT User's Guide*. Release 6.3 Edition. Cary, North Carolina 1028 pp.
- SIAP-SAGARPA (2009). *Estadísticas de la producción de cebolla*. Datos disponibles en internet http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 (Consultada el 3 de agosto de 2010).
- Singh, R. P.; Jam, N. K. y Poonia, B. L. (2000). Response of kharif onion to nitrogen, phosphorus and potash in Eastern plains of Rajasthan. *Indian J. Agri. Sci.* 70: 871-872.
- Valadez, L. A. (1998). *Producción de hortalizas*. 1ra. Ed. Ed. Limusa. México D. F. 298 pp.
- Vetayasuporn, S. (2006). Effects of biological and chemical fertilizers on growth and yield of shallot (*Allium cepa* var. *ascolonicum*) production. *Journal of Biological Sciences*. 6(1): 82-86.

- Viloria, A.; Arteaga, L.; Díaz, L. y Delgado, D. (2003). Efecto de la fertilización con N-P-K y la distancia de siembra sobre el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Bioagro*. 15(2): 129-133.
- Viteri, S. E.; Granados, M. y González, A. R. (2008). Potencial de los caldos rizósfera y súper cuatro como biofertilizantes para la sostenibilidad del cultivo de cebolla de bulbo (*Allium cepa*). *Agronomía Colombiana*. 26(3): 517-524.

Recibido: Agosto 25, 2010

Aceptado: Mayo 23, 2011



Título: *Ranacuaja*
Técnica: Tinta sobre papel
Autor: Adoración Palma (2manoS)
Medidas: 16 x 13 cm
Año: 2011

Uso de marcadores moleculares microsatélites para determinar condición de homocigosis y heterocigosis en roedores producidos en el Bioterio de la Universidad de Los Andes, Venezuela

Use of molecular scoreboards microsattellites to determine condition
of homocigosis and heterocigosis in rodents produced in the Bioterio
of the University of Los Andes, Venezuela

De Jesús, R.;* **Rodríguez, N.;** **Torres, W.;**
Moreno, Y. y O'Callaghan, J.

Bioterio de la Universidad de Los Andes (BIOULA),
Mérida, Venezuela. Código postal 5101.

*Correspondencia: rosadej@ula.ve

Resumen

Los animales de laboratorio no consanguíneos, producidos en los bioterios para la investigación, tienen una alta probabilidad de incrementar su consanguinidad; así como los animales consanguíneos, tienen una alta probabilidad de alterar su homocigosis por la introgresión de genes que no corresponden al genoma de los mismos. El presente estudio tuvo como objetivo analizar marcadores moleculares microsatélites del adn extraído de ratones pertenecientes a las colonias de ratones BALB/C//BIOULA, C57BL/6//BIOULA y de ratas BIOULA: Sprague-Dawley, producidas en el Bioterio de la Universidad de Los Andes- Mérida (Venezuela), las cuales se han mantenido durante 16 años (32 generaciones) sucesivos e ininterrumpidos, usando apareamientos hermanos con hermanas en los ratones y empleando el sistema de Robertson en las ratas. Los productos de amplificación de los 14 microsatélites usados en el análisis del adn de los ratones presentaron una

Abstract

The outbred animals of laboratory, produced in the laboratory animals facilities for the investigation have a high probability of increasing his consanguinity, as well as the inbred animals, have a high probability of altering his homocigosis by the introgression of genes that do not correspond to the genome of the same ones. The present study had as aim analyze scoreboards molecular microsattellites of the dna extracted from mice belonging to the colonies of mice BALB/C//BIOULA, C57BL/6//BIOULA and of rates BIOULA: Sprague-Dawley, produced in the Bioterio of the University of The Andes - Merida – Venezuela. Which have been kept for 16 years (32 generations) successive and uninterrupted using matchings brothers with sisters in the mice and using Robertson's system in the rats. The amplification products of 14 microsattellites used in the analysis of the dna of the mice presented an alone fiber and they coincided with quantity

sola hebra y coincidieron en cantidad de pares de bases a lo reportado en la base de datos de The Jackson Laboratory, indicando que conservan su condición de homocigosis e isogenicidad. Los productos de amplificación de los siete microsatélites analizados para el adn de las ratas presentaron sólo en cuatro microsatélites la condición de doble hebra; lo cual, para el total de 32 animales analizados, representa una heterocigosis disminuida de $0,157 \pm 0,214$ sd, con un bajo polimorfismo génico, revelado en el análisis estadístico realizado con el programa PopGen32. El estudio efectuado permitió verificar la condición genética de los animales producidos en el Bioterio de la Universidad de Los Andes-Mérida (Venezuela).

Palabras clave

Consanguinidad, homocigosis, heterocigosis, bioterios, genética.

of base couples to brought The Jackson's Laboratory database, indicating that preserve his condition of homocigosis and isogenicidad. The amplification products of 7 microsatellites analyzed for the dna of the rats presented only in 4 microsatellites, the condition of double fiber which in the total of 32 analyzed animals that represents a diminished heterocigosis of $0,157 \pm 0,214$ sd, with a low polymorphism genetic, revealed in the statistical analysis realized with the program PopGen32. The realized study allowed to check the genetic condition of the animals produced in the bioterio of the University of The Andes - Merida, Venezuela.

Key words

Consanguinity, homocigosis, heterocigosis, animals facilities, genetic.

Introducción

La condición del animal usado para la investigación se determina por sus características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas o cualquier otra cualidad que defina su fenotipo, el cual es el resultado de la interacción entre su genotipo y el ambiente. Por tanto, dado que el ambiente de los bioterios debe estar rigurosamente controlado, tales características derivan principalmente de su patrimonio genético, por lo que el control y la preservación de la calidad genética del animal de laboratorio deben ser prioritarios (Melloy y Balk, 1993). En los últimos 30 años, se han publicado casos de líneas y colonias de ratones y ratas que han perdido sus características genéticas, conllevando a la desvalorización de los resultados obtenidos, pérdida de tiempo y de recursos (Benavides y Guénet, 2003). De manera que es necesario establecer controles genéticos y fenotípicos de los ratones y las ratas utilizadas en la experimentación, para garantizar que los resultados obtenidos en ésta sean reproducibles y tengan importancia científica.

Con relación al control genético, se debe tener presente que los roedores de laboratorio no consanguíneos deben mantener un coeficiente de consanguinidad en un nivel bajo (menor al 1% cada cuatro generaciones); es decir, los animales deben presentar un alto grado de heterocigosis no definido que se relacione con una elevada variabilidad genética (Festing, 1992; 1993; Berry y Cutler, 2007).

En los bioterios de producción de animales de laboratorio, sin embargo, con el tiempo puede ocurrir algún incremento en su consanguinidad, debido a que estos grupos son mantenidos como colonias cerradas por largos periodos de tiempo, pudiendo conllevar a una variabilidad genética disminuida (Benavides y Guénet, 2003; De Jesús, 2003; Fes-

ting, 1993). Situación contraria puede ocurrir con los roedores de las colonias consanguíneas, los cuales, por errores generalmente técnicos, pueden llegar a ser genéticamente heterocigotos.

La condición genética de los animales de laboratorio tiene un importante efecto en los resultados experimentales; a pesar de esto, el análisis genético de las líneas no consanguíneas generalmente está ausente en los bioterios (Shang *et al.*, 2009); no así para los roedores consanguíneos (Benavides *et al.*, 2001).

En los bioterios, los ratones y las ratas se reproducen siguiendo esquemas de apareamientos determinados. Los ratones denominados consanguíneos se reproducen realizando apareamientos hermanos por hermanas durante 20 generaciones, teniendo origen en una sola pareja de fundación logrando, de esta manera, que exista un 99% de homocigosis en los individuos de la colonia, y de un 99% de isogenicidad entre los individuos que forman la colonia (Benavides y Guénet, 2003); de esta manera, el investigador que utiliza animales consanguíneos tiene la probabilidad de investigar en una genética definida. Cuando se reproducen los ratones o ratas no consanguíneos se utilizan diferentes esquemas de forma de mantener una alta variabilidad genética en éstos. Se trata del esquema de reproducción de Robertson (Wang, 1997).

Distintas técnicas han sido utilizadas para comprobar la condición de homocigosis y heterocigosis de los roedores utilizados para la investigación, desde las que evalúan solamente condiciones fenotípicas hasta las que valoran el genoma de los mismos (De Jesús, 2003). En el presente estudio, se utilizó el análisis directo del ADN mediante la detección de marcadores moleculares microsatélites, usando la PCR y observando los productos de amplificación, en geles de agarosa 2.5% (Love *et al.*, 1990; Gibbs, 1990). Los polimorfismos microsatélites se derivan, principalmente, de la variabilidad en la longitud de la secuencia primaria, la cual se evidencia por la presencia de varios alelos (Hans, 2004; Serikawa *et al.*, 2006); este análisis representa una herramienta valiosa en la valoración genética de los roedores de laboratorio.

El análisis efectuado, en el caso de las líneas de ratas no consanguíneas, se fundamenta primero en la existencia de procesos que ocasionan cambios en la composición genética de éstas (Hartl, 2001); y segundo, en que aunque no está claro cuánta es la extensión de la variabilidad genética que puede ser esperada para un *stock* no consanguíneo (Kloting *et al.*, 2003); sin embargo, se debe tener en cuenta que una media de 0.5724 de heterocigosidad implica que existe abundante variación genética en la población de ratones Kumming (Shang *et al.*, 2009).

Con respecto a la existencia de procesos dentro de las colonias de animales que cambian la composición genética de éstas, se pueden considerar: la deriva genética (modificaciones al azar de las frecuencias alélicas), la cual se presenta en los bioterios debido a que, generalmente, se escoge un número pequeño de animales para ser utilizado en la formación de las nuevas parejas reproductoras dentro de los núcleos de fundación, y que no poseen una muestra representativa de los genes de sus ascendientes (Metler y Gregg, 1972; Suzuki *et al.*, 1993).

El segundo proceso es la selección, práctica común en los bioterios, debido a la elección, según las características de los reproductores de una generación para dar lugar a la siguiente; en este caso, los efectos de la selección dependerán del nivel de variación genética de la población y de los individuos seleccionados (Zúñiga *et al.*, 2001).

El tercer proceso es la consanguinidad, la cual conduce al aumento de *loci* homocigotos, ocasionando una reducción en la heterocigosis, que conlleva a la disminución de la variabilidad genética, y a la aparición de un descenso en las aptitudes biológicas de la colonia; tales como: la fertilidad, el ritmo de crecimiento y la viabilidad, entre otras (Zúñiga *et al.*, 2001).

El cuarto y último proceso puede afectar la composición genética de los roedores de laboratorio no consanguíneos, es la mutación; la misma puede fijarse o no, dependiendo de si la misma ocurre en un animal que es reproductor. Además, pueden ser contraselectivas; por ejemplo, aquellas que causan infertilidad (White y Lee, 1998).

En el caso de las líneas consanguíneas, la genética puede ser alterada por las mutaciones, por la deriva genética, y también pueden ser afectadas por la introgresión de genes de otros roedores (como los roedores no consanguíneos), conllevando a perder la condición de homocigosis de los animales.

Debido a los procesos antes señalados, los cuales tienen influencia sobre la composición genética de los roedores de laboratorio, se planteó realizar la evaluación molecular mediante el análisis de marcadores moleculares microsatélites de la homocigosis de ratones BALB/C//BIOULA, C57BL/6//BIOULA y de la heterocigosis de ratas BIOULA: Sprague-Dawley, del Bioterio de la Universidad de Los Andes-Venezuela, con la finalidad de evaluar la condición genética de los animales que se producen en éste.

Materiales y métodos

Animales

Se realizó la extracción del ADN genómico del total de ratas (32 ejemplares) que conforman para el momento del estudio el núcleo de fundación de la colonia no consanguínea BIOULA: Sprague Dawley, y de las cuatro parejas que conforman el núcleo de fundación de las cepas BALB/c//BIOULA y de la C57BL/6//BIOULA, producidas en el Bioterio de la Universidad de Los Andes, de Mérida (Venezuela).

Extracción de ADN

La extracción del adn se realizó del tejido de oreja del ratón (*Mus musculus*) y de la rata (*Rattus norvegicus*), mediante digestión del tejido con ananasa (20 mg/ml) (González *et al.*, 2011), para lo cual se limpió y esterilizó el material de trabajo; se higienizó cada oreja de los ratones y ratas a usar, con alcohol al 70%, para desinfectar y evitar contaminaciones futuras. Se tomaron fragmentos de la oreja, de $\sim 2 \times 2$ mm, de cuatro de los ratones del núcleo de fundación de la cepa consanguínea C57BL/6//BIOU y de las 32 ratas (16 machos y 16 hembras) pertenecientes al núcleo de fundación de la línea *Sprague*

Dawley, en tubos eppendorf estériles, con 500 μL de la solución 1 (Buffer TE; NaCl (Riedel-Haën) 0,4 M) pH 8,2.

La solución de lavado fue descartada adicionando, posteriormente, 400 μL de solución 1, más 40 μL de SDS (Sigma) al 10% y 8 μL de Bromelina 20 mg/mL). Las muestras fueron incubadas en estufa Fabricante: Memmert (Alemania, modelo 255111), a 37°C durante dos horas; transcurrido este periodo de tiempo, la temperatura de la estufa fue aumentada a 65°C durante 15 minutos más, con la finalidad de inactivar la enzima. Luego, se agregaron 300 μL de NaCl (Riedel-Haën) 6M, agitando seguidamente por inversión, hasta observar la homogenización de la solución.

Las muestras fueron centrifugadas en frío durante 30 minutos a 12.000g en centrífuga marca KHT modelo 420B-Taiwán. El sobrenadante se transfirió a tubos nuevos y estériles, adicionando 1 volumen de isopropanol (Merck), mezclando por inversión. Las muestras se dejaron durante 12-18 horas a 4°C en una nevera convencional de 287 L. marca: Mabe-Colombia. Transcurrido este tiempo, las muestras se centrifugaron a 12.000g en frío durante 30 minutos.

Finalmente, el precipitado fue recuperado y resuspendido en 100 μL de agua ultrapura. Las muestras de ADN se re-precipitaron, adicionándole 50 μL de NaCl (Riedel-Haën) 0,3M y 2,5 volúmenes de etanol absoluto (Merck); se dejaron a -20°C (congelador vertical FE22, -17°C, marca Electrolux-Venezuela), durante 12 horas; seguidamente se centrifugó durante 10 minutos a 12.000g, y se lavó el precipitado con 1 mL de etanol 70% frío, secado en estufa, con rangos de temperatura de 0 -200°C-capacidad 53 Lts a 37°C, resuspendido y almacenado en 100 μL de agua ultrapura.

Para la estimación de la concentración del ADN genómico obtenido se realizó una dilución del ADN en agua para, posteriormente, realizar las medidas de absorbencia a 260 y 280 nm, en un espectrofotómetro (Jenway, modelo 6305 UV/Vis-Reino Unido).

La integridad del ADN se evaluó mediante electroforesis (BIO-RAD wide mini-subcell GT-Italia) en geles de agarosa (Agarose D-1 LE CQT \times 100g., Scientific Trade Corp Miami-EUA); para ello, se prepararon geles de agarosa al 0,9% en buffer TBE 0,5X, pH 8,2, empleándose como marcador de peso *Hind* III (Invitrogen) y revelado con bromuro de etidio (PROMEGA). La electroforesis en agarosa fue realizada a 90 Voltios (fuente de poder: BIO-RAD powerPac Basic™-EUA) durante 60 minutos, y las bandas fueron visualizadas en un transiluminador UV de 254 nm (BIO-RAD transilluminator UV 2000-EUA). El registro fotográfico se efectuó con una cámara digital (Sony Cyber-shot, modelo DSC-W100, 8.1 megapixels-Brasil), dotado de un filtro (#15 orange 40,5 mm-EUA).

Microsatélites

Para el análisis del ADN de la línea BIOULA: Sprague Dawley, la selección de los microsatélites y la secuencia de los oligonucleótidos iniciadores, se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos por Serikawa *et al.* (1992); estos investigadores realizaron el mapeo genético de rata mediante marcadores moleculares microsatélites (cuadro 1). De manera que se seleccionaron cinco de los microsatélites que mostraron mayor polimorfismo gené-

tico: *R-12*, *R-43*, *R-99*, *R-119* y *R-145*. La selección de los microsatélites *D1Mit10* y *D1Mit17* se realizó de acuerdo a la información que se encuentra en la dirección *web* siguiente: <http://rgd.mcw.edu> (Rat Genome Database).

Cuadro 1

Secuencia de los oligonucleótidos iniciadores utilizados para el análisis de los microsatélites de rata.

Microsatélites	Oligonucleotidos iniciadores
R-12	Forward: 5'- GAGATAGTTCAGAAGCCCATG-3' Reverse: 5'- AGGGAGTGGCAGCATTTAG- 3'
R-43	Forward: AAGCATAGCAGTGAATTGGTG-3' Reverse: 5'- TTCATCATCCTTTCATAAAGGC- 3'
R-99	Forward- 5'- GCCCTATGTCTGAGTGTTGC- 3' Reverse- 5'- CTAGGTGAAGTGACAGGCCA- 3'
R-199	Forward- 5'- CAAGGACTGAGTGCATGCTC- 3' Reverse- 5'- TTCTCTCTTGCTAGCTGCCA- 3'
R-145	Forward- 5'- AGGAAATGGGTTTCAGTTCC- 3' Reverse- 5'- CAGGATTCTGTGGCAATCTG- 3'
R103	Forward- 5'-CATTCTGAAACGTTGTTTCCTC - 3' Reverse-5'- AGGAAATTAAGAGAAGTTGGGACT- 3'
D1Mit17	Forward- 5'-GTGTATGTATGCGTGCGTGC- 3' Reverse- 5'- TGGAAAGGGTGGAGACAAATG- 3'

Para el análisis del ADN de las cepas de ratones C57BL/6//BIOULA y BALB///BIOULAC: la selección de los 14 microsatélites (cuadro 2) usados y la secuencia de los oligonucleótidos iniciadores; para el análisis del ADN se realizó, de acuerdo al listado de loci de ratón (que se encuentra en la dirección *web*: <http://www.informatics.jax.org>); los mismos se seleccionaron de acuerdo al polimorfismo presentado entre cepas y la ubicación en distintos cromosomas.

Análisis del ADN

El análisis del ADN se llevó a cabo mediante el ensayo de la PCR; la mezcla para PCR se preparó conteniendo 100 ng de ADN con volumen final de 50 μ l, adicionando a cada tubo los siguientes reactivos: mezcla de dNTP (250 μ M); MgCl₂ (1,5 mM); par de oligonucleótidos iniciadores (0,5 μ M para el análisis del ADN de rata y 0,3 μ M para el ADN de ratón); 1 U/ μ l de Taq DNA polimerasa, buffer 1X y agua calidad ultrapura para completar el volumen final de 50 μ l. La amplificación fue realizada en termociclador Ge-

neAmp PCR System 2400, empleando las siguientes condiciones: 4 minutos de desnaturalización inicial a 95°C, 35 ciclos a 95°C durante 45 segundos; 47.5°C, 49.7°C, 50.3°C, 52.3°C, 54.4°C durante 45 segundos (dependiendo del oligonucleotido iniciador usado); 72°C durante 30 segundos y un ciclo de elongación final a 72°C durante 4 minutos. Los oligonucleótidos iniciadores utilizados en el ensayo fueron adquiridos a través de Eurofins MGW Operon. El tamaño de los fragmentos obtenidos por PCR fue evaluado por electroforesis en geles de agarosa al 2.5% en buffer TBE 1X pH 8,2 y revelados con bromuro de etidio (PROMEGA). La escalera de peso molecular utilizada fue X174RF/Hae III (Life Technologies). Las muestras fueron corridas a 110 V (fuente de poder: BIO-RAD powerPac Basic™, EUA) durante 70 minutos y las bandas fueron visualizadas en un transiluminador UV de 254 nm (BIO-RAD transilluminator 2000-EUA). El registro fotográfico se efectuó con una cámara digital Sony Cyber-shot, modelo DSC-W100, 8.1 megapixels (Brasil), dotado de un filtro (#15 orange 40,5 mm- EUA).

Cuadro 2

Secuencia de los oligonucleótidos iniciadores utilizados para el análisis de los microsátélites de ratón.

Microsátélites	Oligonucleotidos iniciadores
D1Mit14	forward: GCCAGACAGGGCTACATTGT reverse: AGACTGAACTCTGGCCTCCA
D1Mit17	forward: GTGTCTGCCTTTGCACCTTT reverse: CTGCTGTCTTTCCATCCACA
D5Mit254	forward: GTGCAGGCCTGAATTGAAAT reverse: CAAAGTGCCTGTGCATGTG
D6Mit160	forward: AAGAGGACAGGCTAGTCTCGG reverse: AGCAAAGCTGAAAAGAAAGGG
D8Mit46	forward GCCTGGGCTACATGAGACTC reverse GGAATTCCAATACACTAAAGGG
D10Mit10	forward: CCAGTCTCAAACAACAACAAC reverse: TTGCACCTAGATTGCCTGA
D10Mit123	forward: AAAGTGGATGCAAAGGAAAGG reverse: GTTGATCTAATGGATCTTGACA
D11Mit2	forward: TCCCAGAGGTCTCCAAGACA reverse: CCACAGTGTGTGATGTCTTC
D11Mit31	forward: GCCTGAATTCACATGGTGG reverse: AGAATAAGTAAACCCAGCTGCC

El cuadro continúa en la siguiente pág.

Continúa cuadro 2

D13Mit13	forward: CTGTGGTAAGTCCAGATTTG reverse: GGAAAGAGTAGGAAGATGCC
D13Mit99	forward: CAACAGGCAGATTTGGTGG reverse: TATAGTGGCAACTTTCAGATGGA
D14Mit193	forward: CTCTGGCTTCTAAACAAAACACTG reverse: CATGTGGACGTGTGTATACATCC
D15Mit63	forward: ACCAATGATCGTTGATGCCT reverse: TAATTTCACACTAGCAAAACAAA
D17Mit175	forward: TGGAAATCGGAGCCTCTG reverse: TTGGAAAAGGTTGAGAGTAGATCA

Análisis estadístico

Los datos resultantes de los productos de amplificación mediante PCR del ADN de rata, fueron analizados mediante el programa PopGen 32 (Yeh *et al.*, 1999), el cual se basa en el análisis de poblaciones a través de la variación genética existente entre y dentro de poblaciones naturales, cuando se utilizan marcadores moleculares dominantes o co-dominantes. Para realizar el análisis estadístico de los resultados, se calcularon los Rf del peso molecular, el cual es calculado como el radio de la distancia migrada por el producto de amplificación problema con relación al frente del colorante del marcador molecular; una vez calculados los Rf de los productos de amplificados obtenidos para los distintos microsatélites, éstos se introdujeron en el programa estadístico PopGen2.

Resultados

Los siete *loci* microsatélites seleccionados para el análisis del ADN de rata presentaron productos de amplificación con las características presentadas en el cuadro 3.

Cuadro 3

Tamaño de los productos de amplificación para los *loci* microsatélite usados en la evaluación molecular de las ratas BIOULA: Sprague Dawley.

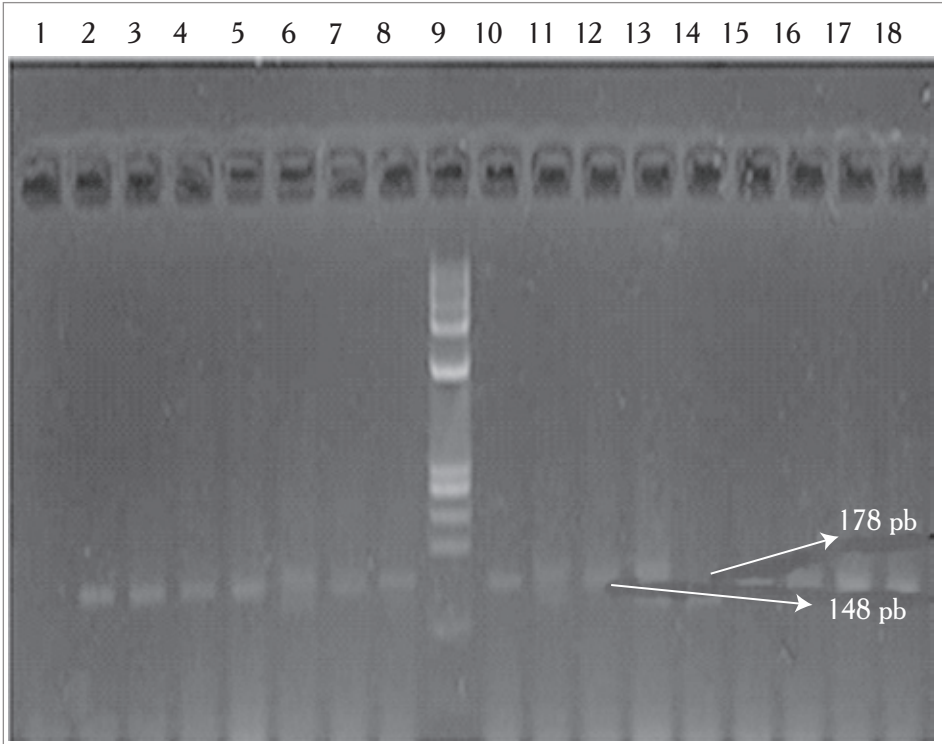
Locus	Alelos	Tamaño (pb)* Encontrado	Condición genética
D10Mit10	1	200	Monomórfico/monoalélico
D1Mit17	1	228	Monomórfico/monoalélico
R-12	1	151	Monomórfico/monoalélico
R-43	2	148, 178	Polimórfico Monoalélico / bialélico
R-99	2	91, 109	Polimórfico Monoalélico / bialélico
R-119	2	109, 128	Bialélico/ monomórfico
R-145	1	126	Bialélico/ monomórfico

*pb: pares de bases

Se pudo observar que los microsatélites *D10Mit10*, *D1Mit17* y *R-12* mostraron un comportamiento monomórfico (de una sola forma) y monoalélico (una sola hebra); es decir, hebras que sólo presentaron 200, 228 y 151 pb., respectivamente. Los productos de amplificación observados para los microsatélites *R-43* y *R-99*, presentaron polimorfismo a pesar de que se observaron productos de amplificación con una condición monoalélica (una sola hebra), algunos mostraron una cantidad de pares de base de 148 y otros de 178, para el microsatélite *R-43*; y para el *R-99* se observaron microsatélites que tenían una sola hebra de 91 pb., y otros de 109 pb.; para estos microsatélites se observaron, igualmente, algunos productos de amplificación de dobles hebras, indicando la existencia de alelos de diferentes tamaños, pero en las mismas cantidades de pares de bases observadas por separado; para el microsatélite *R-43*, de 148 y 178; y para el *R-99*, de 91 y 109.

Para los microsatélites *R-119* y *R-145*, se observaron productos de amplificación con una sola forma (monomórfico), pero en una condición bialélica (dos hebras); ejemplo de lo planteado se puede observar en la figura 1, la cual presenta el producto de amplificación del microsatélite *R-43*; en ésta, se pueden observar hebras con 178 pb y hebras con 148 pb, en forma monoalélica; e igualmente se pueden observar ambas hebras, pero en forma bialélica.

Figura 1
Productos de amplificación del microsatélite *R-43*.



Carril 1: Control negativo. Carriles 2-9 y 11-18: Productos de amplificación de muestras problemas. Carril 10: Marcador Molecular Φ X174 *Hae* III.

Los resultados del análisis estadístico (cuadro 4), realizado con el programa Pog-Gen 32 presentaron que las frecuencias alélicas, para el microsatélite *R-119*, poseen la proporción máxima de heterocigotos, es decir, 0,5; mientras que para *R-99* y *R-143*, se observó la tendencia a la fijación de un alelo, ya que la frecuencia de un alelo es muy alta con respecto a la frecuencia del otro; por ejemplo, para *R-43*, la frecuencia del alelo A es de 0,883 (aproximándose a 1), mientras que la frecuencia del alelo B es de 0,116 (acercándose a 0). Para *D1Mit17*, *D10Mit10*, *R-12* y *R-145*, las frecuencias son iguales a 1, debido a la existencia de un alelo único.

Cuadro 4

Frecuencias alélicas de la colonia de ratas *Sprague-Dawley* para los diferentes *loci* microsatélites evaluados.

Alelo	Locus						
	D1Mit17	D10Mit10	R-12	R-43	R-99	R-119	R-145
A	1.000	1.000	1.000	0.883	0.725	0.500	1.000
B	-	-	-	0.116	0.274	0.500	-

Los resultados de la medida de los Rf permitieron, a la vez, estimar el porcentaje de *loci* polimórficos y monomórficos con respecto al total de microsatélites evaluados. El porcentaje de *loci* polimórficos, para los microsatélites *R-43*, *R-99*, *R-119*, fue de 42.86%; mientras que un porcentaje de 57.14%, está representado por *loci* monomórficas, para los microsatélites *D1Mit17*, *D10Mit10*, *R-12*, *R-145*.

En el cuadro 5 se presentan los estadísticos de la variación génica de la población de ratas *Sprague-Dawley*, para todos los *loci* microsatélites analizados, observándose que el tamaño de la muestra para los *loci R-12* y *R-43* fue de 60, mientras que para el resto de los *loci* fue de 62. Esto se debe a que en ambos *locus* no se presentó la misma cantidad de producto de amplificación para una de las muestras de ADN; por lo tanto, no se reportan los alelos correspondientes a dichos *locus* en el análisis.

Cuadro 5

Variaciones génicas para todos los *loci* de la colonia de ratas *Sprague-Dawley*: valores de Índice de Shanno's y del coeficiente de heterocigosis de Nei's.

Locus	N	Na	Ne	I
D1Mit17	62	1	0.000*	0.000*
D10Mit10	62	1	0.000*	0.000*
R-12	60	1	0.000*	0.000*
R-43	60	2	0.206	0.360
R-99	62	2	0.398	0.587
R-119	62	2	0.500	0.693
R-145	62	1	0.000	0.000
Promedio	-	-	0.157	0.234
SE	-	-	0.214	0.308

Tamaño de la muestra (N); número de alelos observados (n_a); heterosis esperada (He); índice de fijación (I); desviación significativa (*); error estándar (SE), *ne = número de alelos efectivos (Kimura y Crow, 1964). *I = Índice de información de Shannon's (Lewontin y Krakauer, 1973).

La proporción de homocigotos y heterocigotos observados para la colonia de ratas fue de $0,791 \pm 0,367$ y $0,208 \pm 0,376$, respectivamente.

El promedio del número de alelos por *locus*, para toda la colonia, fue de $1,428 \pm 0,534$ y el promedio del número de alelos efectivos fue de $1,274 \pm 0,403$. El valor (na) indica el número de alelos observados para la colonia, mientras que el (ne) mide la frecuencia de aparición o la efectividad de estos alelos.

Como anteriormente se dijo, el Índice de Shanno's, representa una medida de diversidad genética, y la encontrada para la colonia en análisis con respecto a los microsatélites estudiados fue de $0,234 \pm 0,308$, indicando una diversidad muy baja. Ambas medidas estiman la proporción de heterocigotos esperados en una población (cuadro 6).

Cuadro 6

Proporciones de heterocigosis para la colonia de ratas *Sprague-Dawley*, calculadas mediante el programa de análisis genético de poblaciones PopGen 32.

Locus	Tamaño muestra	Homo. Obs.	Heter. Obs.	Homo ^Δ Esp.	Heter. ^Δ Esp.	Hete. Esper. Nei*
D10mit10	62	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
D1Mit17	62	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
R-12	60	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
R-43	60	0.833	0.166	0.790	0.209	0.206
R-99	62	0.709	0.290	0.595	0.404	0.398
R-119	62	0.000	1.000	0.491	0.508	0.500
R-145	62	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
Promedio	61	0.791	0.208	0.839	0.160	0.157
Desv. Est.		0.367	0.367	0.218	0.218	0.214

^ΔHeterocigosis esperada (Levene, 1949). *Heterocigosis esperada (Nei, 1973).

Los productos de amplificación obtenidos en el análisis de los 14 *loci* microsatélites del ADN de los ratones de las líneas BALB/c//BIOULA y C57BL/6//BIOULA y observados en gel de agarosa al 2,5%, presentaron una condición de un solo alelo para todos los microsatélites analizados (cuadro 7).

Cuadro 7

Tamaño de los productos de amplificación para los *loci* microsatélite usados en la evaluación molecular de los ratones BALB/c//BIOULA y C57BL/6//BIOULA.

Locus	Alelos	Tamaño (pb)* encontrado		Tamaño (pb)* esperado	
		BALB/c// BIOULA	C57BL/6// BIOULA	BALB/c// BIOULA	C57BL/6// BIOULA
D1 Mit17	1	176	170	176	170
D1MIT14	1	198	180	198	180
D5 Mit254	1	144	136	144	136
D6 Mit160	1	135	135	135	135
D8Mit46	1	200	208	200	208
D10 Mit10	1	128	180	128	180
D10Mit123	1	149	141	149	141
D11 Mit2	1	112	122	112	122
D11mit31	1	150	156	150	156
D13 Mit13	1	138	148	138	148
D13Mit99	1	177	203	177	203
D14Mit193	1	132	122	132	122
D15 Mit63	1	124	146	124	146
D17Mit175	1	104	110	104	110

*pb: pares de bases.

Discusión

Se asume que los roedores de laboratorio pertenecientes a las líneas no consanguíneas se caracterizan por su alto grado de heterogeneidad genética, reflejando la de la población humana; sin embargo, muchas líneas no consanguíneas han sido mantenidas como colonias estrictamente cerradas durante largo tiempo, decreciendo su variabilidad genética (Kloting *et al.*, 2003). El manejo reproductivo de las colonias no consanguíneas está

dado por el apareamiento azaroso de los animales mantenidos en la colonia, por lo que es necesario establecer sistemas de cruce especiales que eviten el aumento de los niveles de consanguinidad en el grupo (De Jesús y Torres, 2006). Los sistemas usados intentan, por medio de cruces en rotación, copiar los apareamientos al azar que se presentan en las poblaciones naturales y, de esta manera, mantener la variabilidad genética dentro de la colonia; entre estos sistemas se encuentran el de Poiley y el de Robertson; el primero, usado para colonias con grandes cantidades de parejas, y el segundo, para colonias con pocas parejas.

Para mantener correctamente estos grupos de roedores no debe sobrepasarse del 1% de endocría por generación, tratando de cruzar siempre animales no emparentados. En una colonia cerrada, esto es muy difícil de lograr; por lo tanto, dependerá del tamaño inicial de la colonia. Lo ideal es contar con alrededor de 80 parejas reproductoras como fundadores del núcleo; así, el coeficiente de endocría F no llega a superar el 10% dentro de las 20 generaciones (Benavides y Guénet, 2003). Por consecuencia, es importante que las líneas no consanguíneas presenten un alto grado de diversidad genética individual, aunque la heterogeneidad total nunca sea lograda.

La variabilidad genética detectada por técnicas como la PCR, se describe por la variación en las frecuencias alélicas. Las frecuencias genotípicas sólo se pueden calcular a partir de las alélicas cuando hay equilibrio de Hardy-Weinberg. Sin embargo, las alélicas siempre se pueden calcular a partir de las genotípicas.

Para esto, se calculan parámetros como la proporción de *loci* polimórficos (P) o polimorfismo (proporción de *loci* con más de un alelo) y la heterocigosis media (H), la cual se determina obteniendo, primero, la frecuencia de individuos heterocigotos en cada *locus* y sacando, luego, el promedio de estas frecuencias con todos los *loci*; sin embargo, existen distintos índices para medir diversidad genética, como el Índice de Shannon, el Índice de fijación y el coeficiente de heterocigosis de Nei's, mediante los cuales se pueden deducir la variación genética.

La colonia de ratas Sprague Dawley, del Bioterio de la Universidad de Los Andes, se ha mantenido en reproducción durante 16 años (32 generaciones), en una colonia cerrada, usando el esquema reproductivo de Robertson; éste consiste en agrupar una cantidad de parejas por bloques. En el caso de la colonia en estudio ($B_1, B_2 \dots B_8$), para realizar el apareamiento de los reproductores de la colonia de fundación, se seleccionan los machos de los bloques impares (B_1, B_3, B_5, B_7) y se aparean con las hembras de los bloques pares (B_2, B_4, B_6, B_8) y los machos de los bloques pares (B_2, B_4, B_6, B_8) y se aparean con las hembras de los bloques impares (B_1, B_3, B_5, B_7), para formar nuevamente los bloques ($B_1, B_2 \dots B_8$).

El análisis de marcadores moleculares microsatélites permitió inferir, a la colonia de ratas Sprague Dawley, que la colonia ha perdido variabilidad genética; ya que se observó un alto porcentaje de uniformidad genética para los productos de amplificación de los microsatélites *D10Mit10*, *D1Mit17*, R-145 y R-12 al analizar los valores de R_f a través del estadístico de variación génica, conocido como el Índice de Shanno's indicando una diversidad genética muy baja para las ratas de esta colonia *Sprague-Dawley*. Este

índice representa la probabilidad de que dos alelos de un mismo *locus* (elegidos al azar), sean diferentes uno del otro. Las proporciones de homocigotos y heterocigotos esperados (Levene, 1949), son una función de los *loci* polimórficos, del número de alelos por *locus* polimórficos y de las frecuencias alélicas bajo el supuesto de apareamiento netamente al azar, notándose que las proporciones obtenidas para estos dos parámetros fueron: $0,791 \pm 0,367$ para la homocigosis y $0,208 \pm 0,376$ para la heterocigosis. Estos valores indican que la proporción de heterocigotos se encuentra notablemente disminuida.

La diversidad genética de una población es comúnmente medida calculando el promedio de heterocigotos por *locus* (Nei y Roychoudhury, 1973). El método propuesto por Nei y Roychoudhury (1973), es aplicable a cualquier población, sin considerar el número de alelos por *locus*, el patrón de fuerzas evolutivas tales como la mutación, selección y migración y el método reproductivo del organismo usado. La estimación de las heterocigosis esperadas mediante Levene (1949), así como Nei's y Roychoudhury (1973), son realizadas asumiendo apareamiento al azar.

Es importante mencionar que los números esperados deben ser muy similares a los números observados (aunque la prueba no especifica qué factor es determinante de la concordancia), ya que los números esperados se calculan de las frecuencias génicas determinadas por las cifras observadas; y, como podemos ver, no existen mayores diferencias entre ellas. Resultados similares fueron encontrados por Kloting *et al.* (2003), quienes reportaron más heterocigosis en ratas Rj: SD (0.27 ± 0.19), la cual fue significativamente diferente al de las ratas CrI: WIST (0.41 ± 0.19) y las ratas silvestres (0.35 ± 0.21), presentando una pérdida de alelos en las ratas *outbred* (no consanguíneas), producidas en cautiverio con relación a las ratas silvestres; demostrando así, que la designación de "outbred stock" o "colonia no consanguínea" no garantiza la variabilidad genética, ni fenotípica de las primeras.

En Venezuela se han reportado escasos estudios de este tipo; por ejemplo, los realizados por De Jesús (2003, 2006) y De Jesús *et al.* (2005). En el caso reportado en este trabajo, el resultado es el reflejo del manejo zootécnico que se le ha tenido que proporcionar a la línea a través de su historia (16 años) de producción en el Bioterio de la Universidad de Los Andes; ya que, como se mencionó anteriormente, existen procesos que actúan a largo plazo en contra del mantenimiento de la variabilidad genética de poblaciones no consanguíneas; especialmente si estas poblaciones son pequeñas, siendo probable que alguno de los procesos mencionados (deriva genética, selección, consanguinidad y mutación) hayan actuado en la colonia analizada, ya que ésta se compone y se ha mantenido con un grupo pequeño de individuos; por lo que cada generación descendiente del nuevo núcleo puede haber proporcionado una dotación genética poco nutrida que ha conllevado a las modificaciones en las frecuencias alélicas y, por ende, a un descenso en la frecuencia de heterocigotos.

El análisis realizado permite planificar los apareamientos posteriores debido a que se podrán seleccionar los animales que presenten alelos en condición bialélica y polimórfica para ser los futuros reproductores de las próximas generaciones; ello permitirá incrementar la variabilidad genética de la misma, esperando lograr, en el futuro, un mayor

polimorfismo en la colonia (Kiran *et al.*, 2007), teniendo en cuenta la existencia de estudios en los cuales se ha intentado recuperar la condición de heterocigosis en colonias de animales no consanguíneos que, con el transcurso del tiempo, presentan la condición de homocigosis; por ejemplo: Kloting *et al.* (2003); Campino *et al.* (2002); Voigt *et al.* (1997); Kloting *et al.* (1997), en los cuales se propusieron, básicamente, el aumento de la variabilidad de las colonias en estudio mediante el cruce con grupos silvestres, cuya alta variabilidad genética fue comprobada con anterioridad. La propuesta a seguir en el bioterio será la del análisis del polimorfismo de microsatélites para realizar la selección de futuros reproductores dentro de la misma colonia de producción que se ha mantenido durante 16 años en el bioterio.

Debido a que los resultados obtenidos reflejan desviaciones estándares elevadas, este estudio conlleva también a la decisión de examinar un mayor número de marcadores microsatélites, con la finalidad de obtener mayor información en el análisis (Serikawa *et al.*, 1992; Teppner *et al.*, 2004; Smits *et al.*, 2004; Weinschenker *et al.*, 2005).

Con relación a los resultados obtenidos en el análisis de los microsatélites para las cepas consanguíneas analizadas (BALB/c//BIOULA y C57BL/6//BIOULA), éstos son un reflejo de las condiciones de mantenimiento que han tenido los núcleos de fundación de ambas cepas, los cuales se han mantenido en aisladores desde la llegada de las parejas que le dio origen a la colonia (en el año de 1995), lo cual ha permitido que estos animales se mantengan en una condición de consanguinidad, proporcionando homocigosis e isogenidad a lo largo del tiempo (32 generaciones) de producción, ya que la reproducción se ha realizado mediante apareamientos monogámicos de hermanos con hermanas, seleccionados del tercer parto de la pareja reproductora (P_0), fundamentado en que la consanguinidad (o endocría) es el acoplamiento entre individuos emparentados.

Y, por otro lado, la práctica sistemática de la consanguinidad disminuye la frecuencia de los genotipos heterocigotas y, paralelamente, el número limitado de progenitores genera una progresión hacia el estado homoalélico (una sola variante alélica presente), donde algunos alelos (en principio al azar) son fijados en ese grupo de animales. De esta forma, cada línea consanguínea representa una colección única de genes (alelos) imposible de repetir (Benavides y Guénet, 2003). Ante lo planteado por estos autores, las cepas de ratones consanguíneos que fueron estudiados en este trabajo, además de demostrar un estado homoalélico, presenta semejanza con las líneas BALB/c y C57BL/6 clásicas, debido a la paridad con la cantidad de pares de bases encontradas en el reporte de la base de datos de The Jackson Laboratory.

No se descarta, sin embargo, la posibilidad de que las colonias presentes en el Bioterio de la Universidad de Los Andes, actualmente sean subcepas; esto, debido a que es inevitable la divergencia de las líneas consanguíneas, siendo éste un fenómeno lento pero insidioso e inevitable. Ante esta situación es necesario continuar el análisis de mayores números de microsatélites, con la finalidad de definir la posible divergencia con las cepas denominadas clásicas o estándar y, a la vez, estandarizar la colonia existente.

Conclusiones

La evaluación de marcadores moleculares microsatélites permitió evaluar la condición de heterocigosis para las ratas no consanguíneas BIOULA: Sprague Dawley y de homocigosis para los ratones consanguíneos BALB/c//BIOULA y C57BL/6//BIOULA.

Se encontró un estado homoalélico, similar al reportado en la base de datos de The Jackson Laboratory para los ratones BALB/c//BIOULA y C57BL/6//BIOULA, para los distintos microsatélites analizados mediante PCR.

La condición de heterocigotos en las ratas BIOULA: Sprague Dawley, se encuentra notablemente disminuida, de acuerdo a los resultados estadísticos encontrados al analizar los Rf de los productos de amplificación de los distintos microsatélites usados, mediante el programa estadístico PopGen2.

Agradecimientos

Al Centro de Desarrollo Científico, Tecnológico y Humanístico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes, Mérida, bajo el Proyecto No. C-1377-06-03-A.

Literatura citada

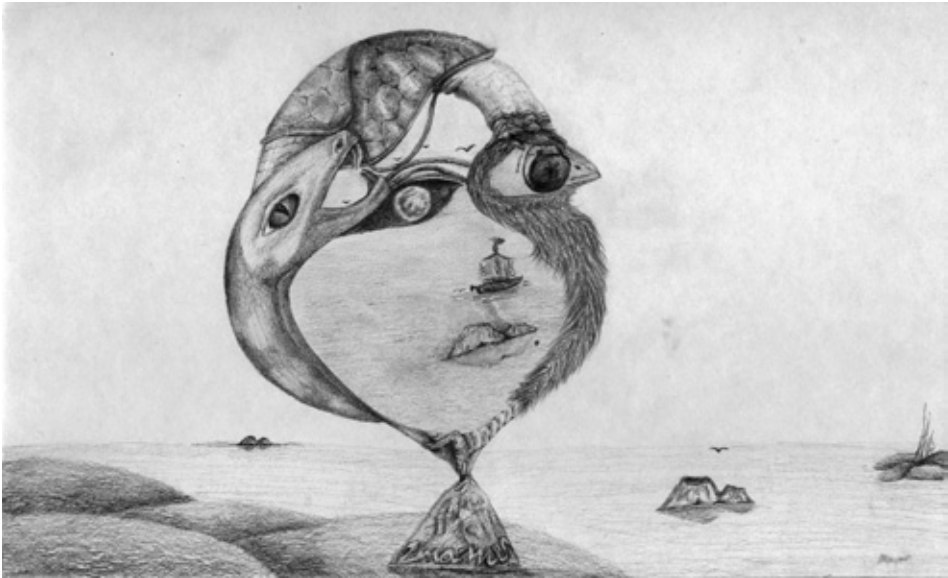
- Benavides, F.; Glasscock, L.; Coghlan, M.; Stern, M.; Weiss, D. y Conti, C. (2001). PCR - based microsatellites analysis for differentiation and genetic monitoring of nine SENCAR mouse strains. *Lab Ani*. 35: 157-162.
- Benavides, F. y Guénet J. L. (2003). *Manual de genética de roedores de laboratorio. Principios básicos y aplicaciones*. Universidad de Alcalá. Madrid, 312 pp.
- Berry, M. y Cutler C. (2007). Breeding Systems: Considerations, Genetic Fundamentals, Genetic Background, and Strain Types. *The Mouse in Biomedical Research. History, Wild Mice and Genetics Ch 4- Elsevier Academic Press. California, 53-78pp*.
- Campino, S.; Behrschmidt, C.; Bagot, S.; Güenet, J. L.; Cazenave, P.; Holmberg, D. y Goncalves, C. (2002). Unique genetic variation revealed by a microsatellite polymorphism survey in ten wild-derived inbred strains. *Genomics*. 79: 618-620.
- De Jesús, R. (2003). ¿Cómo sabemos si los animales consanguíneos usados en la investigación son genéticamente puros? *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 2: 15-22.
- De Jesús, R.; Moreno, N. y Martínez, J. (2005). Ensayo de dos métodos de extracción de ADN de ratón para ser usado en el control genético de ratones consanguíneos mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). *Revista Científica del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. División de Investigación*. XV: 134-140.
- De Jesús, R. (2006). *Caracterización genética de líneas consanguíneas de ratón producidas en Venezuela, mediante análisis de microsatélites*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Maracay.
- De Jesús, R. y Torres, E. (2006). Evaluación de factores de reproducción para detectar posible contaminación genética en cepas consanguíneas de ratones. *J. Bol. Mal. Salud Amb. V.46 No. 2 Maracay, Dic. 2006*.
- Festing, W. (1992). Genetic variation in outbred rats estimated from DNA fingerprints: implications for toxicological screening. *Human Experiment Toxicology*. 11: 590-591.
- Festing, W. (1993). Genetic variation in outbred rats and mice and its implications for toxicological screening. *J. Experiment Animal. Science*. 35: 210-200.
- Gibbs, R. (1990). DNA amplification by the polymerase chain reaction. *Analytical Chemistry*. 62: 1202-1214.

- González, N.; Rodríguez, N.; Torres, W.; O'Callaghan, J. y De Jesús, R. (2011). Protocolo sencillo para la extracción de ADN genómico de tejido de oreja del ratón y la rata usando la enzima Bromelina. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI, No. 3*, 233-238.
- Hans, E. (2004). Microsatellites: Simple Sequences With Complex Evolution. *Nature Reviews*. 5: 435-445.
- Hartl, D. (2001). Genetic Management of Outbred Laboratory Rodent Populations. *Department of Organismal and Evolutionary Biology. Harvard University. Cambridge, Massachusetts*. Pp: 1-17.
- Kimura, M. y Crow, J. F. (1964). The number of alleles that can be maintained in a finite Population. *Genetics* 49:725-38.
- Kiran, K.; Vijaya, B.; Vishnuvardhan, R. y Giridharan, N. (2007). DNA Fingerprinting and Phylogenetic Analysis of W^{NIN} Rat Strain and Its Obese Mutants Using microsatellite Markers. *Biochemical Genetics*. 45: 77-91.
- Kloting, I.; Vogt, L. y Voigt, P. (1997). How heterozygous are wild rats (*Rattus norvegicus*)? *Transplantation Proceedings*. 29: 1772-1773.
- Kloting, I.; Nitschke, C. y Brandt, V. (2003). Impact of genetic profiles on experimental studies: outbred versus wild rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 189. 68-71.
- Lewontin, R. y Krakauer, J. (1973). Test for neutral genes. *Genetics* 74: 175-195.
- Levene, H. (1949). En un problema de la concordancia que se plantean en la genética. *Ann. Math. Stat.* 20: 91-94.
- Love, J.; Knight, A.; McAlerr, M. y Todd, J. (1990). Towards construction of a high resolution map of the mouse genome using PCR-based microsatellites. *Nucleic Acids Research* 18:4123-4130.
- Melloy, E. y Balk, M. (1993). The importance of laboratory animal genetics, health and the environment in Biomedical Research. *Editorial Academic Press, New York*. 135 pp.
- Mettler, L. y Gregg, T. (1972). *Genética de las poblaciones y evolución*. Editorial Hispano-Americana. Distrito Federal. México. 350 pp.
- Nei, M. y Roychoudhury, K. (1973). Sampling Variances of Heterozygosity and Genetic Distance. *Genetics* 76: 379-390.
- Serikawa, T.; Kuramoto, T.; Hilbert, P.; Mori, M.; Yamada, J.; Dubay, C.; Linpdpainter, K.; Ganten, D.; Güenet, J. L.; Lathrop, M. y Beckmann, J. (1992). Rat Gene Mapping Using PCR-Analyzed Microsatellites. *Genetics*. 131: 701-721.
- Serikawa, T.; Mashimo, T.; Voigt, B.; Tsurummi, T.; Naoi, K.; Nakanishi, S.; Yamasaki, K. y Kuramoto, T. (2006). A set of highly informative rat simple sequence length polymorphism (SSLP) markers and genetically defined rat strains. *Genetics*. 7: 1-8.
- Shang, H.; Wei, H.; Yue, B.; Xu, P. y Huang, H. (2009). Microsatellite analysis in two populations of Kunming mice. *Lab Anim*. 43:34-40.
- Smith, B.; Zutphen, B.; Plasterk, R. y Cuppen, E. (2004). Genetic Variation in Coding Regions Between and Within Commonly Used Inbred Rat Strains. *Genome Research*. 14: 1285-1290.
- Suzuki, D.; Griffiths, A.; Miller, J. y Lewontin, R. (1993). *Introducción al análisis genético*. Interamericana. McGraw-Hill. Cartagena. Madrid. 267 pp.
- Teppner, I.; Aigner, B.; Schreiner, E.; Muller, M. y Windisch, M. (2004). Polimorphic microsatellite markers in the outbred cfw and icr stocks for the generation of speed congenic mice on C57BL/6 background. *Laboratory Animals*. 38: 406-412.
- Voigt, B.; Kovacs, P.; Vogt, L. y Kloting, I. (1997). How heterozygous are wild rats (*Rattus Norvegicus*)? *Transplantation Proceeding* 29:1772-1773.
- Wang, J. (1997). More efficient breeding systems for controlling inbreeding and effective size in animal populations. *Heredity* 79 (1997) 591-599.
- Weinshemker, D.; Wilson, M.; Williams, K.; Weiss, J.; Lamb, N. y Twigger, S. (2005). A new method for identifying informative genetic markers in selectively bred rats. *Mammalian Genome*. 16: 784-791.
- White, W. y Lee, C. (1998). The Development and Maintenance of the CrI:CD[®](SD) IGS BR Rat Breeding System. *Charles River Laboratories*.

- Yeh, F.; Boyle, T.; Rongai, Y.; Ye, Z. y Xijan, J. (1999). *PopGen version 1,31. Microsoft Window-based Freeware for Population Genetic Analysis* <http://www.ualberta.ca/~fyeh/fyeh> (Consultada el 28 de agosto de 2010).
- Zúñiga, M.; Turmari, J.; Milocco, S. y Piñeiro, R. (2001). *Ciencia y tecnología en protección y experimentación animal*. McGraw-Hill/ Interamericana de España. Madrid, España. 638 pp.

Recibido: Octubre 14, 2010

Aceptado: Junio 28, 2011



Título: *Zooldato*

Técnica: Lápiz grafito sobre cartulina

Autor: Adoración Palma (2manoS)

Medidas: 15.5 x 25.5 cm

Año: 2011

Posibles factores de riesgo de los peces epicontinentales de México ante el calentamiento global

Possible Risk Factors of Global Warming in Epicontinental Mexican Fish

De la Vega-Salazar, M. Y.

Refugio Centro para la Conservación de la Ecobiodiversidad, A. C.
Norte 87-A No. 36, Colonia Clavería Azcapotzalco, D. F. México. C. P. 02080

Tel. Fax. (52+) 55 53 96 04 66

Correspondencia: marina_vesa@yahoo.com

Resumen

México puede ser vulnerable al calentamiento global (CG) por encontrarse en la zona de transición de las regiones biogeográficas Neártica (NA) y Neotropical (NT). El estudio presenta la magnitud del aumento de temperatura ambiental en estas regiones y los posibles factores de riesgo para los peces nativos asociados a éste, para evaluar la contribución del CG. El riesgo para los peces nativos aumenta por la pérdida del hábitat y la introducción de especies exóticas en la región NA que presenta un incremento significativo de temperatura.

Palabras clave

Cambio climático, recursos naturales, factores de riesgo peces nativos, peces endémicos.

Abstract

Geographic position makes Mexico vulnerable to global warming (GW), by the transition between Nearctic and Neotropical bio-geographical regions. The increment of environmental temperature in bio-geographical regions and risk factors to native fish are presented in order to evaluate its possible effect and contribution of GW. The threat to native fish can increase with the loss of habitat and the introduction of exotic species in the NA region where the temperature increased significantly.

Key words

Climatic Change, natural resources, threat of native fish, endemic fish.

Introducción

La consecuencia directa más clara de la modificación del clima es la elevación de la temperatura media de la superficie del planeta. Este incremento no ocurre necesariamente de manera homogénea en todas las regiones del planeta (Carabias *et al.*, 2010). Por su posición geográfica, México puede ser muy vulnerable al efecto del calentamiento global (CG) ya que se encuentra en la zona de transición entre la región bio-geográfica Neártica templada al norte del continente y el inicio de la región biogeográfica tropical (Neotropical) al sur, que limitan en el eje Neo-volcánico del país, donde

encuentran frontera las dos regiones. La región Neártica (NA) se localiza, principalmente, en la zona árida o semiárida del país con escasos recursos acuáticos. El área donde se sobreponen las dos regiones es conocida como zona de transición (ZT).

Históricamente, dos amplias comunidades ictiológicas avanzan o retroceden dentro del área continental mexicana pugnando en opuesta invasión por el dominio territorial. La historia geológica, en especial de la Zona Central de México (ZCM), tiene un importante efecto en la composición de la fauna de peces dulceacuícolas, ya que presenta condiciones especiales, incluyendo una gran variación altimétrica, climatológica y sistológica, creando condiciones para el aislamiento geográfico de las poblaciones y el enlace y mezcla de las dos comunidades, favoreciendo la especiación y produciendo endemismos a nivel de familia, género y especie (Miller, 1986; Miller *et al.*, 2005), dando como resultado una fauna ictiológica con una sorprendente riqueza; desafortunadamente, los peces son uno de los grupos de vertebrados con gran número de especies de distribución restringida y de mayor vulnerabilidad a la extinción. De acuerdo con la NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010, 39% de las especies de peces se encuentran en riesgo; 159 especies endémicas están reportadas en alguna categoría de riesgo, incluyendo 11 extintas (SEMARNAT, 2010).

Los peces son especialmente vulnerables por el conflicto con poblaciones humanas por los recursos acuáticos cada vez más escasos, ya que más de la mitad del territorio nacional incluye desiertos y zonas semi-áridas con gran inestabilidad ecológica y deficiencia de agua. Un síntoma de ello es la desecación de manantiales, que se ha acelerado durante los últimos años. Estudios recientes de la situación de los manantiales —realizado en la región occidental de la Mesa Central de México— reveló que sólo 20% de la muestra se puede considerar inalterada, mientras que 68% está seco, y el resto, restringido a usos antropogénicos (De la Vega-Salazar, 2009).

Mendoza *et al.* (2004), predicen cambios en la temperatura ambiental y la precipitación con base en modelos climáticos, siendo la cuenca Lerma-Santiago (LS) la que presenta la mayor vulnerabilidad, con riesgo de secarse por el incremento de la evaporación y por la elevada densidad y mayor crecimiento poblacional. Los efectos sinérgicos del aumento de temperatura con factores como la precipitación, la eutrofización, la destrucción y fragmentación del hábitat, aunado a la introducción de especies, han sido poco estudiados (Carabias *et al.*, 2010).

Dada la complejidad del CG, se requiere hacer estudios a nivel de meso-escala que los modelos globales no contemplan, evaluando los riesgos para los sistemas naturales, especialmente la biodiversidad y los recursos acuáticos, que pueden verse especialmente afectados por el incremento de temperatura con importantes efectos en el futuro y/o agudizar los problemas que ya existen.

El objetivo de este estudio es determinar la magnitud del aumento de temperatura en las regiones biogeográficas NA, NT y la ZT, y las cuencas LS y Valle de México (VM), ambas muy densamente pobladas, e identificar posibles factores de riesgo para los peces nativos.

Materiales y métodos

Se presentan series de tiempo de temperaturas ambientales reportadas para el país por el Sistema Meteorológico Nacional, de la temperatura media anual (TMEA), temperaturas máximas anuales promedio (TMAA) y la temperatura máxima mensual (TMAM); en ésta última, se considera la temperatura máxima reportada para cada año, en el periodo de 1971 a 2009, y para las regiones NA y NT y la ZT, así como para las cuencas LS y VM; estas dos últimas por encontrarse en la región más poblada del país y estar reportadas como de alto riesgo ante el CG.

Con el fin de hacer comparaciones de la variación de temperatura entre diferentes periodos de tiempo, se empleó el método de comparación de pendientes (Parvin, 1984), que permite medir grupos de datos con el valor de la pendiente, intercepto y coeficiente de correlación. Emplea la ecuación general de la regresión usada para el análisis de tendencia; esto se hace mediante la construcción de la región conjunta de confianza para la pendiente y la ordenada, donde el coeficiente de correlación (R^2) del modelo es la medida más adecuada de la bondad del ajuste, en la aproximación lineal. Si la regresión entre x e y existe, hay una dependencia entre ambas variables; entonces, R^2 tiende a 1. En este estudio se hace la comparación del valor de R^2 considerando los intervalos y la totalidad de los datos.

Se realizó el análisis de varianza para determinar la significancia de la diferencia de temperatura entre los periodos de años comparados.

Con base en la revisión bibliográfica, se presenta la situación actual del estado de conservación de los peces nativos, el análisis de los patrones de vulnerabilidad, los principales factores de riesgo, y cómo puede incidir el aumento de temperatura en el riesgo para los peces epicontinentales.

Para identificar los grupos en riesgo se muestran los datos de las condiciones de los principales órdenes de la fauna nativa epicontinental de México, con respecto a las condiciones de vulnerabilidad, incluyendo la situación actual del estado de conservación de los peces nativos, el número de especies con distribución restringida, el número de especies en riesgo y el número de especies endémicas en riesgo.

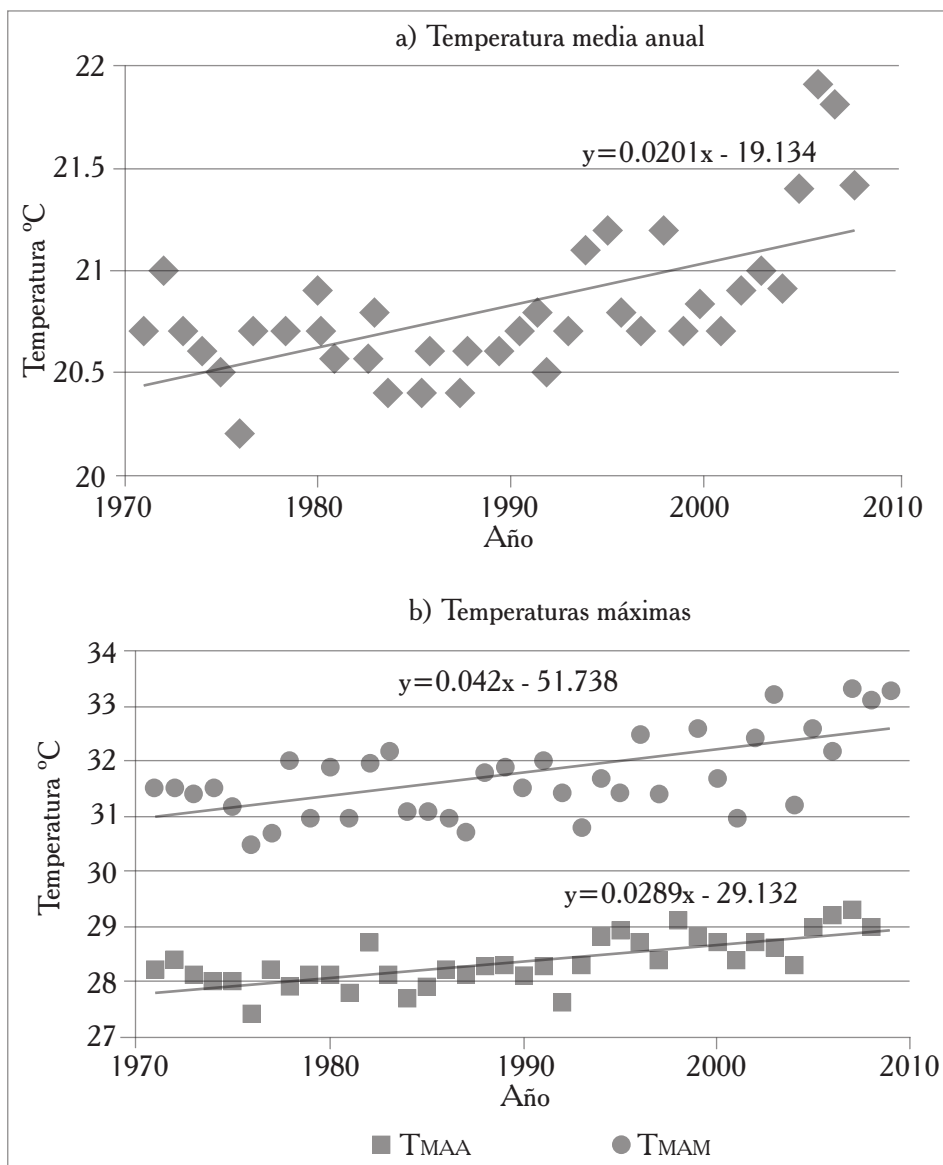
Resultados

Patrones de temperatura nacional y regional

Con los registros de temperatura ambiental reportados en el Sistema Meteorológico Nacional de los años de 1971 a 2009, se realizaron las gráficas de series de tiempo de las temperaturas promedio para toda la República Mexicana. La figura 1a muestra el comportamiento de las TMEA; y la figura 1b, la TMAA y de la TMAM, se puede observar el aumento gradual de la temperatura ambiental que se refleja en una pendiente positiva para todas las gráficas, siendo la del TMAM la que tiene el valor de la pendiente más alta.

Figura 1

Series de tiempo de: a) TMEA, b) TMAA y TMAM reportada para el Territorio Nacional durante los años comprendidos entre 1971 a 2009.

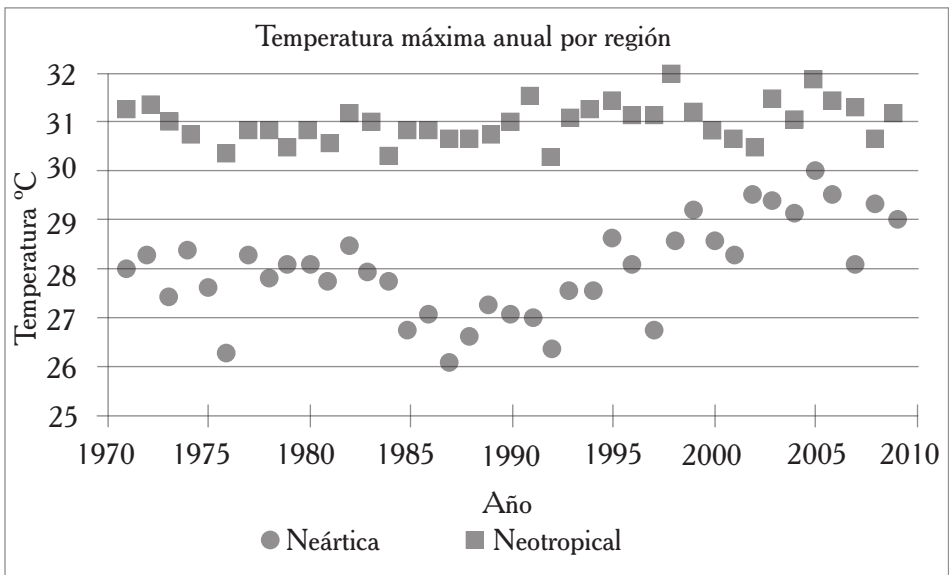


Los datos de series de tiempo de las temperaturas ambientales que fueron agrupadas, de acuerdo a la región biogeográfica NA y NT, se muestran en la figura 2.

Las gráficas de temperatura por región (figura 2) muestran patrones diferentes: la NT mantiene el mismo patrón de fluctuaciones, sin presentarse un aumento evidente de la TMAA; mientras que para la región NA, se observan marcadas fluctuaciones de temperatura y el incremento en el patrón de temperatura a partir de 1995; y mayor a partir de 2005, que se hacen más evidentes con el análisis de pendientes. En el periodo de 1971-1994, la tendencia de datos presentan una pendiente negativa (-0.056) con un intercepto de 28.3°C; en el periodo de 1995-2004, la tendencia de datos presenta una pendiente positiva (0.15) y para el periodo de 2005-2009, la temperatura se mantiene en promedio por arriba de 29.0°C y la tendencia de los datos presenta una pendiente negativa, pero con valor del intercepto de 29.8°C.

Figura 2

Series de tiempo de la temperatura máxima anual (TMAA) para las regiones NA y NT, durante los años comprendidos entre 1971 a 2009.



El coeficiente de correlación es significativamente mayor, considerando los periodos parciales (análisis de Parvin: cuadro 1).

Cuadro 1

Comparación de las variables de la correlación de las rectas obtenidas entre los periodos seleccionados de las series de tiempo de la (TMAA) para la región NA.

Periodo	R ²	Pendiente	Intercepto
1971-2009	0.133	0.014	27.7
1971-1994	0.364	-0.056	28.3
1995-2004	0.410	0.150	28.0
2005-2009	0.770	-0.220	29.8

R² = coeficiente de correlación.

Se realizó la comparación del promedio de las TMAA y TMAM agrupándolas en los mismos periodos mencionados (cuadro 2).

Con excepción de la región NT, la temperatura se ha incrementado significativamente; en el caso de la TMAA (cuadro 2), la NA, el VM y ZT presentan un aumento de más de 3°C y la LS, 4°C. Para la TMAM, el incremento es de 2.6°C; para LS, 2.9°C en ZT, 3.6°C para VM y 3.2°C para NA.

Cuadro 2

Cuadro comparativo de TMAA y TMAM promedio por región, para los periodos 1971-1994, 1995-2004 y 2005-2009 y la significancia estadística (ANOVA) de la diferencia entre periodos por grupo.

Región/ Cuenca		1971-1994 (I)	1995-2004(II)	2005-2009(III)	Significancia
VM	μ	20.8 (23.7)	23.1 (26.1)	24 (27.3)	I-III F=4.3 (4.2) P=0.1 (0.1)
	σ	2.4(2.8)	1.3(1.7)	1.5 (1.3)	
LS	μ	25.0 (29.8)	27.7 (31.8)	29.2 (32.4)	I-II F=5.5 P= 0.05 I-III F=13.3 (10.7) P=0.01 (0.02)
	σ	1.3 (1.8)	1.8 (1.4)	1.9 (0.4)	
ZT	μ	28.3 (31.3)	29.6 (32.1)	31.3 (34.2)	I-III F= 12.8 (11.5) P= 0.02 (0.03)
	σ	1.7 (1.1)	0.9 (1.6)	1.1 (1.0)	
NT	μ	30.5 (34.0)	30.9 (34.2)	31.3 (34.6)	-
	σ	1.7 (1.3)	5.1(1.5)	1.7 (1.1)	
NA	μ	21.6 (26.4)	23.3 (28.4)	24.9 (29.6) 0.4	I-III F=(14) P=(0.01) II-III F= 7.1 (10.0) P= 0.04 (0.02)
	σ	2.3 (1.8)	1.8 (1.1)	(0.8)	

Datos entre paréntesis corresponden a TMAM. μ = promedio. σ = desviación estándar.

Efectos del aumento de temperatura en peces

Muchas especies nativas de peces son estenotermas en determinados estados de desarrollo y pueden desaparecer con el calentamiento del agua (Reig, 2001; Ali *et al.*, 2004; González-Mayor, 2007). El efecto más dramático es la muerte por calor, pero un gran número de daños internos son posibles. En el cuadro 3 se presentan los principales efectos fisiológicos del aumento de temperatura en peces.

Cuadro 3

Efectos del aumento de temperatura en procesos fisiológicos en peces.

Factor fisiológico	Efecto	Referencia
Metabolismo	El agua más caliente acelera el ritmo de la digestión y respiración, y a concentraciones bajas de oxígeno aumenta la adrenalina y disminuye el ritmo cardiaco.	Reig (2001), Ali <i>et al.</i> (2004), González-Mayor (2007)
Respiración	Disminuye la afinidad entre la hemoglobina y el oxígeno, haciendo más difícil la transferencia entre el oxígeno y la sangre.	Ali <i>et al.</i> (2004)
Crecimiento	Causa una aceleración del crecimiento de peces, hasta la temperatura óptima, el crecimiento desciende precipitadamente llegando a la fase adulta de manera más rápida, pero también acorta su periodo de vida.	Reig (2001), Ali <i>et al.</i> (2004), González-Mayor (2007)
Osmo-regulación	Se incrementa la desnaturalización de las proteínas corporales y de las enzimas afectando procesos de detoxificación y eliminación.	Reig (2001), Hasler <i>et al.</i> (2009)
Reproducción	Procesos como la eclosión de huevos y desarrollo de los alevines se ven alterados. La proporción entre hembras y machos se puede modificar.	Fowler <i>et al.</i> (2009)

Vulnerabilidad de la fauna nativa

Los datos de las condiciones que presentan los principales órdenes de la fauna nativa epicontinental de México (cuadro 4) permiten identificar los grupos en riesgo, considerando número de especies con distribución restringida, número de especies en riesgo y número de especies endémicas en riesgo. Todos los órdenes tiene un porcentaje mayor de 25% de especies en riesgo y más de 30% de especies endémicas en riesgo; sobresalen los Cypriniformes y Salmoniformes con más del 60% de especies en riesgo. Para todos los casos, las especies endémicas con mayor riesgo, son las que tienen un área de distribución restringida.

Muchas de las especies de peces epicontinentales se encuentran enlistados en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010); es preocupante ver que un alto porcentaje de las especies en riesgo corresponde a especies endémicas (cuadro 4). En la región NA 58% de las especies nativas se encuentran en riesgo, en la cuenca LS 45% y en la ZT 38%; mientras que en la NT, donde el recurso acuático no es escaso, menos de 20% de las especies se encuentran en riesgo (De la Vega-Salazar, 2009).

Cuadro 4

Situación actual de los principales órdenes de peces epicontinentales reportados en riesgo y características de vulnerabilidad.

Orden	Total de especies	Distribución restringida	Endémicas	En riesgo	% En riesgo	Endémicas en riesgo	% Endémicas en riesgo
Atheriniformes	39	28	33	10	25.6	10	30.3
Cyprinodontiformes	182	95	155	74	40.7	69	44.5
Cypriniformes	98	54	64	60	61.2	43	67.2
Characiformes	9	2	2	2	22.2	2	100.0
Perciformes	63	16	43	22	34.9	18	41.9
Salmoniformes	3	2	2	2	66.6	1	50.0
Siluriformes	30	8	13	13	43.3	11	84.6

Fuente: Espinosa *et al.* (1993), SEMARNAT (2010).

La región NA puede ser la más afectada, y por tanto, las familias de peces de origen NA, como Atherinopsidae, con ocho especies endémicas en riesgo de los géneros *Menidia*; Catostomidae, con siete especies del género *Cyprinodon*; Cyprinidae, con 32 de los géneros *Algansea*, *Cyprinella*, *Dionda* y *Notropis*; Cyprinodontidae, con 16 especies del género *Cyprinodon*; Goodeidae, con 24 especies de 12 géneros; Gobiesocidae, con tres del género *Gobiesox*; Ictaluridae, con cuatro del género *Ictalurus*; Percidae, con cuatro del género *Etheostoma*, y Salmonidae 1 del género *Oncorhynchus*.

Discusión

Patrones de temperatura nacional y regional

Considerando la temperatura inicial (1971) y la temperatura final (2009) del periodo analizado, en todas las gráficas se presenta un aumento mayor de 1°C, que corresponde al aumento promedio de temperatura ambiental reportado para todo el planeta (Carabias *et al.*, 2010).

Los datos promedio parecen ocultar variaciones mayores que son más evidentes cuando se presentan por región, ya que en las series de tiempo de TMAA y TMAM analizados, se observa que la temperatura ambiental promedio ha aumentado significativamente en el periodo estudiado en la región NA, principalmente presentándose un aumento de 3°C. La región NT no presenta un aumento significativo y la diferencia de temperatura es de menos de 1°C, que está por debajo del patrón encontrado para los datos reportados para los promedios del territorio nacional (figura 1).

El comportamiento descrito puede explicarse por procesos naturales, como la circulación atmosférica del planeta y la relación de las corrientes oceánicas que son determinantes en el clima y los procesos de homogenización de temperatura. Al norte la mayor masa continental y las regiones muy separadas de la influencia marina dan como resultados zonas áridas y semiáridas. Las mismas razones de que el país sea muy diverso en ecosistemas provoca también que sea muy vulnerable al CG. Sin embargo, los cambios del CG se ven agravados por la sobreexplotación de los recursos naturales y los daños en los ecosistemas por la deforestación eutrofización y zonas muy densamente pobladas (Carabias *et al.*, 2010).

Patrones de vulnerabilidad en peces

Las plantas y animales ocupan exitosamente los ambientes naturales en virtud de sus adaptaciones, ya que cada especie cuenta con características biológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir de acuerdo a los factores físicos y químicos de los diferentes ecosistemas (Thomas, 1994). La extinción de peces se ha asociado principalmente a causas como el intervalo fisiográfico limitado, dado que las especies que ocupan pocas provincias fisiográficas y con distribución geográfica muy reducida (menos de 10 km) presentan mayor probabilidad de extinción (Angermeier, 1995). El grado de especialización también es importante, las especies que se encuentran distribuidas en una sola fisiografía o tipo de hábitat, debido a que están más especializadas a factores asociados con el alimento; la hidrología, la química del agua o régimen de temperatura, tienden a ser extirpadas más frecuentemente que las especies generalistas (Allendorf, 1988).

La vulnerabilidad puede ser exacerbada por la amenaza de eventos naturales o antropogénicos, incluyendo la construcción de embalses que generalmente cambian las características morfológicas, hidrológicas e hidráulicas, favoreciendo la acumulación de sedimentos y modificando los regímenes de flujo, temperatura y características físicas y químicas del hábitat (Shields *et al.*, 1994), que en su conjunto son factores con gran influencia en la composición de comunidades de peces, ya que la mayoría de las especies nativas requieren hábitat con aguas corrientes, altas concentraciones de oxígeno disuelto, y transparentes (De la Vega-Salazar *et al.*, 2003; De la Vega Salazar, 2006). La introducción de especies de peces exóticas ha contribuido a reducir la diversidad, especialmente si estas especies son generalistas y de tallas grandes, ya que pueden depredar a las especies nativas, producen cambios en las cadenas tróficas, compiten por alimento e introducen nuevos parásitos (Angermeier, 1995; De la Vega-Salazar *et al.*, 2003).

Vulnerabilidad de la fauna nativa

La fauna íctica mexicana es naturalmente vulnerable, ya que muchas especies tienen un área de distribución geográfica restringida o están especializadas a su hábitat. Muchos ríos, lagos y manantiales en México han sido fragmentados, contaminados, embalsados e incluso desecados; como consecuencia, comunidades enteras de peces nativos se encuentran en riesgo por dos factores principales: la degradación del hábitat y la introducción de especies exóticas. Sin embargo, las causas de extinción son diferentes entre especies y rara vez es a consecuencia de un solo factor (Miller *et al.*, 1989; Contreras-Balderas *et al.*, 2003; De la Vega-Salazar, 2006; De la Vega-Salazar, 2009).

Posibles efectos del aumento de temperatura en la fisiología de peces

Un factor fisiológico vital para los peces es el metabolismo, y el ritmo metabólico está ampliamente determinado por la temperatura. Incluso, la elevación de la demanda metabólica puede resultar en la mortalidad (Fowler *et al.*, 2009).

El efecto en el crecimiento varía según la especie, pero tiene un mayor impacto en aquellas que poseen una expectativa de vida corta (Reig, 2001; Ali *et al.*, 2004; González-Mayor, 2007).

Todos los efectos que producen los cambios de temperatura sobre la fisiología del pez se traducen en una baja de defensas de sus sistemas inmunológicos y, por consiguiente, un riesgo real de aparición de enfermedades. Adicionalmente, el marcado aumento de temperatura puede favorecer la introducción exitosa de especies exóticas que se caracterizan en desplazar a la fauna nativa. Por ejemplo, en el caso de los pecílidos que son un grupo dominante de la fauna NT la exposición prolongada a bajas temperaturas es un factor importante que limita su distribución al Norte, principalmente por el bajo éxito reproductivo. Actualmente se tienen registros del pecílido *Heterandria bimaculata* en la vertiente del Pacífico y en la cuenca alta del río Balsas, en Morelos, donde es considerada como una especie introducida, y también en los canales de Xochimilco, en el VM (Gaspar-Dillanes, 1987; Espinosa *et al.*, 1993) donde, históricamente, no existían especies de pecílidos. Esto coincide con los valores cada vez más altos de temperatura en la cuenca, ya que la especie presenta reproducción exitosa en julio y temperaturas entre 26-28°C, intervalo óptimo para la reproducción de la especie (Gómez-Márquez *et al.*, 1999).

México está teniendo impactos importantes a causa del CG: temperaturas máximas cada vez más altas, duración, frecuencia e intensidad de fenómenos extremos tales como: más días calurosos y ondas de calor. En los recursos hídricos el impacto mayor del CG puede ser la disminución en la disponibilidad de agua por tres factores: el aumento de la población, la reducción de las precipitaciones y el incremento de la evaporación que provoca la elevada temperatura, y una atmósfera más cálida que retiene más humedad. En consecuencia, hay más agua en suspensión que puede caer en forma de tormentas, aumento del clima seco estival en la mayoría de las zonas continentales de latitud media y el riesgo asociado a las sequías (Mendoza *et al.*, 2004), que puede llevar a la pérdida

del hábitat adecuado para los peces nativos y de muchos cuerpos de agua, principalmente los temporales muy comunes en las zonas árida y semiáridas.

Debido a la complejidad del CG y al estado del conocimiento actual se dificulta predecir los efectos del aumento de la temperatura en los peces nativos; sin embargo, se puede analizar desde dos aspectos principales: los efectos en el hábitat y los efectos directos sobre los organismos. Por un lado, es de naturaleza general, aplicable en potencia a una gama de situaciones donde altas temperaturas pueden agudizar el problema de la desecación y generar gradualmente la alteración y fragmentación del hábitat; por otra parte, cualquier ascenso de temperatura implica una tasa inferior de oxígeno disuelto en el agua (Carpenter *et al.*, 1992; Jiménez-Cisneros, 2001). Estos factores directos tienen el potencial de actuar sinérgicamente y de crear importantes efectos negativos. Se sabe que los cambios del hábitat afectan directamente la riqueza y abundancia de peces, un hábitat alterado y fragmentado puede facilitar la invasión de especies exóticas y reducir la capacidad de mantener poblaciones viables de animales (De la Vega-Salazar *et al.*, 2003).

No obstante la importancia de los recursos dulceacuícolas, los cuerpos de agua, en su mayoría, no tienen ninguna figura de protección ambiental (CNA, 2010), por lo que es primordial tomar medidas para proteger este recurso y a la fauna en riego, ya que es altamente vulnerable y puede ser de las más afectadas por el cambio climático.

Conclusiones

El número de especies, así como la abundancia y distribución de peces nativos principalmente, está en riesgo y el marcado aumento de temperatura puede incrementarlo por la probable pérdida de hábitat y las condiciones que pueden ser desfavorables para las especies nativas y favorecen la introducción exitosa de especies de peces exóticas, la fauna NA y endémica de la ZCM, que incluye la fauna de las sub-regiones LS, ZT y VM, pueden ser las que estén en mayor peligro, ya que son las zonas identificadas con mayor riesgo ante el calentamiento global agravado por la elevada densidad poblacional.

El riesgo de extinción se puede incrementar, en las familias de peces de origen de la región NA, principalmente porque muchas especies presentan un área de distribución restringida y/o son especializadas a su fisiografía.

La destrucción y fragmentación de los ecosistemas y las innumerables barreras construidas como represas, canales, carreteras, pueden imponer condiciones de gran desventaja para la capacidad de respuesta de individuos, poblaciones y comunidades de peces frente al CG.

Literatura citada

- Ali, T.; Moñino, A. y Jover, M. (2004). Primeros ensayos de determinación del consumo de oxígeno de juveniles de Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) bajo diferentes condiciones de temperatura y frecuencia alimentaria. *Autor Design. Publication*. http://www.panoramaacuicola.com/noticia.php?art_clave=651 (Consultado el 3 de marzo de 2011).
- Allendorf, F. W. (1988). Conservation Biology of Fishes. *Conserv. Biol.* 2: 145-148.

- Angermeier, P. L. (1995). Ecological Attributes of Extinction-Prone Species: Loss of Freshwater Fishes of Virginia. *Conserv. Biol.* 9:143-158.
- Carabias, J.; Molina, M. y Sarukhán, J. (2010). *El cambio climático causas, efectos y soluciones*. DGE Equilibrista, SA de CV/Fundación Coca-Cola. 197 pp.
- Contreras-Balderas, S.; Almada-Villela, P.; Lozano-Vilano, M. L. y García-Ramírez, M. (2003). Freshwater fish at risk or extinct in México. A checklist and review. *Rev. Fish. Biol. Fisher.* 12:241-251.
- Carpenter, S. R.; Fisher, S. G.; Grimm, N. B. y Kitchell, J. F. (1992). Global change and freshwater ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23:119-139.
- CNA (2010). *Estadísticas del agua en México, edición 2010*. Comisión Nacional del Agua Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- De la Vega-Salazar, M. Y.; Ávila, E. y Macías, C. (2003). Ecological evaluations of local extinction: The case of two genera of endemic Mexican fish, Zoogoneticus and Skiffia. *Biodivers. Conserv.* 12:2043-2056.
- De la Vega-Salazar, M. Y. (2006). Estado de conservación de los peces de la familia goodeidae (Cyprinodontiformes), que habitan la Mesa Central de México. *Rev. Biol. Trop.* 54(1):163-177.
- De la Vega-Salazar, M. (2009). Mexican Fish: a fauna in threat. In Conservation of Natural Resources. N. J. Kudrow Ed. Nova Science Publishers, Inc. PP. 153-167.
- Espinosa, H.; Gaspar, M. T. y Fuentes, P. (1993). *Listados faunísticos de México. III. Peces dulce-acuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 99 pp.
- Fowler, S. L.; Hamilton, D. y Currie, S. (2009). A comparison of the heat shock response in juvenile and adult rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) implications for increased thermal sensitivity with age. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 66:91-100.
- Gaspar-Dillanes, M. T. (1987). Nuevo registro de Heterandria (*Pseudoxiphophorus*) bimaculata (Heckel, 1848) en la Vertiente del Pacífico Mexicano. (Pisces: Poeciliidae). *An. Inst. Biol. UNAM, Serie Zoológica* 58 (2):933-938.
- Gómez-Márquez, J. L.; Guzmán-Santiago, J. L. y Olvera Soto, A. (1999). Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna El Rodeo, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* 47(3):581-592.
- González-Mayor, G. (2007). Efectos de la temperatura sobre la alimentación y la respiración de los gupis *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). *An. Univ. Ecol.* 1:27-31.
- Hasler, C. T.; Suski, C. D.; Hanson, K. C.; Cooke, S. J.; Philipp, D. P. y Tufts, B. (2009). Effect of water temperature on laboratory swimming performance and natural activity levels of adult largemouth bass. *Can. J. Zool.* 87:589-596.
- Jiménez-Cisneros, B. E. (2001). La contaminación térmica. En: *La contaminación ambiental en México: Causa efecto y tecnología apropiada*. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A. C. Instituto de Ingeniería UNAM y FEMISCA, México. PP. 547-561.
- Mendoza, V. M.; Villanueva, E. y Maderey, L. (2004). Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el cambio climático global. En: *Martínez, J. y Fernández, A. (Eds.) Cambio climático: una visión desde México. INE-SEMARNAT PP. 224pp.*
- Miller, R. R. (1986). Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.* 30: 121-153.
- Miller, R. R.; Williams, D. y Williams, J. E. (1989). Extinctions of North American fishes during the past century. *Fisheries* 14(6): 22-38.
- Miller, R. R.; Minckley, W. L. y Norris, S. M. (2005). *Freshwater fishes of México*. The University of Chicago Press, Chicago. 490 pp.
- Parvin, C. A. (1984). A Direct Comparison of Two Slope-Estimation Techniques Used in Method-Comparison Studies. *Clin. Chem.* 30:751-754.
- Reig, A. C. (2001). *Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (Sparus aurata L.)*. Departamento de Biología Animal. Barcelona. Consorci de Biblioteques Universitaries de Catalunya (CBUC) y el Centro de supercomputació de Catalunya (CESCA).

- SEMARNAT. (2010). *Norma Oficial Mexicana de Ecología 059-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Dirección General de Regulación Ambiental, Gobierno de la República, DOF (Diario Oficial de la Federación). México, D. F. 30 de diciembre 2010.
- Shields, F. D; Knight, S. y Cooper, C. M. (1994). Effects of Channel Incision on Base Flow Stream Habitats and Fishes. *Environ. Manage.* 18:43-57.
- Thomas, C. D. (1994). Extinction, colonization and metapopulation: Environmental tracking by rare species. *Conserv. Biol.* 8:373-378.

Recibido: Noviembre 10, 2010

Aceptado: Junio 28, 2011

Crecimiento del callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) cultivado a diferentes densidades

Growth of pen shell *Atrina maura* (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) cultured at different stocking densities

Góngora-Gómez, A. M.;¹ García-Ulloa, M.;^{2*}
Domínguez-Orozco, A. L.¹ y
Hernández-Sepúlveda, J. A.¹

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Guasave, Sinaloa, México.

²Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara M. López de Legazpi No. 235, Barra de Navidad, Jal., México.

*Correspondencia: turbotuag@hotmail.com

Resumen

Se estudió el crecimiento de *Atrina maura* cultivado a diferentes densidades durante 15 meses en la Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa, México. El experimento se realizó utilizando el sistema de canastas en suspensión para los primeros cuatro meses de cultivo ajustando la densidad a 50, 100 y 200 organismos/canasta; y la siembra en parques de arena durante los once meses restantes, a una densidad de 4.5, 9 y 18 pinas/m² (50/canasta-4.5/m², 100/canasta-9/m² y 200/canasta-18/m²). Los juveniles (16.19 ± 6.66 mm de longitud total y 0.3 ± 0.16 g de peso total de promedio inicial) se obtuvieron de un laboratorio comercial. Los parámetros físicos (oxígeno disuelto, salinidad, temperatura y pH) y químicos (amonio total, nitritos, fosfatos y clorofila "a") fueron obtenidos cada 15 días y cada mes, respectivamente; mientras que 50 organismos seleccionados al azar de cada densidad, fueron medidos y pesados mensualmente. No se observaron diferencias significativas (P < 0.05) para la longitud y el peso entre las

Abstract

The effect of different stocking densities on the growth of *Atrina maura* cultured at the Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa, México, was evaluated. The rack suspension system was used during the first four culture months adjusting densities at 50, 100 y 200 pen shells/rack, then the animals were transferred to sand bottom lots during eleven culture months at densities of 4.5, 9 and 18 pen shells/m² (50/rack-4.5/m², 100/rack-9/m² and 200/rack-18/m²). Baby pen shells (initial mean of 16.19 ± 6.66 mm total length and 0.3 ± 0.16 g total weight) were obtained from a commercial hatchery. The physical (dissolved oxygen, salinity, temperature and pH) and chemicals (total ammonia, nitrites, phosphates and "a" chlorophyll) parameters were obtained every 15 days and every month respectively. Fifty pen shells from each density were selected at random, measured and weighed. There were no significant differences (P < 0.05) for the total length and weight among the groups during the

densidades en la etapa de canastas. Al final del cultivo, el grupo 200/canasta-18/m² presentó el mayor peso promedio (284.26 ± 54.45 g). La supervivencia final fluctuó desde 28.15% para el grupo 50/canasta-4.5/m², hasta 53.69% registrada para la mayor densidad (200/canasta-18/m²). Los resultados indican que es posible sembrar *A. maura* a una densidad de 200/canasta-18/m².

Palabras clave

Bivalvos, callo de hacha, cultivo en canastas, cultivo en parques de arena, crecimiento diario.

rack system culture. At the end of the trial, the 200/rack-18/m² group presented the highest mean weight value (284.26 ± 54.45 g, $P > 0.05$). Final survival fluctuated from 28.15% for the 50/rack-4.5/m² density, to 53.69% registered for the highest density (200/rack-18/m²). The results pointed out to the possibility of culturing *A. maura* at a density of 200/rack-18/m².

Key words

Bivalve, pen shell, rack culture, sand bottom culture, daily growth.

Introducción

La producción acuícola se ha incrementado de manera significativa en las últimas tres décadas como respuesta a las necesidades cada vez mayores de alimento para la población humana de más de 6.5 mil millones de personas que se mantiene en constante crecimiento (FAO, 2007). Frecuentemente, la acuicultura es citada como la mejor alternativa para incrementar la oferta de productos del mar, ya que debido a la sobrepesca de muchas especies, se considera poco probable que la industria pesquera pueda aportar mayores volúmenes de captura registrados desde hace varios años. En la actualidad, se considera a la acuicultura como una de las actividades económicas primarias de mayor importancia a nivel mundial. Su contribución al aporte global de alimentos se ha incrementado de manera extraordinaria en los últimos años, representando más del 25% de la producción total en el mundo (FAO, 2007). Y, precisamente, a esta producción acuícola mundial (entre peces, crustáceos, algas y otros), se suma el molusco bivalvo conocido como “callo de hacha”, *Atrina maura*. Almaraz-Salas (2008) indicó que este lamelibranquio es reconocido por su gusto y textura en los países costeros del Pacífico principalmente, siendo considerado como uno de los manjares más selectos de los mariscos.

El callo de hacha *A. maura* se encuentra en bahías desde Baja California hasta Perú (Keen, 1971), protegido entre suelos arenosos, de limo y arcilla; los ejemplares llegan a medir hasta 378 milímetros de longitud (Ahumada-Sempoal *et al.*, 2002). Las conchas presentan un aspecto trigonal, cuneiforme y son muy delgadas; las valvas permanecen enterradas por su extremo puntiagudo y perpendicular al fondo, encontrándose fijas a piedras, conchas, o algún otro sustrato rígido, el color de la concha fluctúa de ámbar-purpúreo a café oscuro (Rodríguez-Jaramillo, 2004). Este molusco es altamente cotizado en el mercado nacional e internacional. En la parte interna de cada organismo se encuentra la región blanda o visceral en la cual se localizan los holanes, los músculos retractores, el músculo abductor anterior y posterior, siendo este último el de mayor tamaño; estos músculos se conocen como “callo” y corresponden a la porción comestible.

La excesiva pesca de este recurso produjo la inversión e interés del sector productivo vinculado con la investigación y el sector gubernamental para desarrollar técnicas apropiadas de acuicultura que permitan no sólo su producción sostenible y controlada sino, también, el mantenimiento armónico de la especie en su medio natural (Robles-Mungaray, 2004).

En la acuicultura moderna, es prioritario el completo conocimiento y control de la biotecnología productiva de cualquier especie, desde el manejo de los reproductores, incluyendo la producción de crías, huevos o semillas, hasta los procesos de pre-engorda y engorda (García-Ulloa, 2000). El acertado dominio de los requerimientos físicos, químicos, sanitarios, nutricionales y de manejo tecnológico para cada una de las etapas de vida de los animales, constituye una herramienta ideal para optimizar su producción tanto en calidad como en cantidad. Por eso, uno de los problemas actuales que requiere de pronta solución en el cultivo de *A. maura*, es el establecimiento de un proceso específico de cultivo que implique la elaboración de un paquete de producción biotecnológica, que se ajuste a la demanda generada por parte del sector productivo.

A pesar de los esfuerzos desplegados hasta el momento en el manejo de reproductores y producción de semilla de este molusco bajo condiciones de laboratorio (González-Corona, 2003; Robles-Mungaray, 2004), existen todavía algunos aspectos biotecnológicos pendientes a fin de proponer su producción comercial sostenible; tales como la selección de sitios apropiados para su crecimiento y el ajuste de la densidad inicial; ambos, en conjunto con adecuadas técnicas de limpieza y manejo para reducir la mortalidad. El presente trabajo pretende contribuir con bases para el cultivo de *A. maura* evaluando el efecto de diferentes densidades de siembra sobre su crecimiento y supervivencia.

Materiales y métodos

El sitio de cultivo fue ubicado en la Isla Los Redos, perteneciente al municipio de Navolato, Sinaloa (México), en el paralelo 24°30' latitud N y 107°48' longitud O (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1979). Se obtuvieron 4,550 juveniles de *A. maura* (promedio inicial de 16.19 ± 6.66 mm para la longitud total y 0.3 ± 0.16 g para el peso total) del Laboratorio del Instituto de Acuicultura de Sonora, perteneciente al Centro de Reproducción de Especies Marinas del estado de Sonora, S. A. de C. V. (CREMES), situado en Bahía Kino, Sonora (México). Las semillas fueron transportadas durante 18 horas en una hielera en seco y a baja temperatura por la adición de hielo, hasta el lugar de cultivo. Después, los organismos fueron aclimatados siguiendo la metodología propuesta por Gallo-García *et al.* (2001) y repartidos dentro de bolsas de plástico mosquitero de dos mm de diámetro (20 X 20 cm), en densidades de 50, 100 y 200 organismos/bolsa; de esta manera, se formaron 13 bolsas por densidad. Las bolsas se colocaron en canastas ostrícolas con el fin de formar módulos o unidades de cultivo por densidad, que se amarraron a una línea madre para cultivarlos en suspensión; dichas unidades fueron limpiadas cada quince días para evitar la presencia de parásitos y contabilizar los animales muertos. Una vez que los moluscos alcanzaron la talla de 60

mm, fueron cultivados fuera de las bolsas (directamente en las canastas a la densidad correspondiente) durante cuatro meses.

Al quinto mes, cuando las pinas alcanzaron una talla de 100 mm de longitud total, se sembraron en la arena. Para continuar con esta segunda etapa del cultivo —11 meses más— los animales fueron extraídos de las canastas y sembrados o enterrados en el sustrato arenoso. Se construyeron cercos con un área de 78 m² (13 m de largo y 6 m de ancho) mediante un fardo de nylon de tres pulgadas como límite físico, el cual fue enterrado 20 cm en la arena y, al mismo tiempo, permaneció expuesto 40 cm encima del nivel de la arena, con el objetivo de proteger los animales de predadores y prevenir escapes; además, se utilizaron tres postes de concreto a lo ancho y cinco a lo largo (cada uno de 1.70 m de altura), a una distancia de 3.30 m entre ellos. Los cercos se dividieron en tres partes iguales (4.3 X 6 m) para alojar, en cada una de ellas, las pinas de las tres densidades ajustadas desde el inicio, con el objetivo de proseguir con la evaluación de su crecimiento y supervivencia hasta la cosecha. De esta manera, las densidades experimentales en esta etapa se ajustaron como sigue: 4.5, 9 y 18 animales/m². Los juveniles de *A. maura* fueron sembrados a una distancia mínima de 20 cm entre ellas. Para efectos de identificación de cada tratamiento se estableció el siguiente código de densidades: 50/canasta-4.5/m², 100/canasta-9/m² y 200/canasta-18/m². El sistema de cultivo, usando las canastas durante los primeros cuatro meses de engorda, y después en el fondo de arena hasta el final del estudio, se practicó conforme a tecnología previa reportada (Miranda-Baeza, 1994; Almaraz-Salas, 2008).

Para cada una de las etapas de cultivo, se registraron parámetros físicos y químicos al momento de la siembra y cada quince días. La temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto fueron obtenidos con un oxímetro (YSI, 55/12FT, Ohio 4587); en el caso de la salinidad, se utilizó un refractómetro de precisión (Atago, S/Mill). El potencial de hidrógeno (pH) se midió con un potenciómetro (Hanna, HI 8314). Se tomaron muestras de agua cada mes para la determinación de amoníaco con la técnica descrita por Solórzano (1969), nitritos por medio del método de Shinn (1941) aplicado al agua de mar por Bendschneider y Robinson (1952) y fosfatos, utilizando la metodología de Murphy y Riley (1962). Todas las lecturas de los nutrientes se realizaron en un espectrofotómetro Termo Spectronic Genesys 2. Las muestras de agua para determinar clorofila "a" (Cla), fueron tratadas con filtros de fibra de vidrio Whatman (GF/F 0.7 μm), los cuales se congelaron a -20°C hasta efectuar la extracción del pigmento con acetona al 90% durante 24 horas, según lo recomendado por Strickland y Parsons (1972). Los cálculos de la concentración de Cla se realizaron de acuerdo a las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975). Para la obtención de la muestra a lo largo de la columna de agua, se utilizó un nucleador (constituido por un tubo de PVC de dos pulgadas de diámetro) con una longitud de tres m, al cual se le adaptó una válvula de cobre de dos pulgadas para retener el agua hasta su colecta dentro de la lancha. Las muestras fueron almacenadas en envases plásticos y transportadas en una hielera al Laboratorio de análisis ambiental del IPN-CIIDIR (Unidad Sinaloa) para su posterior análisis.

Cada mes se midieron y pesaron *in situ*, 50 organismos de *A. maura* por densidad. Las biometrías se realizaron con una regla Vernier digital (Mitutoyo, CD-8" CS) para determinar longitud total de la concha. Se utilizó una balanza granataria (OHAUS, Scout Pro SP 2001) para la obtención del peso húmedo total de cada organismo, previo secado con papel absorbente. Para comparar el incremento en porcentaje del peso ganado por día, se aplicó la fórmula de crecimiento a los animales muestreados cada 30 días, de acuerdo a Coutteau *et al.* (1994), donde el crecimiento diario (% ganancia en peso/d),

$CD = (n^{-1} \sqrt{\text{peso final/peso inicial} - 1}) \times 100$. El porcentaje de supervivencia se registró cuantificando mensualmente el número de organismos muertos en cada módulo y corral de cultivo hasta el término del estudio (Almaraz-Salas, 2008). Simultáneamente, se revisó el estado físico de los mismos para detectar la presencia de organismos competidores y depredadores.

Los datos fueron evaluados con pruebas de normalidad y homocedasticidad (Sokal y Rohlf, 2000) para proceder a la aplicación de un análisis de varianza a la longitud y peso total por mes. Las diferencias entre medias ($P < 0.05$) fueron comparadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey (Bhujel, 2008). Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Statgraphic Plus, Ver. 5 (Statistical Graphics Corp., Herndon, VA, USA).

Resultados

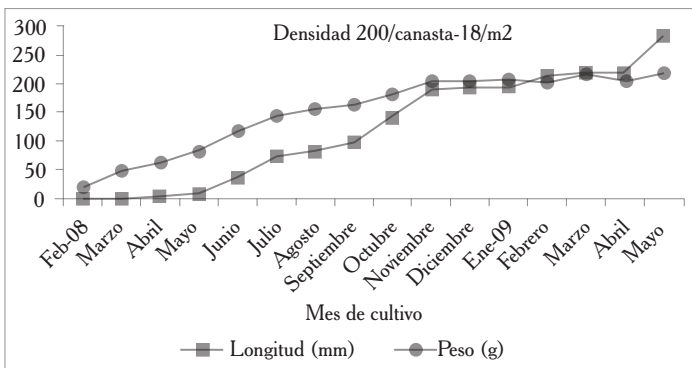
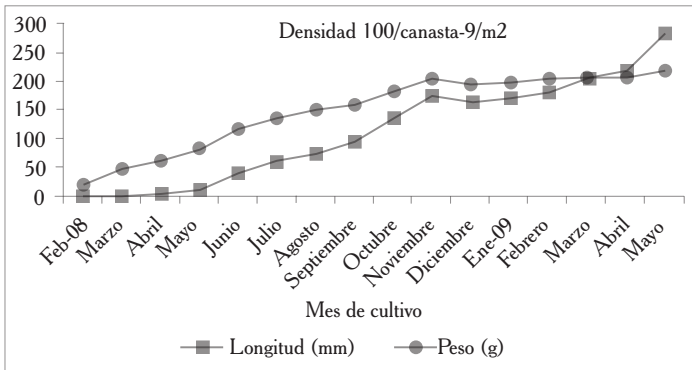
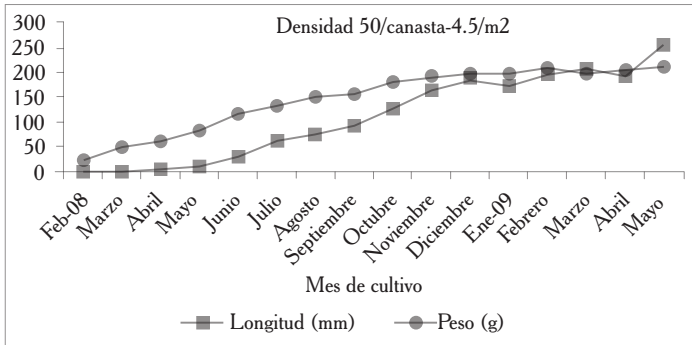
La temperatura promedio del agua registrada fue de 26.2°C, observando el valor máximo en el mes de mayo de 2009 (35°C), mientras que el valor mínimo (20.5°C) se obtuvo en la primera quincena del mes de febrero de 2008. El oxígeno disuelto registró una concentración promedio de 5.90 mg/l. El valor máximo (8.14 mg/l) se observó en el mes de marzo de 2009 y el mínimo (4.12 mg/l) en el mes de octubre de 2008. En el caso de la salinidad, se observó un promedio general de 33.9 ups. La mayor concentración (37 ups) se registró en los meses de agosto de 2008 y marzo de 2009; mientras que la mínima (30 ups) fue encontrada en varios meses (junio y septiembre de 2008, y agosto, septiembre y octubre de 2009). Se registró un pH promedio de 8.4. El máximo valor (8.9) se observó en febrero de 2009; mientras que el mínimo (7.6) se encontró en el mes de marzo de 2009.

El promedio de amoníaco ($\text{NH}_3\text{-NH}_4$) fue de 0.98 mg/l. La mayor concentración (2.16 mg/l) se registró en el mes de abril de 2008; mientras que la mínima (0.05 mg/l) fue encontrada en el mes de mayo de 2009. El valor promedio de nitritos (NO_2) fue de 0.16 mg/l. La máxima concentración (0.41 mg/l) se observó en febrero de 2008; mientras la mínima (0.02 mg/l) se encontró en el mes de mayo de 2009. La concentración promedio de fosfatos (PO_4) fue de 1.39 mg/l. La mayor concentración (2.25 mg/l) se observó en febrero de 2008; mientras que la menor (0.65 mg/l) se presentó en febrero de 2009. La concentración promedio de la clorofila "a" fue de 5.25 mg/l. El valor máximo (8.51 mg/l) se obtuvo en octubre de 2008; mientras que el mínimo de 2.92 mg/l, en el mes de junio de 2008.

La figura 1 muestra las curvas de crecimiento para la longitud y el peso total de *A. maura* cultivada a diferentes densidades, en los 15 meses de cultivo.

Figura 1

Curvas de crecimiento en longitud (mm) y peso (g) mensual de *A. maura* cultivado en canastas y cercos a diferentes densidades en Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa.



Al final del cultivo en canastas, la longitud promedio varió desde 82.78 mm para la densidad 100/canasta-9/m², hasta 84.06 mm, para el grupo con menor densidad. En el caso del peso promedio, los animales más pesados se observaron en el grupo 100/canasta-9/m²; mientras que los menos pesados se obtuvieron en la mayor densidad. No se obtuvieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los grupos. Después de 11 meses en los cercos de arena, las medidas finales de longitud y peso fueron, respectivamente: 212.98 mm y 255.58 g para la densidad de 50/canasta-4.5/m²; 220.50 mm y 283.40 g, para la densidad de 100/canasta-9/m²; y 220.48 mm y 284.26 g, para la densidad de 200/canasta-18/m². Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la longitud o en el peso o en ambos entre las densidades, desde el primer mes que se transfirieron a la arena. El cuadro 1 muestra la longitud (mm) y peso (g) promedio (media \pm desviación estándar) de *A. maura* por mes en ambos sistemas de cultivo.

Cuadro 1

Longitud (mm) y peso (g) promedio de *A. maura* (media \pm desviación estándar) cultivado en canastas* y cercos** a diferentes densidades (50/canasta-4.5/m², 100/canasta-9/m² y 200/canasta-18/m²) de siembra, en Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa.

Densidades

	50/canasta-4.5/m ²	100/canasta-9/m ²	200/canasta-18/m ²
<i>Febrero 2008*</i>			
Longitud (mm)	16.19 \pm 6.66	16.19 \pm 6.66	16.19 \pm 6.66
Peso (g)	0.3 \pm 0.16	0.3 \pm 0.16	0.3 \pm 0.16
<i>Marzo*</i>			
Longitud (mm)	49.64 \pm 5.86	50.02 \pm 5.88	50.99 \pm 4.86
Peso (g)	0.45 \pm 0.67	0.43 \pm 0.65	0.37 \pm 0.61
<i>Abril*</i>			
Longitud (mm)	61.40 \pm 7.58 ^{a§}	63.74 \pm 6.71 ^a	66.68 \pm 7.78 ^b
Peso (g)	4.71 \pm 1.98	4.92 \pm 1.64	5.02 \pm 1.79
<i>Mayo*</i>			
Longitud (mm)	84.06 \pm 11.22	82.78 \pm 12.98	83.76 \pm 8.41
Peso (g)	10.89 \pm 4.28	11.06 \pm 3.84	10.52 \pm 3.30

El cuadro continúa en la siguiente pág.

Continúa cuadro 1

Junio**

Longitud (mm)	117.17 ± 8.69	117.10 ± 11.67	119.65 ± 18.04
Peso (g)	31.13 ± 10.70 ^a	39.16 ± 15.47 ^b	38.68 ± 10.34 ^b

Julio**

Longitud (mm)	133.81 ± 14.93 ^a	136.71 ± 18.42 ^a	145.13 ± 12.86 ^b
Peso (g)	62.07 ± 16.74 ^a	61.75 ± 24.85 ^a	73.88 ± 20.59 ^b

Agosto**

Longitud (mm)	150.81 ± 12.58 ^a	151.93 ± 19.36 ^{ab}	157.15 ± 11.44 ^b
Peso (g)	75.76 ± 17.99 ^a	74.88 ± 26.65 ^{ab}	83.99 ± 19.04 ^b

Septiembre**

Longitud (mm)	157.45 ± 15.43 ^a	160.35 ± 17.71 ^{ab}	164.47 ± 14.37 ^b
Peso (g)	93.48 ± 26.80	94.90 ± 28.45	98.63 ± 26.46

Octubre**

Longitud (mm)	181.65 ± 11.09	184.48 ± 14.48	182.76 ± 12.96
Peso (g)	128.17 ± 25.67 ^a	133.96 ± 32.38 ^b	143.62 ± 28.75 ^b

Noviembre**

Longitud (mm)	189.99 ± 13.01 ^a	206.81 ± 14.16 ^b	207.15 ± 15.66 ^b
Peso (g)	165.81 ± 26.59 ^a	174.60 ± 25.37 ^a	194.19 ± 28.38 ^b

Diciembre**

Longitud (mm)	199.24 ± 14.84 ^a	197.06 ± 15.23 ^a	206.13 ± 11.90 ^b
Peso (g)	192.64 ± 20.03 ^b	165.40 ± 19.98 ^a	198.18 ± 21.23 ^b

Enero 2009**

Longitud (mm)	197.26 ± 16.96 ^a	199.62 ± 25.73 ^a	209.62 ± 21.08 ^b
Peso (g)	174.01 ± 25.03 ^a	169.27 ± 39.82 ^a	195.55 ± 31.66 ^b

El cuadro continúa en la siguiente pág.

Continúa cuadro 1

<i>Febrero**</i>			
Longitud (mm)	203.40 ± 26.45	202.94 ± 26.62	206.72 ± 15.41
Peso (g)	199.22 ± 36.84	180.74 ± 41.40	213.98 ± 43.32
<i>Marzo**</i>			
Longitud (mm)	205.24 ± 12.96 ^a	206.48 ± 7.85 ^a	218.16 ± 8.87 ^b
Peso (g)	208.27 ± 26.42 ^a	205.36 ± 40.93 ^{ab}	219.71 ± 19.97 ^b
<i>Abril**</i>			
Longitud (mm)	201.76 ± 9.93 ^a	210.88 ± 15.13 ^b	207.67 ± 6.76 ^b
Peso (g)	192.06 ± 29.61 ^a	217.04 ± 25.47 ^b	213.40 ± 28.34 ^b
<i>Mayo**</i>			
Longitud (mm)	212.98 ± 12.23 ^a	220.50 ± 20.37 ^b	220.48 ± 14.40 ^b
Peso (g)	255.58 ± 47.30 ^a	283.39 ± 54.62 ^b	284.26 ± 54.45 ^b

§Por línea en cada mes, letras diferentes representan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las medias de las densidades.

El crecimiento diario muestra los valores más altos cuando los animales se mantuvieron en las canastas (hasta 8.77% del peso corporal/d registrado en marzo de 2008, para el grupo de la mayor densidad). Después de sembrar los callos en la arena, la ganancia en peso se reduce hasta obtener valores negativos en algunos meses de cultivo. El porcentaje de crecimiento por día, total, no muestra diferencias significativas entre los tratamientos. En el cuadro 2 se muestra el porcentaje de crecimiento diario de *A. maura* a diferentes densidades en ambos sistemas de cultivo.

Cuadro 2

Crecimiento diario (% peso corporal/d) de *A. maura* cultivado en canastas* y cercos** a diferentes densidades de siembra (50/canasta-4.5/m², 100/canasta-9/m² y 200/canasta-18/m²), en Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa.

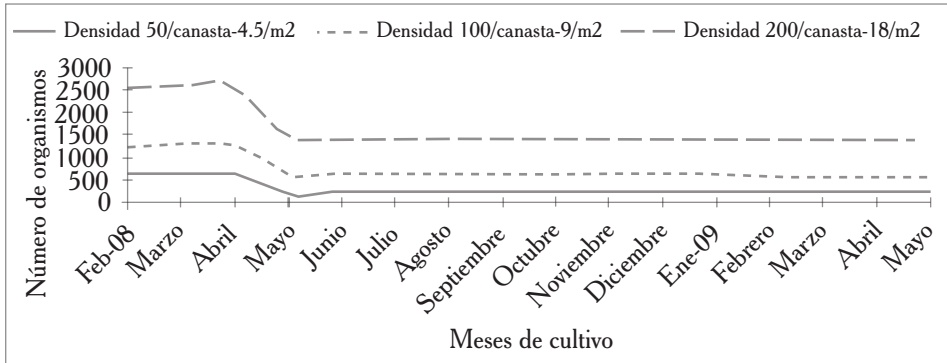
Densidades

	50/canasta-4.5/m ²	100/canasta-9/m ²	200/canasta-18/m ²
Febrero/Marzo 2008*	1.45	1.29	0.75
Marzo/Abril*	7.86	8.17	8.77
Abril/Mayo*	2.83	2.73	2.49
Mayo/Junio*	3.44	4.16	4.28
Junio/Julio**	2.32	1.52	2.18
Julio/Agosto**	0.64	0.62	0.41
Agosto/Septiembre**	0.68	0.76	0.51
Septiembre/Octubre**	1.05	1.15	1.26
Octubre/Noviembre**	0.83	0.85	0.97
Noviembre/Diciembre**	0.50	-0.18	0.06
Diciembre/Enero 2009**	-0.32	0.07	-0.04
Enero/Febrero**	0.43	0.21	0.29
Febrero/Marzo**	0.15	0.45	0.09
Marzo/Abril**	-0.21	0.17	-0.09
Abril/Mayo**	0.95	0.89	0.96
Total	1.49	1.52	1.52

En la figura 2 se muestra la mortalidad por mes, siendo el mes de mayo de 2008 cuando se presentó la mayor cantidad de organismos muertos: 448 para la densidad de 50/canasta-4.5/m², 669 para la densidad de 100/canasta-9/m² y 1,396 para la densidad de 200/canasta-18/m².

Figura 2

Mortalidad acumulada de *A. maura* cultivada en canastas y cercos a diferentes densidades (50/canasta-4.5/m², 100/canasta-9/m² y 200/canasta-18/m²), en la Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa.



La supervivencia final para cada densidad fue de 28.15, 42.92 y 53.69% para las densidades de 50/canasta-4.5/m², 100/canasta-9/m² y 200/canasta-18/m², respectivamente.

Los principales grupos de organismos epibiontes o competidores encontrados (principalmente en la etapa de canastas) fueron crustáceos como balanos (*Pollicipes pollicipes*), poliquetos (*Polydora sp.*), esponjas (*Cliona californiana* y *C. mazatlanensis*), algas macroscópicas (*Gracilaria sp.* y *Enteromorpha intestinalis*), moluscos (*Mytella strigata* y *Crassostrea corteziensis*), crepidulas (*Crepidula rostrata* y *C. incurva*) y monoplacóforos (*Crucibulum spinosum*). También se observaron peces (*Lutjanus guttatus*). El principal depredador que se observó en ambas etapas del cultivo fue la jaiba *Callinectes sapidus*.

Discusión

El cultivo de cualquier especie acuática confinada en tanques o embalses implica estar sujeta a diferentes factores internos y externos que afectan su crecimiento. Uno de los principales relacionados a los últimos se refiere a la densidad de siembra, lo cual sustenta el objetivo de la acuicultura en el sentido de producir la mayor biomasa posible en el menor espacio (García-Ulloa, 2000; Fairchild y Howell, 2001). Normalmente, un incremento en la densidad de siembra afecta la producción de animales, el tamaño de los organismos a la cosecha, la calidad del agua, la incidencia a las enfermedades y los costos de producción (Glasser y Oswald, 2001). La escasa información disponible sobre el cultivo de *A. maura* se refiere a variaciones genéticas (Villanueva-Fonseca, 2009), fisiología reproductiva (Rodríguez-Jaramillo, 2004) y cultivos experimentales (Miranda-Baeza, 1994), en los que poco se trata su crecimiento con base a la densidad de siembra como factor externo para optimizar su producción.

Con respecto a los factores físicos y químicos muestreados en el presente trabajo, no impidieron el desarrollo del callo de hacha cultivado en la Isla Los Redos, Sinaloa, cuyas curvas de crecimiento se mantuvieron en ascenso para las tres densidades estudiadas, lo cual indica que fluctuaron dentro del intervalo apropiado para este bivalvo indicado por su distribución geográfica (Keen, 1971). Los valores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nitrógenos, fosfato y clorofila "a" obtenidos en este trabajo, son comparables con los reportados por Miranda-Baeza (1994) en Sonora, Sicard *et al.* (2006) en Baja California Sur, y Almaraz-Salas (2008) y Corrales-Serna (2010) en Sinaloa, estudiando la misma especie, pero diferentes a las reportadas para callos de hacha del sur del Pacífico mexicano (Serrano-Guzmán, 2003; Ángel-Pérez *et al.*, 2007). Las variaciones entre estos trabajos se deben a las diferentes condiciones ambientales (temperatura ambiental y del agua, salinidad, etcétera) de los sitios de cultivo o estudio, y la respuesta fisiológica de los animales (crecimiento, reproducción, supervivencia, etcétera).

Para las tres densidades, el crecimiento de los organismos mostró una proporcionalidad entre el incremento de la longitud y el peso hasta el mes 10 de cultivo, en que las curvas indican un receso de algunos meses para ambos parámetros, el cual culmina en un punto de intersección y, finalmente, un mayor incremento en peso con relación a la longitud final del tiempo de engorda. Lo anterior pudiera explicarse debido a que esta especie alcanza su madurez sexual desde los 100 mm de longitud (Ahumada-Sempoal *et al.*, 2002) y un evento reproductivo pudo haberse presentado durante el tiempo de engorda experimental. De hecho, Ángel-Pérez *et al.* (2007) realizaron un estudio acerca del ciclo reproductivo de las poblaciones de *A. maura* en lagunas estuarinas de Oaxaca, concluyendo en la presencia de dos periodos de desove al año (abril a julio, y octubre a noviembre). El mayor incremento en peso con relación a la longitud al final del ciclo de engorda sugiere el crecimiento gonadal almacenando energía para el desove (Bromage, 1995). Para su corroboración, es recomendable la realización de estudios en que el crecimiento del callo de hacha sea complementado con la observación mensual de su índice de condición fisiológica.

El manejo de los animales como rutina de limpieza y toma de medidas, es una estrategia necesaria en el control del cultivo (García-Ulloa, 2000). Sin embargo, puede afectar el crecimiento de los moluscos debido al rompimiento de velos de crecimiento (frágiles en sus primeros estadios), debido a la manipulación (Gallo-García *et al.*, 2001). En este trabajo no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la longitud y peso de los animales entre las densidades estudiadas durante los meses de engorda usando canastas ostrícolas, y la transferencia de los mismos a los corrales de arena no alteró las curvas de crecimiento, aunque diferencias estadísticas ($P < 0.05$) fueron detectadas en ambos parámetros desde el segundo mes de haber sido sembrados en la arena, hasta el final del cultivo. El crecimiento promedio final de las tres densidades (13.42 mm/mes y 17.5 g/mes), es menor al obtenido por Miranda-Baeza (1994), pero mayor al reportado por Almaraz-Salas (2008) utilizando el sistema de cultivo combinado de canastas y siembra en arena. Las diferencias con esos trabajos pueden explicarse por los diferentes tiempos de engorda. El cambio en el sistema de cultivo produjo drásticas mortalidades en los tres grupos, por lo que es posible asumir que tanto el manejo de limpieza y biometrías como el cambio a nuevas condiciones de cultivo, afectaron directamente en el desarrollo de este bivalvo, específicamente en la supervivencia.

De manera normal, el efecto del incremento en la densidad se refleja en condiciones de estrés entre los organismos que se basan en la disminución de su tasa de crecimiento y aumento en la mortalidad por efecto de competencia por espacio y alimento (Marques *et al.*, 2000; Enz *et al.*, 2001). En el presente estudio, las densidades 200/canasta-18/m² y 100/canasta-9/m², obtuvieron los callos de hacha más grandes y pesados estadísticamente, lo cual sugiere que *A. maura* puede ser sembrado a mayores densidades iniciales sin que su crecimiento sea afectado, siempre y cuando no se rebase la capacidad de carga del sitio de cultivo y las condiciones naturales del lugar sean comparables a las obtenidas (Deksheniaks *et al.*, 2000).

A pesar de la presencia de depredadores a lo largo de la engorda, la mortalidad más significativa fue debida al manejo de los animales de todas las densidades después del cambio en el sistema de cultivo de canastas al fondo arenoso. La rutina de limpieza impuesta quincenalmente desde el inicio de la engorda hasta la cosecha, redujo la posibilidad de mayor mortalidad por predadores, parásitos y competidores, pero es importante evaluar el procedimiento para no someter a factores de estrés a los animales que impidan su crecimiento óptimo (Gallo-García *et al.*, 2001).

El porcentaje de crecimiento por día (cuadro 2) muestra los valores más altos para los callos de hacha de las tres densidades cultivados en canastas. Lo anterior puede explicarse por el mayor metabolismo que presentan los organismos acuáticos a menor edad (Ricker, 1979), pero en especial para esta especie, porque cuando es mantenido en suspensión (sin posibilidades de asentarse en algún sustrato), no desarrolla el órgano de sujeción conocido como biso (Coronel, 1981), derivando la energía para su formación hacia el crecimiento general de su concha y órganos internos. Ya colocado en la arena, el organismo debe formar dicha estructura, además de la trama en su concha que le permite mayor sujeción al fondo (Barnes, 1977) lo que, aunado a la reducción de su metabolismo

fisiológico conforme crece en edad, provoca la disminución de la ganancia en peso diaria.

Cuando se cultivan organismos que para su crecimiento dependen de los efectos aislados o combinados del medio ambiente (como el caso del callo de hacha) una leve variación en alguno de ellos podría desencadenar procesos fisiológicos que impidan su pleno desarrollo en tiempo y forma. Deksheniaks *et al.* (2000) hacen hincapié en la imperiosa necesidad de elaborar modelos de predicción para el entendimiento de factores como la temperatura y la salinidad del agua, que son vitales en la distribución y asentamiento de larvas de moluscos en poblaciones estuarinas, debido al efecto que el calentamiento global ejerce sobre ellos. Por lo anterior, se recomienda la realización de más ensayos con *A. maura* en el mismo sitio de cultivo y densidades mayores de 200/canasta-18/m², a fin de valorar su potencial de crecimiento a la par del posible cambio en los promedios de los parámetros físicos y químicos durante un ciclo de engorda.

Conclusiones

Los resultados indican que es posible sembrar *A. maura* a una densidad de 200/canasta-18/m²; sin embargo, se recomienda la realización de estudios interanuales similares para evaluar el crecimiento y supervivencia de esta especie cultivada en el sitio usado en el presente trabajo.

Agradecimientos

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología-Sinaloa (CECYT-Sinaloa) a través de los proyectos 2008, 2009 y 2010, al Instituto Politécnico Nacional-Unidad Sinaloa (IPN-CII-DIR-Sinaloa) con registro SIP: 20080374, SIP: 20090453 y SIP: 20100618.

Literatura citada

- Ahumada-Sempoal, M. A.; Serrano-Guzmán, S. J. y Ruíz-García, N. (2002). Abundancia, estructura poblacional y crecimiento de *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) en la laguna costera tropical del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical* 50(3-4):1091-1100.
- Almaraz-Salas, J. C. (2008). *Primer cultivo experimental de callo de hacha Atrina maura (Sowerby, 1835) en la ensenada La Palmita, Navolato, Sinaloa*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente Unidad Guasave, Guasave, Sinaloa, México, 74 pp.
- Ángel-Pérez, C.; Serrano-Guzmán, S. J. y Ahumada-Sempoal, M. A. (2007). Ciclo reproductivo del molusco *Atrina maura* (Pterioidea: Pinnidae) en un sistema lagunar costero, al sur del Pacífico tropical mexicano. *Revista de Biología Tropical* 55(3-4):839-852.
- Barnes, R. D. (1977). *Zoología de los invertebrados*. Nueva Editorial Interamericana, México, D. F., México. 770 pp.
- Bendschneider, K. y Robinson, R. J. (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea-water. *Journal of Marine Resources* 11:87-96.
- Bhujel, R. C. (2008). *Statistics for aquaculture*. 1st edition. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, USA. 222 pp.
- Bromage, N. R. (1995). Broodstock management and seed quality. General Considerations. Pages 1-24. En: N. R. Bromage y Roberts, R. J. (editores). *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, Oxford, UK. 312 pp.
- Coronel, J. S. (1981). *Estudio gonadal de Pinna rugosa (Sowerby, 1835) Pinnidae, Mollusca, en el periodo comprendido entre agosto de 1979 y diciembre de 1980 en la Bahía de La Paz*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B. C. S. México. 45 pp.

- Corrales-Serna, I. E. (2010). *Crecimiento y supervivencia del callo de hacha Atrina maura en la Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa*. Tesis de Maestría. Universidad de Occidente, Unidad Guasave, Guasave, Sinaloa, México, 63 pp.
- Coutteau, P.; Curé, K. y Sorgeloos, P. (1994). Effect of algal ration and feeding and growth of juvenile manila clam *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve). *Journal of Shellfish Research* 13:47-55.
- Deksheniaks, M. M.; Hoffman, E. E. y Powell, E. N. (2000). Quantifying the effects of environmental change on an oyster population: A modeling study. *Estuaries* 23(5):593-610.
- Enz, C. A.; Schaffer, E. y Muller, R. (2001). Importance of diet type, food particle size and tank circulation for culture of Lake Hallwil whitefish larvae. *North American Journal of Aquaculture* 63:321-327.
- Fairchild, E. A. y Howell, W. H. (2001). Optimal stocking density for winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 32:300-308.
- FAO (2007). *The status of world fisheries and aquaculture 2006*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Electronic Publishing Policy and Support Branch, Communication Division, Rome, Italy. 180 pp.
- Gallo-García, M. C.; García-Ulloa, M.; Godínez-Siordia, D. y Rivera-Gómez, K. (2001). Estudio preliminar sobre el crecimiento y supervivencia del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en Barra de Navidad, Jalisco, México. *Universidad y Ciencia* 17:83-91.
- García-Ulloa, M. (2000). *Fundamentos de nutrición acuícola*. Editorial Folia, Universidad Autónoma de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. 212 pp.
- Glasser, F. y Oswald, M. (2001). High stocking densities reduce *Oreochromis niloticus* yield: model building to aid optimization of production. *Aquatic Living Resources* 14:319-326.
- González-Corona, J. (2003). *Estudio de la fisiología reproductiva y gametogénesis del callo de hacha Atrina maura (Sowerby, 1835)*. Tesis de Maestría, Universidad de Sonora, Guaymas, Sonora, México. 92 pp.
- Jeffrey, S. W. y Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c1 and c2. *Biochemical and Physiological Plant* 167:194-204.
- Keen, A. M. (1971). *Sea Shells of Tropical West America*. 2nd edition, Stanford University Press, Stanford, California, USA. 402 pp.
- Marques, H. L. A.; Lombardi, J. V. y Boock, M. V. (2000). Stocking densities for nursery phase culture of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in cages. *Aquaculture* 187:127-132.
- Miranda-Baeza, M. (1994). *Cultivo experimental de callo de hacha Atrina maura (Pelecypoda: Pinnidae), en la laguna de Agiabampo, Sonora*. Centro de Estudios Superiores de Sonora, Unidad Académica Navojoa, Sonora, México, 11 pp.
- Murphy, J. y Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphates in natural waters. *Anal. Chemical Acta* 27:31-36.
- Ricker, W. E. (1979). Growth rates and models. Pages 599-675. En: *Fish Physiology*, Vol. VIII. Hoar, W. S.; Randall, D. J. y Brett, J. R. (Eds.), Academic Press, New York, USA.
- Robles-Mungaray, M. (2004). *Desarrollo de la biotecnología para la producción de semilla en laboratorio, diploide y triploide, de callo de hacha Atrina maura (Sowerby, 1835)*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Baja California Sur, México, 66 pp.
- Rodríguez-Jaramillo, M. C. (2004). *Efecto de la temperatura sobre la gametogénesis en el callo de hacha Atrina maura (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae)*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR-La Paz, Baja California Sur, México, 92 pp.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1979). *Atlas geológico de uso de suelo. Mapa de tipos de vegetación y su distribución*. SARH, México, D. F. 450 pp.
- Serrano-Guzmán, S. J. (2003). Análisis prospectivo de las relaciones morfométricas de *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (Bivalvia: Pinnidae) en Corralero-Atolengo, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar* 22:31-39.
- Shinn, N. B. (1941). A colorimetric method for the determination of nitrite. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 13:33-35.
- Sicard, M. T.; Maeda-Martínez, A. N.; Lluch-Cota, S. E.; Lodeiros, C.; Roldán-Carrillo, L. M. y Mendoza-Alfaro, R. (2006). Frequent monitoring of temperature: an essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical-temperate transition zones. *Aquaculture Research* 37:1040-1049.

- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. (2000). *Biometry*. The principles and practice of statistics in biological research, 3rd edition, Freeman and Company, New York, New York, USA. 658 pp.
- Solórzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural water by the phenol-hypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.* 14:799-801.
- Strickland, J. y Parsons, T. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167 (2nd edition). Ottawa, Canada. 310 pp.
- Villanueva-Fonseca, L. (2009). *Variación genética y fenotípica en poblaciones de callo de hacha Atrina maura en la costa de Sinaloa*. Tesis de licenciatura, Universidad de Occidente Unidad Guasave, Guasave, Sinaloa, México. 89 pp.

Recibido: Marzo 01, 2011

Aceptado: Mayo 20, 2011

Indicaciones para los autores

Los autores que tengan interés en publicar algún artículo en *Avances en Investigación Agropecuaria* (AIA) deberán ajustarse a los siguientes lineamientos: se someterán, para su publicación, artículos científicos originales e inéditos relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias, forestales, acuícolas y pesqueras.

I) Los textos quedarán dentro de las categorías siguientes

- a) Trabajos científicos originales
 - b) Publicaciones por invitación
 - c) Estudios recapitulativos o de revisión
 - d) Notas técnicas
- a) Se entiende como *trabajo científico original* aquella publicación redactada en tal forma que un investigador competente y suficientemente especializado en el mismo tema sea capaz, basándose exclusivamente en las indicaciones del texto, de:
- Reproducir los experimentos y obtener los resultados que se describen con un margen de error semejante o menor al que señala el autor.
 - Repetir las observaciones y juzgar las conclusiones del autor.
 - Verificar la exactitud de los análisis y deducciones que sirvieron al autor para llegar a conclusiones.
 - Extensión máxima de 12 cuartillas por artículo (incluido resumen y literatura citada).

Asimismo, debe estar conformado en su estructura por todos los apartados que a continuación se enlistan:

- Título (en español e inglés, no mayor de 15 palabras)
- Autores (indispensable: el domicilio físico de la institución y el correo electrónico del autor responsable del artículo)
- Resumen en español (un máximo de 250 palabras)
- Palabras clave (no incluidas en el título)
- Abstract (en inglés)
- Key words (en inglés)
- Introducción (concisa, planteando los objetivos)
- Materiales y métodos (breve, pero con los detalles que permitan reproducir el o los experimentos)
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones

- Agradecimientos (es opcional)
- Literatura citada

b) Se entiende como una *publicación por invitación* aquella producida por un científico que, por su reconocimiento internacional, sea invitado por el editor de la revista a presentar un tema de particular interés sobre sus experiencias en investigación. La redacción es responsabilidad exclusiva del autor, pero deberá pasar por el Comité Editorial de la revista. Debe estar conformado por:

- Título (en español e inglés, no mayor de 15 palabras)
- Autores (indispensable: el domicilio físico de la institución y el correo electrónico del autor responsable del artículo)
- Resumen en español (un máximo de 250 palabras)
- Palabras clave (no incluidas en el título)
- *Abstract* (en inglés)
- *Key words* (en inglés)
- Introducción (concisa, planteando los objetivos)
- Desarrollo de la propuesta (realizar apartados según la temática)
- Conclusiones
- Literatura citada

c) Se entiende como *estudio recapitulativo o de revisión* el trabajo cuyo fin primordial es resumir, analizar o discutir informaciones ya publicadas, relacionadas con un solo tema. Su presentación será similar a la de los trabajos por invitación.

d) Se entiende como *nota técnica* al escrito cuya redacción será de un máximo de seis páginas, así como no más de dos cuadros o gráficas. El texto no requerirá de separación en párrafos ni de subtítulos, aunque tendrá que estructurarse. Deberá contener: un resumen y un *abstract* de no más de cien palabras; una introducción breve en la que se resaltarán claramente el objetivo del trabajo; se continuará con los materiales y métodos; en el caso de los resultados y discusión preferiblemente estarán combinados para evitar repeticiones; las conclusiones o recomendaciones deberán estar consideradas en el texto, anotadas de forma clara y precisa. Las referencias en el texto y en la literatura citada no podrán ser excesivas, ya que la importancia de las notas técnicas son la originalidad y la síntesis.

II) Criterios para la presentación de originales

1. Deberán enviar el original vía Internet a cualquiera de los correos electrónicos siguientes: revaia@ucol.mx y aiagropecuarias@yahoo.com.mx y deberán enviarse en: procesador de palabras *Word*, con tipografía Times New Roman 12 puntos, a espacio sencillo. El formato de los textos debe estar en .rtf o .doc. Es preferible evitar el uso de estilos confusos en *Word* (es decir, no darle características de diseño al texto, ni manipular fuentes o tamaños en forma manual).

Igualmente, se adjuntará una carta de presentación de la publicación del texto inédito, cediendo así, los derechos de dicha publicación a AIA, así como responsabilizándose del contenido de su artículo. Rubricado por el autor principal y de preferencia signado por todos los autores.

2. El Comité Editorial se reserva los derechos para la selección y publicación de los mismos.

3. El título de todo texto deberá ser tan corto como sea posible, siempre que contenga las palabras clave del trabajo, de manera que permita identificar la naturaleza y contenido de éste, aun cuando se publique en citas e índices bibliográficos. No se deben utilizar abreviaturas en el documento, a excepción de aquellas que se indiquen con paréntesis en la primera cita que se presente en el cuerpo del mismo. A continuación del título irá el nombre del autor(es).

4. En la redacción se respetarán las normas internacionales del *Comité Internacional para las Revistas Médicas*, relativas a las abreviaturas, o seguir la norma de los artículos publicados en *Avances en Investigación Agropecuaria (AIA)*, tales como: literatura citada, símbolos, nomenclatura anatómica, zoológica, botánica, química, a la transliteración terminológica, sistemas de unidades, etcétera.

5. El formato de las ilustraciones debe ajustarse a las extensiones de archivo: “.tif”, “.jpg”.

En el caso de las fotografías (digitalizadas), deberán estar insertadas con claridad, con una resolución mínima de 300 ppp, en formato “.tif” y en blanco y negro.

Los cuadros y figuras, así como las propias fotografías deberán insertarse en el sitio exacto donde correspondan, en el cuerpo del texto. En el caso de las gráficas, también serán en blanco y negro o con tonalidades grises.

Las fórmulas y ecuaciones deben hacerse con un editor de ecuaciones o como ilustración, pero con una buena resolución gráfica (300 ppp).

6. La literatura citada sólo deberá contener los trabajos mencionados en el texto y viceversa; se escribirá de la manera siguiente:

Trabajos en revistas

- Apellido del primer autor(es). Se ordenarán alfabéticamente. En caso de que tengan preposiciones (von, van, de, di u otras) se citarán después del apellido y la primera letra de su(s) nombre(s); ejemplo: Berg van den, R. En caso de apellidos compuestos se debe poner un guión entre ambos; ejemplo: Elías-Calles, E.
- Cuando existan dos autores, se anotará la conjunción “y” para especificar que se trata de sólo dos autores; siempre se utilizará un solo apellido por autor. Ejemplo: García-Ulloa, M. y García, J. C.
- Cuando sean más de dos autores se anotará una coma después de cada apellido, seguido de la(s) letra(s) iniciales de los nombres de los autores, así como un punto y coma entre cada autor; ejemplo: López, B.; Carmo-
na, M. A.; Bucio, L. y Galina, M. A.
- Año de aparición del trabajo.
- El título del trabajo se anotará en letras normales. En el caso de trabajos en español, francés o inglés, los sustantivos se escribirán con minúsculas.

- Nombre de la revista en forma abreviada de acuerdo con el Comité Internacional para las Revistas Médicas.
- Número de volumen, número de revista entre paréntesis y enseguida dos puntos.
- Primera y última página del trabajo.
- Ejemplo: Palma, J. M.; Galina, M. A. y Silva, E. 1991. Producción de leche con (*Cynodon plecostachyus*) utilizando dos niveles de carga y de suplementación. *Av. de Inv. Agropecuarias*. 14(1):129-140.
- En el caso de citar varios trabajos del mismo autor se hará en orden cronológico.
- Cuando del mismo autor aparezcan varios trabajos publicados en el mismo año y con diferentes colaboradores, se citarán de acuerdo con el orden alfabético del nombre del segundo autor.
- Cuando sea el mismo autor y el mismo año se deberá incluir entre paréntesis las letras (a), (b), progresivamente.
- Si se tratara de publicaciones que estén en prensa, habrá de citarse la revista con la anotación (en prensa). Las comunicaciones personales (sólo escritas, no verbales) no deberán figurar en la lista de la literatura citada. Se mencionarán como nota de pie de página.

Libros

Se citarán de igual forma que las publicaciones periódicas, pero se anotará la editorial y el país de publicación después del título. Ejemplo: Reyes, C. P. 1982. *Bioestadística aplicada*. Editorial Trillas. México. 217 pp.

Cuando se trate del capítulo de un libro de varios autores, se debe poner el nombre del autor del capítulo, año, luego el título del capítulo, después el nombre de los editores y el título del libro, seguido del país, la casa editorial, año y las páginas que abarca el capítulo.

Tesis

Se anotarán igual que las publicaciones periódicas, señalándolo en particular el nivel, licenciatura, maestría o doctorado, la institución y el país. Ejemplos:

- Rodríguez, J. P. 1992. *Evaluación del consumo voluntario aparente en ganado de engorda mediante un modelo de simulación*. Tesis de licenciatura. Fes-Cuautitlán, Universidad Autónoma de México. Cuautitlán, Estado de México. México.
- Palma, J. M. 1991. Producción de leche en el trópico seco utilizando pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) o ensilado de maíz. Tesis de maestría. FMVZ. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F.

- En caso de libros que incluyan artículos de diferentes autores (anuarios, etc.) se citará siempre el apellido e iniciales del (de los) autor (es) del artículo en referencia, año, título del trabajo, título de la obra, nombre del (de los) editor (es), número de volumen en caso de que la obra conste de varios volúmenes, páginas, editorial y lugar donde apareció. Ejemplo: Hodgson, J. 1994. *Manejo de pastos: teoría y práctica*. Editorial Diana. México, D. F. 252 pp.

Conferencias

Conferencias o discusiones que únicamente se hayan publicado en las memorias del congreso se citarán como sigue:

- Apellido e iniciales del (de los) autor (es)
- Año de su publicación
- Título del trabajo en cursivas
- Nombre del congreso del que se trate
- Lugar donde se llevó a cabo el congreso
- Casa editorial
- Páginas

Ejemplo: Loeza, L. R.; Ángeles, A. A. y Cisneros, G. F. 1990. *Alimentación de cerdos*. Tercera reunión anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Veracruz, Veracruz. En: Zúñiga, J. L. y Cruz, J. A. Editores. pp. 51-56.

Material electrónico

- Cuando se emplee una referencia electrónica, se proporcionarán los siguientes campos: autor, fecha, título y anexar la dirección consultada (url) y la fecha de la consulta.
- Los artículos de una revista se anotarán de la siguiente forma: autor, fecha, título, revista, volumen, páginas. Obtenido de la red mundial en (fecha): dirección en la red (url).
- Ejemplo: Sánchez, M. 2002. *Potencial de las especies menores para los pequeños productores*. <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote4.htm> (Consultada el 20 enero de 2003).
- Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas.

Abreviaturas

Las abreviaturas de uso más frecuente se anotarán de la forma siguiente:

cal	Caloría (s)
cm	Centímetro (s)
°C	Grado centígrado
g	Gramo

ha	Hectárea
h	Hora (s)
i. m.	Intramuscular (mente)
i. v.	Intravenosa (mente)
J	Joule
kg	Kilogramo (s)
km	Kilómetro (s)
l	Litro (s)
log	Logaritmo decimal
Mcal	Megacaloría (s)
Mj	Megajoule
m	Metro (s)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
μ g	Microgramo (s)
μ l	Microlitro (s)
μ m	Micrómetro (s) (micra(s))
mg	Miligramo (s)
ml	Mililitro (s)
mm	Milímetro (s)
min	Minuto (s)
ng	Nanogramo (s)
P	Probabilidad (estadística)
Pág.	Página
PC	Proteína cruda
PCR	Reacción en cadena de polimerasa
pp.	Páginas
ppm	Partes por millón
%	Por ciento (con número)
rpm	Revoluciones por minuto
seg	Segundo (s)
t	Tonelada (s)
TND	Total de nutrientes digestibles
UA	Unidad animal
UI	Unidades internacionales
vs	Versus
xg	Gravedades

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

III) El procedimiento y evolución para cada texto que arribe a AIA es el siguiente

1. *Recepción.* Todos los autores que envíen sus textos a AIA recibirán, en primera instancia, una Carta de recepción formal en la que se les señalará si su documento cumple con los requisitos estipulados en estas normas. Cuando se encuentre completo, se enviará a los árbitros designados.

2. *Arbitraje.* El editor someterá todos los trabajos a árbitros de reconocido prestigio en su área de especialidad, nacionales y extranjeros. Los trabajos deberán ser aprobados por dos árbitros. Asimismo, los autores pueden sugerir al editor, lectores especializados que deberán tener las características señaladas con anterioridad.

3. *Dictamen.* En su oportunidad, sean aceptados o no los artículos, los autores recibirán una Carta-Dictamen formal de AIA en la que se especificará el veredicto de los revisores, en la que se explicará claramente los motivos por los que se acepta o rechaza; o bien, las modificaciones que deberán hacerse para ser reevaluados y, en su momento, publicados.

4. *Aceptación.* Posteriormente, una vez que sea aprobado un artículo, igualmente, los autores recibirán una Carta de aceptación formal en la que se indicará con precisión el volumen y el número de AIA en el que será publicado su documento.

5. *Publicación.* AIA enviará un archivo digitalizado —en versión pdf— a cada uno de los autores de la edición correspondiente. Si éstos desean la versión impresa, será mediante la respectiva suscripción anual.

Revista *Avances en Investigación Agropecuaria*, número 2, volumen 15
se terminó de imprimir en agosto de 2011 en Colima, Colima. México



Revista Avances en Investigación Agropecuaria
DES Ciencias Agropecuarias / CUIDA / FMVZ / FCBA
Universidad de Colima
www.ucol.mx/revaia

Revista de
investigación y
difusión científica
agropecuaria

Nombre completo del suscriptor(a): _____

Domicilio de entrega de la revista: _____

Calle y número: _____

Calle y número: _____

Teléfono(s): _____
(incluya clave de larga distancia)

R. F. C. (si desea factura) _____

Localidad: _____

Correo electrónico: _____

Estado: _____

País: _____

País: _____

Suscripción anual: (incluye gastos de envío: correo)

Individual \$ 300.00

60.00 USD

Institucional \$ 1,000.00

120.00 USD

México

Otros países

Código Postal: _____

Depósito en: Banco SANTANDER – SERFIN
A nombre de: Rev. AIA - Universidad de Colima
Cuenta: No. 51500598691

TRANSMITA COPIA DEL DEPÓSITO POR CUALQUIERA DE ESTAS VÍAS:

- Fax (al teléfono): 01 (312) 312 75 81
- Correo electrónico (en forma escaneada): revaia@ucol.mx / aiaagropecuarias@yahoo.com.mx
- Correo postal: Av. Gonzalo de Sandoval 444, Col. Las Víboras, Colima, Col., México C. P. 28045 (A. P. 22)



GLUKOGEN

OPTIMIZADOR DE ENERGÍA
METABOLIZABLE PARA TODAS LAS
ESPECIES ANIMALES

POR:



infotec@nutritech.com.mx

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA - Universidad de Colima México

CONSEJO EDITORIAL

Agustín Orihuela Trujillo	FCA - UAEM	México
Fernando Pérez-Gil Romo	INN "Salvador Zubirán"	México
José Manuel Palma García	CUIDA - Universidad de Colima	México
Milagros Milera Rodríguez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Janet Hummel Oliver	FMVZ - Universidad de Colima	México
Rafael Herrera García	Instituto de Ciencia Animal	Cuba

COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA - Universidad de Colima	México
Agustín Orihuela Trujillo	FCA - Universidad Autónoma de Morelos	México
Ana Luisa da Costa Cruz Borges	Universidad Federal Minas Gerais	Brasil
Aníbal Fernández Mayer	INTA Bordenave	Argentina
Aslan Díaz Castillo	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Carlos González Araujo	Instituto de Producción Animal	Venezuela
Elaine Espino Barr	CRIP - Manzanillo	México
Enrique Murgueitio Restrepo	CIPAV	Colombia
Héctor Manterola Badilla	Universidad de Chile	Chile
Hilda Machado Martínez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Jaime Molina Ochoa	FCBA - Universidad de Colima	México
Javier Valencia Méndez	FMVZ - UNAM	México
Juan Avellaneda Cevallos	UTEQ ESPAM MFL	Ecuador
Juan José Pascual Amorós	Universidad Politécnica de Valencia	España
Leonor Sanginés García	INN "Salvador Zubirán"	México
Manuel García-Ulloa Gómez	Laboratorio de Ciencias Marinas - UAG	México
Octavio Pérez Zamora	FCBA - Universidad de Colima	México
Osmel Alonso	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Rogério Maurício Martins	Universidad Federal Sao Joao del Rey	Brasil
Salvador Guzmán González	FCBA - Universidad de Colima	México
Tania Sánchez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Coordinadora editorial	Ma. Eugenia Rocha Zamora	
Edición	Alberto Vega	
Diseño	Alma Patricia Álvarez	
Montaje	Jaime Sánchez Hernández	
Fotografía (portada)	José Manuel Palma García: Biznaga (<i>Echinocactus platyacanthus</i>)	
Corrección de abstracts	Teresita Amezcua Jaeger	

REVISTA CUATRIMESTRAL DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROPECUARIA (ISSN 0188-7890). Tiraje: 200 ejemplares.

Avances en Investigación Agropecuaria es una revista académica de nivel internacional enfocada a la publicación de artículos originales arbitrados de tipo científico en el área agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera, editada por la Universidad de Colima. Sus objetivos: apoyar, enriquecer, hacer efectivos y eficientes los procesos productivos agropecuarios, con el mantenimiento de un justo balance entre la conservación, la creciente demanda de alimentos, las exigencias del consumidor y la rentabilidad de la actividad primaria; a través de opciones de difusión de la investigación generada en la región, en México y otros países con problemáticas afines, con énfasis en ambientes tropicales (aunque se aceptan trabajos de otras latitudes).

Indizada en las bases de datos:

- EBSCO (sección "Fuente académica").
- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: www.citchile.cl/b2c.htm
- GALE CENGAGE LEARNING: www.gale-la.com
- LATINDEX: www.latindex.org
- REDALyC: www.redalyc.org
- REDZOOT: www.uco.es/redzoot/
- REVIVEC: www.veterinaria.org

Los artículos aquí publicados han sido cedidos por sus autores para su reproducción editorial y la información que contienen es responsabilidad exclusiva de los propios investigadores.

Certificado de licitud de títulos y de contenido, en trámite. Reserva de derechos de autor en trámite.

Prohibida la reproducción total o parcial mediante cualquier método sin la previa autorización de la casa editora.

Correspondencia al Editor o artículos a consideración del Comité Editorial, dirigirse a:

Ma. Eugenia Rocha Zamora: revaia@uocol.mx / aiagropecuarias@yahoo.com.mx

José Manuel Palma García: palma@uocol.mx

Av. Gonzalo de Sandoval No. 444. Col. Las Víboras, Colima, Col. C. P. 28045 (México)

Tel. (312) 3 16 10 00 Ext. 40011 Fax: (312) 3 12 75 81 A. P. No. 22 Colima, Col. (México). <http://www.uocol.mx/revaia>

© 2011. Universidad de Colima

Av. Universidad No. 333, Colima, Col., (28040), México.

Dirección General de Publicaciones: publicac@uocol.mx / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, Ext. 35004

Comercializadora U. de C.; comerci@uocol.mx Tel. (312) 31 3 84 84