

**Strategic guide based on reserved alternatives
of Cuban cattle production to face the global
economic crisis and climatic change**

Senra, A.; Soto, S. y Guevara, R. / 3

**Reproduction of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from
the Cuyutlán lagoon, in the Pacific coast of México**

*Cabral-Solís, E. G.; Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.
and Ibáñez, A. L. / 19*

**Evaluation of the presence of metals in liquid residuals
and its potential impact in one community**

López-Ceballos, C. R.; García, N. y Valdez, R. / 33

**Spatial behavior of the larvae *Jacobiasca lybica*
(Hemiptera: Cicadellidae) in Andalucía,**

Spain: Modelization and mapping

Ramírez, J. F.; Porcayo, E. y Mejía, O. / 47

**Live food as an alternative diet to larvae and juveniles
of *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823)**

Luna-Figueroa, J.; Vargas, Z. T. de J. y Figueroa, T. J. / 63

Editorial

El trabajo en red cada vez es más fácil e importante, dado que se puede acceder a múltiples opciones editoriales, por lo tanto, nos encontramos ante la posibilidad de romper la “invisibilidad” editorial de nuestras revistas, ante una realidad de presupuestos fluctuantes y azarosos. En el editorial anterior hacía referencia al sistema de OJS (Open Journal Systems) como un esquema internacional de difusión del conocimiento. En esta ocasión, mencionaré el trabajo nacional que viene haciendo la Red Mexicana de Bibliotecas Agropecuarias (REMBA), la cual está conformada por instituciones dedicadas a la docencia, investigación y transferencia de tecnología en el ámbito agropecuario, agroecológico, forestal y disciplinas afines al desarrollo rural mexicano.

En esta iniciativa confluyen 30 instituciones de educación superior de los sectores público y privado, así como centros de investigación, los cuales, contribuyen a conformar REMBA, con lo que se beneficia directamente a 41 bibliotecas, cifra que al ser multiplicada por los usuarios de las mismas, redundando en una cantidad significativamente importante, pues se trata de todos aquellos que tendrán acceso a esta plataforma.

Tal iniciativa que se cristaliza a través de su portal <http://www.remba.mx> en donde, a través de la cooperación, integración y coordinación de sus miembros, permite el acceso a la información agropecuaria; con este enfoque, facilita a la comunidad académica, científica y tecnológica, así como a todos aquellos interesados en el área para obtener información relevante. Y, por otro lado, en la construcción de este espacio se facilita —mediante la aportación de cada miembro— el poder evidenciar los productos obtenidos.

REMBA se vuelve un espacio en donde la comunidad puede buscar y acceder a información, así como también la difusión de los hallazgos encontrados en la búsqueda del saber entre sus propios miembros. Es, en este sentido, que nos sentimos satisfechos de que la Universidad de Colima aporte el trabajo realizado por *Avances en Investigación Agropecuaria* y forme parte de este labor colaborativa de difusión del conocimiento en México.

Esta red inicia con proyectos de gran visión, entre los cuales se encuentran:

- Catálogo Nacional de Información Agrícola Mexicano
- Directorio Nacional de Bibliotecas Agropecuarias
- Sistema de Información y Documentación de las Américas (Red SIDALC)
- Capacitación y desarrollo humano
- Biblioteca digital

- Tesoro agrícola en español (homogeneizar el vocabulario de términos agropecuarios)
- Bibliografías especializadas

Todas ellas, propuestas que implican un reto y una oportunidad de mejorar la transmisión de la información agropecuaria; en este contexto, las bibliotecas participan con un rol activo que trasciende el contexto tradicional desempeñado por estas áreas en las instituciones. Representa un fenómeno que considera unir los esfuerzos con otras redes de bibliotecas del área a nivel latinoamericano.

Finalizo este editorial, dando una buena nueva dentro del trabajo de Rev. AIA, la cual se relaciona, precisamente, con los mayores alcances de la visibilidad de nuestra revista: recientemente se firmó un convenio con la base de datos GALE CENGAGE Learning (empresa especializada en la que —entre otros aspectos— se enfoca a la difusión del conocimiento científico a través de bases de datos). Rev. AIA se encuentra ubicada en la sección Informe Académico, en la base de datos de publicaciones periódicas en español. Su sitio web para Latinoamérica es: www.gale-la.com y para el resto del mundo: www.gale.cengage.com

Continuamos firmes con el compromiso de incrementar la visibilidad de Rev. AIA, ya que Gale es la séptima base de datos en la cual se encuentra alojada nuestra publicación en el ciberespacio; estrategia que continuaremos como parte de la política editorial de nuestra revista, aspecto consistentemente señalado con anterioridad.

José Manuel Palma García

Director, Rev. AIA

Guía estratégica sobre la base de reservas en alternativas de la ganadería cubana, para enfrentar la crisis económica global y el cambio climático ♦

Strategic guide based on reserved alternatives of Cuban cattle production to face the global economic crisis and climatic chance

Senra, A.;¹ Soto, S.² y Guevara, R.²

¹ Instituto de Ciencia Animal, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba.

² Universidad de Camagüey, Carretera de la Circunvalación, Camagüey, Cuba (A. P. 24)

* Correspondencia: asenra@co.cu

♦ Artículo invitado

Resumen

El estudio se elaboró a partir de resultados del desarrollo de la ganadería bovina, en lo referente a algunas estrategias en el uso de tecnologías foráneas, no apropiadas para nuestras condiciones climáticas y socioeconómicas. Se muestra, de forma muy general, la situación de los países desarrollados y del Tercer Mundo, ante la recesión económica, con relación a la ganadería. Se detalla una guía para incrementar la sostenibilidad y eficiencia de las tecnologías, principalmente, en la ganadería bovina, en las que se señalan y discuten los aspectos fundamentales de las estrategias más adecuadas para las condiciones de la región; así como tecnologías de procesos más apropiadas para las condiciones actuales, en las que el mayor y más eficiente uso de los recursos internos representa la base fundamental para convertir la debilidad que significa la baja eficiencia de nuestras áreas de ganadería bovina, en una fortaleza, en la que el papel que jugará el alto potencial de los recursos humanos

Abstract

The study was elaborated from cattle production results related to strategies used from foreign technologies which are not appropriate for our climatic and socioeconomic conditions. In general the situation of developed and developing countries is shown in face of the economic recession in relation to cattle production. A detailed guide to increase the sustainability and efficiency of the technologies, mainly of cattle production, is included. This guide presents and discusses the fundamental aspects of the most adequate strategies for the conditions of our region, as well as the most appropriate technologies for the current conditions in which the highest and most efficient use of domestic resources represent the fundamental basis to turn the weaknesses from the low efficiency of our cattle areas into strengths, in which the role of human resources is key. It emphasizes in granting the systematic measures and controls of the main sus-

será determinante. Se enfatiza en garantizar las mediciones y controles sistemáticos de índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia, para la aplicación y ajuste más adecuado de las tecnologías. Se llega a consideraciones finales que resumen una estrategia general en el desarrollo de la ganadería en las condiciones de la región, especialmente en Cuba.

Palabras clave

Manejo, pastizales, tecnología, sostenibilidad, eficiencia, explotación bovina, recursos humanos.

tainability and efficiency indices for the most adequate adjustment and application of those technologies. Final conclusions are drawn comprising the general strategy of cattle production development in the conditions of the region, especially in Cuba.

Key words

Management, grasslands, technology, sustainability, efficiency, cattle production, human resources.

Introducción

Los países más desarrollados y de mayor eficiencia productiva están sumergidos en lo que significa una aguda crisis económica capitalista, la que están tratando de combatir mediante enormes sumas de dinero que inyectan a los grandes bancos y transnacionales, para intentar salvarlos de la bancarrota.

Estados Unidos, la mayor potencia del mundo —con el apoyo principal del grupo de los 20 países (G-20) de economías más poderosas— está tratando de frenar la crisis, así como reducir sus consecuencias que, principalmente, se manifiestan en los sectores más vulnerables de la población, en especial, en los países del Tercer Mundo.

Sin embargo, independientemente de alguna ayuda a los países de economías más débiles sería, sobre todo, para mitigar la hambruna; ésta no llegaría a potenciar el desarrollo de sectores claves de estos países, los que tendrían que depender, en mayor medida, de su propio esfuerzo.

Por lo tanto, en los países más desarrollados habría reducción del Producto Interno Bruto, de las inversiones, importaciones, exportaciones y en los gastos (principalmente de lujo), así como un mayor esfuerzo en el ahorro energético que —al igual que el resto de los gastos de una sociedad de consumo— se mantendrían a un nivel muy superior al de los países más pobres.

Realmente, el incremento de la productividad de esos países no es fácil de lograr, a partir del alto nivel que han alcanzado, ya que aplican las tecnologías más avanzadas de productos, y no se detienen en aplicar otras vías posibles, entre las que se incluye la disminución de los puestos de trabajo y la restricción de los presupuestos para asistencia social; entre ellos, los relacionados con el acceso de la población a la educación y los servicios de salud, lo que puede desencadenar disturbios sociales que conducen a la inestabilidad de esas naciones. Además, es posible que los subsidios a los agricultores

disminuyan; pero la eficiencia de uso de la tierra en la producción agrícola (incluye la ganadería) se mantendría, también, a niveles muy superiores a los nuestros.

El objetivo de este trabajo es el de señalar una estrategia sobre la base del gran potencial de reservas que existe en nuestra región, para incrementar la eficiencia, principalmente en la ganadería bovina, a partir de la aplicación más eficiente de tecnologías de procesos más adecuadas a nuestras condiciones climáticas y socioeconómicas, basadas en los recursos locales que —especialmente en Cuba— podrá representar un aumento de gran significación en la producción primaria de alimentos (como son la leche y la carne), así como en el necesario incremento de su valor primario.

Base metodológica del estudio

A partir de los resultados en el desarrollo de la ganadería bovina, en Cuba, en lo referente a las estrategias que se han utilizado en la aplicación insuficiente de los resultados de centros experimentales y el uso de tecnologías foráneas, no han permitido obtener los resultados que se esperaban (Guevara *et al.*, 2005; Iglesias *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 1997; Renda, 2006; Senra, 2007a;b, 2009a;b; Soto *et al.*, 2006 y Vargas, 2008). En virtud de ello, expondremos la siguiente guía estratégica para incrementar la eficiencia de las tecnologías, en la que el productor juegue el papel protagónico que le corresponde en la recuperación ganadera y el enfrentamiento al efecto de los cambios climáticos y la recesión económica global.

Situación general de los países en la actual recesión económica, y guía estratégica para incrementar la eficiencia y sostenibilidad en la ganadería bovina de nuestra región

Como se puede apreciar, en todos los índices analizados, los países desarrollados han alcanzado un nivel muy eficiente en la aplicación de tecnologías de productos, que incluye la rama agropecuaria; esto requiere un alto nivel de recursos económicos y uso más eficiente de los recursos humanos (cuadro 1); sin embargo, en los países del Tercer Mundo, las posibilidades de enfrentar la crisis económica dependerá del apoyo financiero exterior para tener acceso a las tecnologías de productos, lo que los obliga al mayor y más eficiente uso de la tecnologías de proceso, con un mayor y más eficiente uso de los recursos locales.

Índices	Países más desarrollados	Países del Tercer Mundo	Cuba
Eficiencia productiva	Alta	Baja	Baja
Tecnologías de productos	Alta utilización	Baja utilización	Baja utilización
Tecnologías de procesos	Alta utilización	Baja utilización	Baja utilización
Nivel científico técnico	Alto	Bajo	Regular
Nivel uso de la tierra	Alto	Bajo	Bajo
Potencial para uso eficiente de recursos humanos	Alto	Bajo	Alto
Base para enfrentar recesión económica	Alto nivel de recursos económicos	Dependiente de ayuda exterior	Alto potencial de recursos humanos
Tecnologías de mayores posibilidades	Tecnologías de productos	Tecnologías de procesos	Tecnologías de procesos

Cuadro 1. Situación general de los países desarrollados y del Tercer Mundo ante la recesión económica actual, con relación a la ganadería (resumen).

Asimismo, las tecnologías de procesos tienen el obstáculo de que el nivel científico-técnico y cultural de los recursos humanos en nuestros países es bajo, a excepción de Cuba; en los cuales, se han alcanzado altos niveles de enseñanza, por lo que el alto potencial de nuestros recursos humanos debe convertirse en una fortaleza para enfrentar los efectos de la recesión.

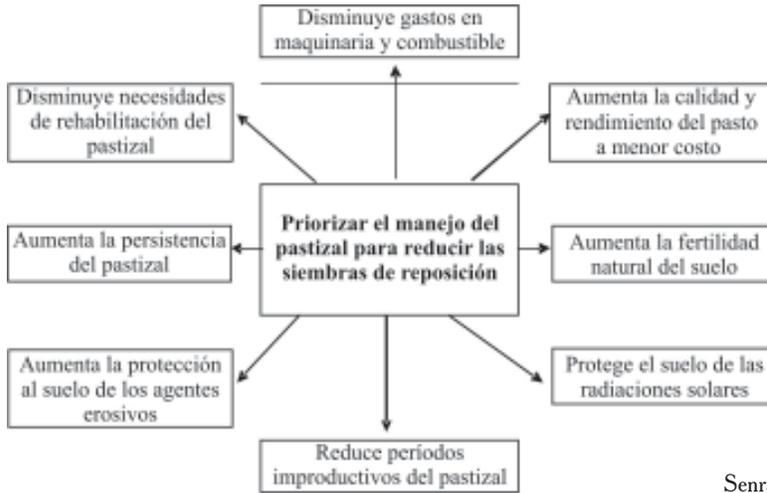
No obstante lo anterior, la ayuda financiera representará un apoyo efectivo para el mayor éxito al disminuir y recuperarnos de los efectos de la recesión mundial.

Guía estratégica de la aplicación de alternativas tecnológicas para incrementar la sostenibilidad y eficiencia de la ganadería bovina, en las condiciones actuales

1. Aplicar una estrategia más adecuada para la recuperación de los pastizales degradados (figura 1). Se pretendió restituir los pastizales degradados mediante el incremento de los volúmenes de siembras de pastos de especies de buena aceptación por los productores; pero que, por un mal manejo durante su explotación —que incluye siembras deficientes y falta de métodos eficientes de rehabilitación— tenían una persistencia no mayor de cuatro o cinco años. Esto determinó que se incurriera en gastos excesivos de combustibles fósiles (Senra, 2007a), con una bajísima eficiencia de utilización del área de pastos; y que sufrió serias pérdidas de las capas más fértiles del suelo por el exceso de labores de preparación de tierras e insuficiente cobertura vegetal

del suelo, durante un tiempo excesivo en un clima agresivo, como es el trópico estacional, lo cual es inadmisibles en la etapa actual.

Figura 1. Estrategia más adecuada en el manejo del pastizal.



Senra (2007a)

2. Darle prioridad a los diagnósticos que exige la selección de las tecnologías en las áreas en que se desarrollará la ganadería, con el objetivo de aplicar las más convenientes para las condiciones climáticas y socioeconómicas del lugar o zona (Benítez, 2003; Díaz *et al.*, 2005). Por supuesto que en este estudio tiene que participar el productor, junto con el equipo multidisciplinario correspondiente, lo cual ayuda a fortalecer la capacidad y poder de los usuarios de la innovación, promoviendo su protagonismo en la gestión y socialización del conocimiento (Aguar *et al.*, 2005). De acuerdo con Suárez *et al.* (2005) es necesario apoyar a las empresas pecuarias y a los productores en general, para que desarrollen una capacidad innovadora, no solamente de productos o procesos, sino que se deben ejecutar, también, las capacidades comerciales y de gestión —como complemento de las primeras— para una mayor eficiencia.

3. Se debe garantizar que la dieta básica en los sistemas de explotación de bovinos, en nuestras condiciones, sean los pastos y forrajes. Esto es posible por la flexibilidad de los principios fundamentales de manejo del pastoreo rotacional, los cuales se pueden aplicar independientemente del número de cuarterones o subdivisiones del pastizal, priorizando el uso del cercado eléctrico móvil (Senra *et al.*, 2004), por lo que debemos evitar la aplicación esquemática de los principios de pastoreo; hay que ajustarlos debidamente —a nuestras condiciones climáticas y socioeconómicas— para una mayor

eficiencia y sostenibilidad de nuestros sistemas de explotación. Esto se corresponde con la concepción agroecológica (Funes, 2007) de que en cada lugar se hará lo que permitan las condiciones del ecosistema, la vocación, la creatividad y habilidades del hombre, la biodiversidad de plantas y animales que logremos, las condiciones climáticas; en fin, todas las variables existentes en la interacción naturaleza-hombre.

4. Garantizar que las tecnologías que se apliquen, además de que resulten del diagnóstico correspondiente, se mantengan con el control y análisis sistemático necesario por medio de la evaluación de los índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia; y que esto permita detectar los problemas a tiempo, así como su ajuste adecuado para mantener dichos índices dentro de los rangos normales (Rivas, 1997; Senra, 2007b). Es decir, el productor no puede desconocer las situaciones que se presentan durante la introducción y evaluación de la tecnología, ya que debe intervenir, decisivamente, mediante sus conocimientos y habilidades, para evitar pérdidas o fracasos que se traduzcan en menores cantidades y calidades de alimentos, imprescindibles para la población (cuadro 2).

Cuadro 2. Situaciones en el análisis de la introducción o evaluación de las tecnologías y su impacto productivo.

Introducción o evaluación	Análisis sistemático de índices decisivos		Análisis no sistemático de índices decisivos		Falta de análisis de índices decisivos		Observaciones
	<i>Eficiencia técnica</i>	<i>Impacto productivo final</i>	<i>Eficiencia técnica</i>	<i>Impacto productivo final</i>	<i>Eficiencia técnica</i>	<i>Impacto productivo final</i>	
En extensión del resultado experimental	Buena, si se cumple y ajusta la tecnología	Positivo	Imprecisa	Inseguro	Desconocida	Inseguro	Se podría comprobar y ajustar el resultado
Introducción o innovación tecnológica	Buena o aceptable	Positivo o aceptable	Imprecisa	Inseguro	Desconocida	Inseguro	Posible ajuste a cada condición si se controla bien

Senra (2007b)

5. Utilizar metodologías —a mediano y largo plazo— para evaluar los resultados finales de la aplicación de las tecnologías, siempre que se garantice el control y ajuste, sistemáticos, durante las etapas iniciales de su aplicación (señalado en el punto anterior) para evitar las pérdidas que nos condujeron al deterioro paulatino de nuestra ganadería, en décadas anteriores. Este análisis permitirá conocer el resultado de su aplicación; pero podrá ser negativo, lo que se puede evitar mediante el control, principalmente en las etapas iniciales de los índices fundamentales de sostenibilidad y eficien-

cia (cuadro 3), en los que existe un consenso general (Senra, 2009a). Por supuesto, la tecnología se debe continuar controlando con el propósito de incrementar su eficiencia —mediante análisis— a más largo plazo, en los que se incluya un mayor número de índices (principalmente sociales y económicos); pero habiendo garantizado, prioritariamente, el impacto primario productivo positivo. Esto representa un paso decisivo en los países del Tercer Mundo para disminuir los efectos de la recesión económica en sus pueblos, ya que, actualmente, la eficiencia del uso de la tierra dedicada a la explotación ganadera es muy baja, lo que representaría una fortaleza si se aprovecha este enorme potencial de nuestra región; asimismo, si aplicamos las tecnologías correspondientes de manera eficiente.

Cuadro 3. Algunos índices fundamentales para el control y ajuste sistemático de las tecnologías durante las etapas iniciales de su aplicación.

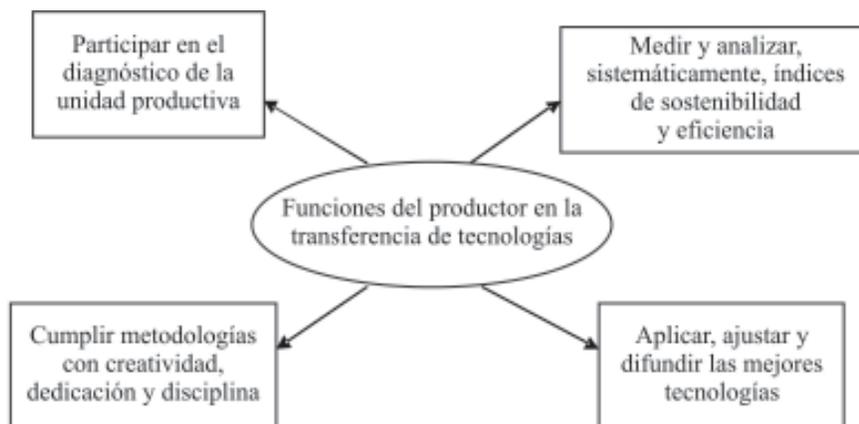
Factores	Índices fundamentales
En el animal	<ul style="list-style-type: none"> - Producción de leche o carne, individual y total. - Eficiencia de producción de leche sobre la base de la Curva de Potencial Mínimo de Producción de Leche, relativo a las condiciones de la empresa o finca ganadera. - Condición corporal, mediante el método de Los Cinco Puntos, para vacas lecheras. - Índices reproductivos (natalidad, intervalo parto-primer servicio, parto-gestación, parto-parto, índice de NO parto, % de vacas en ordeño. - Peso vivo, mediante básculas o estimando por medidas antropométricas. - Ganancia diaria de peso vivo. - Índices de salud (% de mastitis clínica y subclínica, endometritis, mortalidad de terneros y adultos).
En el pastizal	<p>Orden de rotación y tiempos de reposo y ocupación; disponibilidad por animal, por el método visual; carga animal y presión de pastoreo; curva de rendimiento anual, por mes; dinámica de la composición botánica, por años, por el Método de Los Pasos, en la misma época del año.</p>
En el suelo	<p>Erosión pluvial y eólica, por el método visual; fertilidad natural, por el conteo de coprolitos y análisis de materia orgánica; la compactación por el penetrómetro.</p>
Índices económicos	<p>Costos-unidad de producto final; costo-peso invertido, relación costo-beneficio. También se deben analizar, de forma dinámica, sobre la base del comportamiento de los índices biológicos y no a partir del incremento de precios subsidiados, para evitar riesgos innecesarios</p>

Nota: Algunos se deben controlar normalmente, y otros incluir; ya que son fáciles de medir o estimar y decisivos en la sostenibilidad y eficiencia del ecosistema del pastizal.

Senra (2009a)

6. Perfeccionar suficientemente los cursos de capacitación que se imparten a los productores, para ajustarlos a los conocimientos y habilidades de mayor prioridad para las actividades que deben desarrollar en la aplicación y ajuste de las tecnologías, para que “juegue el papel que le corresponde”. En esta tarea fundamental el factor hombre —a través de sus conocimientos, experiencia, capacidad y dedicación— es decisivo en el éxito (González, 2004); se acepta que el hombre es el agente principal de la transformación, que debe incluir algunos factores socio-económicos, como son: la motivación, la comunicación, el liderazgo y las características personales, los cuales son obviados en algunos planes de transferencia de tecnologías. Esto facilitará que sean capaces de participar, exitosamente, en la decisión de las tecnologías que se deben aplicar, así como de controlarla durante su aplicación para su ajuste adecuado a las condiciones concretas de la finca o rancho, lo que está dentro de las funciones principales del productor (Senra, 2009a) (figura 2). Esto exige no sólo impartirle los cursos necesarios, sino la elaboración de materiales de estudios (preferentemente impresos) que le faciliten la asimilación de los conocimientos y habilidades, y de materiales de consulta. El productor nunca estará suficientemente capacitado si no es capaz de aplicar la tecnología, sin necesidad de la presencia del profesor o asesor, lo que no se ha logrado en un alto número de casos.

Figura 2. Principales funciones y responsabilidades del productor en la transferencia eficiente de las tecnologías.

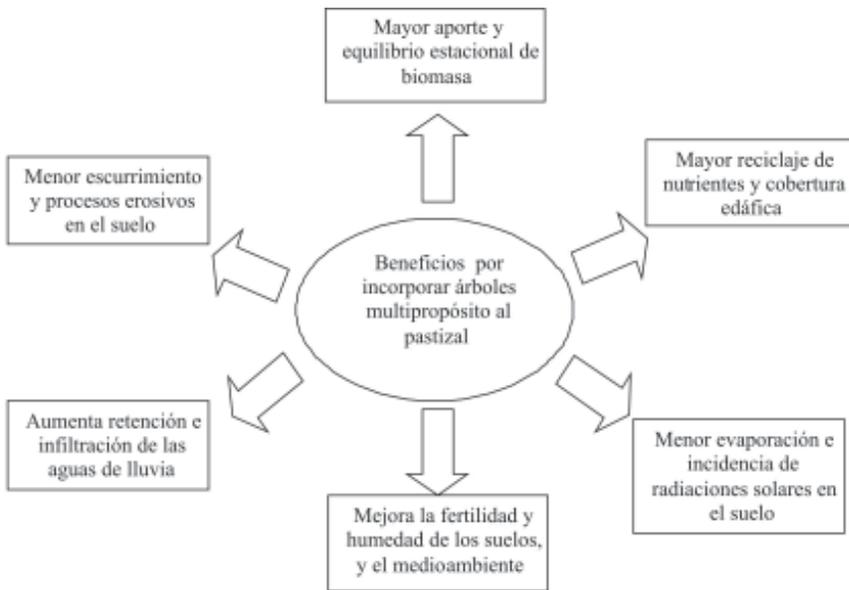


Senra (2009a)

7. Darle máxima prioridad a las tecnologías en las que se utilicen asociaciones de gramíneas y leguminosas con el propósito de aprovechar el aporte del nitrógeno; de

estas últimas, que se sintetizan en los nódulos que forman en sus raíces las bacterias nitrificadoras (Iglesias *et al.*, 2006; Palma, 2005; Renda, 2006; Ruíz *et al.*, 2005). Las alternativas tecnológicas más promisorias son las que incluyen las diferentes variantes del silvopastoreo, especialmente con árboles leguminosos, de especies que consumen los animales directamente (ramoneo); además de garantizar la sombra natural, como es el caso de la *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*). El silvopastoreo es una de las vías para rescatar los múltiples beneficios del árbol en nuestra región, entre las cuales está la protección a los suelos de los efectos erosivos, así como el incremento de su fertilidad natural (Senra, 2009b) (figura 3). Uno de los problemas que se confrontan para el establecimiento de algunas especies en silvopastoreo es el de garantizar la limpieza de las áreas (Simón, 2000), lo que se puede evitar (Soto *et al.*, 2006) mediante la introducción de cultivos de ciclo corto para impedir la competencia negativa de plantas que también propician la presencia y daños por plagas.

Figura 3. Beneficios adicionales por la incorporación de árboles al pastizal.



8. Incrementar la eficiencia del uso de las áreas ganaderas, mediante el cultivo de especies de pastos y forrajes de ciclo fisiológico largo —como es el Kinggrass enano (CT-115)— para acumular la biomasa en la época de humedad y temperatura adecuadas para su consumo en el pastoreo y en la época de escasez (Martínez, 2001); así

como el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) que es un verdadero almacén de energía en la finca (Martín, 2005), pero que se debe cortar y moler para ofrecerlas a los animales; ello representa una alternativa importante en toda la región, incluyendo los subproductos de su procesamiento industrial, así como los residuos de su cosecha.

9. Uso adecuado de tratamientos mecánicos, como son: los que se aplican para disminuir y evitar las pérdidas por erosión hídrica —mediante la ejecución de bordos— en curvas de nivel y para el control de cárcavas de menor tamaño, así como la construcción de presas (en el caso de cárcavas mayores), lo que representa un factor importante en la protección de los suelos y su fertilidad, y una mayor captación de agua (Olivares y Zarate, 2006). No obstante, no se debe complementar con una cobertura vegetal adecuada.

10. De acuerdo con los resultados de Aspiolea (2006), se le debe dar la prioridad necesaria para sensibilizar, capacitar y ayudar a los ganaderos para la introducción masiva de la “Bomba Vaquera Criolla”, en combinación con el uso de los “Molinos de Viento” de última generación; ya que, en algunas condiciones, garantiza un abastecimiento de agua seguro y eficiente y no necesita combustible, ni se emite CO₂, lo que sería una alternativa prometedora en la actual situación climática y de recesión económica.

11. No aplicar el criterio de obtener más beneficios a corto plazo para recuperar la inversión con mayor rapidez aunque se deteriore —a largo plazo, paulatinamente— el ecosistema del pastizal, representado por los recursos naturales (tan valiosos e imprescindibles como el suelo), cuya degradación se muestra en la mayor parte de las áreas ganaderas, y continuaría su avance. Esto no se cuantifica mediante el análisis costo-beneficio, lo que tiende a sobrestimar la rentabilidad de algunos sistemas de producción, ya que no incluye los costos ecológicos generados por la actividad productiva (Harte, 1995). Esto se puede evitar si se aplican las tecnologías de procesos más apropiadas, que potencien los ciclos naturales para asegurar el bienestar de las generaciones futuras, aunque las ganancias inmediatas sean menores.

12. Una opción promisoriosa en el manejo estratégico para incrementar la eficiencia es la sincronización de los partos en la época de abundancia de pastos y forrajes (época lluviosa) (Guevara *et al.*, 2005), lo que representa una reducción significativa de las necesidades de alimentos en la época poco lluviosa en condiciones de secano, lo que puede disminuir los riesgos por los cambios climáticos que están ocurriendo en nuestra región.

13. Garantizar el uso de razas y genotipos resistentes a las condiciones climáticas y posibilidades alimentarias de nuestra región (Hernández *et al.*, 2005; Magaña *et al.*, 2002) lo que ha sido una respuesta importante a los fracasos en la utilización de razas

europas, sin las condiciones para su utilización eficiente; ello condujo a pérdidas ocasionadas por mantener rebaños en esas condiciones insostenibles, principalmente por los bajos niveles de alimentación, agravado por no aplicar el Balance Alimentario.

14. Utilizar la “Finca Agroecológica” como una alternativa tecnológica de amplias perspectivas en nuestra región (Iraola *et al.*, 2007; Vargas, 2008) en la que se integra la biodiversidad animal y la vegetal, donde la rotación de los cultivos —en tiempo y espacio— así como aprovechar los residuos de cosechas y de excretas de unas especies animales por otras de menores exigencias nutricionales, lo cual determina el uso más eficiente de los recursos locales, que puede incluir los “espejos de agua” para la cría de peces y patos. Debido a la heterogeneidad de los agroecosistemas, condiciones sociales, gustos y habilidades de los productores directos, no existe un modelo único de finca integrada agroecológica (Funes, 2007).

15. Impulsar, en esta etapa de recesión económica y cambios climáticos, el aumento del valor agregado de los productos primarios de la ganadería y la agricultura, que conlleva la inclusión de este tema en los cursos de capacitación y el apoyo en créditos de ayuda financiera a los productores. El amplio espectro que abarca la industria rural, tanto de los productos como leche y carne, así como en el aprovechamiento de los excedentes de las cosechas que, en muchas ocasiones, se pierden o se tienen que vender a precios muy bajos a intermediarios o a la industria procesadora, lo cual garantizaría el transporte que el productor no dispone para el traslado de los productos. La diversificación, que es la base de la agroecología, propugna el desarrollo de la agroindustria de baja intensidad para transformar el producto primario, satisfacer la demanda en un surtido más amplio y obtener mejores precios en los mercados diferenciados (Muñoz *et al.*, 1997).

16. Como resultado complementario del incremento de la eficiencia en la aplicación de las tecnologías en los países del Tercer Mundo (como el nuestro), los beneficios de los productores aumentarán, paralelamente, con su autoestima. Esto demostrará que son capaces de resolver los problemas que confrontan, con su propio esfuerzo (Aguar *et al.*, 2005; González, 2004), sin altos gastos en recursos externos, lo que resultará en un mayor sentido de pertenencia, ya que obtendrían —de su finca o rancho— los ingresos que necesitan para cubrir satisfactoriamente sus necesidades; esto sería una ayuda efectiva para evitar o disminuir la emigración hacia las ciudades.

Valoración económica

Las tecnologías e innovaciones tecnológicas propuestas en este trabajo representan beneficios económicos de gran relevancia con el menor uso de recursos externos (reducción de importaciones) a partir de mayor y más eficiente uso de los recursos locales o regionales, que es fundamental en esta etapa de recesión económica. Precisamente,

esta propuesta conlleva la conservación de los recursos naturales —sobre todo en el suelo— lo cual es fundamental para disminuir los efectos desfavorables de los cambios climáticos en un clima tan agresivo como el nuestro.

El incremento en la eficiencia y sostenibilidad en los sistemas de explotación de ganado bovino, con la estrategia propuesta, representa una reducción significativa en la degradación del ecosistema del pastizal: con aumento de los rendimientos en producción animal, con ahorros determinantes en los gastos en combustibles fósiles y del “capital oculto” (que incluye la disminución de las pérdidas de suelos y de su fertilidad natural, que generalmente se ignoran).

De acuerdo con Senra (2008) si solamente se considera, como base de cálculo, el ahorro que se hubiera obtenido en la década del 70 u 80, 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 %. Además, sobre la base de un costo de 300 pesos (MN) por hectárea, la reducción de 200,000 hectáreas (era la meta anual de siembras de reposición de pastos) a 100,000 hectáreas, hubiera representado 30 millones de pesos (MN) de ahorro.

En un estudio realizado por Betancourt *et al.* (2007), en Petén, Guatemala, se evaluó el impacto biológico y económico de la degradación de las pasturas en los sistemas de doble propósito sobre la base de la disminución del potencial de producción animal. El rendimiento de leche/vaca disminuyó en 7-34%, cuando la degradación del pastizal se incrementó de ligera a muy severa, y los valores equivalentes para la producción de carne fueron 13-43%. Esto significó que, debido a la degradación de los pastos, la zona de estudio estaba perdiendo alrededor de \$82.50 Dls., por hectárea (por año).

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” no se incluyen, a pesar de que el mantenimiento del capital natural, según Harte (1995), es una de las condiciones que debería cumplir un sistema para ser sustentable.

Un aspecto determinante de los beneficios son 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 que favorece la disponibilidad de brazos para las tareas agrícolas.

Consideraciones estratégicas finales

1. En las condiciones actuales de la crisis económica global, los países de economías más fuertes inyectan grandes sumas de dinero a los bancos y transnacionales y aplican otras medidas, como restricciones en los servicios sociales, para frenar sus efectos; sin embargo, los niveles de vida y eficiencia de las tecnologías que aplican se mantienen muy superiores al de los países del Tercer Mundo, lo que representa una fortaleza importante, si somos capaces de aplicar las medidas necesarias para enfrentar la recesión, y los cambios climáticos, mediante el incremento de la aplicación de tecnologías de procesos para obtener mayor eficiencia y productividad en el uso de las áreas dedicadas a la explotación agropecuaria, donde el mayor y más eficiente uso de los recursos locales, principalmente los recursos humanos, jugarán un papel fundamental.

2. El uso de estrategias más adecuadas en el desarrollo de la ganadería, mediante la recuperación de nuestros pastizales por su mejor manejo durante la explotación, y la reducción de los volúmenes de siembras de reposición de especies de pastos de buena aceptación por los ganaderos —que se degradaron por el mal manejo— sería decisivo en la recuperación ganadera. Esto determina que las siembras se basarían, fundamentalmente, en las especies más convenientes y estratégicas para los objetivos del productor que, en nuestras condiciones de clima tropical estacional, corresponde a las de ciclo fisiológico largo para que acumulen la biomasa necesaria para su consumo en la época de escasez (en condiciones de secano); así como la inclusión de árboles (silvopastoreo), sobre todo leguminosos, para un mayor equilibrio de la producción de biomasa y nutrientes durante todo el año, en correspondencia con el Balance Alimentario, y mayor protección del suelo y reciclado de nutrientes. Este mejor manejo incluye siembras y métodos de rehabilitación más eficientes.

3. El alto porcentaje de degradación de los suelos en áreas de pastizales de muchas localidades exige la aplicación de tecnologías de restauración o recuperación, donde el principal objetivo sea la recuperación —y no los altos ingresos— a corto plazo, que comprometan, aún más, el deterioro del sistema de explotación.

4. La importancia de la cobertura vegetal adecuada y la sostenibilidad de los suelos está íntimamente relacionada con la captura del carbono y la retención, distribución del agua y preservación de las cuencas hidrográficas; sin embargo, el mayor uso de los molinos de viento es una de las vías más prácticas para resolver el déficit de agua en algunas condiciones de los sistemas de explotación ganadera —por su contribución en la recirculación del agua— mediante su extracción por la energía eólica.

5. Las tecnologías que incluyan la introducción de árboles y arbustos multipropósitos, principalmente leguminosos, para la protección y recuperación del ecosistema del pastizal, representan un complemento necesario de las labores mecánicas que se apliquen en el control de los árboles y arbustos indeseables, y en reducir o evitar los

efectos nocivos de las cárcavas pequeñas y grandes; lo que permite el incremento, paulatino e ininterrumpido de la protección del suelo, aumento de su fertilidad natural y reducción de los efectos de la erosión pluvial en las áreas de pastoreo.

6. El éxito de la aplicación de las tecnologías en la producción comercial dependerá, no sólo del diagnóstico participativo en que se decidirá la tecnología a aplicar, sino del control sistemático de los índices fundamentales de sostenibilidad y eficiencia, desde las etapas iniciales de su introducción; lo que, simultáneamente, debe garantizar su impacto productivo positivo, ya que permite detectar los problemas a tiempo y aplicar las medidas correctivas necesarias, para ajustar la tecnología, lo que es una función y responsabilidad elemental del productor. Posteriormente, se realizarán análisis a más largo plazo, con un mayor número de índices con el propósito de incrementar, paulatinamente, la eficiencia y sostenibilidad del sistema de explotación.

7. Las tecnologías que se apliquen en las condiciones climáticas y socioeconómicas actuales —del trópico estacional de nuestra región— que se podrán continuar agravando, requieren garantizar la sostenibilidad económica; pero sin permitir el deterioro de los índices biológicos, donde la sostenibilidad del suelo y el incremento de su fertilidad natural, mediante labores mecánicas apropiadas y la cobertura vegetal necesaria (que incluya la introducción de los árboles y arbustos multipropósitos) sería la condición esencial para evitar la degradación y recuperar el equilibrio ambiental.

8. La sostenibilidad y eficiencia de las tecnologías, especialmente de procesos, están dentro de las responsabilidades y funciones del productor, el que requiere tener la experiencia suficiente o adquirir los conocimientos y habilidades necesarias en cursos bien elaborados, a partir de la necesidad de resolver los problemas que se le presentan en la práctica social, lo que le permitirá cumplir el papel que le corresponde al aprovechar la fortaleza que representa poder aumentar los bajos niveles de productividad y eficiencia de nuestros sistemas de explotación bovina a partir de los recursos locales comparados con países desarrollados que se basan en las costosas tecnologías de productos.

Conclusiones

Se presenta una *Guía estrategia integral* para enfrentar los efectos de la crisis económica global y el cambio climático, elevando la eficiencia y sostenibilidad de nuestros sistemas de explotación bovina a partir del potencial de reservas locales, en nuestras condiciones, lo que permitirá el incremento de los rendimientos y eficiencia del uso de la tierra, garantizando la preservación de los recursos naturales y el equilibrio ambiental.

Literatura citada

- Aguiar, J.; Santoyo, V. H.; Solleiro, J. L.; Reyes, J. y Baca, del M. J. 2005. *Lecciones aprendidas*. En: Transferencia e innovación Tecnológica en la Agricultura: Lecciones y Propuestas. Fundación Produce, Michoacán, A. C. Universidad Autónoma de Chapingo. 1ra. Edición. México.
- Aspiólea, J. L. 2006. *Fertilización de pastos y abastecimiento de agua a la ganadería*. Tesis en opción al Grado de Dr. Cs. Vet., Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Estación Experimental de Fertilizantes (Escambray), Instituto de Ciencia Animal, Universidad Central "Marta Abreu".
- Betancourt, H.; Pezo, D. A.; Cruz, J. y Beer, J. 2007. *Impacto bioeconómico de pasturas de doble propósito en el Chal, Patén, Guatemala*. Pastos y Forrajes. 30:169.
- Benítez, D. 2003. *Diagnóstico de la producción ganadera en los macizos montañosos orientales*. Informe. IIA Jorge Dimitrov: PCTN Desarrollo Sostenible de la Montaña. Perfeccionamiento de la producción ganadera para lograr el autoabastecimiento de los sectores priorizados de la población en los macizos montañosos Sierra Maestra y Sagua-Nipe-Baracoa 00703083. GEPROP. 72 pp.
- Díaz, J. A.; Mejías, R.; Borroto, O.; Castillo, E. y Michelena, J. B. 2005. *Nota técnica acerca de las experiencias y los resultados del sistema de transferencia de tecnologías y conocimientos del Instituto de Ciencia Animal*. Rev. Cubana Ciencia Agríc. 39:1.
- Funes, F. 2007. *Agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad*. Folleto. 1ra. Edición. Biblioteca ACTAF. La Habana, Cuba, 24 pp.
- González, L. 2004. *Consideraciones sobre algunos factores socio-psicológicos que influyen en la difusión de tecnologías*. Pastos y Forrajes. 27:4.
- Guevara, R. V.; Guevara, G. E.; González, C.; Curbelo, N.; Soto, S.; Agüero, L. A.; Rodríguez, C. y Estévez, J. A. 2005. *Efecto del momento del parto dentro de la época de máximo crecimiento del pastizal sobre la eficiencia de producción de leche*. Rev. Prod. Anim., Universidad de Camagüey. Cuba. 17(1):35-40.
- Harte, M. J. 1995. *Ecology, sustainability and environment as capital*. Ecological Economics. 15:157-164.
- Hernández, A.; Ponce de León, R.; Gutiérrez, M.; García, S. M.; García, R.; Mora, M. y Guzmán, G. 2005. *Efecto ambiental en la producción lechera de la raza bovina Mambí de Cuba*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 39:533.
- Iglesias, J. M.; Simón, L.; Hernández, D.; Hernández, I.; Milera, M.; Castillo, E. y Sánchez, T. 2006. *Sistemas agroforestales en Cuba: algunos aspectos de la producción animal*. Pastos y Forrajes. 29:217.
- Iraola, J.; Muñoz, E. y Torres, V. 2007. *Alternativas para mejorar la producción diversificada de alimentos, en armonía con el ambiente en fincas pequeñas*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 41:19.
- Martínez, R. O. 2001. *Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical*. En: Estrategias de la alimentación para el ganado bovino en el trópico. Banco de México. FIRA, 125 pp.
- Martín, P. C. 2005. *El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 39:393 (Número Especial).
- Magaña, J. G.; Delgado, R. y Segura, J. C. 2002. *Factores ambientales y genéticos que influyen en el intervalo entre partos y el peso al nacer del ganado cebú en el sureste de México*. Rev. Cubana de Cienc. Agríc. 36:317.
- Muñoz, E.; Ramos, N.; Martín, P. C. y Castro, M. 1997. *Diversificación de la producción agropecuaria en las UBPC y Granjas de la ganadería vacuna*. En: Manual Agro-Red para la Ganadería, Tomo III. Tecnologías para la producción de leche y carne vacuna. Compilado y Editado por el Inst. de Ciencia Animal y el Viceministerio de Ganadería, Cuba. pp. 103-111.
- Olivares, E. y Zarate, P. 2006. *Control de cárcavas con bordos de contención y represas filtrantes*. En: Manual of techniques, Texas-México Field Day Demonstration Sites (2003-2006), presented March 9-10, 2006, Texas A&M Research Center Uvalde, Texas.

- Palma, J. M. 2005. *Los árboles en la ganadería del trópico seco*. Rev. Avances en Investigación Agropecuaria. 9(1):3-16.
- Renda, A. 2006. *Papel de los sistemas agroforestales en el escenario agrario de las cuencas hidrográficas de Cuba*. Pastos y Forrajes. 29:351.
- Rivas, L. 1997. *Metodología para la evaluación de Adopción e impacto de pasturas mejoradas. El caso de adopción temprana de Arachis pintoi en Colombia*. En: Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con Sistemas de Producción Animal de Doble Propósito. CIAT y Consorcio Tropileche. Editores: C. E. Lescano y F. Colman. Colombia, pp. 237-255.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H. y Castillo, E. 2005. *Las leguminosas, sus posibilidades para implantar sistemas ganaderos sostenibles*. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 39:397 (Número Especial).
- Senra, A.; Valdés, G.; Del Pozo, P. P. y Rodríguez, I. 2004. *El Pastoreo Voisin: Reflexiones acerca de su aplicación en Cuba*. Rev. Asociación Cubana de Producción Animal, 2: 41.
- Senra, A. 2007a. *Reflexiones con relación a factores decisivos en la sostenibilidad y eficiencia de la ganadería en Latinoamérica*. Rev. Avances de Investigación Agropecuaria. México. 11(1):15.
- Senra, A. 2007b. *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. 2009a. *Funciones y responsabilidades del investigador-profesor, para la introducción exitosa de tecnologías sostenibles en Cuba*. 7mo. Congreso Provincial de Educación Superior. UNAH, La Habana, Univ. 2010.
- Senra, A. 2009b. *Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad y sostenibilidad de los suelos*. Rev. Avances de Investigación Agropecuaria. 13(2):3-15.
- Simón, L. 2000. *Tecnología de silvopastoreo. Aplicaciones prácticas con fincas lecheras*. EDICA. La Habana, Cuba. 36 pp.
- Soto, S.; Guevara, R.; Estévez, J. y Guevara, G. 2006. *Evaluación agronómica de cultivos de ciclo corto en el establecimiento de Leucaena leucocephala cv. Perú*. Pastos y Forrajes. 29:39.
- Suárez, J.; Díaz, J. A. y Cepero, L. 2005. *Tecnología e innovación en las empresas ganaderas: Una necesidad para la recuperación productiva*. Rev. Asociación Cubana de Producción Animal. 4:47.
- Vargas, S. 2008. *Rediseño, manejo y evaluación de un agroecosistema de pastizal con enfoque integrado, para la producción de leche bovina*. Tesis en opción al grado de Dr. en Ciencias Vet. Univ. Central (Marta Abreu), Las Villas, Ministerio de Educación Superior, Cuba.

Recibido: Septiembre 6, 2010

Aceptado: Noviembre 1, 2010

Reproduction of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from the Cuyutlán lagoon, in the Pacific coast of México

Reproducción de *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) de la laguna de Cuyutlán, en el Pacífico Mexicano

Cabral-Solís, E. G.;¹ Gallardo-Cabello, M.;² Espino-Barr, E.^{1*} and Ibáñez, A. L.¹

¹ Instituto Nacional de Pesca, Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima, México.
tetcabral@gmail.com

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. gallardo@cmar.icmyl.unam.mx

³ Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F.
ana@xanum.uam.mx

* Correspondencia: elespino@gmail.com

Abstract

This paper deals with the reproduction of white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) in the Cuyutlán lagoon, Colima State, México. Fish were obtained from local commercial fishery during one year. The male:female ratio was 0.63:1.00. Berried females occurred all year round with two peaks: summer (August) and winter (January-February). Sexual maturation (L_{50}) of males and females was observed at a mean size of 270 mm and 255 mm corresponding to five and four years old, respectively. Minimum size of reproduction for males and females was 105 mm. The gonadosomatic index was higher during August and February. The allometric relationship with the hepatosomatic index was $LW = 6.00 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{4.013}$. The condition factor indexes of Fulton and Safran showed an increment from December to March. Fecundity ranged from 9,612 to 238,795 oocytes for females between zero and five years old and mean relative fecundity was 1,120 oocytes·g⁻¹ (850 to 1,176

Resumen

Se analizó la reproducción de la lebrancha o liseta *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) en la laguna de Cuyutlán, Colima, México. La relación macho:hembra fue 0.63:1.00. Los peces fueron capturados durante un año. Se observaron hembras ovígeras todo el año, con dos picos: uno en verano (agosto) y otro en invierno (enero-febrero). Los machos y las hembras mostraron características de madurez sexual (L_{50}) a la talla promedio, de 270 mm, y de 255 mm, que corresponden a cuatro y cinco años de edad, respectivamente. La talla mínima de reproducción en machos y hembras fue 105 mm de longitud total. El índice gonadosómico fue más alto en agosto y febrero. La relación alométrica del índice hepatosómico fue $LW = 6.00 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{4.013}$. Los factores de condición de Fulton y Safran se incrementaron de diciembre a marzo. La fecundidad varió, de 9,612 a 238,795 ovocitos en hembras de cero a cinco años de edad, y la fecundidad relativa promedio fue de 1,120 ovocitos·g⁻¹ (850

oocytes·g⁻¹). Results suggest a ban season from June 15th to September 15th, and the use of regulated mesh size on the gill net of 2 ¾ inches.

Key words

Fecundity, maturity period, fish reproduction, minimum spawning size, white mullet, *Mugil curema*.

a 1,176 ovocitos·g⁻¹). Los resultados sugieren establecer una temporada de veda del 15 de junio al 15 de septiembre, y el uso del tamaño de malla reglamentario, que es de 2 ¾ pulgadas, en las redes agalleras.

Palabras clave

Fecundidad, periodo de madurez, reproducción en peces, talla mínima de desove, lebrancha o liseta blanca, *Mugil curema*.

Introduction

M*ugil curema* (Valenciennes, 1836) is essentially an American species found in both; the Atlantic and Pacific oceans, with few populations in African waters (Álvarez-Lajonchere, 1976; Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello, 2004; Heras *et al.*, 2009). Commercial catching of white mullet in the Mexican Pacific coast in 1999 reached 219 metric tons, from which 98 metric tons were reported for Colima state (SEMARNAP, 2000). According to Cabral-Solís (1999), *M. curema* is the second most important fishery (after shrimp) in Cuyutlán Lagoon, and its local fishery depends on more than 400 fishermen. In spite of its very low price (i.e. 15 to 18 pesos at the popular market, the equivalent to one and half American dollars), the white mullet represents an excellent protein source for residents, and work opportunity for the lagoon communities.

For this reason and also because of the commercial value of the white mullet roe, this species must be regulated. Currently the closed season for the area is from May 15th to July (DOF, 1995) established in 1987. However, this closed season should be reviewed in order to protect the reproductive period of this species.

In order to contribute to the knowledge of this important resource, in the present paper, aspects of the reproduction cycle of *M. curema* in the Cuyutlán lagoon in Colima State were analyzed. This study will provide basic information to regulate the fishery, suggesting a ban season, minimum fishing sizes and mesh opening for the gill net. This will avoid the capture of young specimens that have not reproduced yet.

Materials and Methods

The specimens were obtained from the commercial fishery in the Cuyutlán Lagoon (103° 57' and 104° 19' W; 18° 57' and 19° 50' N). The fishing gear used was a gill net of 2.5 inches mesh (6.35 cm). Samples were obtained monthly from March 1997 to February 1998. Total length was measured to the nearest mm (from the snout

tip to the caudal fin extreme) for 4,482 organisms. The size of the sample was determined according to Daniel (2008).

The subsample of 579 specimens was used to cover the following data: total length (TL, mm) to ± 1 mm, total weight (TW, g), eviscerated weight (EW, g), liver weight (LW, g) and gonad weight (GW, g) to ± 1 g.

Sex and gonad maturation were determined *in visu*, on fresh organisms taken to the laboratory the same day they were caught. The stages of sexual maturity were determined using the key by Díaz-Pardo and Hernández-Vázquez (1980) where stage I is juvenile fish; in stage II gonads fill 1/3 of the abdominal cavity; in stage III gonads occupy 1/2 to 3/4 of the abdominal cavity and oocytes are not individualized; in stage IV, pre-spawning stage, gonads occupy 3/4 of the entire abdominal cavity and oocytes are individualized; stage V is the spawning stage where gonads occupy the total abdominal cavity and oocytes and semen can be released by squeezing the body; stage VI is post-spawning. The TL at first spawning for males and females was determined by using 50% of the accumulative frequency (L_{50}) of stages IV and V of sexual maturation (Sparre and Venema, 1995).

Also the minimum TL at first spawning was also recorded to be compared with other authors findings. The gonadosomatic index (GSI) for females and males was calculated according to Rodríguez-Gutiérrez (1992), where gonad weight (GW) is expressed as a function of body weight: $GSI = 100 \cdot GW / TW$ (TW = total weight). As a measure of physical fitness of the fishes, we obtained the condition factor $K = (EW \cdot TL^{-3}) \cdot 100$ (Clark, 1928), $K = (TW \cdot TL^{-3}) \cdot 100$ (Fulton, 1902) and $a = TW \cdot TL^{-b}$ (Safran, 1992), the hepatosomatic index (HSI), expressed as the percentage of liver weight (LW) with respect to the total weight $HSI = 100 \cdot LW / TW$ (Rodríguez-Gutiérrez, 1992).

Mean monthly samples were compared through variance analysis of HSI and K, which assumes normal conditions and equal variances. If variances among sampled groups were equal, then the respective means could be compared through parametric variance analysis (Sachs, 1978). With this in mind, the Levene test of equal variances was used on sample groups of different sizes. If the data did not meet the assumptions despite mathematic transformations, the non-parametric Kruskal and Wallis analysis (Zar, 1996) was used under the null hypothesis that there were no significant differences ($P < 0.05$) in monthly variances. When the null hypothesis was rejected, the non-parametric multiple comparisons Dunn's test was used (Zar, 1996).

Fecundity (F) and relative fecundity were obtained by the gravimetric method using the wet weight of 34 stage V female gonads of *M. curema*. To estimate total fecundity, two subsamples of approximately 500 oocytes were obtained. The following expression was used in the calculation: $F = n \cdot p/P$, where F = relative fecundity; n =

number of oocytes in the subsample; P = average weight of the subsample in grams and p = weight of all the oocytes in grams (Kartas and Quignard, 1984). The relationship between fecundity, total length and weight was calculated with the formula $F = a \cdot x^b$ where F = fecundity, x = individual weight or length, a = origin ordinate or initial number of oocytes, b = trend or oocyte number changing rate.

The relationships among TL, TW, LW, testis weight (TeW), ovary weight (OW), and fecundity were defined for different ages. Age groups were obtained by sagittal otolith analysis; six age groups of *M. curema* were established by Espino-Barr *et al.* (2005) and Gallardo-Cabello *et al.* (2005).

Results

The sample size was statistically sufficient ($P < 0.05$) in every month (Table 1).

Table 1. Gonadosomatic index variance analysis per intervals by Kruskal-Wallis one way method.*

Month	n_i	Median	Media	Std Dev	Std Error	R_i average
March	50	0.406	0.899	1.371	0.194	242.7 ^{abc}
April	45	0.541	1.085	1.313	0.196	308.8 ^{bc}
May	50	0.548	1.028	1.618	0.229	305.9 ^{bc}
June	41	0.380	0.595	0.590	0.092	215.8 ^{ab}
July	50	0.559	0.857	1.384	0.196	286.9 ^{abc}
August	50	0.628	2.002	2.755	0.390	335.6 ^c
September	50	0.264	0.622	0.850	0.120	175.1 ^a
October	45	0.355	0.643	1.070	0.159	209.5 ^{ab}
November	50	0.576	1.472	2.482	0.351	299.4 ^{bc}
December	50	0.527	0.858	1.172	0.166	297.3 ^{bc}
January	48	0.829	1.965	2.597	0.375	354.9 ^{cd}
February	50	1.519	2.865	3.547	0.502	431.3 ^d

*Same letters mean that there is no difference among months; different letters mean statistical difference among months.

Gonads were visually differentiated, except in young individuals that had never spawned. Ovaries were cylindrical and, when mature, oocytes were intense yellow and easily recognized. Table 2 shows mean values of the gonad weight (GW) for each age group of *M. curema*. Also results on TL, TW and F.

Testes were elongated, whitish in color and smaller than ovaries. Their mean weights per age are shown in Table 2. In *M. curema* ovaries weigh up to 10.32 g in three year old specimens of 230 mm TL, while testis weight 6g in a same size specimen.

Fecundity values ranged from 9,612– 238,795 oocytes for females between zero and five years, measuring 10.54 to 27.79 cm, and weighing 11.3 to 203.10 g. Fecun-

dity for minimum length of spawning (0 years) was 9,612 oocytes (Table 2). Mean relative fecundity value for this species was 1,120 oocytes·g⁻¹ (range = 851 to 1,176 oocytes·g⁻¹).

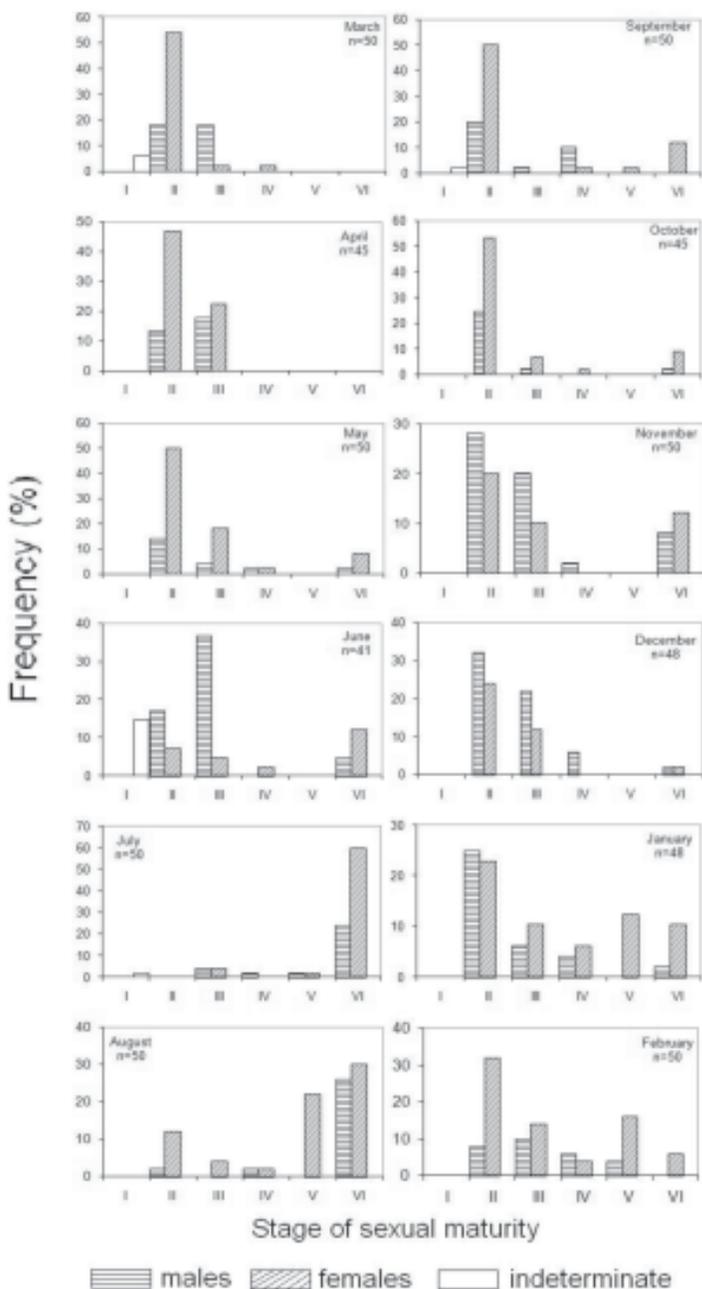
Table 2. Length (TL, cm), weight (TW, g), liver (LW, g), testis weight (TeW, g), ovary weight (GW, g) and fecundity (number of oocytes) for each age group (years).

Age	TL (cm)	TW (g)	LW (g)	TeW (g)	GW (g)	F (eggs)
0	10.54	11.30	0.076	4.873	0.070	9,612
1	15.63	36.57	0.372	5.438	0.866	35,488
2	19.73	73.25	0.948	5.802	3.847	76,827
3	23.03	115.98	1.761	6.056	10.319	128,079
4	25.67	160.33	2.724	6.241	20.681	183,595
5	27.79	203.10	3.745	6.381	34.356	238,795

The sample size of 579 individuals of *M. curema* analyzed to determine sex ratio was 219 (38.56.0%) males and 349 (61.44%) females and 11 juveniles, with a male:female ratio of 0.63:1.00.

Monthly variation in the relative frequency of gonad maturation stages (Fig. 1) show that during March, April and May stage II predominated in females 54%, 47% and 50%, compared to 18%, 13% and 14%, respectively in males. During May and June the number of organisms in phases III and IV increased, and although stage V is not shown during these months, there were 12% and 4% of spawned females and males (stage VI), respectively. The highest percent of individuals in stage I (15%) was observed in June, due to the recruitment of young fish. The highest percent of individuals in spawned stage (VI) was observed in July, females 60% and males 24%, (with phase V only 2%) and phase V (22%) was observed in August. During September females and males appeared again in a high number in stage II, 50% and 20% respectively, but also organisms in other maturity stages could be observed. The next months showed organisms in phases II to VI, with an important presence of stage V in January and February (16% of the females). The presence of organisms in phase VI, spawned during most of the year (except March and April) indicates that the species spawns year round, with two important peaks: August and January-February.

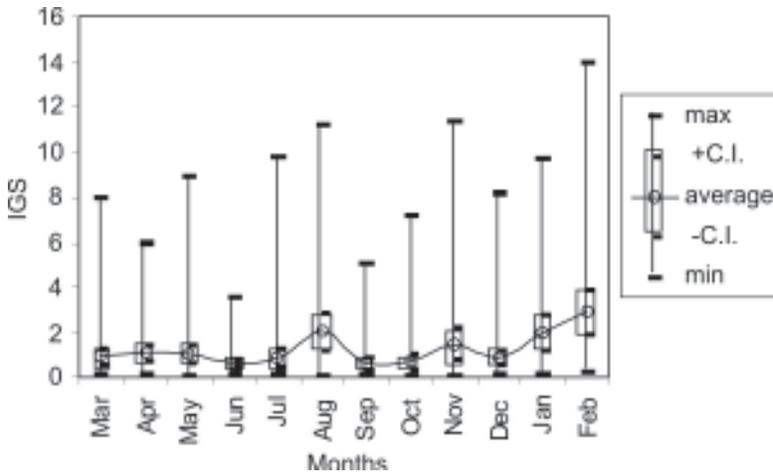
Figure 1. Monthly variation of sexual maturity in males and females of *M. curema*.



The length at first maturity (L_{50}) for females was 255 mm which corresponds to four years of age, and for males 270 mm, at five years.

The gonadosomatic index (GSI) was <1 during six months of the year for *M. curema* (Fig. 2). Ovary and testis maturation started in January and June, reaching the highest GSI values in two periods: August (GSI = 2.002) and February (GSI = 2.865) and decreasing in September (GSI = 0.622) and June (GSI = 0.595), respectively.

Figure 2. Monthly variation of gonadosomatic index (GSI), average, maximum and minimum data and the confidence interval (C.I.).



In the pre-spawning stage, gonads fill $\frac{3}{4}$ of the abdominal cavity; ovaries are a yellowish color and eggs can be seen individually. Testes are entirely white. Organisms in post spawned stage were seen throughout the year, except March and April; gonads are soft and vascularized and can fill half of the abdominal cavity. Ovaries turn pinkish and show a milky yellowish fluid where the eggs cannot be individually identified. Testes have a milky whitish color. According to Kruskal-Wallis' analysis, January and August were significantly different from September, October and June. February was different to all the other months except August and January; during those months a higher number of organisms had heavier gonads and were spawning (Table 1).

The allometric relationship of the hepatosomatic index (HSI) was: $LW = 6.00 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{4.013}$. The allometric index (b) value indicated that liver weight increases in a greater proportion than the cube of length; it is a positive allometric index, so there is a positive dependence between TL and LW (Table 3).

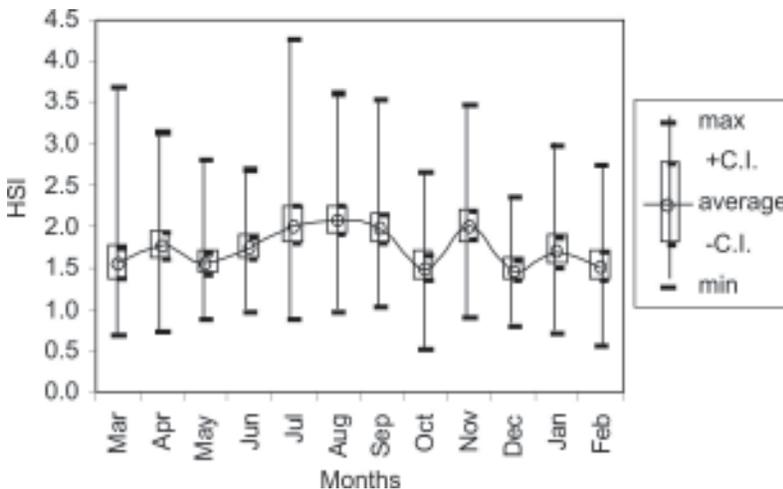
Table 3. Hepatosomatic index variance analysis per intervals by Kruskal-Wallis one way method.

Month	ni	Median	Media	Std Dev	Std Error	R _i average
March	50	1.550	1.548	0.668	0.095	274.3 ^{abc}
April	45	1.456	1.763	0.527	0.079	233.6 ^a
May	50	1.475	1.546	0.428	0.061	231.2 ^a
June	41	1.676	1.735	0.426	0.067	303.2 ^{abc}
July	50	1.511	2.014	0.756	0.107	238.7 ^{ab}
August	50	1.667	2.072	0.566	0.080	301.0 ^{abc}
September	50	1.936	1.970	0.600	0.085	349.5 ^{bc}
October	45	1.993	1.495	0.524	0.078	386.4 ^c
November	50	1.817	2.012	0.634	0.090	352.6 ^c
December	50	1.498	1.470	0.417	0.059	229.0 ^a
January	48	1.987	1.687	0.615	0.089	361.9 ^c
February	50	1.406	1.519	0.585	0.083	215.2 ^a

*Same letters mean that there is no difference between months; different letters mean statistical difference between months.

Variations of HSI throughout the year are shown in figure 3; the largest range from minimum to maximum values was in August, and the highest percentage of organisms in the median value. This month is also the same period of time of the reproductive process. The liver accelerates the synthesizing process of lipid reserve and its weight increases during the spawning period.

Figure 3. Monthly variation of hepatosomatic index (HSI), average, maximum and minimum data, and confidence interval (C.I.).



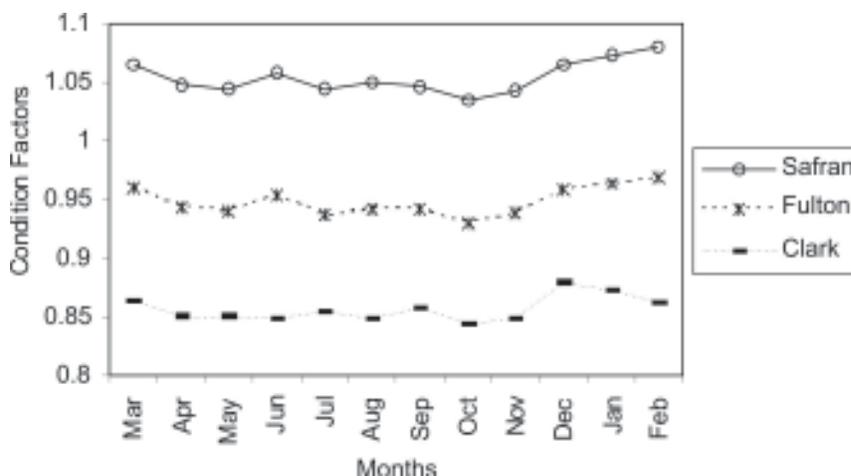
The variance null hypothesis (H_0) establishes equality between average values and it was rejected, also significant statistic differences were found using the Dunnett test of multiple comparisons was $H=72.568$ and 11 gl ($P=<0.001$).

According to the Kruskal-Wallis' analysis, February, December, May and April have significant statistic differences compared with October, January, November and September.

July had significant differences with October, January and November, probably because it is the month with most post spawned organisms (Table 3).

The condition factor of Fulton and Safran indexes increased in February and August. Clark's index (with eviscerated weight) decreased due to corporal waste (Fig. 4).

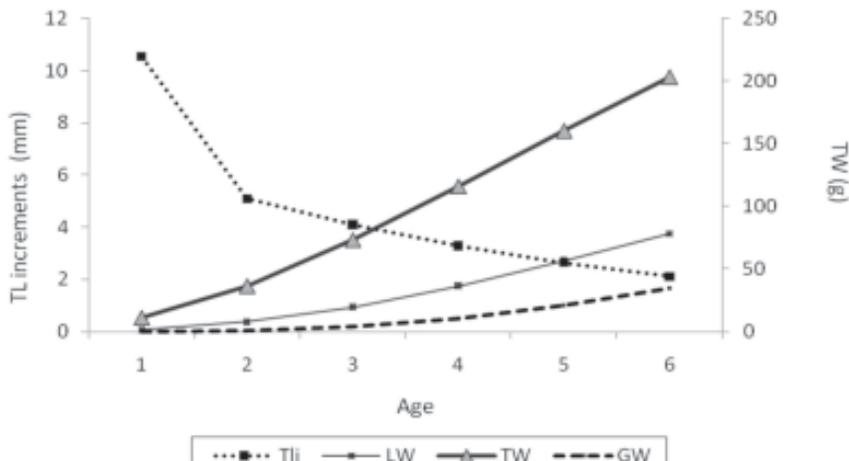
Figure 4. Monthly values of the condition factor using the methods of Fulton (1902), Safran (1992) and Clark (1928).



Discussion

The highest growth rate in length in *M. curema* takes place in the age groups of zero to two years, after which growth in length diminishes and total weight and gonad weight increases, as do the fatty acid reserve. This exemplifies two periods during the life cycle of this species: the first, when most of the energy from feeding is used in the length growth and to help reduce natural mortality by depredation and interspecific competence; and the second period, when most of the energy is focused on the fatty acid reserve and formation of sexual products for reproduction (Fig. 5) (Rodríguez-Gutiérrez, 1992; Espino-Barr *et al.*, 2008).

Figure 5. Relationship between age and total length increment (TLI), Total weight (TW), liver weight (LW) and Gonad weight (GW) in *Mugil curema*.



M. curema spawns mainly during early spring or summer in several places of the Atlantic and Pacific oceans (Table 4). Nevertheless, in the present study we observed two maximum periods: one in summer (August) and another in winter (February). Similar results were obtained by Álvarez-Lajonchere (1976) for this species in the coast of Cuba.

Table 4. Spawning period for *Mugil curema*. (As in Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello, 2004, and augmented).

Area	Period	Authority
Atlantic (W)	April-August, maximum in May	Jacot (1920)
Florida (S)	March-April	Anderson (1957)
Gulf of Mexico	April-May	Oren (1981)
Texas	Spring-early Summer	Moore (1974)
Venezuela	July	Rojas (1972)
Venezuela	July-August	Edimar (1973)
Cuba	June-August and November-January	Álvarez-Lajonchere (1976)
Brazil	March-August	Maia and Vilela do Nascimento (1980)
Gulf of Mexico	February-May	Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello (2004)
Mazatlán	May-July	Briones (1981), in Vasconcelos-Pérez <i>et al.</i> (1996)
Oaxaca	May-August	Ramos-Cruz (1986), in Vasconcelos-Pérez <i>et al.</i> (1996)
Cuyutlan Lagoon, Colima	August and February	this study

The minimum spawning age observed in this study was before the first year of age when the species reaches its gonadic maturity (Table 5). This differs from observations by other authors, who reported ages of one year (Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello, 2004).

Table 5. Minimum length (mm) at first spawning of females of *Mugil curema*.
TL = Total length.

Area	TL (mm)	Age (year)	Authority
Florida (S)	209	1	Anderson (1957)
Venezuela	303	1	Edimar (1973)
Gulf of Mexico	208	1	Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello (2004)
Cuyutlán Lagoon, Colima	105	0	this study

Gonadosomatic index values of *M. curema* in Cuyutlán are higher (GSI=17) compared to those obtained in Tamiahua lagoon, of GSI=12 (Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello, 2004).

The hepatosomatic index calculated in Cuyutlán and Tamiahua lagoons have an allometric relation with the specimen's weight: in Cuyutlán it is $b=4.013$ and in Tamiahua $b=3.64$ (Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello, 2004). According to the monthly values, the liver accelerates its lipid reserve synthesizing function and its weight is considerably increased at spawning. This species accumulates fatty acids in its celomic cavity, which can be seen in the phases of maturity prior to spawning and it reaches its maximum values when the gonad fills the entire abdominal cavity.

The condition factor of Fulton (1902) and Safran (1992) indexes show an increment in February and August, months when spawning takes place and gonads reach their highest weight. The opposite occurs with Clarkum's index (which considers eviscerated weight): body weight decreases due to corporal waste during the reproductive period.

Fecundity values ranged from 9,612 to 238,795 oocytes for females measuring 10.54 to 27.79 cm. These values are the lowest calculated for this species in the coasts of México. Vasconcelos-Pérez *et al.* (1987) reported 283,000 in organisms of 22 to 27 cm in Pueblo Viejo Lagoon, Veracruz. Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello (2004) found values of 51,901 to 346,701 eggs in females of 18.7 to 32 cm in Tamiahua Lagoon, Veracruz.

Higher numbers were reported by Ramos-Cruz (1986) in the coast of Oaxaca (780,787 eggs in females 29 cm TL) and Villaseñor and González (1990) found 954,900 eggs in the coast of Nayarit. In Cuba, Álvarez-Lajonchere (1982) reported values of 295,081 to 488,956 eggs in organisms of 28.4 to 34.1 cm total length in different localities of the island.

The value of relative fecundity found in this study ($1,120 \text{ oocytes}\cdot\text{g}^{-1}$) is lightly higher than the one reported in Tamiahua lagoon ($1,064 \text{ oocytes}\cdot\text{g}^{-1}$) by Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello (2004). Edimar (1973) reported in the Restringa lagoon, Venezuela a value of $1,369 \text{ oocytes}\cdot\text{g}^{-1}$ for the same species. Orozco-Álvarez (1986) found much higher values in De la Mancha Lagoon in Veracruz ($11,245 \text{ oocytes}\cdot\text{g}^{-1}$).

Differences found in these values of fecundity can be explained by the fact that each place can have different lengths at which females mature. It can also be due to the method used to determine number of eggs in the gonad. Kartas and Quignard (1984) reported that fecundity values in bony fishes have a high variability.

Gallardo-Cabello *et al.* (2005) found that *M. curema* of Cuyutlán have lower values of L_{∞} and higher k index of the growth equation than the same species in Tamiahua lagoon. Therefore the same species will have smaller size at the same age and shorter longevity in the first place than in the second. This is related to the phenomena explained by Taylor (1958; 1960), who found that the k index of the growth equation is inversely proportional to latitude and temperature. Cuyutlán lagoon is located closer to the equator than Tamiahua lagoon; its temperature ranges from 17.5°C to 34.2°C while the range in Tamiahua is from 10.3°C to 33°C .

Although *M. curema* from Cuyutlán is smaller in size than in Tamiahua, its relative fecundity is higher, and it has two reproduction periods, i.e., summer and winter while in Tamiahua there is only one reproductive period. *M. curema* spawns at a smaller size (105 mm) in Cuyutlán (minimum size of reproduction).

Approximately 29% of the catch is accounted by immature fish based on average size of capture (290.8 cm) in one of the most common mesh sizes of 6.35 cm gill net (Cabral-Solís *et al.*, 2007). This could adversely affect natural recruitment. Gill nets with a larger mesh size can remove this potential constraint.

With the biological data mentioned we suggest a modification of the established ban season from May 15th to July (DOF, 1995), to the period from June 15th to September 15th.

Fishers should change their gill nets from a mesh size of $2 \frac{1}{4}$ inches which they use currently to the legal size of $2 \frac{3}{4}$ inches or bigger which will protect young organisms that have not yet reproduced.

M. curema has a high adaptive potential to different habitats an ecologic niche, considering these results and those for Tamiahua lagoon (Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello, 2004).

Our results are valid even if they are from 1997-1998, the population characteristics do not vary too much; Gallardo-Cabello *et al.* (2006) observed that data on age (by scale reading) did not differ from that determined by length frequency by Cruz-Romero *et al.* (1993). It is always better to have some information on the population being fished throughout time, than no register at all.

Conclusions

Mugil curema reaches a higher fecundity in Cuyutlán than in Tamiahua, although its size is smaller.

In Cuyutlán lagoon *M. curema* presents a longer reproductive season extended the whole year round with two maximum peaks: one in August and the other in January-February. Male and females mature at 0 years of age.

It is important to establish a fishing ban from the 15th of June to the 15th of September and the use of the official mesh size of 2 ¾ inches.

The fishery should be monitored to learn about the changes in the biological aspects of *M. curema*.

Cited Literature

- Álvarez-Lajonchere, L. S. 1976. *Contribución al ciclo de vida de Mugil curema Valenciennes in Cuvier et Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae)*. Ciencias, Ser. 8, Rev. Invest. Mar. 28:1-130.
- Álvarez-Lajonchere, L. S. 1982. *The fecundity of mullet (Pisces, Mugilidae) from Cuban waters*. Journal of Fishery Biology. 21:607-613.
- Anderson, W. W. 1957. *Early development, spawning, growth, and occurrence of the silver mullet (Mugil curema) along the south Atlantic coast of the United States*. Fish. Bull. 57: 397-414.
- Cabral-Solís, E. G. 1999. *Estudio sobre el crecimiento y aspectos reproductivos de la lebrancha Mugil curema Cuvier y Valenciennes, 1836, en la laguna de Cuyutlán, Colima*. Tesis de Maestría, Universidad de Colima. 91 pp.
- Cabral-Solís, E. G.; Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M. and Ibáñez-Aguirre, A. L. 2007. *Fishing impact on Mugil curema stock of multi-species gill net fishery in a tropical lagoon, Colima, Mexico*. J. Fish. Aq. Sc. 2(3):235-242.
- Clark, F. 1928. *The weight-length relationship of the Californian sardine (Sardina coerulea) at San Pedro*. California Department of Fish & Game, Fish Bulletin 12: 22-44.
- Daniel, W. W. 2008. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Ed. Limusa Wiley, México, 755 pp.
- Díaz-Pardo, E. y Hernández-Vázquez, S. 1980. *Crecimiento, reproducción y hábitos alimenticios de la lisa Mugil cephalus en la Laguna de San Andrés, Tamps*. An. Esc. Nal. Cienc. Biol., México. 23: 109-127.
- DOF. 1995. *Norma Oficial Mexicana NOM-016-PESC-1994. Para regular la pesca de lisa y liseta o lebrancha en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California*. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 24 de abril.
- Edimar, C. L. A. 1973. *Algunos aspectos de la biología de la lisa Mugil curema en aguas hipersalinas del Nororiente de Venezuela*. Mem. Soc. Scienc. Nat. Contrib. 51: 223-38.
- Espino-Barr, E.; Cabral Solís, E. G.; Gallardo-Cabello, M. and Ibáñez-Aguirre, A. L. 2005. *Age determination of Mugil curema Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlan Lagoon, Colima, Mexico*. Inter. J. Zool. Res. 1(1):21-25.
- Espino-Barr, E.; González, A.; Santana, H.; y González, H. 2008. *Manual de biología pesquera*. Universidad Autónoma de Nayarit, 168 pp.
- Fulton, T. 1902. *Rates of growth of sea-fishes*. Scientific Investigations, Fishery Division of Scotland Report 20: 1-22.

- Gallardo-Cabello, M.; Cabral, E. G.; Espino-Barr, E. and Ibáñez-Aguirre, A. L. 2005. *Growth analysis of white mullet Mugil curema (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlán Lagoon, Colima, México.* Hidrobiológica. 15(3): 321-325.
- Heras, S.; Roldán, M. and González Castro, M. 2009. *Molecular Phylogeny of Mugilidae fishes revised.* Reviews in Fish Biology and Fisheries (RFBF). 19: 217- 231.
- Ibáñez-Aguirre, A. L. and Gallardo-Cabello, M. 2004. *Reproduction of Mugil cephalus and M. curema (Pisces: Mugilidae) from coastal lagoon in the Gulf of Mexico.* Bul. Mar. Sci. 75(1): 37-49.
- Jacot, A. P. 1920. *Age, growth and scales characters of the mullet Mugil cephalus and Mugil curema.* Trans. Am. Microsc. Soc. 39:199-230.
- Kartas, F. and Quignard, J. P. 1984. *La Fécondité des poissons teleosteens.* Masson, Paris. 121 pp.
- Maia, R. C. and Vilela do Nascimento, I. 1980. *Reproduction of the white mullet Mugil curema Valenciennes, 1863, in estuarine waters of Pernambuco, Brazil.* First Brazilian Symp. of Aquacul. Pp. 205-212.
- Moore, R. H. 1974. *General ecology, distribution and relative abundance of Mugil cephalus and Mugil curema on the south Texas coast.* Contrib. Mar. Sci. 18:241-245.
- Oren, O. H. 1981. *Aquaculture of grey mullets.* International Biol. Prog. 26, Cambridge Univ. Press, Cambridge. 507 pp.
- Orozco-Álvarez, J. I. 1986. *Diagnosis poblacional de Mugil curema Valenciennes (1836) (Lebrancha) en la laguna de La Mancha, Mpio. de Actopan, Ver.* Tesis Profesional, Univ. Veracruzana, Veracruz. 27 pp.
- Ramos-Cruz, S. 1986. *Estudio biológico pesquero de la lebrancha Mugil curema Valenciennes y la lisa Mugil cephalus Linnaeus, en las lagunas de Oaxaca y Chiapas, México.* CRIP-Salina Cruz, INP, México. 24 pp.
- Rodríguez-Gutiérrez, M. 1992. *Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces.* AGT Ed. 79 pp.
- Rojas, J. C. 1972. *Contribución al conocimiento de la biología de las lagunas y ríos de Campomona y Buena Vista (Venezuela) especialmente del robalo, Centropomus parallelus.* R. Cuad. Ocean. 3:3-36.
- Sachs, L. 1978. *Estadística aplicada.* Ed. Labor, Barcelona. 567 pp.
- Safran, P. 1992. *Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles.* Mar. Biol. 112:545-551.
- SEMARNAP, 2000. *Anuario estadístico de pesca 1999.* Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 271 pp.
- Sparre, P. y Venema, S. C. 1995. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales.* Parte 1 - Manual. FAO Doc. Tec. de Pesca 306/1, Roma, 420 pp.
- Taylor, C. C. 1958. *Cod growth and temperature.* J. Conseil. 23(3):366-370.
- Taylor, C. C. 1960. *Temperature, growth and mortality-the Pacific cockle.* J. Conseil. 26(1):117-124.
- Vasconcelos-Pérez, J.; Sánchez-González, S. y Schultz-Ruiz, L. 1996. *La pesquería de lisa.* pp. 581-594. En: Sánchez-Palafox, A.; Fuentes-Castellanos, D. F. y García-Real, S. Peñalosa (Eds.). *Pesquerías Relevantes de México. XXX Aniversario del INP.* Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP. 1100pp.
- Villaseñor, R. y González, A. 1990. *Aspectos reproductivos de lisa blanca Mugil curema (Valenciennes 1838 Pisces: Mugilidae) en aguas estuarinas marinas de San Blas, Nayarit, México.* II Congreso de Ciencias Marinas. La Habana, Cuba.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis.* 3rd ed. Prentice Hall. USA. 662 pp.

Recibido: Diciembre 3, 2009

Aceptado: Octubre 7, 2010

Evaluación de la presencia de metales en residuales líquidos y su efecto potencial para una comunidad

Evaluation of the presence of metals in liquid residuals and its potential impact in one community

López-Ceballos, C. R.;^{1*} García, N.² y Valdez, R.²

¹ Instituto de Ciencia Animal (ICA), Carretera Central Km 47 ½. Municipio San José de Las Lajas, La Habana, Cuba. (C. P. 32700).

² Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Carretera Tapaste, Km. 1 ½, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. (C. P. 32700).

*Correspondencia: navigio62@hotmail.com

Resumen

Según la metodología propuesta por el grupo FITOPLANT de la Universidad Agraria de la Habana, se evaluó en la empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” —perteneciente al Municipio San José de las Lajas, Provincia La Habana, Cuba— el contenido de metales pesados en residuales líquidos en el sistema de trampas y en el canal de desagüe, así como su impacto en la zona circundante, en el periodo 2006-2008. Las muestras de residuales líquidos se tomaron en diferentes puntos de la trayectoria, ampliándose su representatividad durante los tres años de estudio. Se analizaron los metales pesados: Cu, Co, Fe, Zn, Ni, Pb, Mn, así como otros metales: Mg, Na, Ca, y K, mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se determinó que existían elevadas concentraciones de los mismos (por encima de los límites permisibles) en el periodo de estudio, resultando ser tóxicos para el medio ambiente. Las trampas de dicha empresa no ejercen la función para la cual han sido diseñadas y afectan gravemente el área colindante. Al encuestarse a los actores sociales involucrados (pobladores, trabajadores y Consejo de Dirección de la empre-

Abstract

According to the methodology proposed by the FITOPLANT group of the Agrarian University of La Habana, an evaluation of the heavy metal content in liquid residuals of the system of traps and drainage of the company White Ceramic “Adalberto Vidal” in San José de Las Lajas, La Habana, Cuba was done, as well as its impact in the surrounding zone in the period of 2006-2008. Samples of liquid residuals were taken in different points of the trajectory, extending its representativeness during the three years of study. An analysis of the heavy metals: Cu, Co, Fe, Zn, Ni, Pb, Mn as well as Mg, Na, Ca, K, was performed by atomic spectrophotometry absorption. It was determined that high concentrations of metals existed (over the permissible limits), and they were toxic for the environment. The traps of this Company do not exert the function for which they have been designed and they seriously affect the area and the adjacent ecosystem. When the involved social actors (farmers, workers, and the company’s Advisory Council) were questioned, they recognized many affectations in crops, animals and other components of the ecosystem that

sa), reconocieron las innumerables afectaciones en cultivos, animales y otros componentes del ecosistema, producido por el vertimiento indiscriminado de los referidos desechos industriales. Se ha producido un fuerte impacto comunitario sobre la población circundante a la planta industrial que puede llegar a afectar su seguridad alimentaria. Se recomendó analizar de manera profunda el residual líquido de dicha empresa y establecer un adecuado programa de educación ambiental, abordando el tema de la contaminación por metales pesados y la forma de recuperar áreas dañadas.

Palabras clave

Metales pesados, contaminación, impacto comunitario.

were consequence of the indiscriminate pouring of the referred industrial remainders. There was a strong community impact over the population surrounding the industrial plant that may affect their food security. A deep analysis of the liquid residuals of this company was recommended, and an appropriate environmental education program was established which approached the subject of the contamination by heavy metals and the ways to restore the damaged areas.

Key words

Heavy metals, contamination, community impact.

Introducción

Los metales pesados durante siglos han sido utilizados en industrias importantes y son fundamentales en el funcionamiento de las mismas, pero muestran —como problema esencial— que perjudican la salud humana y transforman el equilibrio de los sistemas ambientales, si se permite que alcancen concentraciones excesivas en agua, suelo y aire (García y Dorronsoro, 1998).

La presencia en los recursos hídricos de metales y sus derivados, así como sustancias orgánicas diversas, entre otras, son responsables de innumerables situaciones de impacto sobre los ecosistemas y la salud pública en general (García, 1992).

El vertimiento indiscriminado de grandes volúmenes de aguas y lodos residuales por parte de las industrias, población e instituciones científicas, provocan —en muchas ocasiones— daños irreparables en los ecosistemas (Quevedo, 2006). Tal es el caso objeto de estudio, referente a la empresa de cerámica blanca “Adalberto Vidal”, la cual durante más de 50 años ha vertido sus desechos en un área aledaña. Esta industria ha sido reportada por el CEDAR (2004) como un foco contaminante del municipio San José de Las Lajas, Provincia La Habana, Cuba.

La falta de implementación de buenas prácticas en diferentes procesos industriales ha desembocado en la contaminación de las aguas de desecho; y con ello, el ecosistema circundante, con metales como cadmio, cobre, plomo y zinc, entre otros. Relacionadas con el empleo de estas sustancias se encuentran las industrias de cerámica, pigmentos y esmaltes (Mazzeo, 2002).

Los residuos de metales pesados, presentes en ambientes contaminados, pueden acumularse en los microorganismos, flora y fauna acuática; y, de esta manera, entrar en las cadenas alimentarias humanas y dar como resultado trastornos tales como: enfermedades de la piel, daños en el hígado y enfermedades neurológicas; o sea que pueden llegar a ocasionar un potencial efecto sobre la salud (Adriano, 2001).

Resulta primordial la toma de conciencia del daño que puede causarse, pues la descarga de sustancias potencialmente tóxicas en cuerpos de aguas naturales y los efectos resultantes, son temas de gran interés e importancia en la actualidad.

Por tales razones, el objetivo general de este trabajo es evaluar el contenido de metales pesados en los residuales líquidos de la empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” durante el periodo 2006-2008 y su impacto en la comunidad.

Materiales y métodos

I. Ubicación y características del sitio de estudio

El sitio de estudio (empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal” y áreas colindantes a la misma), cuenta con una población de 1,214 habitantes en 379 viviendas (Baruk, 2006). Este consejo popular pertenece al municipio San José de las Lajas, el cual posee varias fuentes contaminantes y, entre ellas, se encuentra la ya referida empresa Cerámica Blanca, como se muestra en la figura 1; siendo la misma una fuente proveedora de metales tóxicos como el cadmio, plomo, zinc, entre otros (CEDAR, 2004).

Figura 1. Ubicación del área de estudio (No. 4) perteneciente al municipio San José de las Lajas.



A lo largo de todos los años de trabajo de la empresa, se incrementó la cantidad de pobladores colindantes al sitio de estudio. Se han ampliado las áreas utilizadas como agrícolas, en las que se han plantado o sembrado diferentes cultivos como: tomate, plátano, lechuga, maíz, col, entre otros. Existen alrededor de diez pequeñas fincas, además de un área de producción a pequeña escala, perteneciente a la propia empresa (López-Ceballos *et al.*, 2008).

II. Toma de muestras de residuales líquidos

Para la toma de muestras no se aplicó una metodología en específico. El grupo FITOPLANT comenzó los estudios en dicha empresa a partir de 2006, donde se tomaron al azar algunas muestras en puntos de eliminación de los residuales, para conocer la posible presencia de metales en estos residuos. Al encontrar —en este primer estudio— valores elevados de dichos metales, se decide realizar otras tomas de muestras, cambiando el periodo o fecha con respecto a las anteriores, así como ampliando los puntos de muestreo en todo el trayecto.

La empresa posee dos plantas de producción. Se tomaron muestras en diferentes puntos de la trayectoria de eliminación de los residuales líquidos que vierte diariamente la empresa mediante su sistema de trampas. El estudio se realizó a través de tres momentos o años (2006, 2007, 2008). En 2006 se realizó el muestreo en el mes de abril (comienzo del periodo lluvioso), en 2007 en octubre (final periodo lluvioso) y en 2008, en febrero (periodo seco).

Año 2006: se tomaron tres muestras, provenientes todas del residual líquido de la planta 1 (dedicada a la producción de cerámica blanca).

Año 2007: se contuvo en los análisis las muestras del residual líquido proveniente de la planta 2 de dicha empresa (dedicada a la cerámica con empleo de dibujos y colorantes), tomándose seis muestras en total.

Año 2008: se tomaron 10 muestras, incluyendo ambas plantas de producción de la empresa.

Se incrementó progresivamente el número de muestras en los diferentes momentos, con el objetivo de ampliar el marco de análisis del área y los posibles efectos negativos de los residuales.

III. Determinación del contenido de metales (ppm)

Las muestras fueron envasadas en recipientes plásticos de 1 ½ L, previamente esterilizados, y trasladadas al laboratorio de química de la Universidad Agraria de La Habana, para su procesamiento. Para la determinación del contenido de metales pesados en los residuales líquidos, las muestras se filtraron para eliminar la posible contaminación por hidrocarburos y se acidularon con HNO₃ (53 %) hasta lograr un pH = 1.

Mediante un equipo de espectrofotometría de absorción atómica Sp9 se llevó a cabo la cuantificación de los metales (Cu, Ni, Pb, Fe, Mn, Co, Cr, Zn, K, Ca, Na y Mg). Se incluyeron los metales K, Ca, Na y Mg, pues aunque los mismos no estén incluidos dentro del grupo de los denominados “metales pesados”, en elevadas concentraciones suelen ser tanto o más tóxicos que éstos.

Para la organización y análisis de los resultados no se empleó análisis estadístico —dadas las características del estudio— pues no existen réplicas sólo valores puntuales, instantáneos, en diferentes años y puntos, a lo largo de la trayectoria del residual. Para la discusión, se realizó un análisis de los valores en ppm de los metales cuantificados en cada muestra y se observó si se encontraban o no, por encima del límite permisible de metales pesados en agua, según la literatura asumida para la comparación.

IV. Determinación de posibles efectos de los residuales

Para identificar y analizar los posibles efectos perjudiciales de los residuales líquidos sobre la población circundante al área de estudio, se realizaron encuestas a tres grupos fundamentales: población, trabajadores de la empresa y Consejo de Dirección. Las encuestas se realizaron al 81% del Consejo de Dirección de la empresa, al 7% de los trabajadores de la empresa y al 2.4 % de la población aledaña, representando una muestra significativa para nuestro análisis.

Con el objetivo de aumentar la tasa de respuesta y para ayudar a la confiabilidad de las mismas, todas las encuestas diseñadas poseen una introducción que explica a los encuestados los fines de la evaluación y, de esta forma, se asegura el nivel de anonimato y veracidad; además de los espacios o preguntas abiertas en los temas, así como el sometimiento de las encuestas a la revisión crítica de un grupo de especialistas (Oppenheimer, 1992, citado por Regalado, 2005).

Resultados

I. Contenido de metales en los residuales líquidos durante el periodo de estudio

Teniendo en cuenta los valores reflejados en el cuadro 1, los cuales se relacionan con la planta 1 (producción de herrajes sanitarios blancos), se pueden observar valores muy elevados en los contenidos de Ca y Na, por encima de los valores permisibles.

Analizando el contenido de metales pesados, en este mismo cuadro, puede decirse que es alarmante, pues de los ocho metales pesados evaluados, seis de ellos se encuentran por encima de los valores permisibles (Pb hasta 4 veces, Cr hasta 3 veces, Cu de 20-70 veces, Co hasta 3 veces y Ni hasta 20 veces).

Cuadro 1. Contenido de metales pesados y alcalinos en residual líquido (2006) (ppm).

Muestra	Pb	Cr	Cu	Mn	Zn	Co	Ni	Fe	K	Na	Mg	Ca
1	0.16	0.08	0.020	0.03	1.02	0.09	0.29	1.06	1.19	18.00	4.93	100.9
2	0.27	0.08	0.030	0.06	0.24	0.12	0.11	1.57	2.57	25.19	5.40	140.9
3	0.22	0.13	0.070	0.04	0.32	0.15	0.12	0.67	2.81	28.02	5.68	144.9
Pratt,1972*	0.05	0.05	0.001	0.05	5.00	0.05	0.01	0.015	4.00	7.00	10.00	100.0

* Límites permisibles de metales pesados en agua.

Puede expresarse que: de los resultados obtenidos en los casos de los metales Ni y Fe, se observa una disminución en las muestras del caudal (2 y 3), lo cual indica que estos elementos puedan estar pasando a la disolución del suelo, ya que el canal se encuentra en un estado depauperado en lo referente al caudal líquido que fluye diariamente por el mismo (unos 17,000L).

En ese momento se realizó el análisis de la influencia de la planta 2 (entre otras fuentes contaminantes que se incorporan naturalmente al caudal que fluye por el canal estudiado).

Como se observa en el cuadro 2, los valores de los metales pesados en el residual líquido se encontraron por encima de los límites permisibles: en el Fe (hasta más de 9 veces), Cu (de 20-70 veces), Ni (casi 20 veces), Pb (hasta 4 veces) en todos los puntos de muestreos, aunque el efecto dinámico no es el mismo. Existieron algunos valores de elementos (Fe, Pb) que disminuyeron sus concentraciones a lo largo de la toma de muestras; esto pudo ser debido a su fluidez hacia el área, demostrándose en el contenido pseudototal en el suelo de dicho sitio, según Guzmán (2008).

Basándose en los valores obtenidos en la muestra número seis, por donde fluye residual líquido proveniente de la planta 2, se puede observar que solamente no sobrepasan los valores permisibles el Zn y Mn, destacándose los elevados valores de Cr y Mg en dicha muestra; lo que permite afirmar que la referida planta 2 contribuye también a la posible contaminación del área estudiada, al aportar dichos elementos por encima de los valores permitidos. Es válido destacar que esta planta trabaja la cerámica fina con dibujos de nuestros principales exponentes de la pintura.

Al analizar los resultados —en este mismo cuadro— en lo referente al contenido de metales alcalinos, se observan valores por encima de los permisibles para el Ca (hasta 2 veces) y el Na (en un caso hasta 45 veces). Para estos dos casos, se produce una disminución a lo largo de la toma de muestras, motivada tanto por el sistema de trampas que fue dragado entre abril de 2006 y octubre de 2007; y también por el

hecho de haber entrado en contacto, estos residuales líquidos, con el suelo aledaño a la zona (Guzmán, 2008).

Cuadro 2. Contenido de metales pesados y alcalinos en residual líquido (2007) (ppm).

Muestras	Fe	Cu	Ni	Pb	Co	Zn	Cr	Mn	Ca	Mg	Na
1	0.130	0.012	0.09	0.210	0.09	0.1600	0.00	0.04	267	3.88	337.00
2	0.180	0.031	0.09	0.234	0.07	0.1530	0.00	0.05	173	8.90	37.54
3	0.120	0.047	0.07	0.050	0.05	0.0152	0.00	0.05	178	8.40	32.38
4	0.100	0.026	0.11	0.108	0.05	0.3520	0.00	0.05	220	8.30	27.22
5	0.090	0.120	0.19	0.067	0.12	0.5370	0.50	0.12	199	8.00	27.80
6	0.090	0.039	0.14	0.098	0.11	0.1580	0.43	0.03	264	18.90	223.00
Pratt,1972*	0.015	0.001	0.01	0.050	0.05	5.0000	0.05	0.05	100	10.00	7.00

*Límites permisibles de metales pesados en agua.

En el cuadro 3 podemos ver cómo se amplió considerablemente el número de puntos muestreados, abordando prácticamente todo el sistema de trampas de la empresa. Los metales que alcanzan valores por encima de los límites permisibles son el Ca (hasta seis veces), Mg (hasta nueve veces); también se encontraron valores elevados de Pb, Cu y Ni. Y para el caso del Mn, se observan —por primera vez— valores por encima de los tolerables; y fue precisamente a causa del efecto de acumulación en el agua de encharcamiento (muestra 2). Se observa claramente la acumulación de estos elementos en el agua de encharcamiento al final del sitio de muestreo, donde en la mayoría de los casos se aumentan los valores con respecto a los demás puntos; lo que corrobora que las trampas de la empresa no cumplen con la detención de esos residuales, además de favorecer esta situación a la pendiente que presenta el sitio.

Cuadro 3. Contenido de metales pesados y alcalinos en residual líquido (2008) (ppm).

Muestras	Fe	Pb	Cu	Zn	Co	Mn	Ni	Ca	Mg
1	0.040	0.19	0.011	0.094	0.03	0.01	0.05	699	91.3
2	0.000	0.14	0.008	0.107	0.04	0.26	0.06	845	84.8
3	0.010	0.13	0.009	0.065	0.03	0.01	0.05	580	43.3
4	0.030	0.14	0.008	0.108	0.03	0.01	0.05	1281	64.0
5	0.080	0.15	0.008	0.127	0.01	0.02	0.03	1250	64.7
6	0.030	0.18	0.011	0.103	0.01	0.01	0.04	1210	66.0
7	0.000	0.21	0.009	0.109	0.01	0.01	0.06	1295	66.4
8	0.030	0.13	0.001	0.129	0.01	0.01	0.04	1222	64.0
9	0.060	0.12	0.021	0.200	0.02	0.01	0.04	1317	66.9
10	0.020	0.13	0.005	0.049	0.02	0.01	0.05	1625	84.8
Pratt, 1972*	0.015	0.05	0.001	5.000	0.05	0.05	0.01	100	10.0

* Límites permisibles de metales pesados en agua.

II. Efectos sobre la comunidad. Resultados de las encuestas

En el cuadro 4, se muestra el número de encuestados por cada grupo de análisis:

Cuadro 4. Número de encuestados por grupos.

Grupos de encuestados	Total	Encuestados
Población	1214	29
Consejo de dirección	21	17
Trabajadores	415	30

En la figura 2, se muestra cómo los encuestados de la población sienten esta afectación, respondiendo que sí un 86.2%. Un poco más de la mitad del grupo del Consejo de dirección (53%), respondió sentirse afectado por estos desechos, así como un 66.7% de los trabajadores.

Con respecto a las afectaciones en los animales, se puede percibir —en la figura 3— que la muerte de éstos a causa de los efectos de los desechos es percibido por un 3.4% de los pobladores encuestados. El 10.3% de este mismo grupo, manifestó la presencia de enfermedades diarreicas y convulsiones en sus animales.

Figura 2. Respuesta de los encuestados sobre su conocimiento acerca de si son afectados por los desechos de la empresa.

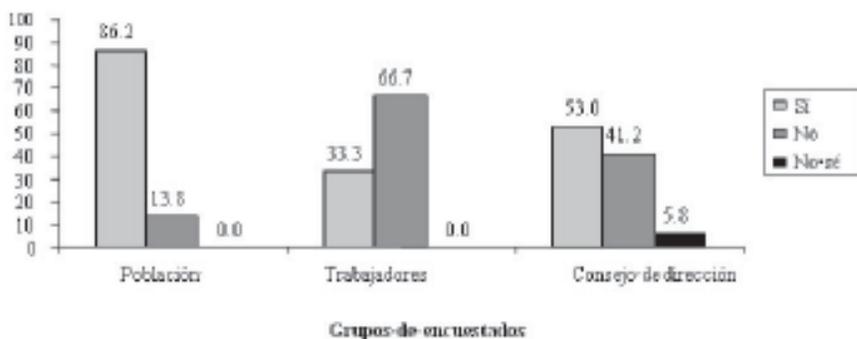
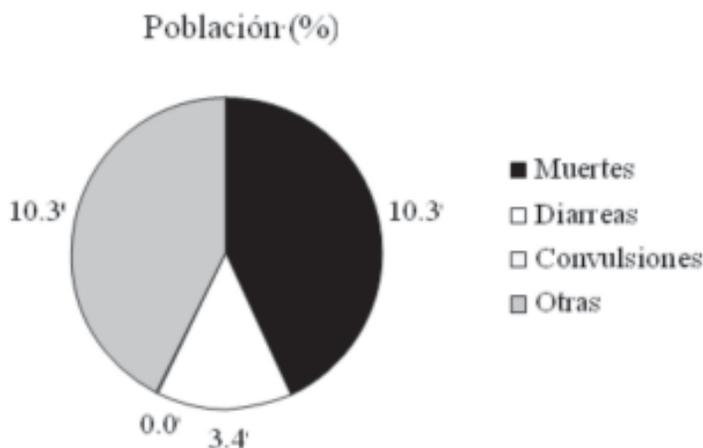
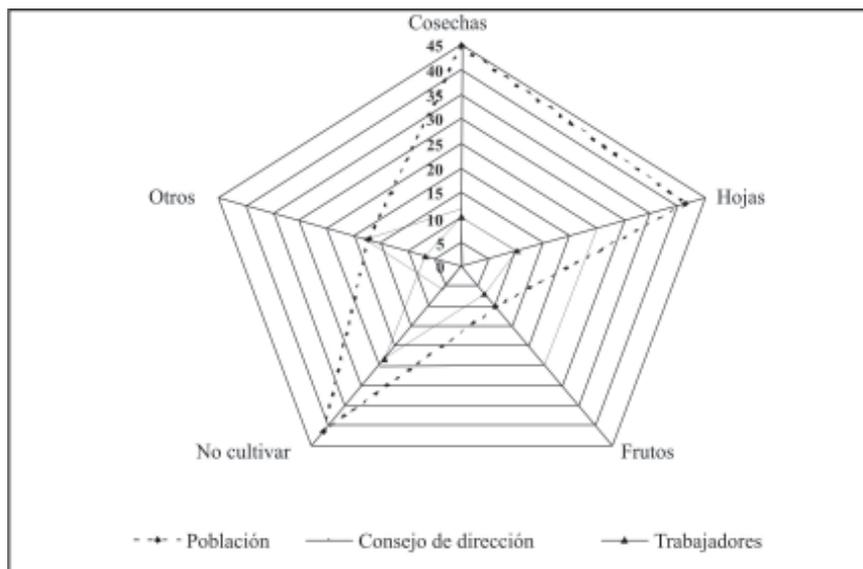


Figura 3. Conocimiento de los pobladores sobre los daños que provocan los desechos de la empresa en los animales.



Con respecto a los daños en los cultivos, se pudo sintetizar que los pobladores manifiestan fundamentalmente afectaciones en hojas (38.4%) y en las cosechas en general (44.8%); aunque también expresan los daños causados en frutos (10.3%) y otros (6.5%), (figura 4). Es decir: sienten que sus cosechas están afectadas por la incidencia de estos desechos; no expresándose, de esta manera, el grupo del Consejo de dirección y los trabajadores, los cuales no tienen una acción directa respecto de los desechos en este sentido, como los pobladores y productores en especial.

Figura 4. Conocimiento de los encuestados sobre los daños que provocan los desechos de la empresa en los cultivos.



Discusión

Como se puede observar, en los tres momentos de cuantificación de los metales se obtuvieron elevadas concentraciones (rebasando los límites permitidos). Las concentraciones variaron durante los tres años de estudio, lo cual pudo deberse a un cambio en las producciones de la empresa, lo que conlleva a una variación de las materias primas empleadas. El contenido de metales varió, igualmente, en los diferentes puntos de muestreo; ello demostró los aportes de la planta 2 de dicha empresa. Se evidenció el estado depauperado en que se encuentra el canal de desagüe, propiciando que estos residuales pasen al suelo, revelándose en estudios realizados por Guzmán (2008).

El dato más importante a destacar es precisamente la acumulación sucesiva de estos elementos en el área de estudio durante más de 50 años, basándose fundamentalmente en la producción ininterrumpida que mantiene la empresa, lo cual puede provocar, a gran escala, efectos negativos en las condiciones edáficas del sitio, propiciando de manera general un deterioro medioambiental.

Como consecuencia de la consecutiva acumulación de los residuales líquidos en el área de estudio, se ha producido una grave afectación en las condiciones edáficas de la

zona y su contaminación se ve incrementada por los aportes residuales de la fuente contaminante estudiada. El suelo actúa como un componente filtrante de estos elementos tóxicos. Se produce un movimiento superficial e intrasuelo de las aguas cargadas de metales, los cuales pueden llegar al manto freático. En esta zona se desarrolla un proceso de carsismo fuerte, donde existen muchas dolinas y ponores que evacúan directamente al manto freático, del cual utilizan el agua —para el consumo animal y humano— los pobladores del Consejo Popular Jamaica y del municipio San José de las Lajas, según lo planteado por Martín (2000) en estudios realizados en dicha zona.

Entre los principales contaminantes del suelo se destacan los metales pesados, como cadmio y plomo, presentes en el ambiente y en residuos de industrias importantes que pueden afectar procesos biológicos, debido a que no son degradables como los componentes orgánicos (Metcalf, 2000).

El estudio de la presencia y cuantificación de metales pesados en residuos contaminantes merece gran importancia, puesto que aunque algunos de estos contaminantes se degradan por vía natural (como los nutrientes), otros (como los metales pesados) no se degradan; y, por lo tanto, representan una amenaza constante a causa de la resuspensión (Doménech, 1998).

Del análisis de los contenidos de metales en los diferentes momentos, se ponen de manifiesto dos grandes aspectos: 1) Que el sistema de trampas no resulta lo suficientemente efectivo para la carga contaminante que soportan los residuales líquidos, lo cual impone que la empresa ajuste sus procesos a producciones más limpias; 2) La infiltración de esos residuales líquidos al suelo y, posiblemente, al manto freático, obliga a que se tomen medidas por los gobernantes comunitarios en el sentido de no emplear dichos residuales como regadío a los cultivos.

La vegetación ruderable imperante en la zona, como pastos naturales y plantas medicinales (Baruk, 2006), no debe ser utilizada por animales ni personas, pues comprometerían seriamente la seguridad alimentaria.

La contaminación por residuos líquidos y sólidos merece una gran atención, debido al impacto negativo que éstos producen en el medio ambiente. El manejo inadecuado de estos residuos provoca efectos de contaminación en las zonas urbanas, como consecuencia de una incorrecta organización, recolección, clasificación y disposición final de los mismos, así como la ausencia de una estrategia de minimización y reciclaje, que considere criterios económicos, técnicos y de carácter social (Doménech, 1998).

En Cuba, de las 2,457 fuentes principales de contaminación identificadas, el 56% son de origen industrial y, de ellas, sólo el 44% cuenta con algún tipo de tratamiento; en muchos casos en notable estado de deterioro, debido a deficiencias de diseño, sobrecargas, o la falta de mantenimiento preventivo y correctivo (Terry-Berro, 1997). Por ello, el estudio de este tipo de fuentes de contaminación, sus causas y

consecuencias al medio ambiente en general, merecen gran importancia para Cuba y el resto del mundo, dado el creciente deterioro de las condiciones ambientales.

Con relación a los resultados de las encuestas se puede destacar que gran parte del Consejo de dirección de la empresa manifiesta sentirse afectado por el vertimiento de los desechos, lo cual pudiera estar relacionado con el promedio de años de trabajo de este grupo (12.5 años). Esto evidencia una gran sensibilidad por parte de éstos con el problema, aunque no viven muchos de ellos en la zona. Teniendo en cuenta que siendo ellos los que contaminan, no están ajenos a la situación que se ha venido presentando; y esto es importante para la toma de cualquier medida encaminada a disminuir la eliminación de desechos tóxicos hacia el exterior.

Es válido destacar que animales domésticos de varios productores se alimentan de especies presentes en esta zona. Se destacan, entre otras: *Commelina postrata*, *Panicum maximum*, *Cynodon dactylon*, *Dichantium caricosus*, *Serjania diversifolia*, *Bursera simaruba*, *Ipomoea triloba* y *Euphorbia heterophylla*, pues son consumidas voluntariamente por muchos animales y presentan un buen desarrollo en el área de estudio (Baruk, 2006).

Varios de los campesinos que poseen fincas productivas en la zona colindante se alimentan de sus cosechas. Algunos, con mayores extensiones, logran vender a los pequeños mercados; y esta mercancía se lleva posteriormente a la venta para la población (López *et al.*, 2008). Esto evidencia un peligro potencial para los pobladores de la zona, pues varios autores demostraron la presencia de metales pesados en la parte comestible de dos especies: lechuga y tomate, que fueron cosechadas en el área afectada (Domínguez *et al.*, 2008).

Según Kabata-Pendias y Pendias (2001), algunas especies vegetales pueden absorber y acumular metales pesados en sus tejidos en mayor cantidad que otras, sin presentar signos de toxicidad. Estas plantas son denominadas hiperacumuladoras o acumuladoras. Algunos de los cultivos citados por el propio autor son: lechuga (hojas), tomate (fruto), arroz (grano), maíz (grano) y col (hojas). Esto nos muestra el grado de inseguridad alimentaria que pueden presentar los pobladores de dicha zona. Muchas de las especies mencionadas anteriormente han demostrado ser resistentes a estas condiciones de suelo (Domínguez *et al.*, 2008).

Conclusiones

Se encontraron valores de metales pesados y alcalinos por encima de los límites permisibles en todos los puntos de muestreos y durante toda la etapa de estudio.

Las trampas de eliminación de desechos de la empresa no cumplen la función para la cual han sido diseñadas.

El derramamiento de metales pesados en las áreas cercanas a la empresa está afectando el bienestar de campesinos productores, así como el de sus animales.

La evaluación de los residuales líquidos indican que deben tomarse un conjunto de medidas por parte de la empresa Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”, con el fin de lograr producciones limpias y mejorar el sistema de trampas y canales, contribuyendo de esta forma a la seguridad alimentaria de la comunidad.

Literatura citada

- Adriano, D. C. 2001. *Arsenic. Trace Elements in the Terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*. 2nd Edition Springer-Verlag. New York. 867 pp.
- Baruk, E. 2006. *Caracterización de un área agrícola afectada por los desechos de la empresa Cerámica Blanca (San José de Las Lajas)*. Trabajo de diploma en opción al grado de ingeniero agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. Municipio San José de Las Lajas. Provincia Habana, Cuba.
- CEDAR (Centro de estudios de desarrollo agrario y rural). 2004. *Boletín científico por un desarrollo local sostenible*. 1 (1): 1-12.
- Doménech, X. 1998. *Química ambiental. El impacto ambiental de los residuos*. Editorial Mariaguano. Madrid, España. 254 pp.
- Domínguez, M.; García, E. y Guridi, F. 2008. *Contenido de metales pesados en hojas de lechuga (Lactuca sativa)*. Trabajo de diploma en opción al grado de ingeniero agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. Municipio San José de Las Lajas. Provincia Habana, Cuba.
- García, I. y Dorronsoro, C. 1998. *Contaminación del suelo*. Tema 15. *Contaminación por metales pesados*. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/riesgos.htm> (Consultada el 12 de mayo de 2008).
- García, M. R. 1992. *Contaminantes tóxicos prioritarios en agua*. Editorial Universidad Autónoma de Chapingo. 294 pp.
- Guzmán, A. 2008. *Efectos que provocan los desechos industriales de una empresa Cerámica Blanca sobre un suelo agrícola en el Municipio San José de las Lajas*. VII Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica y Sostenible (ACTAF). La Habana. Cuba. 8 pp.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. Third Edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 413 pp.
- López, C. R.; García, E. y Valdez, R. 2008. *Evaluación de residuales líquidos y su efecto agroecológico*. Trabajo de diploma en opción al grado de ingeniero agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. Municipio San José de Las Lajas. Provincia Habana. Cuba.
- Martín, N. J. 2000. *Tablas de interpretación de análisis de suelo*. 7 pp. Generalidades sobre las ciencias del suelo. 12 pp.
- Mazzeo, C. 2002. *Tratamiento de suelos contaminados por medio de fitorremediación*. Planet's Voice: Disponible en: http://www.planets-voice.org/_interface/news.shtml (Consultada el 20 de mayo de 2007).
- Metcalf, E. 2000. *Ingeniería de las aguas residuales*. Edición Mc Graw-Hill. Tercera Edición. España. 1485p.
- Pratt, P. 1972. *Quality criteria for trace elements in irrigation waters*. California Agricultural Experiment Station. 46 pp.
- Quevedo, N. 2006. *Identificación de especies botánicas que se desarrollan en un agroecosistema contaminado con elementos metálicos y sus potencialidades en la fitorremediación*. Tesis en opción al título de máster en Agroecología y agricultura sostenible. Universidad Agraria de La Habana. San José de las Lajas, Provincia Habana. Cuba.

- Regalado, I. 2005. *Los valores profesionales como dimensión de calidad en el proceso de formación de ingeniero agrónomo*. Tesis presentada en opción al grado científico de Master en Ciencias Pedagógicas. Universidad Agraria de La Habana. San José de las Lajas, Provincia Habana. Cuba.
- Terry-Berro, C. C. 1997. *Impacto ambiental: primeras experiencias en Cuba*. Revista Temas. 9 (1): 42-47.

Recibido: Febrero 22, 2010
Aceptado: Noviembre 1, 2010

Comportamiento espacial de larvas de *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) en Andalucía, España: modelización y mapeo

Spatial behavior of the larvae *Jacobiasca lybica* (Hemiptera: Cicadellidae) in Andalusia, Spain: Modelization and mapping

Ramírez, J. F.;^{1*} Porcayo, E.² y Mejía, O.¹

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Centro Universitario el Cerrillo Piedras Blancas Km. 15 Carr. Toluca-Ixtlahuaca entronque con Tlachaloya (A. P. 829). Tels. 01(722) 296-65-74 y Fax: 296-55-18 Ext. 139

² El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, carretera Panamericana y Periférico Sur s/n Barrio de María Auxiliadora Tel. (967) 674 90 00 Fax (967)674 90 21, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (C. P. 29290) (A. P. 63).

Correo e: elvia_pcmargo@yahoo.com.mx

*Correspondencia: jframirez@uaemex.mx / ziddemisar@yahoo.com.mx

Resumen

En este trabajo se logró determinar el comportamiento espacial de las larvas del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon), a lo largo de un año en una parcela de regadío. Los resultados demostraron que las poblaciones de larvas dentro de la zona de estudio presentaron un tipo de distribución agregada, formándose varios centros de agregación, hecho corroborado por los mapas elaborados mediante el Krigado. Se consiguió detectar una estabilidad espacio-temporal de las poblaciones de larvas. La infestación no fue uniforme.

Palabras clave

Geoestadística, estabilidad espacial y temporal, superficie infestada.

Abstract

This study was conducted to determine the spatial behavior of the green mosquito *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon) larvae during a year in an irrigated experimental plot. The results indicated that populations of larvae within the study area showed a type of aggregate distribution, forming various centers of aggregation, a fact corroborated by the maps produced by *Krigado*. The infestation was not uniform and a spatial-temporal stability of larval populations was detected.

Key words

Geostatistics, spatial and temporal stability, surface infestation.

Introducción

Los vinos de Jerez se encuentran entre los productos con más tradición exportadora y su presencia en el mercado internacional supera los 120 países. En la actualidad, de las 10,500 ha que tiene el Marco de Jerez, casi el 96% corresponde a la variedad Palomino fino, 3% a la Pedro Ximénez y un 1% al Moscatel de Chipiona. Entre las características particulares de la zona se destaca la poda de “vara y pulgar”, genuina de Jerez, que sacrifica el rendimiento de las primeras cosechas en beneficio de la buena madera de la planta, que alcanza la plena producción en el cuarto o quinto año de vida. La conducción moderna se realiza en tutores o espalderas (García de Luján *et al.*, 1990). La variedad Palomino fino es fundamental para la elaboración de los vinos de la zona; se adapta de forma excelente a la poda jerezana y a los suelos de laguna salobre o albariza, siendo en estos suelos en donde se obtienen los zumos de mayor calidad; y además, la variedad es básica para la elaboración de los vinos de Jerez (Fernández de Bobadilla, 1956).

Actualmente se está reduciendo la cantidad de hectáreas cultivadas de vid dentro de Jerez; uno de los principales motivos es la aparición del mosquito verde *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon), el cual se está convirtiendo en un serio problema fitosanitario para la región. Se conoce como “mosquito verde” a un grupo de insectos chupadores, cicadélidos, que afectan a la viña y a un gran número de plantas silvestres y cultivadas. Las especies encontradas son varias (Freitas y Amaro, 2001; Mazzoni *et al.*, 2001).

Los daños directos se limitan a las hojas. Con su aparato chupador ataca principalmente los nervios de las hojas, provocando la decoloración y posterior necrosamiento de los bordes del limbo foliar en variedades blancas, como es el caso del Palomino fino (López, 1997). Ello conlleva a una defoliación, cuya intensidad depende del nivel de ataque y de la propia susceptibilidad de la vinífera (Baillod *et al.*, 1993; Rebelo y Quartau, 1992). También se observan crispaciones del borde con un arrollamiento sobre el envés. Como consecuencia de ello y de la brotación de nuevas yemas, los racimos no llegan a madurar bien, lo que se traduce en un descenso del grado Baumé y los tallos jóvenes o sarmientos no se agostan normalmente (Ruiz Castro y Mendizábal, 1939; Ruiz Castro, 1965). Incluso, después de la vendimia, los brotes nuevos exhiben el clásico arrosetamiento (Ruiz Castro, 1965). Los daños indirectos del ataque del mosquito verde, son la falta de madurez en el fruto, y que con ataques graves se presenta una pérdida importante en la calidad de la cosecha; la madera no se seca con normalidad. Este insecto alcanza los niveles de población-plaga durante el verano (Toledo, 1992a). Por lo anterior, es necesario recabar información oportuna que proporcione información fehaciente y cuantificable para poder construir un programa de

toma de decisiones enfocado a controlar el problema que representan las poblaciones larvas de mosquito verde en la zona de Andalucía, España.

Para este estudio, la base consistió en el uso de la estadística espacial, particularmente la geoestadística, que se define como “la aplicación de la Teoría de Funciones Aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales” (Journel y Huijbregts, 1978); o, simplemente, el estudio de las variables numéricas distribuidas en el espacio (Chauvet, 1994), siendo una herramienta útil en el estudio de estas variables (Zhang, 1992). Su punto de partida es asumir una intuición topo-probabilista (Matheron, 1970). Los métodos geoestadísticos proporcionan una medida más directa de la dependencia espacial, ya que tienen en cuenta la naturaleza bidimensional de la distribución de los organismos a través de su exacta localización espacial; además, permite elaborar mapas de gran utilidad de la distribución espacial de un organismo (Isaaks y Srivastava, 1988; Olivier y Webster, 1991; Rossi *et al.*, 1992; Liebhold y Sharov, 1998; Sciarretta *et al.*, 2001; Blom y Fleischer, 2001), por lo que el objetivo del presente trabajo radicó en establecer el comportamiento espacial de las poblaciones de larvas de *Jacobiasca lybica* (Bergenin and Zanon), en un viñedo de Andalucía, mediante el método geoestadístico.

Materiales y métodos

Para el estudio del comportamiento espacial del mosquito verde se estableció una parcela de regadío de una hectárea, en el Centro de Investigación y Formación Agraria “Rancho de la Merced”, durante el año 2008. Los muestreos se realizaron durante la fase de mayor actividad del insecto, que corresponde al periodo comprendido entre los meses de junio y octubre.

La parcela tuvo una extensión de 3,700 m² constituida de 1,925 plantas de vid de la variedad Palomino fino, separadas entre sí por aproximadamente 1 m. En la parcela se estableció una malla rectangular (Oliver y Webster, 1990) de 35 x 55 plantas. Se muestreó cada dos líneas, partiendo inicialmente de la primera línea; es decir, en total se muestrearon 18 líneas; de cada línea muestreada se tomaron siete plantas para cada muestreo, con un intervalo de nueve plantas de vid entre sí; por lo tanto, en cada parcela se muestrearon 126 plantas. Los muestreos fueron realizados en cinco fechas que abarcaron la etapa más importante del ciclo biológico de la especie, tal y como lo menciona Toledo (1992b).

En cada muestreo se contó el número total de larvas del mosquito verde hallados en 10 hojas por planta, tomadas al azar, abarcando la parte superior, media e inferior de cada planta; igualmente, se estableció un promedio de larvas por planta, según la metodología establecida por López (1997).

Las plantas muestreadas en las cinco fechas se marcaron con pintura fluorescente color blanco y con una etiqueta que identificaba su posición entre las líneas de la malla. Las plantas muestreadas fueron geo-referenciadas para tener una ubicación espacial precisa de las mismas; para ello, se utilizó un DGPS (Modelo SPS351, Trimble, EUA).

Se realizó una exploración estadística de los datos originales de las poblaciones de larvas del *mosquito* verde para cada muestreo y parcela. Se efectuó una transformación logarítmica de los datos $[\log_{10}(n+1)]$ para normalizarlos.

Análisis geoestadístico

Estimación del semivariograma

El semivariograma experimental fue estimado con base en los datos adquiridos en los diferentes muestreos de la población de larvas del mosquito verde; el valor experimental del semivariograma se calculó por medio de la siguiente fórmula (Journel y Huijbregts, 1978; Isaaks y Srivastava, 1989):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2$$

Donde:

$\gamma^*(h)$ es el valor experimental del semivariograma para el intervalo de distancia h .

$N(h)$ es el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h .

$z(x_i)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i .

$z(x_i+h)$ es el valor de la variable de interés en el punto muestral x_i+h .

Cabe resaltar que el número de pares de puntos muestrales separados por el intervalo de distancia h disminuye al aumentar la distancia h . Si bien esto no tiene porqué ser así siempre, es común que el número de parejas se reduzca a partir de una cierta distancia.

Normalmente, el semivariograma es una función monótona no decreciente, ya que al aumentar h también aumenta, al menos en sentido cuadrático, la diferencia entre $Z(x+h)$ y $Z(x)$. Si Z es estacionaria, γ alcanza un valor límite constante llamado *meseta*, que coincide con la varianza σ^2 de Z . La distancia a la que se alcanza este valor se denomina *rango* o *alcance* y marca la zona de influencia en torno a un punto, más allá de la cual, la autocorrelación es nula. Aunque $\gamma(0) = 0$, con frecuencia el semivariograma es discontinuo en el origen, con un salto finito que se llama *pepita*, o “efecto pepita” (del inglés “nugget”); el efecto pepita representa la incertidumbre asociada a

los datos experimentales y/o a la variabilidad espacial que pueda existir a una escala de muestreo menor que la efectuada.

Para poder realizar los semivariogramas experimentales se requirieron dos programas: el primero es el Variowin 2.2 (Software for Spatial Data Analysis in 2D. Spring Verlag, New York. USA) y, posteriormente, el WinGslib 2002.

Estimación de los parámetros del modelo de semivariograma

Una vez que se estimó el semivariograma experimental, considerando el muestreo de las poblaciones de larvas del mosquito verde, éste se ajustó a algún semivariograma teórico. La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó con el procedimiento denominado “validación cruzada” (Isaaks y Srivastava, 1989). Con este procedimiento no paramétrico, se elimina un valor muestral y se emplea el método de interpolación geoestadístico denominado *kriging*, junto con el modelo de semivariograma a validar, para estimar el valor de la variable de interés en dicho punto muestral, a partir de los restantes valores muestrales. Este proceso se efectúa sucesivamente en todos los puntos muestrales y las diferencias entre los valores experimentales y los estimados se resumen mediante los denominados estadísticos de validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989; Hevesi *et al.*, 1992). Los parámetros del modelo a validar (C_0 , C y a) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta la obtención de estadísticos de validación cruzada adecuados. Los semivariogramas teóricos son las funciones con una expresión analítica simple y que, por ello, se emplean con frecuencia para representar semivariogramas reales (Englund y Sparks, 1988). Para ajustar los semivariogramas experimentales a los semivariogramas teóricos de los muestreos para cada una de las parcelas experimentales, se utilizó el programa ArcGis 9, por medio de la extensión Geoestadística.

Validación

Ya que se obtuvieron los semivariogramas experimentales, éstos fueron ajustados al modelo esférico, debido a que el ajuste obtenido con este modelo fue el de mayor ajuste visual en el programa utilizado para ello. Posteriormente, fue necesario validar estadísticamente estos modelos ajustados de manera visual. La validación de los diferentes modelos ajustados a los semivariogramas experimentales se realizó a través del procedimiento llamado validación cruzada (Isaaks y Srivastava, 1989). Las variables del modelo a validar (C_0 , efecto pepita, C , meseta y a , rango o alcance) se van modificando en un procedimiento de prueba y error hasta obtener los estadísticos de validación cruzada adecuados. Estos estadísticos son los siguientes:

- a) Media de los errores de estimación (MEE).

$$\text{MEE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]$$

Donde:

$z^*(x_i)$ es el valor estimado de la variable que nos interesa en el punto x_i

$z(x_i)$ es el valor medido de la variable de interés en el punto x_i ; y

n es el número de muestras utilizadas durante la interpolación.

El MEE no debe ser significativamente diferente de 0 (prueba de t); en tal caso, lo que indica es que el modelo de semivariograma permite el cálculo no sesgado de las estimaciones.

$$\text{ECM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z^*(x_i) - z(x_i)]^2$$

b) Error cuadrático medio (ECM).

Para poder considerar adecuado a un modelo de semivariograma, el ECM debe ser menor que la varianza de los valores muestrales (Hevesi *et al.*, 1992).

c) Error cuadrático medio adimensional (ECMA).

$$\text{ECMA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[z^*(x_i) - z(x_i)]^2}{\sigma_k}$$

Donde:

σ_k desviación estándar del error calculado en la estimación por medio del interpolador, el krigado.

Para poder comprobar la validez del modelo, el ECMA debe estar comprendido entre los valores $1 \pm 2 (2/N)^{0.5}$.

d) Por otro lado, la varianza de los errores de estimación debe de ser \leq que la varianza muestral (Samper y Carrera, 1996).

Nivel de dependencia espacial

Es de vital importancia conocer el grado de relación entre los datos correspondientes y es por eso que es necesario calcular el nivel de dependencia espacial. Este valor se obtiene al dividir el efecto pepita entre la meseta y el resultado es expresado en porcentaje. El nivel de dependencia espacial se considera alto si el resultado es menor de

25%; se considera que el nivel de dependencia espacial es moderado si se encuentra entre 26 y 75%; y se considera que el nivel de dependencia es bajo si es mayor del 76% (Cambardella *et al.*, 1994).

Elaboración de mapas

Una vez que se validaron los modelos de los correspondientes semivariogramas se utilizó el Krigado; éste es el método de interpolación geoestadístico que permite que la estimación no tenga sesgo de valores asociados a puntos que no fueron muestreados. En el presente trabajo se utilizó el método del Krigado Ordinario para obtener las estimaciones correspondientes (Samper y Carrera, 1996; Fleischer *et al.*, 1999). Las estimaciones de las poblaciones de larvas del mosquito verde se llevaron a cabo por medio del programa WinGslib 2002 (Deutsch y Journel, 1997). Una vez obtenidas las estimaciones correspondientes con el método del Krigado para cada muestreo, se elaboraron los mapas que indicaron la distribución espacial en el campo de las poblaciones de larvas del mosquito verde en el Marco del Jerez. Las estimaciones obtenidas se representaron en forma de mapa, mediante el uso del programa Surfer 9.0 (Golden Software 2002, Colorado, Estados Unidos).

Estabilidad espacial y temporal a corto plazo

Uno de los objetivos de este trabajo fue estudiar la existencia de una estabilidad espacio-temporal a corto plazo (dentro de un año), de las poblaciones del mosquito verde. Para tal efecto, se compararan las estimaciones obtenidas con el método del Krigado, para cada fecha de estudio. Las comparaciones se realizaron utilizando una modificación de la prueba estadística no paramétrica de Cramér von Mises (Syrjala, 1996).

Superficie infestada

Se estableció la superficie infestada de los mapas elaborados, utilizando el programa Surfer 9.0. Al detectar las áreas infestadas es posible dirigir las medidas de control sobre áreas específicas de infestación.

Resultados

Análisis geoestadístico

Los diferentes modelos de semivariogramas ajustados para cada fecha de muestreo de las larvas del mosquito verde se presentan en el cuadro 1.

Se ajustó un modelo esférico con efecto pepita en todos los muestreos de las larvas del mosquito verde (cuadro 1). Por lo anterior, se afirma que existió una estructura espacial agregada de las larvas del insecto en los cinco muestreos.

En el cuadro 1 se puede ver que los valores del efecto pepita fluctuaron entre 0.08 del 30 de agosto y 0.02 del 28 de octubre.

Se registró una agregación moderada de las larvas indicada por el nivel de dependencia espacial encontrado (cuadro 1); en todos los casos se halló una densidad media relativamente alta de las poblaciones de larvas, lo que provocó que la intensidad de la agregación fuera muy similar entre los muestreos; debido a que no se aplicaron insecticidas, pudo originar dicha similitud.

El alcance presentó valores entre 60.30 m del 25 de julio y 30.85 m del 28 de octubre, lo cual indica que a una distancia mayor de 60 m, para la fecha del 25 de julio dejó de existir relación espacial entre los puntos de muestreados; mientras que para el 28 de octubre, dejó de existir relación espacial a 30.85 entre los puntos muestreados.

Cuadro 1. Parámetros (Efecto Pepita, Meseta y Alcance) de los modelos ajustados a los semivariogramas del número de larvas de mosquito verde.

Fecha	Modelo	Pepita	Meseta	Alcance	Pepita/ Meseta (%)	Nivel de dependencia espacial
27-06-2008	Esférico	0.068	0.126	35.107	53.96	Moderada
25-07-2008	Esférico	0.079	0.131	39.578	60.30	Moderada
30-08-2008	Esférico	0.085	0.141	31.878	60.28	Moderada
27-09-2008	Esférico	0.040	0.114	47.243	35.08	Moderada
28-10-2008	Esférico	0.029	0.094	38.014	30.85	Moderada

Los resultados de la validación cruzada se pueden ver en el cuadro 2. Los modelos ajustados fueron validados al ubicarse los valores de los parámetros estadísticos dentro del rango apropiado. Los semivariogramas elaborados para los distintos muestreos se concentraron en la figura 1.

Elaboración de mapas de densidad

En la figura 2 se encuentran agrupados los mapas de densidad de las poblaciones de larvas. En los mapas se observa que al haber densidades altas de larvas, también

hubo una gran cantidad de centros de agregación dispersados en toda la parcela.

Al parecer, la colonización de la parcela —por medio de las larvas— provino de las cepas de vid vecinas, situadas al lado izquierdo de la misma, tal y como se puede apreciar en el mapa del primer muestreo. Las cepas más vigorosas de la parcela se hallaban en esta zona, por lo que las larvas las prefirieron.

Cuadro 2. Valores de los estadísticos de la validación cruzada: media de los errores de estimación (MEE), error cuadrático medio (ECM) y error cuadrático medio adimensional (ECMA), de las larvas de mosquito verde.

Fecha	Tamaño de muestra	Media muestral	Varianza muestral	MEE	Varianza de los errores	ECM	ECMA
27-06-2008	126	0.50	0.13	0.10 ^{ns}	0.11	0.12	1.04
25-07-2008	126	0.83	0.14	0.11 ^{ns}	0.12	0.14	1.11
30-08-2008	126	0.88	0.14	0.10 ^{ns}	0.12	0.13	1.00
27-09-2008	126	0.90	0.12	0.10 ^{ns}	0.11	0.12	1.05
28-10-2008	126	0.36	0.09	0.12 ^{ns}	0.07	0.08	1.13

$1 \pm 2 (2/N)^{0.5} = 1 \pm 0.45$; ns: diferencia no significativa al 5%.

Estabilidad espacial y temporal a corto plazo

En el cuadro 3 se pueden ver los resultados de la comparación de los mapas de larvas del mosquito verde entre las diferentes fechas de muestreo, utilizando para ello la prueba estadística bivariable de Cramér-von Mises. En cuanto a la comparación de los mapas, se observó que no hubo diferencia significativa entre los mapas de las fechas 25-07 y 30-08 y entre los de las fechas 30-08 y 27-09. En las otras dos comparaciones se obtuvo el resultado contrario. Nuevamente, cabe señalar que las densidades de larvas en las fechas entre las que no hubo diferencia significativa es lo que, al parecer, originó que la distribución espacial de las larvas también fuera similar.

Cuadro 3. Comparación de mapas por fecha (Krigado) con la prueba bivariable de Crámer-von Mises (ψ).

Larvas	Fechas comparadas	ψ	Valor de P	Diferencia (5%)
	27-06 vs. 25-07	1.21	0.01	Significativa
	25-07 vs. 30-08	0.85	0.42	No significativa
	30-08 vs. 27-09	0.89	0.68	No significativa
	27-09 vs. 28-10	1.87	0.03	Significativa

Figura 1. Semivariogramas de las larvas de *J. lybica* en las cinco fechas de muestreo de la Parcela con Riego del año 2008. I1 = 27-06, I2 = 25-07, I3 = 30-08, I4 = 27-09 y I5 = 28-10.

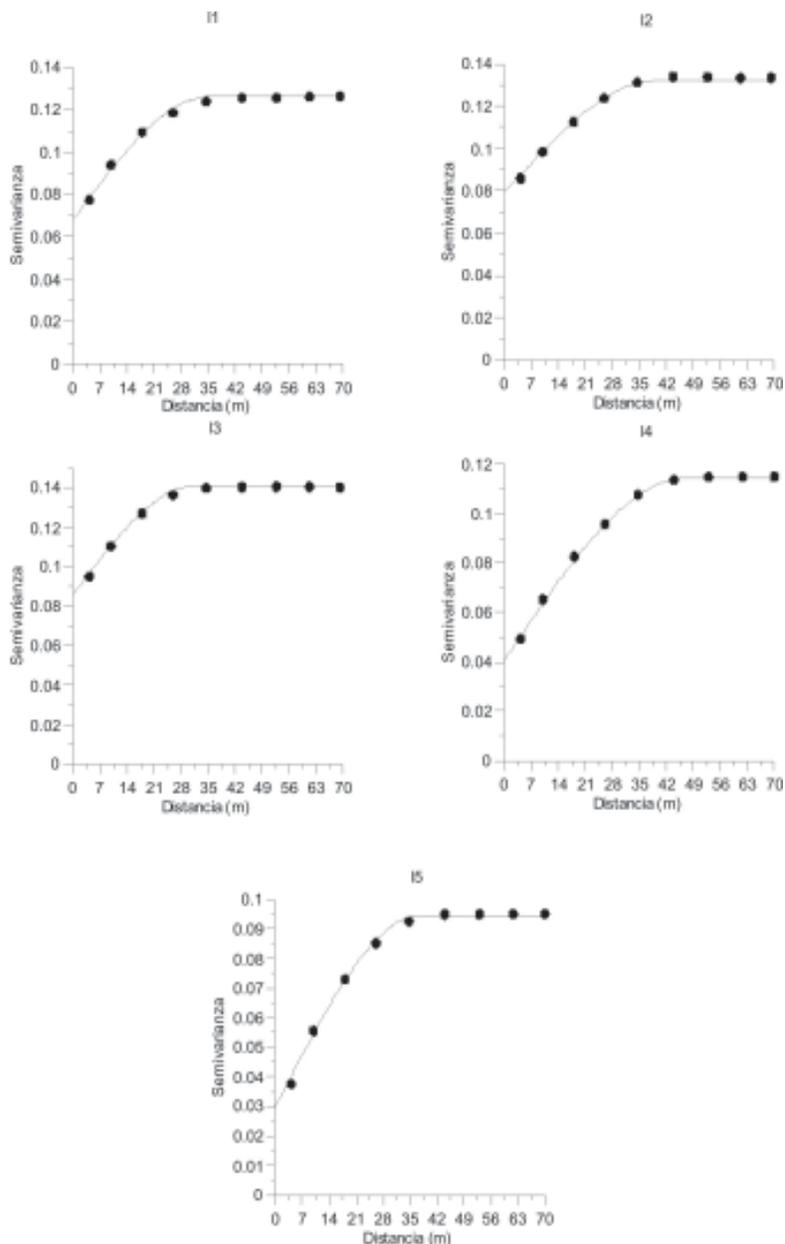
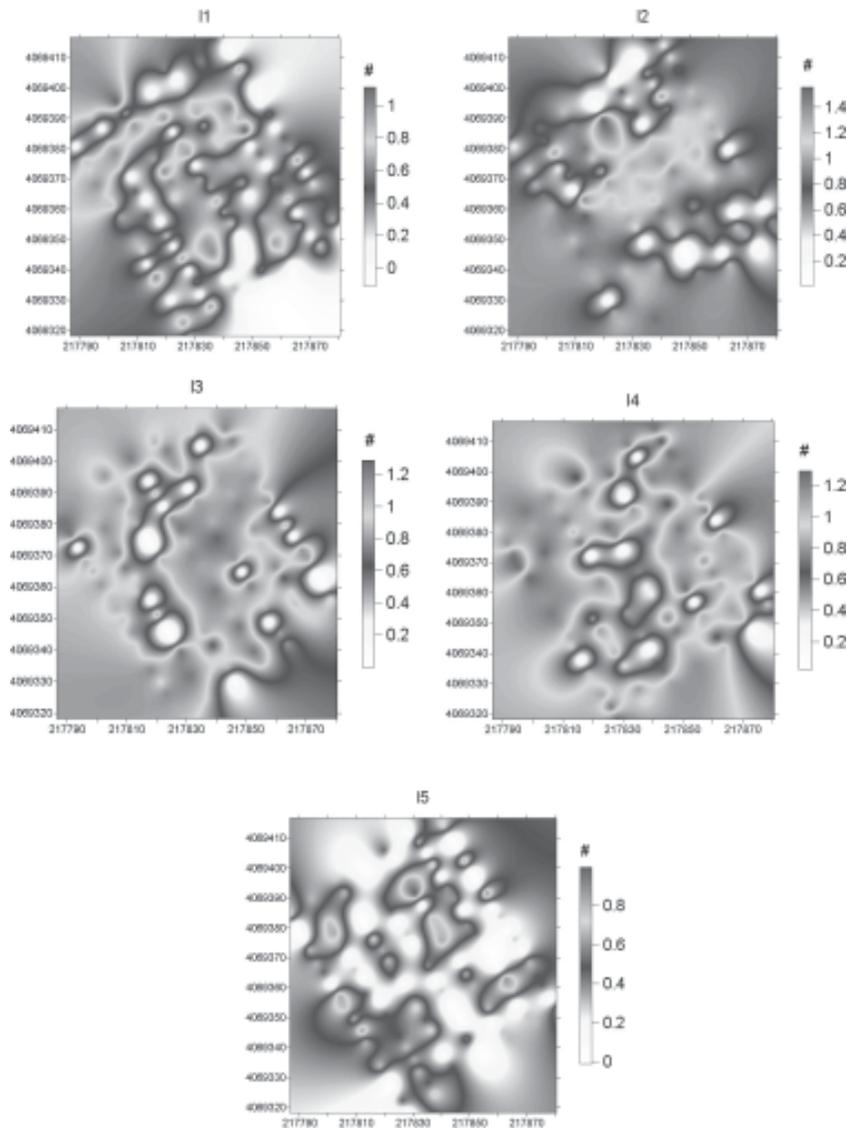


Figura 2. Mapas de densidad de las larvas de *J. lybica* en las cinco fechas de muestreo de la Parcela con Riego del año 2008. 11 = 27-06, 12 = 25-07, 13 = 30-08, 14 = 27-09 y 15 = 28-1.



Nota: los tonos de la escala de grises corresponden a un gradiente aumentativo con respecto a la densidad de larvas, donde el color blanco corresponde a nulidad y el color más oscuro corresponde a mayor densidad.

Superficie infestada

Se procedió a conocer el área que realmente necesitaba manejo en la parcela experimental. Para ello, se estableció el porcentaje de área infestada y no infestada en los mapas elaborados. Los resultados se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de superficie infestada y no infestada.

Estadio/ Fecha	Krigado	
	% infestado	% no infestado
27-06-2008	73.8	26.2
25-07-2008	88.8	11.2
30-08-2008	86.4	13.6
27-09-2008	92.1	7.9
28-10-2008	65.9	34.1

El porcentaje de área sin infestar se encontró entre 34.1% y 7.9% en los mapas de densidad, con un valor medio de 18.6%. De forma general, el área libre de infestación se vio reducida conforme aumentó la densidad de las larvas, con excepción de la fecha del 30-08, en el que hubo un pequeño aumento de tal superficie cuando el promedio de larvas se seguía incrementando. En el último muestreo, al reducirse significativamente la densidad de larvas, el área libre de infestación aumentó considerablemente.

Discusión

El efecto pepita presentó valores que fueron menores al 61% del valor de la meseta en todos los semivariogramas elaborados en el presente estudio; lo que indica que, por lo menos, el 39% de la variación de la distribución de las larvas se explicó gracias a la estructura espacial establecida en los semivariogramas respectivos (Liebhold y Sharov, 1998). Valores de la pepita comprendidos entre el 30 y el 67% del valor de la meseta fueron reportados por Johnson (1989) en semivariogramas que elaboró para las larvas de *M. packardii*. Dichos valores caen dentro de los hallados en el caso del mosquito verde.

En el caso de la densidad de las poblaciones de larvas, al parecer, la colonización de la parcela provino de las cepas de vid vecinas situadas al lado izquierdo de la misma,

tal y como se puede apreciar en el mapa del primer muestreo; o bien, por la preferencia de larvas a plantas con mayor vigor que se ubicaban en dicha zona.

A densidades altas de larvas se detectó una estabilidad espacio-temporal a corto plazo, la cual se vio interrumpida cuando la densidad media de las larvas fue baja. Lo que pone de manifiesto la importancia de la densidad poblacional en el mantenimiento de la estabilidad espacial de las poblaciones de larvas de este insecto. Algo similar es reportado por Crist (1998) con las poblaciones de termitas.

Como demuestran los resultados obtenidos, el mosquito verde de forma natural no invade el 100% del área que infesta; es decir, la infestación no es uniforme sobre el área afectada. Un resultado similar han reportado Gribko *et al.* (1995), los cuales señalaron que las poblaciones de *Lymantria dispar* alcanzan un máximo de 75% de infestación sobre el área que colonizan. Magro *et al.* (1999) hallaron que la superficie infestada por los estadios preimaginales de *N. includens* era inferior al 70%.

Los resultados obtenidos sugieren que la infestación por parte de un insecto plaga no se presenta de manera uniforme, tal y como lo mencionan Fleischer *et al.* (1999), quienes señalan que de forma normal un insecto plaga presenta densidades variables en el total del área que infesta, y que tal infestación raramente alcanza el 100% de la misma; lo que permite, según los autores, dirigir las tácticas de control sobre las áreas infestadas y, sobre todo, en aquellas en las que la población del insecto supere el umbral económico, siempre y cuando se conozca tal nivel. Los mapas de densidad obtenidos con la técnica de krigeado muestran los centros de agregación de las poblaciones de larvas de *J. lybica*, que desde el punto de vista de protección de la vida, tal información permite dirigir de forma precisa las diferentes medidas de control del insecto (Fleischer *et al.*, 1997) generando beneficios económicos al realizar con menor frecuencia las aplicaciones de plaguicidas, menor uso de combustibles, menor impacto al medio ambiente, retardar el desarrollo de resistencia al no tratar toda la superficie del cultivo (Fleischer *et al.*, 1999) y, por lo tanto, una reducción de costos; además, permite visualizar la variabilidad poblacional e identificar áreas infestadas y libres de infestación.

Lo hallado en este trabajo abre las puertas a una aplicación dirigida de las medias de control sobre las áreas que realmente están infestadas con el insecto plaga, lo cual hace factible obtener ahorros económicos y medioambientales, permitiendo justificar el uso de las técnicas de la agricultura de precisión para controlar las infestaciones de *J. lybica*.

Conclusiones

1. La aplicación de la geoestadística permitió modelizar la estructura espacial de las poblaciones de larvas de *J. lybica* con modelos esféricos con efecto pepita en todos los casos.

2. Los resultados obtenidos con las técnicas geoestadísticas mostraron la existencia de una estructura espacial agregada en ambas pacerlas, siendo moderado el nivel de dependencia de la misma.

3. La densidad de larvas en las parcelas no tuvo influencia para determinar la agregación de las poblaciones.

4. Utilizando el krigeado se lograron establecer mapas de distribución espacial de las larvas de *J. lybica*.

5. A corto plazo, se identificó la existencia de una estabilidad espacial y temporal de las poblaciones de larvas.

6. Con la información obtenida es posible establecer medidas estratégicas de control hacia zonas específicas de infestación de las poblaciones de larvas de este insecto.

Literatura citada

- Baillod, M.; Charmillot, P.; Jeremi, M.; Meylan, A.; Valloton, R.; Antonin, Ph.; Hächler, M.; Linder, C. and Perrier, J. 1993. *Protection intégrée et stratégies de lutte contre les ravageurs de la vigne*. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 25 : 23-29.
- Blom, E. and Fleischer, S. 2001. *Dynamics in the spatial structure of Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera: Chrysomelidae)*. Environ Entomol. 30 (2): 350-364.
- Cambardella, C.; Moorman, T.; Novak, J.; Parkin, T.; Karlen, D.; Turco, R. and Konopka, A. 1994. *Field scale variability of soil properties in central Iowa soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1501-1511.
- Chauvet, P. 1994. *Aide-Memoire de Géostatistique Minière*, École des Mines de Paris, 210 pp.
- Crist, T. 1998. *The spatial distribution of termites in shortgrass steppe: a geostatistical approach*. Oecologia. 114: 410-416.
- Deutsch, C. V. and Journel, A. G. 1997. *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide (Applied Geostatistics Series)*. Second Edition, Oxford University Press, 369 pp.
- Englund, E. and Sparks, A. 1988. *GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) User's Guide*. U.S. Environmental protection agency document EPA/600/4-88/033. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, NV, USA.
- Fernández de Bobadilla, G. 1956. *Vitiferas jerezanas y de Andalucía Occidental*. I.N.I.A. Madrid. 141 pp.
- Fleischer, S.; Weisz, R.; Smilowitz, Z. and Midgarden, D. 1997. *Spatial variation in insect populations and site-specific integrated pest management*. In: *The state of Site-Specific Management for Agriculture* (F. J. Pierce & E. J. Sadler, Eds.), ASA Miscellaneous Publication. Madison, WI. pp. 101-130.
- Fleischer, J.; Blom, E. and Weisz, R. 1999. *Sampling in Precision IPM: When The Objective Is a Map*. Phytopathology. 89 (11): 115-118.
- Freitas, J. e Amaro, P. 2001. *'Explosion' de Cicadelle verte dans la région du Douro au Portugal en juillet/aout 1998*. Integrated Control in Viticulture IOBC wprs Bulletin 24(7) :217-219.
- García de Luján, A.; Puertas, B. y Lara, M. 1990. *Variedades de la vid en Andalucía*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 253 pp.
- Gribko, L.; Liebhold, A. and Hohn, M. 1995. *Model to predict gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) defoliation using kriging and logistic regression*. Environ Entomol. 24(3): 529-537.
- Hevesi, J.; Istok, J. and Flint, A. 1992. *Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. Part. I. Structural analysis*. J App. Meteorol 31 (7): 661-676.

- Isaaks, E. and Srivastava, M. 1988. *Spatial continuity measures for probabilistic and deterministic geostatistics*. *Mathematical Geo* 20(4): 313-341.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, M. 1989. *An introduction to applied geostatistics*. Oxford University press, Nueva York. 561 pp.
- Johnson, D. 1989. *Spatial autocorrelation, spatial modelling, and improvements in grasshopper survey methodology*. *The Can Ent.* 121: 579-588.
- Journel, A. G. and Huikbregts, C. J. 1978. *Mining geostatistics*. Academic Press, London, Reino Unido. 600 pp.
- Liebholt, A. and Sharov, A. 1998. *Testing for correlation in the presence of spatial autocorrelation in insect count data*. *Population and community Ecology for insect management and conservation*. pp. 1-117.
- López, M. A. 1997. *Incidencia de Kalotermes flavicollis (Fabr.) (Isoptera, Kalotermitidae) en el Marco del Jerez / Ensayos de técnicas blandas de control sobre plagas del viñedo*. Tesis Doctoral. Univ. Sevilla. 477 pp.
- Magro, A.; Araujo, J. and Hemptinne, L. 1999. *Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in citrus groves in Portugal: listing and analysis of geographical distribution*. *Bol. San Veg. Plagas* 25: 335-345.
- Matheron, G. 1970. "La Théorie des Variables regionalices et ses Applications", *Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau*. Fascicule 5, Ecole de Mines de Paris, 212 pp.
- Mazzoni, V.; Cosci, A.; Lucchi, A. and Santini, L. 2001. *Ocurrence of leaf hoppers (Auchenorrhyncha, Cicadellidae) in three vineyards of the pisa district*. *Integrated Control in Viticulture IOBC wprs Bulletin*. 24(7): 267-271.
- Oliver, M. A. and Webster, R. 1990. *Statisticals Methods in soil and land resource survey*. Oxford University press, Oxford. 232 pp.
- Rebelo, M. e Quartau, J. 1992. *Aspectos preliminares sobre a dinâmica populacional de Cigarinhas (Homoptera: Cicadellidae) Asociadas a castas da vinha no alentejo*. II Simposio da Vitivinicultura do Alentejo. Univ. Evora 199-208 pp.
- Rossi, R.; Mulla, J.; Journel, G. and Franz, H. 1992. *Geostatistical Tools for Modeling And interpreting Ecological Spatial Dependence*. *Ecol. Monog.* 62(2): 277-314.
- Ruiz Castro, A. y Mendizábal, M. 1939. *La roya colorada producida por Empoasca lybica de Bergeriu (Hem. Hom.) en los parrales de Almería*. *Bol. Pat. Veg. Ent. Agraria* 7(2): 116-123.
- Ruiz Castro, A. 1965. *Plagas y enfermedades de la vid*. INIA. Madrid. 178 pp.
- Samper, F. J. y Carrera, J. 1996. *Geostatística: aplicaciones a la hidrología subterránea*. 2ª Ed. Centro Internacional de Métodos en Ingeniería. Barcelona. 484 pp.
- Sciarretta, A.; Trematerra, P. and Baumgärtner, R. 2001. *Geostatistical analysis of Cydia funebrana (Lepidoptera: Tortricidae) Pheromone trap catches at two spatial scales*. *Am. Entomol.* 47(3): 174-184.
- Syrjala, E. 1996. *A statical test for a difference between the spatial distributions of two population*. *Ecology* 77(1): 75-80.
- Toledo, P. 1992a. *Melazo o Cochinilla Algodonosa (Pseudococcus citri, Risso)*. En: *Los Parásitos de la Vid. Estrategias de Protección Razonada*. MAPA-Ediciones Mundi-Prensa. España. pp. 58-61.
- Toledo, J. 1992b. *Mosquitos verdes*. En: *Los Parásitos de la Vid. Estrategias de Protección Razonada*. MAPA-Ediciones Mundi-Prensa. España. pp. 67-70.
- Zhang, R. 1992. *Estimation of the Spatial Distribution of Soil Chemical Using Pseudo Cross-Variograms*. *Soil Sci. Soc. Ame. J.* 56(5): 1444-1452.

Recibido: Abril 19, 2010

Aceptado: Noviembre 3, 2010

Alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823)

Live food as an alternative diet to larvae and juveniles of *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823)

Luna-Figueroa, J.;* Vargas, Z. T. de J. y Figueroa, T. J.

Laboratorio de Acuicultura. Departamento de Hidrobiología. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del estado de Morelos, México.

Tel. 01 (777) 3162354

* Correspondencia: jluna@uaem.mx / jlunaf_123@yahoo.com.mx

Resumen

La nutrición en los estadios iniciales de los peces constituye uno de los principales problemas de cultivo, debido a que es la etapa en la que se presenta la mayor mortalidad. En el presente estudio se evaluó, como alternativa en la alimentación de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare*, el efecto de tres alimentos vivos (*Moina wierzejski*, *Artemia franciscana* y *Panagrellus redivivus*) y un alimento comercial (Aquarian Tropical Flakes) sobre la tasa específica de crecimiento (TEC) y la sobrevivencia. La TEC de larvas resultó más alta con nauplios de *A. franciscana* ($17.57 \pm 0.39^a\%$ peso corporal ganado mg/día), seguida de *M. wierzejski* (16.63 ± 0.41^b), *P. redivivus* (14.25 ± 0.42^c) y del alimento comercial (13.20 ± 0.42^d) ($P < 0.05$). En los juveniles, la TEC fue mayor con *M. wierzejski* ($6.28 \pm 0.21^a\%$ peso corporal ganado mg/día), seguida de *A. franciscana* (6.04 ± 0.23^b), *P. redivivus* (4.86 ± 0.23^c) y del alimento comercial (4.39 ± 0.23^d) ($P < 0.05$). La sobrevivencia de las larvas fue $80.00 \pm 10.00^a\%$ con *A. franciscana* y *M. wierzejski*, mayor 25 y 40.62% con respecto a *P. redivivus* ($60.00 \pm 10.00^b\%$)

Abstract

Nutrition of fish at early stages is one of the main problems in culturing because this stage presents the highest mortality levels. This study evaluated the effects of three live foods (*Moina wierzejski*, *Artemia franciscana* and *Panagrellus redivivus*) and commercial food (Aquarian Tropical Flakes) on the Specific Growth Rate (SGR) and survival of *Pterophyllum scalare* larvae and juveniles. SGR was higher in larvae fed with *A. franciscana* ($17.57 \pm 0.39^a\%$ corporal weight mg/day), in regard to *M. wierzejski* (16.63 ± 0.41^b), *P. redivivus* (14.25 ± 0.42^c) and the commercial food (13.20 ± 0.42^d) ($P < 0.05$). In juveniles SGR was higher when fed with *M. wierzejski* ($6.28 \pm 0.21^a\%$ corporal weight mg/day), in relation to *A. franciscana* (6.04 ± 0.23^b), *P. redivivus* (4.86 ± 0.23^c) and the commercial food (4.39 ± 0.23^d) ($P < 0.05$). Larvae survival was $80.00 \pm 10.00^a\%$ with *A. franciscana* and *M. wierzejski*, higher 25% and 43.75% regarding to *P. redivivus* ($60.00 \pm 10.00^b\%$) and the commercial food ($45.00 \pm 10.00^b\%$) ($P < 0.05$). Juveniles survival was 100% and did not differ with any nourishment.

y al alimento comercial ($45.00 \pm 10.00^b\%$) ($P < 0.05$). En los juveniles, la sobrevivencia del 100% no difirió con ningún alimento. Finalmente, los nauplios de *Artemia* en la etapa larval y la *Moina* en juveniles estimularon favorablemente la TEC y la sobrevivencia de *P. scalare*.

Palabras clave

Crecimiento, sobrevivencia, *Panagrellus redivivus*, *Moina wierzejski*, *Artemia franciscana*.

Finally, SGR and survival of *P. scalare*, were positively stimulated by *A. franciscana* nauplii in larvae stage and *M. wierzejski* during the juvenile stage.

Key words

Growth, survival, *Panagrellus redivivus*, *Moina wierzejski*, *Artemia franciscana*.

Introducción

Un aspecto de gran importancia en la acuicultura es la nutrición (Léger *et al.*, 1986). A pesar de esto, con frecuencia se observa que los alimentos no contienen los nutrientes que las especies requieren para su óptimo crecimiento, principalmente en su primera etapa de vida, que es la crítica, debido a que es en la cual se presenta la mayor mortalidad (Sales y Janssens, 2003). Dicho periodo crítico en la larvicultura de peces es el inicio de la alimentación exógena posterior a la absorción del saco vitelino, por lo que el alimento vivo es esencial para el crecimiento y la sobrevivencia (Halver, 1988; Guillaume *et al.*, 2004). No obstante de que en la acuicultura los alimentos vivos *Brachionus* sp. y *Artemia* sp. son indispensables para la producción de larvas de peces (Léger *et al.*, 1986; Hamre *et al.*, 2008), su disponibilidad y precio han dado la pauta para el estudio de nuevas alternativas dentro del propio alimento vivo.

Actualmente, los nauplios de *Artemia* constituyen una dieta esencial en la producción de peces con alto potencial económico, principalmente durante las primeras etapas de desarrollo (Léger *et al.*, 1986). A pesar de esto, la calidad de los nauplios de *Artemia* es alterada por factores como la cepa, localidad y temporada de cosecha, y su valor nutricional es afectado por la ausencia de omega 3 PUFA, especialmente el ácido docosahexaenoico (22: 6n-3; DHA), los cuales son esenciales en la dieta de peces (Mohanakumaran *et al.*, 2007). Considerando estas deficiencias nutricionales, más su alto costo y fluctuaciones en calidad y disponibilidad, se han realizado intentos para encontrar alternativas para la *Artemia* (Léger *et al.*, 1986; Lim *et al.*, 2002; Lim *et al.*, 2003; Martín *et al.*, 2006; Mohanakumaran *et al.*, 2007). Por lo que, cultivos alternativos económicos y con una alta calidad nutricional, similar a *Moina* y *Panagrellus* (Biedenbach *et al.*, 1989; Lim *et al.*, 2003; Martín *et al.*, 2006), son necesarios para mantener la disponibilidad de alimentos vivos en la acuicultura.

En este sentido, el alimento vivo es un recurso de gran valor nutricional para el cultivo de peces, debido a que constituye una cápsula nutritiva que contiene los elementos básicos de una dieta balanceada y no sólo es estimado por ser fisiológicamente una forma valiosa de nutrimento, sino también un factor conductual importante (Luna-Figueroa *et al.*, 2007; Glencross *et al.*, 2007). Como consecuencia, hoy en día se incorporan a la acuicultura una mayor variedad de organismos considerados como alimento vivo, entre las especies más utilizadas se encuentran: *Artemia franciscana*, *Daphnia pulex*, *Eisenia foetida*, *Spirulina* sp., *Moina macrocopa*, *Brachionus plicatilis* y *Tubifex tubifex*, debido a su alto valor nutritivo, alta disponibilidad y abundancia, tamaño aceptable, cuerpo blando, altas densidades de cultivo, ciclo de vida corto y movilidad (Erdogan y Olmez, 2009).

En especies con alto potencial económico, como *Pterophyllum scalare*, es necesario determinar sus requerimientos nutricionales (Rodrigues y Fernandes, 2006; Zuanon *et al.*, 2006; Luna-Figueroa *et al.*, 2007; Zuanon *et al.*, 2009; Erdogan y Olmez, 2010) para maximizar la sobrevivencia y el crecimiento, los cuales están determinados, fundamentalmente, por la cantidad y calidad del alimento ingerido, así como por las características físicas y químicas del agua. Considerando este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de alimento vivo; *Moina wierzejski*, *Artemia franciscana*, *Panagrellus redivivus* y de un alimento inerte en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare*.

Materiales y métodos

Se utilizaron 240 larvas del pez ángel *P. scalare* de ocho días de nacidos y 120 juveniles de 30 días, los cuales procedieron de la reproducción en las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), de la Universidad Autónoma del estado de Morelos (UAEM), México. El periodo experimental comprendió 21 días para larvas y 30 días para juveniles. El diseño experimental consistió de cuatro dietas con tres repeticiones. Se utilizaron tres alimentos vivos y uno comercial en hojuelas (Aquarian Tropical Flakes), durante las etapas de larva y juvenil del pez ángel. Los alimentos vivos: nauplios de "Artemia" *Artemia franciscana* (INVE Aquaculture Nutrition, Great Salt Lake, USA) (Watson y Yanong, 2002), "pulga de agua" *Moina wierzejski* (Prieto *et al.*, 2006) y "micro-gusano" *Panagrellus redivivus* (Luna-Figueroa, 2009), se produjeron en el laboratorio *ex profeso* para cubrir las necesidades de los organismos experimentales. En particular para las larvas, las muestras de *M. wierzejski* y *P. redivivus*, posterior a colectarse del medio de cultivo, se tamizaron para seleccionar las tallas menores de 80 μm .

El contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos de los alimentos se determinó (AOAC, 2000) en el Laboratorio de Calidad de Productos Naturales, Bioquímica Lab., S. A. (cuadro 1). El aporte de alimento fue 5% de la biomasa de cada grupo de peces, en dos raciones diarias, a las 09:00 y 16:00 h. Para determinar la cantidad de alimento vivo suministrado diariamente, se colocaron en cajas Petri cantidades conocidas de *M. wierzejski*, *A. franciscana* y *P. redivivus* (1 g peso húmedo), retirando el exceso de agua mediante papel secante. Posteriormente, cada muestra fue colocada en una estufa a 60°C durante 72 horas; a continuación se pesó nuevamente la muestra y se calculó la diferencia porcentual entre el peso húmedo inicial y el seco final para ajustar la cantidad de alimento vivo proporcionado cada 24 h.

Cuadro 1. Análisis químico proximal de los alimentos vivos y el comercial suministrados a larvas y juveniles de *P. scalare*.

	<i>Moina wierzejski</i>	<i>Artemia franciscana</i>	<i>Panagrellus redivivus</i>	Aquarian Tropical Flakes
Proteína (%)	50.00	57.26	44.22	47.50
Lípidos (%)	19.37	16.21	11.31	6.50
Extracto libre de N (%)	4.12	6.67	5.22	38.10

Se utilizaron dos peceras de 180 l (150 cm x 40 cm x 30 cm), dentro de cada una se colocaron seis acuarios de cristal de 2,500 ml con aireación (Blower de ½ caballo de fuerza) y temperatura constante (termostato sumergible de 70 Watts; 28 ± 1°C). La densidad de cultivo fue de 20 larvas/2,500 ml de agua y 10 juveniles/2,500 ml. Se realizaron recambios de agua diariamente, del 25% del volumen total de cada acuario, y se retiraron mediante sifón los residuos de alimento y las heces. El volumen se recuperó con agua con las mismas características físicas y químicas del experimento. El fotoperiodo utilizado fue de 12 h luz/12 h oscuridad, regulado mediante un Timer programable. Las características físicas y químicas del agua en promedio fueron: 5.4 ± 0.03 mg/l O₂ (Oxímetro YSY-Modelo 57, ± 1 mg/L), 7.2 ± 0.02 de pH (pHmetro Corning, ± 0.1), 28.13 ± 1.0 °C (termómetro Brannan, 0.1°C) y según APHA (1992); 0.01 ± 0.001 mg/l Cl⁻¹, 0.01 ± 0.001 mg/l NH₃ y 82.44 ± 2.12 mg/l de CaCO₃.

El incremento en peso de los peces, por etapa de desarrollo, se evaluó al inicio y al final del periodo experimental, mediante una balanza digital (Ohaus, ± 0.01 mg). La alimentación de larvas y juveniles se suspendió 24 h previo al pesado de los organismos, para asegurar que la evacuación gástrica se completara (Noeskey y Spieler, 1984). Se calcularon las siguientes variables para larvas y juveniles de *P. scalare*:

El incremento en peso diario mg/día = $(Pf - Pi) / (t_2 - t_1)$

El incremento absoluto en peso = $(Pf - Pi)$

La Tasa Específica de Crecimiento (TEC, % peso corporal ganado mg/día) = $[(\ln Pf - \ln Pi) / (t_2 - t_1)] \times 100$ (Ricker, 1979).

Donde: Pi y Pf son el peso inicial y final, $\ln Pi$ y $\ln Pf$ son el logaritmo natural del peso de los organismos y t_1 y t_2 son los días al inicio y al final del periodo experimental.

La sobrevivencia (%) = $(\text{Número final de peces} / \text{número inicial de peces}) \times 100$

Los resultados se procesaron con el análisis exploratorio de datos y se organizaron en diagramas de caja en paralelo (Tukey, 1978). Cuando los datos cumplieron con la prueba de normalidad y de homocedasticidad, el efecto de los alimentos sobre el incremento en peso, la TEC y la sobrevivencia fue contrastado mediante un análisis de varianza de una vía con un nivel de confianza de 95% (Zar, 1999). Cuando se detectaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Tukey para comparar los datos entre los diferentes grupos de peces (*SigmaStat* 3.11 y *SigmaPlot* 10.0).

Resultados

En el cuadro 2, se indican los valores encontrados tanto para larvas como para juveniles, a continuación se describen en forma individual para cada etapa.

Larvas de *Pterophyllum scalare*

El peso inicial de las larvas no difirió estadísticamente ($P > 0.05$), mientras que el incremento final indicó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Respecto a la TCE, el mejor desempeño en larvas de *P. scalare* se obtuvo con *A. franciscana* ($P < 0.05$). El alimento vivo fue mejor en todas las variables estudiadas con respecto al alimento inerte, excepto para sobrevivencia que compartió similitud estadística con *P. redivivus* y fue menor comparada con *A. franciscana* y *M. wierzejski* ($P < 0.05$).

Juveniles de *Pterophyllum scalare*

El peso inicial de los juveniles no difirió estadísticamente ($P > 0.05$). Por su parte, el incremento final de los organismos presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes tratamientos. En esta etapa los mejores resultados de TCE se obtuvieron con *M. wierzejski* ($P < 0.05$). Asimismo, en la etapa de juveniles se mantuvo la mejor respuesta para los alimentos vivos comparados con el alimento inerte,

excepto en sobrevivencia, en donde no existió diferencia estadística entre tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Índices de crecimiento en peso de larvas y juveniles del pez ángel *Pterophyllum scalare*.*

	<i>Moina wierzjejski</i>	<i>Artemia franciscana</i>	<i>Panagrellus redivivus</i>	Aquarian Tropical Flakes
Larvas				
Peso inicial (mg)	1.75 ± 0.00 ^a	1.75 ± 0.00 ^a	1.75 ± 0.00 ^a	1.75 ± 0.00 ^a
Peso final (mg)	48.50 ± 3.89 ^b	58.50 ± 4.11 ^a	30.50 ± 5.36 ^c	25.50 ± 7.89 ^d
Incremento diario (mg/día)	2.33 ± 0.13 ^b	2.83 ± 0.13 ^a	1.43 ± 0.15 ^c	1.18 ± 0.16 ^d
Incremento absoluto (mg)	46.75 ± 3.26 ^b	56.75 ± 3.48 ^a	28.75 ± 4.30 ^c	23.75 ± 6.30 ^d
TEC (mg/día)	16.63 ± 0.41 ^b	17.57 ± 0.39 ^a	14.25 ± 0.42 ^c	13.20 ± 0.42 ^d
Sobrevivencia (%)	80.00 ± 10.00 ^a	80.00 ± 12.20 ^a	60.00 ± 10.00 ^b	45.00 ± 10.00 ^b
Juveniles				
Peso inicial (mg)	76.50 ± 6.70 ^a	76.00 ± 6.80 ^a	77.00 ± 7.32 ^a	77.00 ± 8.01 ^a
Peso final (mg)	473.30 ± 25.56 ^a	438.60 ± 13.57 ^b	315.25 ± 20.09 ^c	274.95 ± 20.52 ^d
Incremento diario (mg/día)	13.68 ± 0.16 ^a	12.50 ± 0.18 ^b	8.21 ± 0.20 ^c	6.82 ± 0.19 ^d
Incremento absoluto (mg)	396.80 ± 22.0 ^a	362.60 ± 15.0 ^b	238.25 ± 20.0 ^c	197.95 ± 20.0 ^d
TEC (mg/día)	6.28 ± 0.21 ^a	6.04 ± 0.23 ^b	4.86 ± 0.23 ^c	4.39 ± 0.23 ^d
Sobrevivencia (%)	100 ± 0.00 ^a	100 ± 0.00 ^a	100 ± 0.00 ^a	100 ± 0.00 ^a

*Periodo experimental; larvas 21 días y juveniles 30 días. Promedio ± desviación estándar.

Tasa Especifica de Crecimiento (TEC = % peso corporal ganado mg/día)

Valores en la fila que no comparten el mismo superíndice son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

En la acuicultura, la nutrición es uno de los principales factores limitantes para la larvicultura de peces (Gore, 2006), como sucede con *P. scalare* (Sarma *et al.*, 2003). Los nauplios de *Artemia* son el alimento vivo más utilizado en el cultivo de numerosas especies acuáticas. Sin embargo, problemas relacionados con los altos precios de mercado y especialmente la evidencia de variaciones en la eficacia de incubación y discrepancias en la calidad nutricional (Léger *et al.*, 1986), han generado investigación intensiva para la búsqueda de cultivos alternativos. Por lo que, hoy en día en la producción de peces ornamentales de agua dulce, el cladóceros *Moina* se ha convertido en el alimento vivo más común para la alimentación de organismos jóvenes (Lim *et al.*, 2001). En este sentido, de acuerdo con Nandini y Sarma (2000) y Sarma *et al.* (2003), las crías de *P. scalare*, a partir de la segunda semana de vida, prefieren en su dieta cladóceros que rotíferos. Lo anterior quedó de manifiesto en los resultados de la presente investigación, con *M. wierzjejski*, como el mejor alimento en la etapa juvenil de *P. scalare*.

Los mejores resultados del estudio se presentaron en las larvas alimentadas con nauplios de *Artemia* y en los juveniles con *Moina*. Mientras que los resultados más

bajos —en ambas etapas de desarrollo— se obtuvieron en los peces nutridos con el alimento inerte. De acuerdo con García-Ortega (2000), la baja digestibilidad y la calidad nutricional de los alimentos artificiales son factores que pueden explicar su fracaso como dietas iniciales de peces. Aunado a esto, la proteína en *Artemia* está constituida principalmente por proteínas de pesos moleculares bajos, las cuales pueden ser más fácilmente digeribles en comparación con las proteínas de las dietas artificiales (García-Ortega, 2000). En este sentido, es necesario subrayar que a pesar de que *P. redivivus* presentó los resultados más bajos entre los alimentos vivos, su importancia radica en que superó el efecto del alimento inerte sobre el crecimiento y sobrevivencia de larvas y juveniles de *P. scalare*.

La TEC en ambas etapas de desarrollo fue más elevada en los peces nutridos con los alimentos de mayor contenido proteico y lipídico. El alimento inerte produjo la menor TEC, que difirió entre 5.35 y 24.87%, superior con *A. franciscana*. Por otra parte, en los juveniles alimentados con *M. wierzejski* la TEC resultó más elevada, difiriendo de 3.82 a 30.09% con respecto a los otros alimentos. Estos resultados concuerdan con otros estudios que han reportado altas TEC de *P. scalare* alimentados con *D. pulex* (Soriano y Hernández, 2002), con *D. magna* y alimento extruzado (Koca *et al.*, 2009) y con *Culex stigmatosoma* y *Moina* sp. (Luna-Figueroa *et al.*, 2007), lo cual fortalece la utilización de este crustáceo como alimento para juveniles del pez ángel. Consecuentemente, la TEC resultó influenciada por la calidad nutritiva del alimento e indica mayor aprovechamiento de los nutrientes del alimento vivo. Por lo que, los mejores resultados con *A. franciscana* y *M. wierzejski* sugieren que su composición nutricional está más relacionada con los requerimientos de larvas y juveniles del pez ángel (García-Ulloa y Gómez-Romero, 2005).

La sobrevivencia de las larvas alimentadas con *A. franciscana* y *M. wierzejski* fue 25.0 y 43.75%, mayor con respecto a las nutridas con *P. redivivus* y con alimento inerte. Mientras que en la etapa juvenil, al ser los peces más fuertes no se detectó diferencia, con el 100% de efectividad. Sin embargo, es necesario dedicar mayor investigación a determinar los factores que intervienen en la sobrevivencia de las larvas, como son la calidad del agua y el tamaño de partícula del alimento. En otros trabajos con la especie, se han obtenido porcentajes de sobrevivencia similares a los del presente estudio, dentro de un intervalo que va de 60 a 91% (Degani, 1993; Luna-Figueroa *et al.*, 2000; Luna-Figueroa y Gómez, 2005; Ortega-Salas *et al.*, 2009) o iguales, con 100% de sobrevivencia (Rodrigues y Fernandes, 2006; Luna-Figueroa *et al.*, 2007). En particular, en *P. scalare* las altas tasas de sobrevivencia inicial son importantes, debido a que esta especie alcanza la talla comercial en periodos cortos, entre 60 y 70 días, y por la gran demanda comercial de la especie.

Los resultados demuestran la importancia del alimento vivo durante las primeras semanas de vida de *P. scalare*, cuando el crecimiento es más acelerado, y sugieren la

posterior utilización de alimento inerte como complemento nutritivo durante el crecimiento en cultivo. También apuntan a que la cantidad de nutrientes no es el factor estrictamente determinante para explicar la diferencia en el crecimiento de *P. scalare*, sino que la calidad de los nutrientes juega un papel definitivo, así como la digestibilidad y la presencia de algún micro-elemento ausente en el alimento artificial, el cual promueve el crecimiento (García-Ortega, 2000). El mejor desempeño de los nauplios de *Artemia* y *Moina* sobre el micro-gusano y el alimento inerte, demuestra que la mayor parte de los nutrientes y otros factores requeridos para el crecimiento de *P. scalare* están incluidos en estos alimentos vivos. Contrariamente, durante el procesamiento del alimento artificial, las propiedades nutricionales y —en especial— de la proteína, pueden ser afectadas y ocasionar efectos negativos en la calidad nutricional total del alimento (García-Ortega, 2000) o la presencia de factores anti-nutricionales pueda suprimir la utilización de los nutrientes (Glencross *et al.*, 2007).

Las larvas y juveniles alimentados con *P. redivivus*, mostraron un desarrollo moderado comparado con los nutridos con *A. franciscana* y *M. wierzejski*. Esto podría explicarse por la reducida capacidad de las crías de peces para digerir a los micro-gusanos, los cuales poseen una cutícula compuesta de diferentes capas, constituidas principalmente por colágeno (Schlechtriem *et al.*, 2004). Por otra parte, aunque digeribles para peces juveniles, la posible resistencia de los nematodos a la digestión larval limitaría su uso como alimento vivo inicial en la nutrición de *P. scalare*. Finalmente, la explicación del porqué los resultados fueron mejores en los peces nutridos con *A. franciscana* y *M. wierzejski* radica, en parte, en sus respectivos contenidos nutritivos, así como por inducir estímulos visuales y químicos, por las enzimas presentes en los organismos vivos que contribuyen a la digestión del alimento y porque existen diferencias en la digestibilidad entre los alimentos vivos y los artificiales, las cuales son atribuidas a las diferencias en la digestibilidad de proteína (García-Ortega, 2000).

Conclusiones

Los nauplios de *A. franciscana* influyen positivamente en el incremento del peso, la TEC y la sobrevivencia de las larvas de *P. scalare*. En la etapa juvenil, la utilización de *M. wierzejski* favorece el incremento en peso y la TEC. Se evidenciaron resultados favorables con altos contenidos proteicos y lipídicos del alimento, por lo que se sugiere especial atención en los esquemas de alimentación de la especie.

Literatura citada

AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International; agricultural, chemicals contaminants, drugs*. 17ª Edición. Maryland, USA. 1094 pp.

- APHA, AWWA, WPCF. 1992. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. American Public Health Association. American Waters Works Association and Water Pollution. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España. 1800 pp.
- Biedenbach, J. M.; Smith, L. L.; Thomsen, T. K. and Lawrence, A. L. 1989. *Use of the nematode Panagrellus redivivus as an Artemia replacement in a larval penaeid diet*. Journal of the World Aquaculture Society, 20(2): 61-71.
- Degani, G. 1993. *Growth and body composition of juveniles of Pterophyllum scalare (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae) at different densities and diets*. Aquaculture and Fisheries Management, 24: 725-730.
- Erdogan, F. and Olmez, M. 2009. *Effects of enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in angel fish, Pterophyllum scalare*. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(8): 1660-1665.
- Erdogan, F. and Olmez, M. 2010. *Digestibility and utilization of canola meal in angel fish (P. scalare Lichtenstein 1823) feeds*. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(4): 831-836.
- García-Ortega, A. 2000. *Valor nutricional de los quistes de Artemia y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces*. En: Cruz-Suárez, L. E.; D. Ricque-Marie; M. Tapia-Salazar; M. A. Olvera-Novoa y R. Civera-Cerecedo (Eds.). *Avances en nutrición acuícola V*. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 noviembre, 2000. Mérida, Yucatán, México. pp. 287-299.
- García-Ulloa, M. and Gómez-Romero, H. J. 2005. *Growth of angel fish Pterophyllum scalare (Gunther, 1862) juveniles fed inert diets*. Avances en Investigación Agropecuaria, 9(3): 49-60.
- Glencross, B. D.; Booth, M. and Allan, G. L. 2007. *A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds*. Aquaculture Nutrition, 13: 17-34.
- Gore, R. S. 2006. *Nutritional support of fish*. Journal of Exotic Pet Medicine, 15(4): 264-268.
- Guillaume, J.; Kaushik, S.; Bergot, P. y Métailler, R. 2004. *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 475 pp.
- Halver, J. E. 1988. *Fish Nutrition*. Academic Press, Inc. School of Fisheries, University of Washington, Seattle, Washington. New York. 798 pp.
- Hamre, K.; Srivastava, A.; Ronnestad, I.; Mangor-Jensen, A. and Stoss, J. 2008. *Several micronutrients in the rotifer Brachionus sp. may not fulfil nutritional requirements of marine fish larvae*. Aquaculture Nutrition, 14: 51-60.
- Koca, S. B.; Diler, I.; Dulluc, A.; Yigit, N. O. and Bayrak, H. 2009. *Effect of different feed types on growth and feed conversion ratio of Angel fish (Pterophyllum scalare Lichtenstein, 1823)*. Journal of Applied Biological Sciences, 3(2): 6-10.
- Léger, P.; Bengtson, D. A.; Simpson, K. L. and Sorgeloos, P. 1986. *The use and nutritional value of Artemia as a food source*. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 24: 521-623.
- Lim, L. C.; Sho, A.; Dhert, P. and Sorgeloos, P. 2001. *Production and application of on-grown Artemia in freshwater ornamental fish farm*. Aquac. Econ. Manage. 5: 211-228.
- Lim, L. C.; Cho, Y. L.; Dhert, P.; Wong, C. C.; Nelis, H. and Sorgeloos, P. 2002. *Use of decapsulated Artemia cysts in ornamental fish culture*. Aquaculture Research, 33: 575-589.
- Lim, L. C.; Dhert, P. and Sorgeloos, P. 2003. *Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish culture*. Aquaculture, 227: 319-331.
- Luna-Figueroa, J.; Figueroa, T. J. y Hernández, de la R. L. P. 2000. *Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproducción del pez ángel Pterophyllum scalare variedad perlada (Pisces: Cichlidae)*. Ciencia y Mar, 4(11): 3-9.
- Luna-Figueroa, J. y Gómez, P. E. 2005. *Incorporación de Culex quinquefasciatus y Daphnia sp en la dieta y su influencia en la reproducción de Pterophyllum scalare (Pisces: Cichlidae)*. Naturaleza y Desarrollo, 3(1): 5-10.
- Luna-Figueroa, J.; Pérez, C. E. y Figueroa, T. J. 2007. *Influencia de alimento vivo sobre la tasa de crecimiento y sobrevivencia de crías del pez ángel Pterophyllum scalare (Pisces: Cichlidae) Lichtenstein, 1823*. Scientiae

- Naturae, 10(1): 33-45.
- Luna-Figueroa, J. 2009. *Nematodo de vida libre Panagrellus redivivus (Goodey, 1945): Una alternativa para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos*. Investigación y Ciencia, 45: 4-11.
- Martín, L.; Arenal, A.; Fajardo, J.; Pimentel, E.; Hidalgo, L.; Pacheco, M.; García, C. and Santiesteban, D. 2006. *Complete and partial replacement of Artemia nauplii by Moina micrura during early postlarval culture of white shrimp (Litopenaeus schmitti)*. Aquaculture Nutrition, 12: 89-96.
- Mohanakumaran, N. C.; Salin, K. R. and Ashok, K. 2007. *Use of Cyclop-eeze as a substitute for Artemia nauplii in larval rearing of giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii (De Man 1879)*. Aquaculture Nutrition, 13: 88-93.
- Nandini, S. and Sarma, S. S. S. 2000. *Zooplankton preference of two species of freshwater ornamental fish larvae*. J. Appl. Ichthyol., 16: 282-284.
- Noeskey, T. and Spieler, R. 1984. *Circadian feeding time affects growth of fish*. Transactions of the American Fisheries Society, 113: 540-544.
- Ortega-Salas, A. A.; Cortés, G. I. and Reyes-Bustamante, H. 2009. *Fecundity, growth and survival of the angelfish Pterophyllum scalare (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions*. Rev. Biol. Trop., 57(3): 741-747.
- Prieto, M.; L. de la Cruz y Morales, M. 2006. *Cultivo experimental del cladóceros Moina sp. alimentado con Ankistrodesmus sp. y Saccharomyces cerevisiae*. Rev. MVZ Córdoba 11(1): 705-714.
- Ricker, W. E. 1979. *Growth rates and models*. In: Hoar, W.S.; Randall, D. J. and Brett J. R. (Eds.). *Fish physiology*. New York: Academic Press. pp. 677-743.
- Rodrigues, L. A. y Fernandes, J. B. K. 2006. *Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (Pterophyllum scalare)*. Acta Sci. Anim. Sci., 28(1): 113-119.
- Sales, J. and Janssens, G. P. J. 2003. *Nutrient requirements of ornamental fish*. Aquatic Living Resources, 16: 533-540.
- Sarma, S. S. S.; López-Rómulo, J. A. and Nandini S. 2003. *Larval feeding behavior of blind fish Astyanax fasciatus (Characidae), black tetra Gymnocorymbus terntzi (Characidae) and angel fish Pterophyllum scalare (Cichlidae) fed zooplankton*. Hydrobiologia, 510: 207-216.
- Schlechtriem, C.; Ricci, M.; Focken, U. and Becker, K. 2004. *The suitability of the free-living nematode Panagrellus redivivus as live food for first-feeding fish larvae*. J. Appl. Ichthyol., 20: 161-168.
- Soriano, S. M. y Hernández, O. D. 2002. *Tasa de crecimiento del pez ángel Pterophyllum scalare (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio*. Acta Universitaria, 12(2): 28-33.
- Tukey, J. W. 1978. *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Massachusetts. 318 pp.
- Watson, C. and Yanong, R. P. E. 2002. *Decapsulating brine shrimp eggs*. University of Florida. IFAS Extension. Department of Fisheries and Aquatic Sciences. Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida. USA, pp. 1-3.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 663 pp.
- Zuanon, J. A. S.; Salaro, A. L.; Balbino, E. M.; Saraiva, A.; Quadros, M. and Fontanari, R. L. 2006. *Níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de acará-bandeira Pterophyllum scalare*. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(5): 1893-1896.
- Zuanon, J. A. S.; Salaro, A. L.; Silveira, S. S. M.; de Oliveira, L. M. A.; Balbino, E. M. and Siqueira, E. A. 2009. *Dietary Protein and energy requirements of juvenile freshwater angelfish*. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(6): 989-993.

Recibido: Mayo 11, 2010

Aceptado: Octubre 11, 2010

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA-U. de C.

CONSEJO EDITORIAL

Agustín Orihuela Trujillo	FCA-UAEM	México	Janet Hummel Olivier	FMVZ-U. de C.	México
José Manuel Palma García	CUIDA-U. de C.	México	Rafael Herrera	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Milagros Milera Rodríguez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Cuba			

COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA – U. de C.	México	Hilda Machado Martínez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Agustín Orihuela Trujillo	FCA – UAEM	México	Javier Valencia Méndez	FMVZ – UNAM	México
Anesio Mesa Sardiñas	EEPF. "Indio Hatuey"	Cuba	Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Aslam Díaz	Instituto de Ciencia Animal	Cuba	Manuel García-Ulloa Gómez	LCM – UAG	México
Elaine Espino Barr	CRIP – Manzanillo	México	Martha Hernández Chávez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Félix Ojeda García	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba	Octavio Pérez Zamora	INIFAP – Colima	México
Jaime Molina Ochoa	FCBA – U. de C.	México	Salvador Guzmán González	FCBA – U. de C.	México

Coordinadora editorial

Ma. Eugenia Rocha Zamora

Edición

Alberto Vega Aguayo

Diseño

Alma Patricia Álvarez González

Montaje

Pablo César Oliva Brizuela

Fotografía (portada)

José Manuel Palma García: **Jamaica** (*Hibiscus sabdariffa L.*)

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").

- LATINDEX: www.latindex.org

- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>

- REDALyC: www.redalyc.org

- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: <http://www.citchile.cl/b2c.htm>

- REDZOOT: www.uco.es/redzoot

- GALE CENGAGE LEARNING: www.gale-la.com

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@uclm.mx / aiagropecuarias@yahoo.com.mx

José Manuel Palma García: palma@uclm.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. Apartado Postal No. 22 Colima, Col. (México) <http://www.uclm.mx/revaia>

© 2010. Universidad de Colima

Av. Universidad no. 333 Colima, Col., 28040, México.

Dirección General de Publicaciones

publicac@uclm.mx / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, ext. 35004

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