

**Animal feed using agro-industrial residues
in Cuba: past, present and future**

Martín, P. C. / 3

**The application of humic acids over
productive characteristics of *Clitoria ternatea* L.
in centre-west of Mexico**

*Elizarrarás-Lozano, S.; Serratos-Arévalo, J. C.; López-Alcocer, E. y
Román-Miranda, L. / 11*

**Relation between extensive cattle farming
and wildfires in forest zones in the State of Colima**

Galindo, I.; Barrón, J. y Padilla, J. I. / 17

**Use of ethyldiamine acetic acid to evaluate
the bioavailability of heavy metals in lettuce**

Cordero, Y. y Guridi, F. / 35

**Fodder banks: Does cyclic pruning influence soil
ant richness (Hymenoptera: Formicidae)?**

Ramírez, M.; Montoya-Lerma, J. and Armbrrecht, I. / 47

Editorial

Reflexionar sobre el aspecto económico para la publicación de una revista científica en el ámbito latinoamericano, implica reconocer uno de los puntos álgidos en el desarrollo y mantenimiento de una trabajo de esta naturaleza, el cual es común a muchas revistas en nuestro ámbito y en otras esferas de la ciencia.

Ante esta situación, y en un ambiente de crisis económica en México, nuestras publicaciones enfrentan situaciones adversas para realizar su labor; sin duda, es un reto que estamos enfrentando con salir a tiempo, como respuesta para fortalecer este proyecto y resolver nuevos desafíos. Esta “recesión económica” no es nueva, pues muchos de nosotros pertenecemos a las generaciones de las crisis económicas —que no morales, ni intelectuales—; por ello, ante este fenómeno desfavorable, cada revista tendrá que encontrar la(s) estrategia(s) idónea(s) para encarar y resistir este problema cíclico.

Bajo esta óptica, la revista acepta donativos; sin embargo, siempre surge la gran pregunta: ¿en dónde están estos seres filantrópicos, tan fuera de lo común, a los que les interesa verdaderamente el patrocinio de la ciencia? Los hay, desde luego, pues diferentes publicaciones cuentan con este tipo de apoyos. Tendremos que desarrollar la habilidad para acceder a ellos.

También existen aquellos que, a través de la vía fiscal, pueden justificar su aportación. Estamos en la búsqueda de ellos, aunque no es una tarea sencilla, precisamente debido a que la crisis económica ocasiona una especie de “efecto avalancha” que afecta a todas las esferas, porque además, es un desajuste nacional y mundial; así que todavía no contamos con la fortuna de lograr tales apoyos, pero continuaremos buscando a estos patrocinadores.

Por otra parte, la venta de espacios comerciales, indudablemente, representa una interesante opción que pudiera darle viabilidad y una cierta solvencia; sin embargo, es un tema un tanto debatible debido a dos factores: por una parte, se debe mantener la calidad y prestigio de la publicación, sin que por ello se comprometa la revista con algunas probables tendencias, modas o necesidades ajenas a la seriedad y formalidad de la academia. Y por la otra, el vender espacios impresos tampoco es una alternativa fácil de conseguir, ocasionado tanto por la propia especialización de nuestra revista, como por el hecho de que hasta este sector ha sido afectado también por la crisis; así las cosas, los posibles anunciantes han restringido igualmente su rubro en “publicidad” debido a este fenómeno.

Asimismo, la aportación que implicaría el pago por la publicación de un artículo, es una posibilidad que, como estrategia, debe sopesarse para encontrar el justo punto, sin que esto sea, necesariamente, la “gran solución” a la publicación de la revista; lo mismo pasa con las suscripciones que son sólo una vía, que tienen el mismo problema, que van asociadas al monto y cantidad de suscriptores, pues es sabido de antemano, en todo tipo de publicaciones, incluidas las más comerciales y de difusión masiva, con tirajes extraordinarios, que las suscripciones no representan la solvencia económica, ni el punto de equilibrio de una revista, sino la publicidad inserta en ellas. De ahí que esto sea una tarea mucho más compleja para una publicación de nuestra clase: el poder lograr el justo medio entre la publicidad, los suscriptores, las posibles y las deseables aportaciones de los seres filántropos a los que hacía referencia al inicio. La combinación de estos tres factores sería lo ideal.

En nuestro caso, hemos concurrido a un aporte institucional de manera significativa, el cual se ve comprometido por la imperante situación actual del país, en donde el apoyo a la educación superior, por un lado, se restringió; este fenómeno es recurrente en los gobiernos neoliberales desde hace algunas décadas; y por el otro, de forma casi paralela, está la cuestión de un aporte a ciencia y tecnología limitado, el cual se ha mantenido inamovible también desde hace décadas.

Ante este panorama, no podemos bajar la guardia, bajo ninguna circunstancia. La búsqueda de apoyos financieros es un tema prioritario en este momento para REVAIA; ya que, así como también nos planteamos —en su momento— la visibilidad de la revista como una política rectora, ahora tenemos que concentrar nuestras fuerzas en darle solvencia a la revista para que este proyecto trascienda. Por ello, es necesario concursar en la convocatoria que tiene abierta el CONACYT para ingresar al “Índice de revistas mexicanas de investigación científica y tecnológica”; pero a la vez, sin que el espíritu sea exclusivamente económico, nos interesa acceder a otros índices, como eJournal, DOAJ y REVIVEC, para seguir construyendo en REVIA un proyecto editorial destacado en el área agropecuaria, altamente comprometido con su entorno.

Continuaremos en esta ineludible búsqueda que nos permita allanar el camino económico, necesario para mantener a REVAIA; pero estamos claros en que el énfasis que nos permitirá llegar y mantener el éxito será, definitivamente, la calidad académica de la revista —que no sólo la hemos mantenido desde el inicio de esta segunda época, sino que la hemos incrementado con el tiempo— en apoyo a la investigación científica comprometida con México, Latinoamérica, y por ende, con el mundo.

José Manuel Palma García

Director, Rev. AIA

El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro[▼]

Animal feed using agro-industrial residues in Cuba:
past, present and future¹

Martín, P. C.

Instituto de Ciencia Animal (ICA).
La Habana, Cuba.

Correspondencia: pedro.martin@infomed.sld.cu

▼ Artículo invitado

Resumen

Se presenta información sobre los residuos y residuales aprovechados en Cuba como alimentos para animales. Diferentes ramas económicas, como la industria azucarera, la agricultura, la pesca, la industria animal y la fabricación de bebidas que son potencialmente contaminadoras del medio ambiente disponen ya de tecnologías para la transformación de sus residuos en alimento animal. Se ofrece información de los tipos de alimentos que se fabrican y desarrollan, con sus características nutritivas y su uso en especies de animales rumiantes y monogástricos. Las tecnologías empleadas han ido evolucionando desde procesos mecánicos y de mezclado hasta procesos de carácter biotecnológico, a través de los cuales, se mejora la digestibilidad y el contenido de nitrógeno proteico y no proteico de estos materiales, convertidos en alimentos. Se ofrece, asimismo, información de los niveles de fabricación y venta de algunos de estos alimentos en Cuba.

Abstract

In this work are listed the industrial residues that are used as animal feed in Cuba. Although the sugar industry, agriculture, fisheries, animal production and rum factories could be potential sources of contamination, they already have the technologies to transform their residues in animal feed. There is information on the diverse feed that are developed and made from these disposals, their nutritional value, and use in ruminants and monogastric species. The technologies that are developed come from single mixing up to biotechnological treatments in which the digestibility and protein content of these residues are improved. There is also information on the production and marketing of these products in Cuba.

¹ Trabajo presentado en el Taller Internacional sobre Utilización de Residuos y Residuales en la Alimentación Animal. Red RESALAN CYTED. Universidad de Colima, México. Octubre 30 y 31, 2008.

Palabras clave

Subproductos agroindustriales, alimentación, rumiantes, monogástricos.

Key words:

Agro-industrial byproducts, animal feed, monogastric, ruminant.

Introducción

La utilización de residuos y residuales para la alimentación animal ha sido una práctica realizada en Cuba posiblemente desde que se comenzó el corte de caña para la fabricación de azúcar, y se alimentaban los bueyes con los residuos de la cosecha. De esta forma, a lo largo de siglos, el ganado vacuno y el porcino principalmente, pero también otras especies (ovinos, caprinos y aves), se han beneficiado con el reciclaje de estos materiales como alimentos.

A continuación se presenta información de las ramas económicas cuyos residuos y residuales son empleados en la alimentación animal en Cuba, así como los alimentos que se preparan y a qué especies animales son destinados.

En el cuadro 1, se muestra una relación de productos que han sido utilizados para la alimentación animal.

Por otra parte, la agricultura cañera y la industria azucarera producen grandes volúmenes de residuos y residuales. En Cuba son los de mayor volumen y distribución. Con excepción de las melazas y los residuales de la destilería asociada a los ingenios, los demás residuos son de carácter fibroso. Todos ellos han sido utilizados en su forma original, o procesados para la alimentación animal.

En el cuadro 2, se relacionan los alimentos que en Cuba se han desarrollado a partir de las melazas y la destilación asociada a su fermentación.

Cuadro 1. Residuos y residuales que han sido utilizados para la alimentación animal en Cuba.

<i>Origen</i>	<i>Residuo</i>
Caña de azúcar	Caña de demolición
“	Residuos de cosecha
“	Melazas
“	Bagazo
“	Bagacillo
“	Cachaza
Destilerías	Mostos
“	Fondajes
Arroz	Paja
“	Cabecilla
“	Polvo
Cítricos	Hollejos
“	Residuos de poda
Café	Pulpa
Molinería	Afrecho
“	Salvado
Mataderos	Sangre
“	Contenido ruminal
Industria pecuaria	Pastas proteicas
“	Excretas
Pesca	Descartes
“	Fauna acompañante
“	Residuos del procesamiento
Industria alimentaria	Residuos de cervecería
“	Barquillos
Casas, comedores y restaurantes	Restos de alimentación humana
Agricultura	Residuos de raíces y tubérculos
“	Residuos de hortalizas

Cuadro 2. Alimentos con destino a las ganaderías que se elaboran en Cuba a partir de melazas y destilerías asociadas a su fermentación.

<i>Residuo</i>	<i>Alimento producido</i>	<i>Destino</i>
Melazas	Final	Todas
“	Final con urea, sal y minerales	Rumiantes
“	Melaza B	Porcinos
“	Melaza proteica casera	Rumiantes y porcinos
“	Melaza proteica industrial	Porcinos
“	Levadura Torula	Todas
“	Bloques multinutricionales	Rumiantes y conejos
Fondaje de destilería	Fresco	Porcinos
Crema de destilería	Probiótico	Aves
Vinaza	Fresca	Porcino
“	Levadura Torula	Todas
Mostos	GICABU	Rumiantes

La alta concentración de azúcares de las melazas han posibilitado su uso como fuente de energía para el consumo directo de rumiantes y monogástricos (Martín, 2004; Figueroa, 1990); o para su fermentación, con fines biotecnológicos (Villar y Montano, 2008).

Siendo su principal limitante su muy bajo contenido en nitrógeno, esta segunda variante ha tenido como expresión práctica la fabricación de levadura Torula y melazas enriquecidas, las cuales han sido utilizadas en la alimentación de diferentes especies (Figueroa, 1990; Rodríguez, 1987).

En el siguiente cuadro se observa que, de formas primarias de utilización, se han ido desarrollando mezclas enriquecidas y alimentos de carácter biotecnológico.

También se presentan opciones de utilización para los mostos, residuales muy contaminantes de aguas superficiales y subterráneas (Hidalgo *et al.*, 2008).

Cuadro 3. Alimentos desarrollados a partir de residuos fibrosos de la agroindustria azucarera.

Residuo	Alimento	Destino
Caña residual	Forraje	Rumiantes
"	Ensilaje de caña	Rumiantes
"	Solicaña	Rumiantes
"	Sacharina	Rumiantes y monogástricos
"	Sachaboniato	Rumiantes y monogástricos
"	Sachasoya	Rumiantes y monogástricos
Bagazo y bagacillo	Bagacillo predigerido	Rumiantes
"	Predical	Rumiantes
"	Bagacillo/melaza/urea	Rumiantes
"	Bagazo hidrolizado	Rumiantes
Cogollo o puntas	Frescas	Rumiantes
"	Ensiladas	Rumiantes
Cachaza	Fresca	Rumiantes
"	Desecada	Rumiantes
"	GICABU	Rumiantes
"	GARANVER	Rumiantes

Se han desarrollado varios alimentos a partir de la caña residual o para demolición por bajos rendimientos, los residuos de la cosecha y los residuales fibrosos de la industria azucarera. La caña ha sido utilizada en forma fresca, ensilada, deshidratada y enriquecida a través de procesos biotecnológicos (Martín, 2004; Serrano *et al.*, 2008; Ramos *et al.*, 2006; Monroy *et al.*, 2006; Elías *et al.*, 1990).

Los residuos fibrosos de la cosecha, a su vez, han sido enriquecidos con urea, o procesados con álcalis para mejorar su digestibilidad y consumo (Martín, 2004).

Como resultado de estos tratamientos, se ha logrado aumentar la concentración de energía metabolizable y el contenido de nitrógeno no proteico y proteico de estos residuales. En el cuadro 4, se agrupan los alimentos que se producen con residuos de la actividad agrícola.

Cuadro 4. Alimentos producidos a partir de residuos agrícolas.

<i>Cultivo</i>	<i>Alimento</i>	<i>Destino</i>
Arroz	Cabecilla	Todas
“	Polvo	Todas
“	Paja	Rumiantes
Cítricos	Hollejos frescos	Rumiantes y porcinos
“	Harina	Rumiantes
“	Hollejos ensilados	Rumiantes y porcinos
“	CITROUREA	Rumiantes
“	Residuos de poda	Ovinos
Café	Pulpa fresca	Rumiantes
“	Pulpa ensilada	Rumiantes
Raíces y tubérculos	Frescos	Porcino y conejos
“	Cocinados	Porcinos
Hortalizas	Frescas	Rumiantes y conejos

En Cuba, los mayores aportes a la alimentación animal con residuos de la agricultura no cañera, los han realizado los cultivos de cítricos, arroz, café, raíces, tubérculos y hortalizas. Para la ganadería vacuna, los residuos del cítrico y del café son de gran importancia (Borroto *et al.*, 2007; Ortiz *et al.*, 2006), particularmente en la época seca del año. Por lo general, salvo la paja y las hortalizas, todos estos residuos son buenos aportadores de energía, y en el caso de los cítricos, también aportan una cantidad importante de nitrógeno, lo cual los hace adecuados para mantener adecuadas producciones animales.

Muy variados son los alimentos obtenidos a partir de los residuales de otras actividades económicas (cuadro 5).

Cuadro 5. Alimentos obtenidos a partir de diferentes actividades económicas.

<i>Actividad</i>	<i>Alimento</i>	<i>Destino</i>
Pesca	Ensilaje de pescado	Rumiantes y cerdos
“	Ensilaje de residuos de procesamiento	Rumiantes y cerdos
Industria alimenticia	Residuos de cervecería	Rumiantes
“	Barquillos	Rumiantes y cerdos
Mataderos	Hemolizados	Todas
“	Contenido ruminal	Rumiantes y cerdos
Pecuaria	Ensilaje de excretas	Rumiantes y cerdos
“	Excretas avícolas	Rumiantes
Casas, comedores y restaurantes	Residuos procesados a vapor	Cerdos

El contenido de nitrógeno y energía de los mismos es muy variable, en dependencia de su origen. Sin embargo, su inclusión en raciones de rumiantes y monogástricos permite abaratar costos de producción y reducir el impacto ambiental negativo que su vertimiento al medio representa.

En el cuadro 6, se presenta la magnitud del uso de residuos y residuales de la industria azucarera en la alimentación animal en Cuba.

Cuadro 6. Uso de residuos y residuales de la industria azucarera en la alimentación animal en Cuba.

<i>Subproducto</i>	<i>Alimento</i>	<i>Uso en</i>	<i>T producidas/ año</i>
Bagazo	Bagacillo predigerido	Rumiantes	260,000
	Bagacillo/melaza/urea	Rumiantes	500,000
"	Mezclas balanceados	Rumiantes	70,000
Cachaza	Fresca	Rumiantes	900,000
"	GICABU	Rumiantes	40,000
"	GARANVER	Rumiantes	8,000
Melazas	Como suplementos	Rumiantes y cerdos	70,000
"	Alimentos balanceados	Rumiantes y monogástricos	100,000
"	2 % urea	Rumiantes	600,000
"	3 % urea	Rumiantes	200,000
"	10 % urea	Rumiantes	1,000
"	Con Levadura Torula	Monogástricos	30,000
"	Fermentada	Rumiantes y monogástricos	1,500
"	Bloques multinutricionales	Rumiantes	2,000
Residuos de cosecha	Cogollo, residuos de centros de limpieza de la caña	Rumiantes	100,000

En el caso de los alimentos producidos con los residuos fibrosos, uno de los principales inconvenientes es su bajo peso volumétrico, lo cual encarece la transportación. Asimismo, en el caso del bagazo y bagacillo, su alta humedad limita su conservación y uso.

Las melazas, que son una magnífica fuente de energía, se ven limitadas actualmente por sus altos precios, dada la competencia con la industria fermentativa. Sin embargo, los altos precios del maíz y la soya en el mercado actual, abre posibilidades de competencia nuevamente a alguno de estos alimentos. Igualmente, cada día, los gobiernos de los diferentes países —unos por vocación y otros obligados por legislaciones internacionales— tendrán que enfocar más objetivamente la conveniencia de reciclar como alimentos muchos de estos residuales y residuos que representan una alta contaminación del medio ambiente.

Varias instituciones de investigación y universidades cubanas han desarrollado las tecnologías de alimentación y uso como alimento de muchos residuales. No obstante, en el futuro quedan numerosas opciones por probar aún. Unas para reducir las limitantes identificadas en ellos, como para mejorarlos cada vez más en su valor nutritivo. Una de las opciones que, a juicio de este autor puede resultar muy provechosa, es la de retomar los procesos de ensilado. En los últimos años se ha desarrollado en gran medida la microbiología y, por ser procesos *in situ*, están más asequibles al productor.

Consideraciones finales

Se puede afirmar que:

- Son conocidos los valores nutricionales de una gran cantidad de residuos reciclados como alimento animal.
- Existen opciones tecnológicas para la fabricación y uso como alimentos.
- Existe una coyuntura económica y social, mundial, favorable a su reciclaje como alimentos.
- Estos aspectos son los que deben decidir el futuro del uso de estos alimentos en la producción animal.

Literatura citada

- Borroto, A.; Mazorra, C. A.; Pérez, D.; Borroto, M.; Cubillas, N. y Gutiérrez, I. 2007. *La potencialidad alimentaria y los sistemas de producción ovina para una finca citrícola en Cuba*. Rev. Cubana Cienc. Agric. 41:3.
- Elías, A.; Lezcano, D.; Lezcano, P.; Cordero, J. y Quintana, L. 1990. *Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido*. Rev. Cubana Cienc. Agric. 24:12.
- Figueroa, V. 1990. *Alimentación porcina no convencional*. Ed. GEPLACEA, México.
- Hidalgo, K.; Rodríguez, B.; Valdivia, M. y Febles, M. 2008. *Efecto de la vinaza de destilería de alcohol en el rendimiento de pollos de ceba*. 2008. Diversificación 2008. Congreso Internacional sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana, Septiembre.
- Martín, P.C. 2004. *La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos*. EDICA, La Habana.
- Monroy, J. M.; Aranda, E.; Mendoza, G.; Ramos, J. A.; Cobos, M. e Izquierdo, F. 2006. *Elaboración y conservación de sacharina a partir de caña de azúcar integral con la adición de melaza y pulidora de arroz*. Rev. Cubana Cienc. Agric. 40:167.
- Ortiz, A.; Elías, A.; Valdivia, M. y González, R. 2006. *Camas avícolas, una forma de incrementar el valor nutritivo de materiales muy fibrosos*. Rev. Cubana Cienc. Agric. 40:59.
- Ramos, J. A.; Elías, A. y Herrera, F. 2006. *Procesos para la elaboración de un alimento energético-proteico para animales*. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación del estado sólido (FES) de la caña de azúcar. Rev. Cubana Cienc. Agric. 40:51.
- Rodríguez, V. 1987. *Manual para la fabricación de piensos criollos*. ED. MINAGRI. La Habana.
- Serrano, P.; Brizuela, M.; Delgado, G.; López, P.; Cabello, A.; Costales, R.; Padilla, J.; Rodríguez, R.;

- Legrá, S.; Armenteros, S. y Zuasabar, Z. 2008. *Diversificación 2008*. Congreso Internacional sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana, septiembre.
- Villar, J. y Montano, R. 2008. *Posibilidades de producción de alimento animal en la agroindustria azucarera*. Diversificación 2008. Congreso Internacional sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana, septiembre.

Recibido: Febrero 10, 2009

Aceptado: Octubre 8, 2009

La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro-Occidente de México [♦]

The application of humic acids over productive characteristics of *Clitoria ternatea* L. in centre-west of Mexico

Elizarrarás-Lozano, S.;^{1*} Serratos-Arévalo, J. C.;² López-Alcocer, E.³ y Román-Miranda, L.³

¹ Doctorado directo en agrobiotecnología en el ITTJ-CIGA de Jalisco.

² ITTJ-CIGA de Jalisco. juancaserratos@hotmail.com

³ CUCBA-U. de G. edlopez@cucba.udg / rmm32103@cucba.udg

*Correspondencia: elizarrasofia@hotmail.com

♦ Nota técnica

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el comportamiento productivo de *Clitoria ternatea* con la aplicación de diversos ácidos húmicos. Dicho experimento se realizó en Tizapán El Alto, Jalisco, durante el periodo de lluvias de 2004. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; se efectuó un análisis de varianza con prueba de Tukey ($Pd > 0.05$). Los tratamientos fueron: T₁ Vermilik, T₂ Multiagro, T₃ mezcla Vermilik-Multiagro y T₄ testigo. Las variables evaluadas fueron: Materia seca aérea (MSA) (t/ha), forraje verde aéreo (FVA) (t/ha), diámetro basal (DB) (cm), profundidad radicular (PR) (cm), altura (Alt) (cm), materia seca de raíces (MSR) (t/ha) y peso húmedo de raíces (PHR) (t/ha). Los resultados se analizaron mediante el programa estadístico SAS. No se presentó diferencia entre los tratamientos, al momento de la cosecha, alcanzándose rendimientos

Abstract

The objective of this research was to determine the productive behavior of *Clitoria ternatea* influenced by humic acids application. This experiment was carried out in Tizapan El Alto, Jalisco, during the rain season of the year 2004. The experiment design was randomized complete block with four treatments and four replications; ANOVA and Tukey test ($Pd > 0.05$) were done. Treatments were: T₁ Vermilik, T₂ Multiagro, T₃ blend Vermilik-Multiagro and T₄ control group. The studied variables were: Aerial dry matter (ADM) (t/ha), aerial fresh forage (AFF) (t/ha), basal diameter (BD) (cm), root depth (RD) (cm), plant height (PH) (cm), root dry weight (RDW) (t/ha) and root fresh weight (RFW) (t/ha). The results were analyzed by means of statistical program SAS. Difference between the treatments did not appear, at the time of the harvest, with a production of dry matter of 21.512 t/ha. It is recommendable to study the humic acids effect in

de 21.512 t/ha. Es conveniente estudiar el efecto de estos ácidos en las diferentes etapas fenológicas de *Clitoria ternatea*.

Palabras clave

Abono orgánico, arbustiva, leguminosa, materia seca.

the different vegetative development phases of *Clitoria ternatea*.

Key words

Dry matter, legume, organic fertilizer, shrub.

Introducción

La producción de forraje en los trópicos se ve limitada, durante la época seca, en gran parte de los países subdesarrollados debido a la marcada estacionalidad en estas áreas, con una escasez de alimento para el ganado, reflejándose en altos costos de producción de los recursos forrajeros; por lo cual, es necesario buscar alternativas agrícolas que incrementen la productividad por cada hectárea cultivada, que reduzcan el uso de agroquímicos y que aseguren el abasto forrajero requerido por los productores ganaderos para mantener estable su producción durante todo el año.

Una manera de reducir el uso de fertilizantes químicos es el empleo de otras fuentes de nutrientes, como son las leguminosas con un manejo sustentable —por medio de la aplicación de ácidos húmicos— los cuales, son sustancias coloidales derivados del mineral Leonardita (forma oxidada del Lignito); sus dos componentes principales son el ácido húmico y el ácido fúlvico, y su connotación universal “Humus”, concepto con el que se describe la mayor fertilidad y mejor condición.

Los ácidos húmicos tienen una gran capacidad para retener y transportar nutrientes, metales, pesticidas, etcétera; además de ser la fuente más importante de carbono orgánico terrestre y acuático (Álvarez *et al.*, 2004; Brigante *et al.*, 2006). Los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimientos de muchas plantas (Aganga y Tshwenyane, 2003).

En este contexto, la alimentación de un hato ganadero puede ser mejorada con la introducción en su dieta de leguminosas forrajeras, como la “campanita morada”, *Clitoria ternatea*; la cual, posee una alta gustosidad y, por lo general, es preferida por el ganado en comparación con otros forrajes (Gómez y Kalamani, 2003); posee un alto contenido de proteína (de 17 a 23%) y, de acuerdo con las condiciones climáticas y lugar de establecimiento, puede llegar a producir de 20 a 30 t/ha/año de materia seca (Araujo *et al.*, 1994; Gómez y Kalamani, 2003).

Asimismo, *Clitoria ternatea* es un cultivo de gran importancia en los sistemas agrícolas y podría serlo aún más en las actividades ganaderas al incrementarse los bene-

ficios económicos por unidad de área, mejorándose con ello la calidad de vida de las comunidades rurales, pues esta especie puede ser incorporada en la alimentación del ganado bovino con la finalidad de disminuir los costos de producción sin afectar la ganancia de peso, ni la eficiencia en la conversión del alimento (Figueroa, 1996; Trigueros y Villalta, 1997; Flores *et al.*, 1998; Rosales, 1999).

La *Clitoria ternatea* es una de las leguminosas que puede reducir costos por su alto contenido de nutrientes y puede ser una opción económicamente útil como alimento para ganado por su también elevada capacidad de rebrote (Muñoz, 2002).

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el predio “La Guajillera”, en Tizapán El Alto, Jalisco (México), al sur del estado, con coordenadas de 20° 02' de latitud norte y 102° 36' de longitud oeste, con una altitud promedio de 1,550 msnm. El clima corresponde al semiseco y semicálido sin estación invernal definida, con temperatura media anual de 19.5°C y precipitación pluvial de 720.8 mm al año, los vientos dominantes son del noroeste y sureste; los suelos predominantes son del tipo arcilloso (SEIJAL, 1999).

La preparación del terreno se realizó con barbecho, dos pasos de rastra y surcado con tracción animal. La siembra se efectuó a chorrillo el 7 de julio de 2004, con una distancia entre surcos de 80 cm y sólo se fertilizó con la fórmula 18-46-0.

Posteriormente, se llevó a cabo la aplicación manual —con mochila— de los ácidos húmicos, el 24 de septiembre, los cuales fueron dirigidos al suelo y al follaje directamente para nutrir las plantas en lugar de fertilizantes químicos; y el control de arvenses se realizó de manera manual, sin aplicación de herbicidas. Se estableció una distribución de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

El tamaño de la parcela fue de 12.8 m x 20 m = 256 m², mientras que el de la parcela útil fue de 20 m². Los tratamientos fueron: T₁ = Multiagro y T₂ = Vermilik, (leonardita como principio activo de ambos); T₃ = Mezcla Vermilik-Multiagro 1:1 y T₄ = Testigo. Las dosis fueron 1 litro de ácido por 20 litros de agua y en el caso de la mezcla de ambos ácidos fue de 0.5 litros para cada uno, en 20 litros de agua. Las variables evaluadas fueron: Diámetro basal (cm), altura (cm), profundidad radicular (cm), forraje verde aéreo (t/ha), materia seca aérea (t/ha), peso húmedo de las raíces (t/ha), y materia seca de las raíces (t/ha); las cuales se obtuvieron con un tamaño de muestra de un metro lineal tomado del tercio medio de cada parcela al alcanzar el 10% de floración de las plantas. Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System, 1990).

Resultados

El comportamiento productivo de las variables evaluadas en *Clitoria ternatea* tratadas con los ácidos húmicos, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos sin excepción alguna. La fecha de corte se realizó al momento en que la planta alcanzó el 10% de floración en el total de la parcela y con lo cual la afectación a su capacidad de rebrote es mínima.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de ácidos húmicos en el desarrollo vegetativo de *Clitoria ternatea* a los 102 días después de la siembra en Tizapán El Alto, Jalisco.

Tratamientos	Altura (cm)	Profundidad radicular (cm)	Diámetro basal tallo (cm)	Peso húmedo raíces (t/ha)	Materia seca raíces (t/ha)	Forraje verde aéreo (t/ha)	Materia seca aérea (t/ha)
Multiagro	47±10.3	43.0±4.3	0.65±0.14	26.7±5.8	20.4±12.0	29.2±12.3	21.1±12.5
Vermilik	48±10.3	49.5±4.3	0.46±0.14	26.5±5.8	20.3±12.0	28.1±12.3	21.5±12.5
Testigo	45±10.3	40.5±4.3	0.44±0.14	26.1±5.8	20.6±12.0	28.5±12.3	21.2±12.5
Mezcla	45±10.3	44.0±4.3	0.51±0.14	26.4±5.8	20.4±12.0	28.6±12.3	21.2±12.5
Coefficiente variación %	22.7	9.7	27.70	2.2	5.9	4.3	5.9

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación —con empleo de ácidos húmicos como abonos orgánicos en el cultivo de *Clitoria ternatea* y en el cual se cosecharon, en promedio, 21.3 t/ha de materia seca a los 102 días después de la siembra— se aproximan con lo reportado por Araujo *et al.* (1994), con una producción de materia seca de 20 a 30 t/ha/año, en dependencia de la frecuencia de corte.

De acuerdo con Flores (1993), *Clitoria ternatea* puede producir altos rendimientos de materia seca al establecerse en sitios con alturas desde el nivel del mar hasta los 1,600 m, lo cual coincide con los 1,550 msnm del sitio experimental donde se estableció, durante el temporal de 2004; y se obtuvieron rendimientos aceptables de biomasa, aún sin alcanzar un comportamiento productivo más elevado por la aplicación de ácidos húmicos como se esperaba.

Conclusiones

En el establecimiento de *Clitoria ternatea* en un suelo con características homogéneas y predominantemente arcilloso, esta especie responde bien con la aplicación indistinta de los ácidos húmicos Vermilik y/o Multiagro, ya que su comportamiento productivo fue similar, al menos al momento de la cosecha; sin embargo, no presenta diferencia estadística con el testigo.

Literatura citada

- Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. O. 2003. *Lucerne, lablab and Leucaena leucocephala forages: Production and utilization for livestock production*. Pakistan Journal of Nutrition 2: 46-53.
- Álvarez, R. A.; Goulet, P. and Garrido, J. 2004. *Characterization of the porous structure of different humic fractions*. Colloids and surface. pp. 129-135.
- Araujo, J. A.; Gadelha, J.; Lima, N. y Pereira, R. M. 1994. *Efeito da altura e intervalo de corte na produção de forragem da cunha (Clitoria ternatea)* Pesq. Agropec. Bras. 29:979-982.
- Brigante, M.; Zanini, G. y Avena, M. 2006. *Efecto de ácidos carboxílicos en la cinética de disolución de ácidos húmicos*. Sección E. Química de sólidos, superficies, interfaces y materiales. Bahía Blanca, Argentina. pp. 1.
- Figuroa, V. 1996. *Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes*. CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria). Cali, Colombia. 155 pp.
- Flores, O. I.; Bolívar, D. M.; Botero, J. A. e Ibrahim, M. A. 1998. *Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico*. Livestock research for rural Development. 10: 1-8.
- Gómez, M. S. and Kalamani, A. 2003. *Butterfly pea (Clitoria ternatea). A nutritive multipurpose forage legume for the tropics – An overview*. Asian Network for Scientific Information. Pakistan Journal of Nutrition 2(6): 374-379.
- Muñoz, A. 2002. *Las leguminosas: Una alternativa cierta. Forraje – Artículos libres*. Publicaciones Profesionales, C. A. Venezuela. <http://www.pcca.com.ve/vb/articulos/e12p9.htm> (Consultado el 20 de septiembre de 2005).
- Rosales, M. 1999. *Mezclas de forrajes: Usos de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales*. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Estudio FAO sobre producción y sanidad animal 143. (Ed. Sánchez, M. y Rosales, M.). Roma. pp. 201-230.
- SAS (Statistical Analysis System). 1990. Institute Incorporation, SAS/STAT. *User's Guide, Version 6*. Fourth, Edition, Volumen 1, Cary NC: SAS Institute Inc., North Caroline.
- SEIJAL. 1999. *Sistema Estatal de Información Jalisco, en base a datos proporcionados por INEGI Jalisco, Instituto de Geografía de la UNAM y el Departamento de Programación y Desarrollo del estado de Jalisco*. Carta General del estado de Jalisco. 1:500,000.
- Trigueros, R. O. y Villalta, P. 1997. *Evaluación del uso del follaje deshidratado de morera (Morus alba) en alimentación de cerdos de la raza Landrace en etapa de engorda*. En: Resultados de investigación, CENTA. El Salvador. pp. 150-155.

Recibido: Mayo 27, 2008

Acceptado: Noviembre 11, 2009



Título: *Noche lóbrega*

Técnica: Mixta sobre madera

Autor: Adoración Palma (2manos)

Año: Sept. 2009

Medidas: 23x9cm

Relación entre ganadería extensiva e incendios en zonas forestales del estado de Colima

Relation between extensive cattle farming and wildfires in forest zones in the State of Colima

Galindo, I.;^{1*} Barrón, J.² y Padilla, J. I.²

¹Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente (CUICA).
Universidad de Colima. México.

²Laboratorio de Geomática, Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Colima.
México.

*Correspondencia: igitalindo@uclm.mx

Resumen

Las estadísticas oficiales de México indican que, en su mayoría, los incendios forestales son causados por la práctica de actividades agropecuarias en terrenos forestales; tal es el caso de la agricultura migratoria (roza, tumba y quema), así como la quema de pastos para el brote del renuevo en época de sequía. Con base en esta afirmación, es de esperarse que una disminución de estas actividades causales, reduzca la presencia de incendios forestales. En el estado de Colima, en los últimos años la práctica de la agricultura ha disminuido debido al bajo rendimiento del maíz y, de igual manera, se tiene una disminución importante del hato ganadero estatal, que en su mayoría se desarrolla en áreas forestales, por lo que habría que esperar una disminución en el número de incendios forestales en la entidad. En este trabajo se plantea la hipótesis de que debe existir una correlación entre las actividades de pastoreo extensivo medida en cabezas de ganado bovino y la incidencia de incendios forestales, por municipio. Para tal efecto, se utilizó la serie de tiempo de 1996 a 2006 de los incendios forestales detectados vía satélite, y datos oficiales sobre

Abstract

In agreement with the official statistics, in our country, forest fires are due mainly to farming activities in forest lands as is the case of the slash and burn practice in those areas and the grazing land burn to promote the sprout shooting during the dry season. One would expect that as a consequence of the reduction of the above causal activities forest fire incidence would be reduced. In the State of Colima it is observed that due to the low corn productivity and the reduction of the state herd in forest zones, these activities are going down, hence a joint reduction of forest fires would be expected. In this work the hypothesis raised is that there should be a correlation between cattle farming activities and the incidence of forest fires. The data used in this study are the time series from 1996 to 2006 of satellite detected forest fires and the official reports of cattle farming per municipality from 2000 to 2007. The results confirm the work hypothesis with a regression coefficient of 0.86. We recommend the implementation of sustainable cattle farming techniques in the affected municipalities to reduce the damage of natural resources in the State of Colima.

la actividad ganadera de 2000 a 2007 por municipio. Los resultados confirman la hipótesis de trabajo mediante una correlación no-lineal de 0.86. Se sugiere instrumentar prácticas silvopastoriles sustentables en los municipios afectados para detener el deterioro de los recursos naturales del estado de Colima.

Palabras clave

Incendios forestales, actividades agropecuarias, pastoreo en zonas forestales, estado de Colima.

Key words

Forest fires, farming activities, pasture in forestry zones, Colima State.

Introducción

De acuerdo con el Programa Estratégico Forestal para México 2025 PEF-2025 (CONAFOR, 2003), la causa más importante de la deforestación y degradación en México se encuentra en la política agropecuaria que fomenta actividades agrícolas y ganaderas extensivas en áreas de vocación forestal, sin que haya suficientes incentivos e inversiones para las actividades forestales. De igual manera, el PEF-2025 indica que los factores que provocan mayor degradación en los bosques son, en orden de importancia: los incendios, las plagas y enfermedades forestales, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina; mientras que en las selvas, los principales factores son: las plagas y enfermedades forestales, cambios de uso de suelo, y en tercer lugar, los incendios forestales, seguidos de conflictos agrarios y pobreza extrema.

Al igual que en México, los incendios forestales ocurren prácticamente en todo el mundo y constituyen uno de los problemas medioambientales más graves. Cada año, los incendios forestales afectan alrededor de 13 millones de hectáreas en los ecosistemas forestales de nuestro planeta, actuando sobre la vegetación, la fauna silvestre, el aire, el agua y las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (SEMARNAT, 2005).

Los incendios forestales que ocurren en México son, en su mayoría, provocados por actividades humanas. El 40% de los incendios forestales tiene su causa en prácticas agropecuarias, teniendo su origen en las prácticas tradicionales de uso inadecuado del fuego para la agricultura, quemas intencionales en zonas forestales y problemas de litigio por la tenencia de la tierra, entre otras (CONAFOR, 2003).

A pesar de que cada año, durante la temporada de incendios forestales se obtiene más información y más conocimiento acerca del comportamiento del fuego en los bosques y selvas, la disminución del impacto de estos siniestros en los recursos forestales

no ha sido relevante. De acuerdo con las cifras reportadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), durante las últimas tres décadas (1970-2000), en México se presentaron —en promedio— 6,615 incendios por año, afectando una superficie aproximada de 215,000 hectáreas (CONAFOR, 2006).

La Comisión Nacional Forestal registró, de 1998 a 2005, a la intervención humana como la causa de mayor importancia de incendios forestales. Las actividades agropecuarias produjeron el 44%; las causas intencionales (litigios o rencillas) el 19%; las fogatas el 12%; fumadores el 11%; y otras causas el 14%, en promedio anual (CONAFOR, 2006).

De acuerdo con los reportes de la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en los últimos nueve años (1998-2006), en Colima, se han presentado —en promedio— 52 incendios forestales anuales, afectando una superficie promedio anual de 1,042 hectáreas. Se aduce que estos siniestros han sido causados en su gran mayoría por la práctica de la agricultura migratoria y la quema de pastos para el brote del renuevo en época de sequía. Sin embargo, en virtud del bajo rendimiento del maíz en zonas forestales y la disminución del hato ganadero estatal, que en su mayoría se desarrolla en áreas forestales, estas actividades se han venido reduciendo, por lo que se espera que la incidencia de incendios forestales disminuya (CONAFOR, 2007).

La ganadería bovina es una de las actividades pecuarias más importantes en la entidad por el valor de la producción anual; tan sólo para el periodo de 1990 al 2000 la ganadería bovina contribuyó con el 64.7% del valor total de la producción pecuaria (Universidad de Colima, 2005). En este sentido, debido a las condiciones climáticas del estado (el 77% de la superficie estatal tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en el verano), éste se divide en tres regiones geográficas (Norte, Centro y Costa), en las cuales se realiza la actividad pecuaria bovina basada en el pastoreo, bajo diferentes escalas de producción y tecnificación. Además, dentro de dichas regiones se encuentran tres sistemas de producción: el de engorda, crianza y el de doble propósito (producción de carne y leche); siendo este último el de mayor relevancia debido a que concentra el 95% de los hatos ganaderos de la entidad, mientras que sólo se cuenta con 12 ranchos engordadores en los municipios de Colima y Cuauhtémoc.

Por ello, es importante corroborar la relación existente entre el pastoreo extensivo de ganado con la incidencia de incendios forestales. Al respecto, la CONAFOR señala que el 43% de los incendios forestales a nivel nacional son ocasionados por actividades agropecuarias, lo que los ubica como la principal causa de incendios forestales en el país (CONAFOR, 2008). En el estado de Colima se agrava esta situación, como lo reporta la Gerencia Estatal de la CONAFOR en el estado, que menciona que la principal causa de incendios forestales en la entidad está representada por

el uso del fuego en las actividades agropecuarias en un 66%; dadas, principalmente, por la quema de pastizales para rebrote del pasto (pelillo o pasto tierno) y las quemas de acahuales para siembra de granos básicos (CONAFOR, 2007).

Para cumplir con este objetivo, el Centro Universitario de Investigación en Ciencias del Ambiente (CUICA) cuenta con una base de datos nacional georreferenciada (1998-2006) de los incendios forestales y las quemas agrícolas. Estos eventos son detectados en tiempo real mediante el análisis de imágenes digitales multiespectrales provenientes del Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (cuyas siglas en inglés son AVHRR), embarcado en los satélites de órbita polar NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y recibidas en tiempo real en la estación terrena del CUICA (Galindo y Solano, 1999; Galindo *et al.*, 2003; Galindo y Barrón, 2007).

Utilizando únicamente la base de datos de los incendios forestales, se pretende determinar las áreas prioritarias de atención y aplicación de prácticas silvopastoriles para el desarrollo de la ganadería extensiva y la disminución de incendios forestales en el estado de Colima.

El objetivo de esta investigación es conocer la presunta relación entre la ganadería bovina extensiva con la incidencia de incendios en zonas forestales por municipio, en el estado de Colima.

Materiales y métodos

Datos de incendios forestales

En este trabajo se utilizan únicamente los datos georreferenciados de los incendios forestales para el estado de Colima durante el periodo de 1998 a 2006.

En el cuadro 1, se muestra el número de incendios forestales detectados en el estado de Colima en el periodo de 1998 a 2006, con excepción de 2001. Se observa que el municipio de Cuauhtémoc tuvo la mayor cantidad de incendios forestales promedio (IFP). En orden de importancia le siguen: Manzanillo, Colima, Coquimatlán y Tecomán. Los otros municipios tuvieron menos de 2.5 IFP. Asimismo, el promedio a nivel estado es de 30 incendios forestales anualmente durante el periodo analizado.

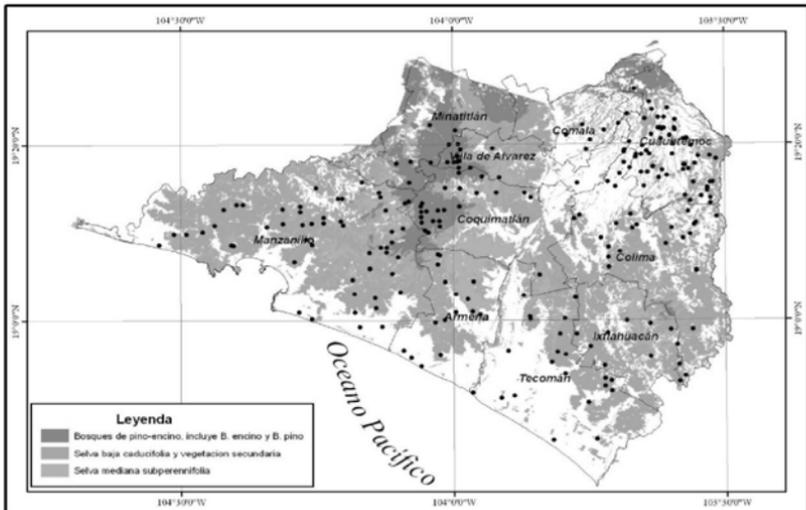
Cuadro 1. Número de incendios forestales detectados en áreas forestales por municipio.

Municipio	1998	1999	2000	2002	2003	2004	2005	2006	Promedio (IPF)
Estado	24	51	49	46	22	20	15	20	30.88
Armería	4	2	3	4	2	0	0	1	2.00
Colima	3	10	12	4	3	0	0	1	4.13
Comala	0	2	0	0	1	1	2	0	0.75
Coquimatlán	5	2	1	16	0	0	1	1	3.25
Cuauhtémoc	2	8	16	6	4	10	5	10	7.63
Ixtlahuacán	1	0	2	3	1	1	0	1	1.13
Manzanillo	3	16	7	9	5	6	5	2	6.63
Minatitlán	1	2	0	1	0	0	1	1	0.75
Tecomán	4	4	5	1	2	2	0	3	2.63
Villa de Álvarez	1	5	3	2	4	0	1	0	2.00

Fuente: Centro Universitario de Investigación en Ciencias del Ambiente.
 IPF: Incendios forestales promedio.

Utilizando un sistema de información geográfica (ArcGis 9.3) se muestra la figura 1, para el estado de Colima, la cobertura vegetal de uso del suelo obtenida de la serie III, INEGI, 2005 y el análisis de imágenes satelitales de alta resolución espacial (Ikonos) así como los incendios forestales ocurridos de 1998 a 2006 en el área, representados por puntos negros.

Figura 1. Incendios forestales detectados en el estado de Colima de 1998 a 2006.



Fuente: Imagen modificada de la Serie III INEGI. 2005.

El promedio de incendios forestales representa una media aritmética de los valores anualmente reportados; se calcula a través de la ecuación 1.

$$IFP = \frac{\sum_{i=1}^n IFi}{n} \quad (1)$$

Donde:

IFP = Incendios Forestales Promedio

IFi = Número de Incendios forestales en Año *i*

n = Número de Años con Datos

Datos de la actividad ganadera

La información de esta variable se obtuvo de la Delegación de Colima de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA, 2007). En el cuadro 2, se presenta exclusivamente el número de cabezas de ganado bovino de traspato o de libre pastoreo en la mayor parte del año, por municipio, para el período 2000-2007.

De acuerdo a las condiciones topográficas, de uso de suelo y vegetación, en la mayor parte de los municipios no existen áreas definidas como ganaderas; esto es, que no se cuenta con extensiones de praderas, por lo que el ganado de libre pastoreo se desarrolla en las áreas forestales.

Cuadro 2. Número de cabezas de ganado bovino por municipio.

Municipio	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio (CGP)
Estado	95687	97063	95351	92329	95409	97399	95870	96984	95761.50
Armería	1591	1610	1580	1613	1609	1515	1589	1607	1589.25
Colima	33008	33537	32899	33582	33514	33639	33076	33461	33339.50
Comala	6432	6533	6409	6542	6529	6553	6444	6518	6495.00
Coquimatlán	5630	5715	5605	5721	5710	5732	5635	5700	5681.00
Cuahtémoc	16506	16771	16452	11793	16759	16822	16541	16732	16047.00
Ixtlahuacán	3271	3323	3259	3327	1952	3333	3278	3315	3132.25
Manzanillo	12293	12486	12247	12501	12476	12525	12317	12460	12413.13
Minatitlán	3638	3557	3627	3703	3695	3709	3647	3689	3658.13
Tecomán	10474	10642	10439	10655	10634	10673	10494	10617	10578.50
Villa de Álvarez	2 844	2889	2834	2892	2531	2898	2849	2885	2827.75

Fuente: SAGARPA, 2007.

CGP: promedio de cabezas de ganado.

Se observa que el municipio de Colima es el más importante, seguido de Cuauhtémoc, Manzanillo y Tecomán en cuanto a cabezas de ganado. Al igual que el promedio de incendios forestales, el promedio de cabezas de ganado resultó de una media aritmética de los valores anualmente reportados, la cual se calculó a través de la ecuación 2.

$$CGP = \frac{\sum_{i=1}^n CGi}{n} \quad (2)$$

Donde:

CGP= Cabezas de Ganado Bovino Promedio
 CGi= Número de Cabezas de Ganado en el Año *i*
n= Número de Años con Datos

Superficie forestal

De acuerdo con los datos obtenidos de la Serie III de Uso de Suelo y Vegetación, publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2005, el estado de Colima cuenta con 301,855 ha con cubierta forestal, lo que representa el 53.70% de la superficie del estado.

Para el caso de este estudio, únicamente se incluyó la superficie forestal en pastoreo extensivo de ganado bovino (cuadro 3) por municipio, considerando los tipos de vegetación donde se practica el pastoreo extensivo de ganado bovino; éstos son: selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y subperennifolia, bosque de encino, bosque de pino y bosque de encino-pino. Se excluyó la superficie cubierta de los tipos de vegetación de manglar, palmar inducido, tular, vegetación halófila y dunas costeras, en virtud de que en estas áreas no se presenta el pastoreo de ganado.

Cuadro 3. Superficie total y forestal por municipio.

Municipio	Superficie total (ha)	Superficie forestal (ha) ¹	% Superficie forestal
Comala	31527	13861	43.96
Minatitlán	41825	34428	82.31
Ixtlahuacán	37661	25923	68.83
Tecomán	78927	22949	29.08
Colima	75016	34781	46.36
Armería	40809	18930	46.39
Manzanillo	133676	79333	59.35
Coquimatlán	52793	37189	70.44
Villa de Álvarez	28758	14585	50.72
Cuauhtémoc	41148	8851	21.51
Estado	562142	290831	51.74

Fuente: Serie III de Uso de Suelo y Vegetación, INEGI. 2005.

¹ Se excluyeron a los tipos de vegetación de Manglar, Palmar Inducido, Tular, Vegetación Halófila y Dunas Costeras.

Normalización y correlación de las variables

Como cada municipio tiene diferente superficie forestal, cabezas de ganado bovino, y diferente incidencia de incendios forestales, fue necesario normalizar los datos por km² para hacerlos comparables (cuadro 4).

Cuadro 4. Normalización de las variables.

Municipio	Superficies		Cabezas de ganado		Incendios forestales	
	Total (km ²)	Forestal (km ²) SF	Promedio (2000-2007) CGP	Cabezas/km ² (CGN)	Promedio (1998-2006) (IFP)	Incendios/km ² (IFN)
Comala	315.27	138.61	6,495	46.86	0.75	0.005411
Minatitlán	418.25	344.28	3,658	10.63	0.75	0.002178
Ixtlahuacán	376.61	259.23	3,132	12.08	0.75	0.002893
Tecomán	789.27	229.49	10,579	46.10	3	0.012203
Colima	750.16	347.81	33,340	95.86	4.125	0.011860
Armería	408.09	189.30	1,589	8.40	2	0.010269
Manzanillo	1336.76	793.33	12,413	15.65	6.625	0.008095
Coquimatlán	527.93	371.89	5,681	15.28	3.25	0.008739
Villa de Álvarez	287.58	145.85	2,828	19.39	2	0.013713
Cuauhtémoc	411.48	88.51	16,058	181.42	7.625	0.086145

Fuente: este cuadro ya es un resultado de la normalización de las variables; no requiere ninguna cita, pues es un producto de esta investigación.

SF: superficie forestal. CGP: cabezas de ganado promedio. CGN: cabezas de ganado normalizado.

IFP: incendios forestales promedio. IFN: incendios forestales normalizado.

Se observa que el municipio de Minatitlán presenta una amplia superficie forestal y en menor proporción, cabezas de ganado. Esto se debe a que hay una mayor proporción de bosques de encino y una topografía más accidentada.

Por su parte, en el municipio de Cuauhtémoc se observa que los datos parecieran no tener una correlación estadística entre la superficie forestal y el número de cabezas de ganado en pastoreo extensivo. Esto explica porqué este municipio presenta un buen número de superficie de lomeríos cubiertos de pastizal que no se consideran como tierras forestales y que son utilizados para el pastoreo extensivo; además de que es un municipio que cuenta con una superficie importante de cultivo de caña y buena parte de estas tierras son utilizadas en algún momento para el pastoreo del ganado, por lo que la relación existente entre los dos parámetros no es representativa.

La normalización de los datos consiste en la adecuación de los mismos para poder ser comparados entre sí; esto significa que las dos variables se considerarán para la misma unidad de superficie; que en nuestro caso, es el kilómetro cuadrado.

Los resultados se obtuvieron a través de la división de los promedios tanto de las cabezas de ganado como de los incendios forestales entre la superficie forestal, mediante las ecuaciones 3 y 4, respectivamente.

$$CGN = \frac{CGPi}{SF_i} \quad (3)$$

Donde:

CGN= Cabezas de Ganado Normalizado
 CGPi= Cabezas de Ganado Promedio del Municipio *i*
 SF_{*i*}= Superficie Forestal del Municipio *i*

$$IFN = \frac{IFPi}{SF_i} \quad (4)$$

Donde:

IFN= Incendios Forestales Normalizado
 IFPi= Incendios Forestales Promedio del Municipio *i*
 SF_{*i*}= Superficie Forestal del Municipio *i*

Después de normalizar los datos se procedió a correlacionar (Infante y Zarate, 1992) ambas variables de acuerdo a la ecuación 5, cabezas de ganado con incendios forestales normalizados, con la ayuda del *software* de hoja de cálculo *Excel*.

$$P = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{VarX}\sqrt{VarY}} \quad (5)$$

Donde:

P = Correlación entre ambas variables

$Cov(X, Y)$ = Covarianza de ambas variables

$VarX$ = Varianza de la variable X

$VarY$ = Varianza de la variable Y

Para corroborar la relación de ambas variables normalizadas (cabezas de ganado e incendios forestales por unidad de superficie en km^2) y comprobar su validez estadística, se procedió a realizar una prueba de hipótesis con base en la prueba de "t" para muestras apareadas o correlacionadas, utilizando para ello las siguientes ecuaciones (Infante y Zarate, 1992):

$$D_i = X_i - Y_i \quad (6)$$

Donde:

D_i = Diferencia entre ambas variables

X_i = Valor de la variable X_i

Y_i = Valor de la variable Y_i

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (7)$$

Donde:

D = Media de las diferencias

D_i = Diferencia entre ambas variables

n = Número de muestras

$$SS_D = \sum D_i^2 - \frac{(\sum D_i)^2}{n} \quad (8)$$

Donde:

SS_D = Suma de las desviaciones al cuadrado
 D_i = Diferencia entre ambas variables
 n = Número de muestras

$$est. \sigma_{\bar{D}} = \sqrt{\frac{SS_D}{n-1}} \quad (9)$$

Donde:

$est. \sigma_{\bar{D}}$ = Estimador de la varianza de las diferencias
 SS_D = Suma de las desviaciones al cuadrado
 n = Número de muestras

Y, finalmente, para el cálculo de t_0

$$t_0 = \frac{\bar{D}}{est. \sigma_{\bar{D}}} \quad (10)$$

Donde:

t_0 = valor de t calculado
 $est. \sigma_{\bar{D}}$ = Estimador de la varianza de las diferencias
 \bar{D} = Media de las diferencias

Las hipótesis son:

1. Hipótesis alternativa H_a : especifica que el número de incendios forestales en el estado de Colima está en relación a la cantidad de cabezas de ganado por unidad de área en km^2 de zonas forestales.

2. Hipótesis nula H_0 : establece que el número de incendios forestales en el estado de Colima no tiene relación con el número de cabezas de ganado por unidad de área en km^2 de zonas forestales.

La prueba "t" se hace con n-1 grados de libertad y un $\alpha=0.05$ de dos colas.

Resultados

La comparación cualitativa de la relación entre superficie forestal y cabezas de ganado por municipio se presenta en las figuras 2 y 3. Dicha comparación muestra las bondades de la normalización o estandarización de la información por km^2 .

En la figura 3 se muestran las variables normalizadas (incendios forestales/ km^2 y cabezas de ganado/ km^2) para cada municipio. Se observa que en Comala existe una ligera diferencia (mayor valor en cabezas de ganado), lo que se acentúa en Tecomán, alcanzándose la mayor diferencia en Colima. En el resto de los siete municipios, las dos variables se correlacionan bastante bien.

Figura 2. Relación cualitativa de datos sin normalizar de superficie forestal y cabezas de ganado por municipio.

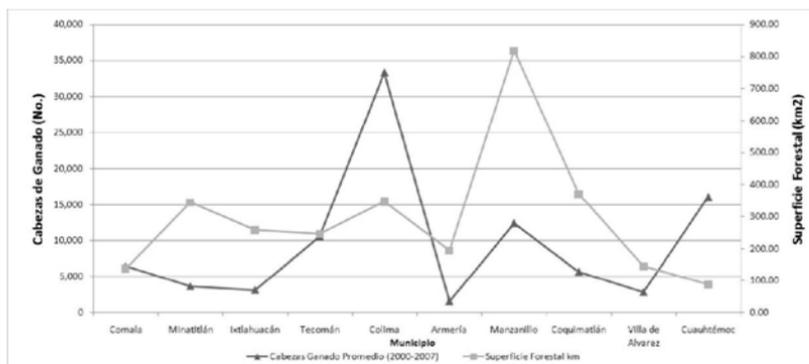
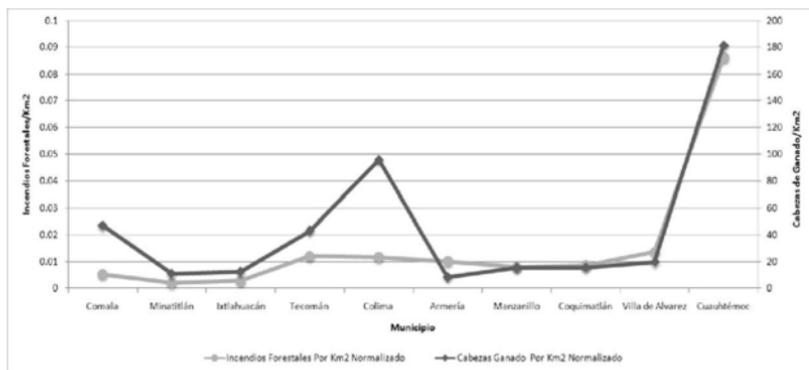
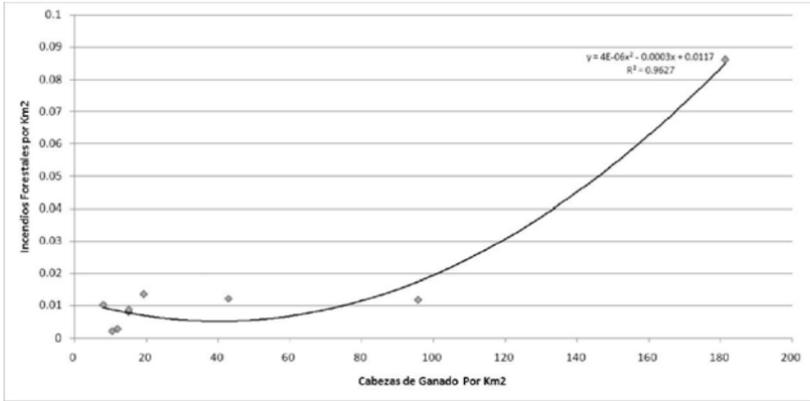


Figura 3. Relación cualitativa de datos normalizados de superficie forestal y cabezas de ganado por municipio.



Al correlacionar los datos normalizados de incendios forestales y las cabezas de ganado mediante análisis de regresión (figura 4), el modelo que más se ajustó fue el de regresión no lineal (polinomio de segundo grado), con una correlación alta ($r^2 = 0.96$).

Figura 4. Relación entre incendios forestales y número de cabezas de ganado por km² a partir de datos normalizados de los diez municipios del estado de Colima.



Debe destacarse que la regresión no lineal encontrada significa que todo el espacio muestra se incluye bajo este comportamiento. Aunque si bien es cierto que en los primeros siete puntos la relación es casi lineal, pero la tendencia es que a mayor número de cabezas de ganado, exista un mayor número de incendios forestales.

La evaluación del estadístico en el caso de la prueba “t” si t_0 (t observada) queda dentro de la región crítica, por lo que la conclusión consistente es rechazar H_0 ; entonces se aplicó la siguiente regla de decisión:

$$\text{Si } |t_0| \geq |t_{\text{tablas}}| \text{ se rechaza } H_0$$

$t_{\text{tablas}} = 2.2622$ con un $\alpha=0.05$ de dos colas y n-1 grados de libertad (Tabla E: Infante y Zarate, 1992, pp. 619).

Cuadro 5. Cálculo del estadístico “t”.

Municipio	Cabezas de ganado por km ² normalizado	Incendios forestales por km ² normalizado	Diferencias	
			Di	Di2
Comala	46.85860	0.00541	46.85319	2195.2218
Minatitlán	10.62534	0.00218	10.62316	112.8516
Ixtlahuacán	12.08313	0.00289	12.08023	145.9321
Tecomán	43.02850	0.01220	43.01630	1850.4021
Colima	95.85504	0.01186	95.84318	9185.9147
Armería	8.16037	0.01027	8.15010	66.4241
Manzanillo	15.16696	0.00809	15.15886	229.7911
Coquimatlán	15.27588	0.00874	15.26714	233.0856
Villa de Alvarez	19.38787	0.01371	19.37416	375.3580
Cuahtémoc	181.42050	0.08614	181.33435	32882.1480
\bar{D} : Media de las diferencias (Ecuación 7)				44.7701
SS _D : Suma de las desviaciones al cuadrado (Ecuación 8)				27233.5387
Varianza				3025.9487
Desviación Estándar				55.0086
est.σ _D : Estimador de la varianza de las diferencias (Ecuación 9)				17.3953
t ₀ = valor de t calculado (Ecuación 10)				2.5737

Sustituyendo los valores en la regla de decisión:

Si $|2.57| \geq |2.2622|$ se rechaza H_0

Al cumplirse la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa con $\alpha=0.05$ de dos colas, la cual especifica *que el número de incendios forestales en el estado de Colima está relacionado con la cantidad de cabezas de ganado por km² de zonas forestales.*

El manejo inapropiado de la quema es lo que ocasiona directamente los incendios, por la necesidad que los productores tienen y le dan a la quema para renovar los pastos para los animales. Si en lugar de cabezas de ganado se hubiera utilizado Unidades Animal, la curva hubiera quedado más ajustada, ya que evitaría el error de las edades y estados fisiológicos de los animales, el cual está incluido en el análisis. Con excepción del municipio que tiene la correlación más alta con alta carga ganadera y mayor número de incendios, los otros sugieren más bien un reducido número de cabezas de ganado por km², lo que hace que haya alta disponibilidad de biomasa herbácea; la cual, asociada a un manejo inapropiado del fuego, es la causa de producción de los incendios.

La alta relación entre cabezas de ganado con el mayor número de incendios forestales sugiere una subutilización del forraje herbáceo, que al estar presente es un verdadero combustible que, junto con el manejo inapropiado del fuego durante las quemas, favorece los incendios. Establecer correlaciones con mayor precisión entre ganadería

extensiva e incendios en zonas forestales requiere considerar los aspectos señalados previamente.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se confirma la hipótesis de que al existir un mayor número de cabezas de ganado, se tiene una mayor incidencia de incendios forestales. Los municipios con mayor superficie forestal tienen un mayor número de cabezas de ganado, lo que define que la ganadería extensiva en la entidad se realice en terrenos forestales. Cabe mencionar que la vegetación de las zonas forestales de pastoreo es de selva baja caducifolia, la cual ha sido sustituida por áreas de pastizales poco productivas y con pendientes pronunciadas.

De acuerdo al análisis de los datos, la correlación encontrada nos indica las siguientes situaciones: la primera es que al incrementarse la actividad ganadera extensiva, se tiene una alta probabilidad de incrementarse la presencia de incendios forestales. Por otro lado, el incremento de la actividad ganadera refleja que la vegetación forestal de la entidad no tiene un aprovechamiento importante, por lo que es fácilmente reemplazada por pastizales que, por sus condiciones naturales, los productores de ganado utilizan el fuego como una herramienta en el manejo de la pradera; de hecho, para regular dicha actividad se decretó la NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997, que regula el uso del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, la cual menciona que entre la diversidad de causales que originan este tipo de siniestros, destacan las que se producen como resultado de las actividades humanas, particularmente cuando se derivan de la negligencia y el descuido al hacer uso del fuego durante los procesos de preparación de terrenos para la siembra de cultivos con fines forestales, agrícolas y ganaderos, así como en prácticas de industrialización primaria, limpieza de derechos de vía, tratamiento de desechos e incluso en el desarrollo de actividades de índole recreativa.

SEMARNAT (2005) señala que 97% de los incendios forestales se generan por actividades humanas, estimándose que el 54% del mal uso del fuego se produce en el manejo de las praderas. Ante esta situación, es necesario trabajar con los ganaderos para que realicen prácticas que disminuyan los riesgos y perciban que con explotaciones adecuadas se pueden ganar la vida en las zonas forestales.

Finalmente, se considera que falta una capacitación para el uso, manejo y aprovechamiento de la vegetación forestal que se desarrolla en las zonas tropicales secas del estado de Colima y del país; la cual, en muchas ocasiones, presenta especies arbóreas con alto contenido proteínico y que pueden coexistir con un determinado número de cabezas de ganado por hectárea, evitándose así el uso del fuego y el cambio del uso del suelo forestal (Palma *et al.*, 1999).

Conclusiones

La información analizada demuestra que existe una alta correlación entre la ganadería extensiva y los incendios forestales, a pesar de que aún no se acepta que existe un problema serio con la ganadería extensiva en el estado de Colima.

El manejo poco apropiado del fuego durante la quema de pastizales y la falta de regulación de la carga ganadera (intensidad y frecuencia de pastoreo), conducen a la importante incidencia de incendios forestales en los municipios del estado de Colima.

Recomendaciones

Con el propósito de disminuir la presencia de incendios forestales, es necesario instrumentar técnicas silvopastoriles en los municipios más afectados y, con base en la información obtenida por el CUICA, definir las zonas más críticas por la presencia de los incendios forestales e incidir en los productores de esas zonas.

Se recomienda efectuar análisis más profundos a medida que se cuente con series de datos a más largo plazo.

Literatura citada

- CONAFOR. 2003. *Programa Estratégico Forestal para México 2025*. Publicación Especial de la Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, México. 191 pp.
- CONAFOR. 2006. *Desarrollo Forestal Sustentable en México. Avances 2001-2006*. Publicación Especial de la Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, México.
- CONAFOR. 2007. *Programa Estatal de Protección Contra Incendios Forestales*. Documento Interno de la Gerencia Estatal Colima. Colima, Colima.
- CONAFOR. 2008. *Programa Institucional 2007-2012*. Publicación Especial de la Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, México.
- Diario Oficial de la Federación, 1999, 2 marzo: NOM-015 SEMARNAP/SAGAR-1997, tab. 015.
- Galindo, I. and Solano, R. 1999. *Real time AVHRR detection of forest fires and smoke in Mexico between January and June 1998. North American Science Symposium*. USDA Forest Service Proceed. RMRS-P-12, 68-75.
- Galindo, I.; López Pérez, J. P. and Evangelista-Salazar, M. 2003. *Real-time AVHRR forest fire detection in Mexico (1998-2000)*. Int. J. Remote Sensing, 24, 9-22.
- Galindo I. y Barrón, J. 2007. *Índice de Riesgo de Incendios Forestales de la República Mexicana. Trece tomos, Uno para cada región en que CONAFOR divide a México*. Proyecto CONACYT-CONAFOR No.10682, CONAFOR-CONACYT-Universidad de Colima. (Disponible también en CD-Rom).
- Infante, G. S. y Zárata L. G. P. 1992. *Métodos Estadísticos: Un Enfoque Interdisciplinario*. Editorial Trillas. 2ª Edición, México, D.F. 643 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2005. *Conjunto Nacional de datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000*, Serie III. Aguascalientes, Ags., México.
- Palma, J. M.; Aguirre, M.; Cárdenas, M. y Moya, A. 1999. *Valor nutritivo de tres leguminosas arbóreas en el trópico seco de México*. Pastos y Forrajes 22:57-63.

- SAGARPA. 2007. *Estadísticas del Sector Agropecuario en el estado de Colima. Reporte Estadístico Interno*. Delegación Estatal de la SAGARPA en Colima.
- SEMARNAT. 2005. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, Compendio de Estadísticas Ambientales 2005*. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. CD Interactivo. México, D. F.
- Universidad de Colima. 2005. *Plan Rector de la cadena del sistema producto bovino de carne en el estado de Colima*. Unión Ganadera Regional de Colima, Dirección General de Vinculación con el Sector Social de la Universidad de Colima, Colima, México.

Recibido: Agosto 7, 2008
Aceptado: Octubre 12, 2009



GLUKOGEN

OPTIMIZADOR DE ENERGÍA
METABOLIZABLE PARA TODAS LAS
ESPECIES ANIMALES

POR:

NutriTech

infotec@nutritech.com.mx

Uso del ácido etilendiaminotetraacético para evaluar la biodisponibilidad de metales pesados en lechuga

Use of ethyldiamine acetic acid to evaluate the bioavailability of heavy metals in lettuce

Cordero, Y.^{1*} y Guridi, F.²

¹ Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP), Carretera Guatao, Km. 1½, Punta Brava 19200, La Lisa. La Habana, Cuba.

² Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Carretera Tapaste, Km. 1½, San José de las Lajas 32700, La Habana, Cuba. fguridi@isch.edu.cu

*Correspondencia: YCordero@iip.co.cu

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación de la eficiencia del uso del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) en la extracción de metales pesados en un suelo contaminado por residuos industriales líquidos. Para ello, se estudiaron dos disoluciones de EDTA a concentraciones de 0.025 y 0.05 mol L⁻¹. Paralelamente, se ejecutó un bioensayo de laboratorio en el que se emplearon plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sometidas a cinco sustratos diferentes; tres de ellos contaminados con metales pesados (Pb, Cu y Zn). Al término del bioensayo se evaluó el contenido de metales extraídos a partir de los sustratos y la cantidad retenida en la parte aérea y el sistema radical de las plántulas, utilizando las mismas disoluciones extractivas anteriores. Se comprobó en el suelo fuertemente contaminado que no fue significativa la influencia del tiempo de interacción con la disolución extractora. El EDTA a concentración de 0.05 mol L⁻¹ consiguió extraer mayor cantidad de Pb²⁺, Cu²⁺ y Zn²⁺. En el bioensayo se detectó que la adición de Cu y Zn en el sustrato no influyó en la

Abstract

The present study shows the results on evaluating the use efficiency in the extraction of heavy metals in a contaminated soil by liquid industrial residuals. Two dissolutions of EDTA in concentrations of 0.025 and 0.05 mol L⁻¹ were studied. A parallel laboratory bioassay was conducted using lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) with five different substrates, three of them contaminated with heavy metals (Pb, Cu and Zn). Metals content extracted from the substrates and the retained quantity in the air part and the radical system of the plants were evaluated using the same previous dissolutions. For the strongly polluted soil the influence of the interaction time with the extractive dissolution was not significant. The EDTA in concentration of 0.05 mol L⁻¹ extracted a higher quantity of Pb²⁺, Cu²⁺ y Zn²⁺. The addition of Cu and Zn in the substrate during the bio-assay did not influence the capacity of Pb extraction of the extractive dissolutions, without any differences among them. Similar results were obtained for the capacity of Cu and Zn extraction. Heavy metals accumulated mainly into roots rather than

capacidad de extracción del Pb por parte de las disoluciones extractivas, no mostrando diferencias entre ellas. Resultados semejantes se obtuvieron para la capacidad de extracción del Cu y del Zn. Los metales pesados se acumularon principalmente en el sistema radical de las plantas, con posibilidades de ser traslocados posteriormente hacia las hojas y acumularse en ellas, luego de culminar su ciclo vegetativo.

Palabras clave

Contaminación de suelos, fitotoxicidad, EDTA.

shoots, with the possibility of being moved toward the leaves at the end of the vegetative cycle.

Key words

Soil contamination, phytotoxicity, EDTA.

Introducción

El consumo creciente, la producción y el crecimiento exponencial de los materiales crudos de la tierra (los combustibles fósiles y minerales), viene apareado con el crecimiento de la población del mundo a partir de los últimos 200 años; y ha tenido como resultado el aumento de productos de desecho para el medioambiente, por lo que los metales pesados son de preocupación particular (Adriano, 1986).

Los suelos, sin embargo, son un depósito importante para estos metales debido a las altas capacidades de retención de metal en el suelo. La contaminación de metal pesado en suelos se ha vuelto un problema extendido y, a menudo, ha poseído serios riesgos a largo plazo para las tierras cultivadas y la salud del ecosistema.

Muchos de los metales pesados son esenciales para el crecimiento vegetal en concentraciones bajas. Más allá de cierto umbral, las concentraciones de estos elementos llegan a ser tóxicas para la mayoría de las especies de plantas (Blaylock *et al.*, 2000).

El reconocimiento del peligro para la ecología y la salud humana ha llevado al desarrollo de varias tecnologías para la remediación. Sin embargo, debido a los costos prohibitivos de algunas de estas tecnologías, se ha prestado atención al desarrollo de tecnologías alternativas complementarias como la biorremediación —que utiliza materiales de origen microbiano y vegetal—; y dentro de éstas, la fitorremediación que consiste en la utilización de plantas para remediar suelos contaminados (McGrath y Zhao, 2003). Algunas especies, catalogadas como hiperacumuladoras, son capaces de concentrar más de 1,000 mg kg⁻¹ de metal en su biomasa aérea y son útiles en procesos de fitoextracción de metales en suelos contaminados por actividades mineras (González *et al.*, 2008).

En la aplicación de una tecnología de fitorremediación, el contenido total de los metales proporciona una información incompleta sobre la peligrosidad de la contaminación por metales pesados. Por lo tanto, es necesario conocer qué formas químicas de los metales son fitodisponibles y de qué manera se puede conocer el contenido fitodisponible de los metales (Ross y Kaye, 1994). Además, en el contexto de la fitoextracción, es necesario identificar las plantas hiperacumuladoras y más específicamente el potencial de las mismas para movilizar o agotar los metales del suelo contaminado (Salt *et al.*, 1995; Blaylock *et al.*, 2000).

Varios métodos se han desarrollado en un intento por predecir la biodisponibilidad de los metales; habitualmente, las fracciones fitodisponibles se han hecho corresponder con algunas extracciones que utilizan diversas sustancias químicas, entre las que destacan agentes quelatantes —como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) o el ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA)— o soluciones salinas, como el cloruro cálcico (Rauret, 1998). El EDTA, cuando se usa en concentraciones entre 0.05 a 0.1 mol L⁻¹, es un indicador adecuado en la determinación de la biodisponibilidad de diversos metales pesados en los cultivos (Kabata-Pendias, 2004).

La lechuga es una de las especies más importantes dentro del grupo de las hortalizas de hoja y se cultiva casi en todos los países del mundo. En la literatura se reporta el cultivo de la lechuga como capaz de asimilar grandes cantidades de metales pesados (Jordão *et al.*, 2007).

Es importante conocer las concentraciones de metales pesados en cultivos que se encuentran en áreas colindantes a las fuentes de contaminación y poder evaluar la eficiencia de ciertas disoluciones extractoras, información de suma utilidad para ayudar a la descontaminación de estos suelos. Es por ello que el objetivo principal de este estudio fue evaluar la capacidad de extracción de Pb, Cu y Zn de dos disoluciones de EDTA (0.025 y 0.05 mol L⁻¹) como indicador adecuado en un suelo fuertemente contaminado y determinar la translocación de esos metales en los órganos aéreos y radiculares en plantas de lechuga.

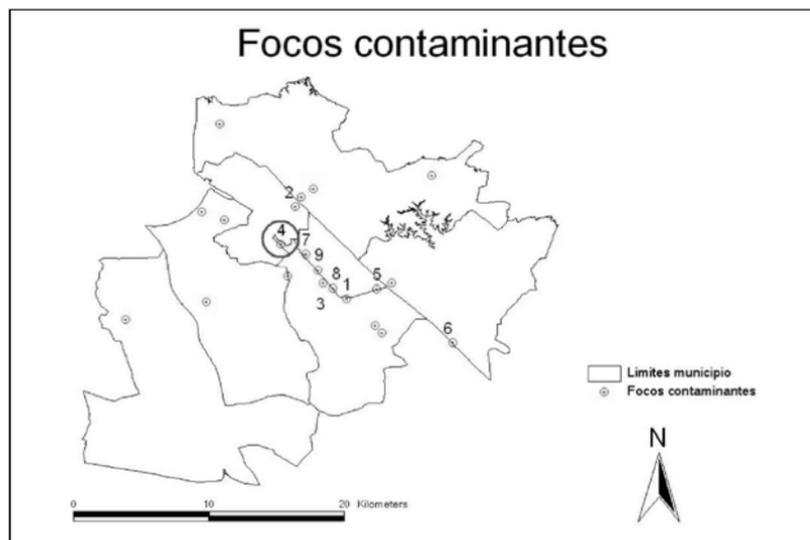
Materiales y métodos

I. Evaluación de la influencia del tiempo de interacción y la concentración del extractor

Se recolectaron muestras de un suelo contaminado perteneciente a la empresa Cerámica Blanca Adalberto Vidal, ubicada en el municipio de San José de las Lajas, Cuba. Para la selección del sitio se utilizó un mapa del territorio (Pérez *et al.*, 2002), donde aparecen registrados los principales focos de contaminación del mismo; desta-

cándose entre ellos, y encerrado en un círculo, la ubicación de la empresa, que es una fuente proveedora de metales tóxicos como el cadmio, plomo, zinc, cobre, entre otros (figura 1).

Figura 1. Área estudiada (No. 4), correspondiente al Municipio de San José de las Lajas.



El sitio fue previamente seleccionado por el Grupo Fitoplant de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de La Habana. El suelo corresponde a un ferráltico rojo (Hernández, 1999), cuyas muestras se recolectaron a una distancia de 50 m de la fuente contaminante y a una profundidad de 0.20 cm. Las características físico-químicas del suelo estudiado se indican a continuación: pH=7.3; MO=3.07%; Suma de bases=35.73 cmol kg⁻¹ (Ca=29; Mg=6.5; Na=0.14; K=0.09); Ca/Mg=4.46.

Se tomaron muestras de 5 g de suelo seleccionado después de un proceso de secado al aire y tamizado con malla 2 mm, replicados 3 veces, para un total de 42 muestras, después de lo cual se pusieron en contacto con dos disoluciones de EDTA a concentraciones de 0.05 y 0.025 mol L⁻¹ y a distintos tiempos de interacción (1, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 h), los que conforman los siete tratamientos, manteniéndose en reposo por 24 h luego de ser agitados en la zaranda eléctrica, al terminar cada tiempo, y finalmente filtrados. Los contenidos de Pb, Zn y Cu se determinaron en las soluciones filtradas mediante absorción atómica (Equipo de Absorción Atómica, PYE UNICAM SP 9).

II. Evaluación de la biodisponibilidad de Cu, Pb y Zn en los sustratos y el contenido de los metales acumulados en el cultivo de la lechuga

Para la evaluación de la biodisponibilidad de metales pesados extraídos con disoluciones de EDTA y los contenidos acumulados por plántulas de lechuga, se llevó a cabo un bioensayo de laboratorio, en el cual fueron sembradas semillas de lechuga, *Lactuca sativa* L., var. Black Seeded Simpson, en diferentes sustratos que definieron los siguientes tratamientos dispuestos en cepellón:

<i>Sustrato</i>	<i>Composición</i>
1	Suelo (control)
2	Suelo + Vermicompost + Pb
3	Suelo + Vermicompost + Cu
4	Suelo + Vermicompost + Zn
5	Suelo + Vermicompost (3:1)

Cada sustrato se adicionó en 14 capacidades del cepellón (obviando los bordes), de los cuales se emplearon 10 para las determinaciones, contando con un total de 50 capacidades.

— Siembra de las semillas en cepellón

Se colocaron tres semillas por cada capacidad. Se regaron con 10 ml de agua común. Fueron colocadas bajo iluminación controlada. Después de germinadas las semillas, se siguieron regando con 5 ml de solución nutritiva (Murashige-Skoock, 1962) y 10 ml de agua común; además, se rotaba 180° para que la luz incidiera en todas las plántulas de manera equitativa, cada 24 horas.

El suelo utilizado para el tratamiento control corresponde a un ferralítico rojo, y se obtuvo de los terrenos pertenecientes a la Universidad Agraria de La Habana (22°59'58.89" N, 82°09'06.97" O). Para el resto de los tratamientos, el mismo suelo se mezcló con vermicompost, dando lugar al quinto sustrato.

— Características químicas del vermicompost utilizado

Estos valores son típicos, y pueden variar mucho en función del material empleado para hacer el vermicompost. Por otra parte, al tratarse de un producto natural, no tiene una composición química constante:

Materia orgánica	65 - 70 %	pH	6.8 - 7.2
Humedad	40 - 45 %	Carbono orgánico	14 - 30%
Nitrógeno, como N ₂	1.5 - 2 %	Calcio	2 - 8%
Fósforo, como P ₂ O ₅	2 - 2.5 %	Potasio como K ₂ O	1 - 1.5 %
Relación C/N	10 - 11	Ácidos húmicos	3.4 - 4 %
Flora bacteriana	2 x 10 ⁶ colonias/g	Magnesio	1 - 2.5%
Sodio	0.02%	Cobre	0.05%

Los otros tres sustratos se conformaron contaminándolo con Pb, Cu y Zn. El nivel de contaminación establecido fue cinco veces el límite superior permisible, según la Comunidad Económica Europea (CEE), (1958). Esto significó adiciones de disoluciones de estos metales para lograr contenidos de 1,500, 1,500 y 700 mg kg⁻¹ de suelo para Pb, Zn y Cu, respectivamente.

Cuatro semanas después de germinadas las plántulas, se tomaron 5g de cada sustrato, seco al aire, conformando éstos los 5 tratamientos (replicados 3 veces, dando un total de 30 muestras) para determinar el contenido de metales biodisponibles, a las concentraciones de EDTA estudiadas, y un tiempo de interacción de cuatro horas, con reposo posterior de 24 horas. En el filtrado obtenido, finalmente se evaluó la concentración de Pb, Cu y Zn, mediante absorción atómica.

Las muestras vegetales fueron secadas en horno a 105°C por 48 h, después de lo cual se homogenizaron, se molieron y pesaron. Enseguida, las muestras se sometieron a una digestión con HNO₃/HClO₄ (1:1) durante 30 minutos, cuyo volumen finalmente se completó a 25 ml con agua destilada. La concentración del Pb, Cu y Zn se determinó mediante absorción atómica.

III. Análisis estadístico

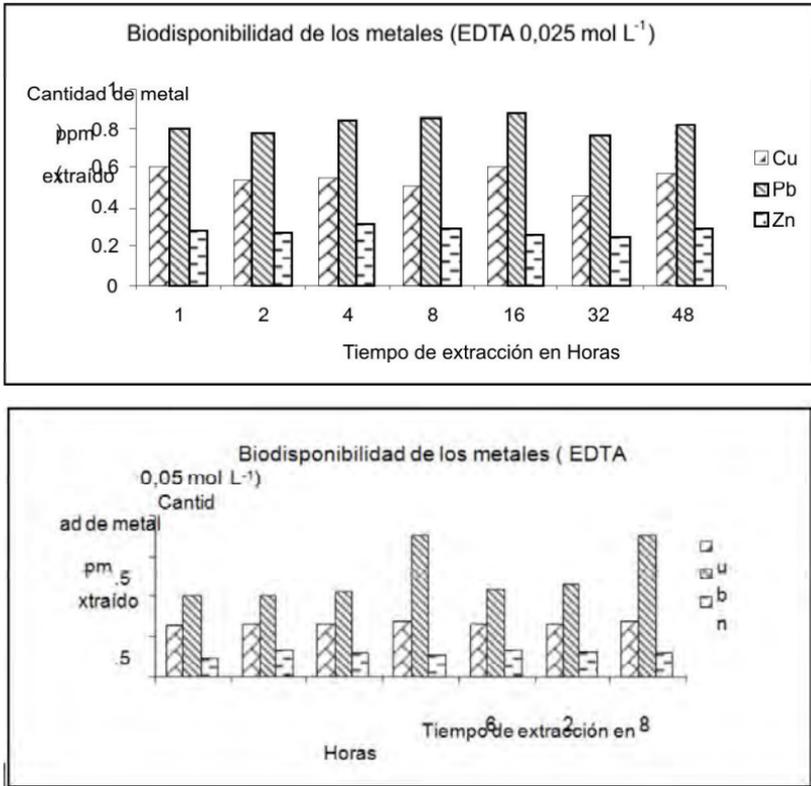
Los datos fueron analizados mediante procedimiento estándar ANOVA para un diseño estadístico completamente al azar con tres repeticiones, siendo los factores —para las muestras de suelo del sitio experimental— los siguientes: la concentración de EDTA y el tiempo de extracción en horas, para las muestras del sustrato: la concentración de EDTA y los sustratos, para las muestras vegetales: partes de la planta y sustratos y las comparaciones de medias fueron realizadas de acuerdo al test de Tukey. En todos los casos, el nivel de significancia utilizado fue de $p < 0,05$.

Los documentos fueron procesados en el software Excel Office 2007 y fue utilizado el programa Estadística, para los análisis.

Resultados

Con relación a los resultados de evaluación de la influencia del tiempo de extracción y la concentración del extractor, no se encontraron diferencias significativas entre el tiempo y el factor tiempo/concentración (figura 2). Sin embargo, sí hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las concentraciones utilizadas del EDTA.

Figura 2. Concentración de metales biodisponibles en el extracto suelo (Cu en $\mu\text{g L}^{-1}$; Pb en $\mu\text{g L}^{-1}$; Zn en $\mu\text{g L}^{-1}$).



Los resultados del cuadro 1 muestran que la disolución que demostró mayor capacidad de extracción para los tres cationes metálicos fue la de $0,05 \text{ mol L}^{-1}$.

Cuadro 1. Influencia de la concentración de metales pesados (mg kg⁻¹) en la capacidad de extracción de las dos disoluciones de EDTA.

<i>Concentración EDTA (mol L⁻¹)</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>
0.05	17.17a	26323.33a	814.23a
0.025	14.33b	20511.66b	700.95b
¹ Cv	25.48%	14.59%	15.93%
² Sx	3.20 **	745.41**	26.32**

Letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

¹Cv: Coeficiente de variación

²Sx: Desviación estándar

Con relación a la evaluación del contenido de los cationes metálicos biodisponibles en los sustratos del cepellón, los datos indicaron que hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sustratos utilizados (cuadro 2), siendo el sustrato 3 el que entregó mayor concentración de Cu²⁺, el sustrato 2 mayor concentración de Pb²⁺ y el sustrato 4 mayor concentración de Zn²⁺.

Cuadro 2. Influencia de los sustratos en la biodisponibilidad de los cationes metálicos (mg kg⁻¹).

<i>Sustratos</i>	<i>Cu²⁺</i>	<i>Pb²⁺</i>	<i>Zn²⁺</i>
1. Suelo (control)	11.50 b	7.00b	13.83b
2. Suelo + Vermicompost+Pb	12.67 b	280.50 a	25.33 b
3. Suelo + Vermicompost+Cu	168.50 a	6.50 b	32.00 b
4. Suelo + Vermicompost+Zn	16.67 b	5.00 b	249.33 a
5. Suelo +Vermicompost(3:1)	12.67 b	7.17 b	25.33 b
Cv	29.57%	6.22%	21.26%
Sx	2.39 **	0.69 **	6.20 **

Letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

Cuando se comparó el contenido de metales biodisponibles en los sustratos en los que se adicionaron los metales pesados, con el contenido de metales pesados adicionados, se encontró que en el momento del trasplante quedó aproximadamente un 20% de metales biodisponibles, con posibilidades de ser absorbidos por la planta (cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación del contenido de metales (Pb, Cu y Zn) adicionados para conformar los tratamientos y el contenido de metales biodisponibles (mg kg⁻¹).

Sustratos	Metal adicionado	Metal biodisponible	%
2	1,500	280.50	20
3	1,500	168.50	24
4	700	249.33	17

Respecto de la evaluación del contenido de los cationes metálicos biodisponibles en los órganos de las plantas, en el cuadro 4 se muestran los resultados de la comparación entre las concentraciones de metales pesados en la raíz y parte aérea de la planta. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de los cationes y los diferentes órganos de la planta.

Cuadro 4. Concentración de metales pesados (mg kg⁻¹) en la raíz y parte aérea de la planta.

Partes de la planta	Cu	Pb	Zn
Raíz (A)	507.07a	1955.00a	434.20a
Hoja-Tallo (B)	53.87b	180.47b	189.73b
Relación A/B	9.41	10.86	2.28
Cv	27.52 %	39.30 %	26.73 %
Sx	5.47 **	76.60 **	15.22 **

Letras distintas difieren estadísticamente (p<0,05).

Discusión

Resulta interesante el hecho de que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de extracción empleados y la cantidad de metal extraído para las distintas concentraciones, a pesar de que la literatura señala que no hay relación alguna con al menos 24 h de agitación y tipo de suelo estudiado (Kabata-Pendias, 2004). Estos resultados no corresponden con los reportados por Guzmán *et al.* (2005) para este sitio, lo cual es de esperar, debido a que lo que estos autores reportan es el contenido pseudototal de estos metales y no los biodisponibles.

Es evidente que en los sustratos 2, 3 y 4, Suelo+Vermicompost+Pb, Suelo+Vermicompost+Cu, Suelo+Vermicompost+Zn, respectivamente, las concentraciones de metales Pb²⁺, Cu²⁺ y Zn²⁺ biodisponibles sean superiores a las de los restantes sustratos. Los resultados indican que no existe influencia en la adición de los metales con la biodisponibilidad de los mismos. Así, por ejemplo, en la biodisponibi-

lidad de las adiciones de Pb^{2+} y Zn^{2+} (sustratos 2 y 4) no tuvieron influencia alguna en la biodisponibilidad del Cu^{2+} .

Es importante señalar que, aun cuando no se encontraron diferencias significativas, el contenido de Zn en los tratamientos con vermicompost presentó valores superiores al suelo solo, lo que pudiera estar determinado por la presencia de una pequeña cantidad de zinc biodisponible en el vermicompost.

Al calcular la cantidad total de cationes biodisponibles en cada uno de los sustratos, se pudo comprobar que aquel en que se adicionó el Pb^{2+} (sustrato 2) es el que presenta el mayor valor, seguido por el sustrato 4 y, finalmente el sustrato 3, superando todos al suelo solo (sustrato 1) y al sustrato 5. En el caso del sustrato 2, la biodisponibilidad del plomo realizó la mayor contribución en el total de metales pesados biodisponibles para la lechuga. Dos de los factores principales que pueden estar determinando lo anterior, son la capacidad de retención del sustrato y la absorción de las plántulas. Calderín (2007) reportó que la capacidad de retención y la fortaleza de la unión con los cationes de metales pesados pueden ser diferentes para un material derivado del vermicompost.

Los resultados mostraron que la raíz de la lechuga resultó ser el órgano en donde hubo mayor acumulación de metales pesados, siendo entre 2.3 a 10.9 veces superior a lo retenido en el follaje, especialmente el Pb^{2+} , que fue el metal que se acumuló más de 10 veces.

Si se calculara el total de metales acumulados en los órganos de la planta, se comprobaría que en la raíz se encuentra el mayor total, con un valor cercano a 2,900 mg kg^{-1} , mientras que en la parte aérea es de cerca de 420 mg kg^{-1} , lo que implica una relación raíz/follaje de alrededor de 7. Por su parte, Jordão *et al.* (2007), han reportado que la lechuga y otras hortalizas de hojas son altamente acumuladoras de metales pesados —especialmente a nivel del follaje más bien que en la raíz de la planta— aunque es necesario señalar que tales mediciones han sido realizadas al final de la cosecha del cultivo y no durante la etapa previa al trasplante.

El resultado obtenido en este trabajo no resulta contradictorio con lo citado por Jordão *et al.* (2007), dado que en la fase estudiada el primer órgano que se desarrolla es precisamente el sistema radical; por lo tanto, es comprensible que allí se produzca la acumulación primaria de metales, y su posterior traslocación hacia el tejido foliar, al culminar su ciclo vegetativo.

Además, los estudios de Huerres y Nelia (1988), indican que la extracción de nutrientes en la lechuga se concentra al final de su ciclo vegetativo.

De manera integral es posible afirmar que las evidencias experimentales obtenidas, confirman que el cultivo de la lechuga es capaz de desarrollarse desde sus estadios iniciales, sin manifestar síntomas visibles de toxicidad, en un medio de elevados conte-

nidos de metales pesados, como Pb^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} , acumulando cantidades apreciables de ellos en sus tejidos, constituyendo un riesgo para la seguridad alimentaria, ya que resultan tóxicos aun a niveles bajos para los seres humanos, especialmente el plomo, cuyo límite máximo de tolerancia en sangre es de apenas 100 mg L^{-1} , es decir, 0.1 ppm (Malavolta, 2006).

Según Hamilton (1995) y Kabata-Pendias (2004), la importancia de la evaluación de la cantidad de metales pesados en los órganos que constituyen el cultivo, radica en que estos estudios permiten conectar el comportamiento de la biota con la parte abiótica en los ecosistemas terrestres, y ayudar a prevenir problemas en la salud de las personas.

En sustratos con niveles de contaminación que sobrepasen ligeramente las cantidades biodisponibles permisibles, el EDTA a 0.025 mol L^{-1} reflejaría, de la misma manera, la acumulación de metales pesados en los órganos de las plántulas de lechuga en comparación con el EDTA a 0.05 mol L^{-1} .

Conclusiones

El tiempo de interacción con los extractores ensayados no constituyó un factor determinante y sí la concentración del extractor. Los valores de biodisponibilidad encontrados con el EDTA a 0.05 mol L^{-1} para el Pb y Zn sobrepasaron, en un elevado nivel, los límites permisibles.

El bioensayo mostró que las adiciones de iones Pb^{2+} y Zn^{2+} (sustratos 2 y 4) no modificaron significativamente las cantidades accesibles de Cu^{2+} (sustrato 3). Lo mismo sucedió con las adiciones de Cu^{2+} y Zn^{2+} con respecto al Pb^{2+} y con las adiciones de Pb^{2+} y Cu^{2+} con respecto al Zn^{2+} .

La raíz fue el órgano de la planta en el cual se acumularon mayormente los metales pesados.

Literatura citada

- Adriano, D. C. 1986. *Trace elements in the terrestrial environment*. Springer-Verlag, New York.
- Blaylock, M. J.; Muhr, E.; Page, D.; Montes, G.; Vasudev, D. and Kapulnik, Y. 2000. *Phytoremediation of Lead Contaminated Soil at a Brownfield Site in New Jersey*. Proceedings of Am. Chem. Soc., Birmingham, AL, Sept. 9-11.
- Calderín, A. 2007. *Material de origen natural que retiene cationes de metales pesados*. Revista Iberoamericana de Polímeros 8 (3): 204-213.
- Comunidad Económica Europea (CEE). 1958. *Organización internacional creada por los Tratados de Roma de 1957 (en vigor desde 1958)*. Disponible en: <http://www.colegioecole.com/.../Comunidad%20Económica%20Europea.htm>-(Consultada: Diciembre de 2007).

- González, I.; Mueña, V.; Cisternas, M. y Neaman, A. 2008. *Acumulación de cobre en una comunidad vegetal afectada por contaminación minera en el valle de Puchuncaví, Chile central*. Revista Chilena de Historia Natural, 81: 279-291.
- Guzmán, A.; Sánchez, S.; Flores, D.; Quevedo, N. y Valdés, R. 2005. *La biorremediación, un método para descontaminar áreas agrícolas*. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/932/93216411.pdf> (Consultada: Octubre de 2007).
- Hamilton, E. I. 1995. *State of the art of trace element determination sin plant matrices: determination of the chemical elements in plant matrices, an overview*. The Science of the Total Environment, 176, 3-14.
- Hernández, M. O. 1999. *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto del Suelo, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. pp. 1-64.
- Huerres, C. y Nelia, C. 1988. *Horticultura*, La Habana, Cuba. pp. 50-60.
- Jordão, C.P.; Fialho, L. L.; Neves, J. C. L.; Cecon, P. R.; Mendoc, E. S. and Fontes, R. L. F. 2007. *Reduction of heavy metal contents in liquid effluents by vermicomposts and the use of the metal-enriched vermicomposts in lettuce cultivation*. Departamento de Solos, Universida de Federal de Viçosa, 36570-000 Viçosa, Minas Gerais, Brazil, pp.2801- 2812.
- Kabata-Pendias, A. 2004. *Soil-plant transfer of trace elements: an environmental issue*. Geoderma 122: 143-149.
- Malavolta, E. 2006. *Nutrición mineral das plantas*. Editorial UFV, Brasil, 415 pp.
- McGrath, S. P. and Zhao, F.-J. 2003. *Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils*. Current Opinion in Biotechnology, 14: 277-282.
- Murashige, T.; Skoog, F. 1962. *A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture*. Physiol. Plant. 15:437-497.
- Pérez, P.; Marrero, P.; Cruz, O.; Fernández, E. y Peña, L. 2002. *La producción agropecuaria y el cálculo de las necesidades alimentarias en el municipio San José de las Lajas*, XIV Forum Ciencia y Técnica, La Habana, Cuba.
- Rauret, G. 1998. *Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment*. Talanta 46: 449-455.
- Ross, S. M. and Kaye, K. J. 1994. *The meaning of metal toxicity in soil plant systems*. En: Toxic Metals in Soil-Plant Systems (Ed. S. M. Ross), pp. 27-61. John Wiley & Sons, Chischester. New Jersey.
- Salt, D. E.; Blaylock, M.; Kumar, N.; Dushenkov, V.; Ensley, B.; Chet, I. and Raskin, I. 1995. *Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metal from the environment using plants*. Biotechnology, 13:468-474.

Recibido: Marzo 17, 2009

Aceptado: Noviembre 10, 2009

Fodder banks: Does cyclic pruning influence soil ant richness (Hymenoptera: Formicidae)?

Bancos de forraje: ¿influyen las podas cíclicas la riqueza de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del suelo?

Ramírez, M.;¹ Montoya-Lerma, J.^{2*} and Armbrrecht, I.²

¹Fundación CIPAV, Universidad del Valle, Cali.

E-Mail: monicar@cipav.org.co

²Department of Biology, Universidad del Valle,

Apartado Aéreo 25360. Tel. 057 2 3212100 (2570), Fax: 339 32 26 Cali.

inge@univalle.edu.co. Department of Biology, Avenida Paso Ancho No. 100-00, Cali-Colombia.

*Correspondence author

Department of Biology, -Universidad del Valle, Avenida Paso Ancho No. 100-00.

Apartado Aéreo 25360, Cali- Colombia. Tel. 057 2 3212100 (2570), Fax: 339 32 26.

jamesmon@univalle.edu.co

Abstract

Fodder banks, high density plantings of mixed tree species which are pruned for cattle feed, are claimed to be one of the sustainable pastoral management systems because of a series of social and environmental advantages. Despite the apparent biological benefits (biomass, energy and vegetal diversity), studies supporting other sustainability impacts of these systems are scarce or poorly documented. Also, in a general context, though ants have been regarded as very reliable management indicators, few assessments have been carried out in fodder bank systems. The present study evaluated whether drastic disturbances on vegetal cover (pruning) alter ant communities in terms of their assemblage richness and movement. Ants were sampled monthly from two fodder banks, regeneration areas and open pasture lands, using tuna baits and litter samples in permanent transects. Concomitantly, vegetation and litter thickness measurements were obtained. The Bray-

Resumen

Los bancos de forraje combinan una variedad de arbustos y plantas forrajeras que son podadas periódicamente para alimentar el ganado, los cuales presentan una serie de beneficios (alta biomasa, energía y diversidad vegetal); sin embargo, existen pocos estudios que comprueben la sostenibilidad de su manejo desde el punto de vista biológico. En este contexto, y teniendo en cuenta que las hormigas son un grupo confiable como indicadoras de manejo del hábitat, el presente estudio evaluó si las perturbaciones drásticas en la cobertura vegetal (poda del follaje) altera la comunidad de hormigas en términos de la riqueza de sus ensamblajes y movimientos. En transectos permanentes, se realizaron muestreos mensuales de las hormigas en dos bancos de forraje, dos áreas en regeneración y dos potreros sin árboles, mediante cebos de atún y cernido de hojarasca. Simultáneamente, se tomaron medidas de vegetación. Se empleó el índice de Bray-Cur-

Curtis index was calculated to determine ant species turnover in fodder banks and neighbouring sites. None of the most abundant ant species appeared to be affected by pruning. Although ant species richness fluctuated during the study period, reduction in species richness were not due to fodder bank pruning. In addition, massive displacement of ants to neighbouring places did not coincide with fodder bank trimming. Hence, it was clear that ant turnover was determined instead by seasonality. Based on our results, we concluded that normal fodder bank perturbation does not modulate ant diversity. However, we recommend incentives for implementing cultural practices that provide temporary ant refuges when fodder banks are drastically cut.

Key words

Silvopastoral systems, livestock alternatives, seasonality, disturbance, small scale, Colombia.

Para medir el recambio de especies entre el banco de forrajes y los sitios vecinos. No se encontró ninguna relación entre la poda del forraje y las hormigas más abundantes, así como tampoco entre las fluctuaciones de la riqueza y las podas. Tampoco hubo coincidencia de un desplazamiento masivo de las hormigas hacia los sitios vecinos como respuesta a las podas; este suceso estuvo más bien modulado por la estacionalidad. Basado en estos resultados se puede concluir que la perturbación normal de los bancos de forraje no modula cambios en la diversidad y abundancia de hormigas; sin embargo, se recomienda implementar prácticas culturales que provean refugios temporales ante la poda drástica de estos sistemas.

Palabras clave

Sistemas silvopastoriles, alternativas de cría ganado, estacionalidad, perturbación, pequeña escala, Colombia.

Introduction

Intensive livestock farming has resulted in extensive degradation of the natural environment over a great part of the Colombian Andes region. This has negatively impacted local biodiversity in various ways (clearing new areas, soil erosion, irrational use of pesticides, inadequate water management, among others). Mitigation, reduction and even reversal of these effects, while maintaining sustainable productivity of this farming scheme would be possible if, remaining habitats are protected and systems are introduced that have socially and environmentally desirable farming practices, such as silvopastoral systems (Pagiola *et al.*, 2007; Murgueitio and Ibrahim, 2001). Silvopastoral systems are important refuges for biodiversity (Fajardo *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2006), and have been designed to reduce environmental impacts through efficient and rational management of soil, water and phytomass while reducing the use of fossil fuels and deforestation (Murgueitio *et al.*, 2003). Indeed, they represent a driving force for small farmers, allowing them to use different perennial species (leguminous trees and bushes) in combination with shrubs, crops, grasses and animal husbandry (mainly cattle) in a variety of temporal and spatial arrangements (Calle, 2003).

Among the silvopastoral systems are fodder banks, i.e. a mix of several arboreal species and subsistence crops planted in high densities (above 10,000 plants/ha) in order to obtain green protein-fodder (leaves and green branches and stalks) to feed livestock. Usually, they are intercropped with grasses, fodder cane and other similar crops. Green stuff is harvested, especially coarsely chopped and provided freshly to animals. Alternatively it is dried and used as feed supplement (E. Murgueitio, pers. com.). They have environmental advantages (Murgueitio *et al.*, 2003) including: promotion of litter cycling, reduction of runoff and soil erosion and optimization of rain water management (Mahecha, 2002).

Fodder banks have also been used as tools for establishing indigenous trees in agricultural landscapes and for the restoration of riparian buffers (Calle, 2007), as well as for carbon sinks (Ibrahim *et al.*, 2007). Fodder banks help the poorest people, especially small scale producers (0.1-5.0 hectares), as they involve women in farming activities, allowing some profits and earnings that improve their income ranking compared to local waged farm workers (Cuellar and Murgueitio, 2007).

In Colombia, the use of fodder banks (FB) has not been well documented. However, initial studies suggest that their implementation has resulted in intriguing outcomes. For instance, in two demonstration farms in the southwest region, FB have acted as biodiversity sinks for arthropods (Ramos, 2001; García, 2002; Rosso, 2003; González, 2005; Ramírez *et al.*, 2007) and birds (Cárdenas, 2002). Despite this finding, Ramírez *et al.* (2007) questioned the importance of FBs in this regard, since ant richness in these plantings compares to, or is even less than ant richness levels typical of other agricultural ecosystems (coffee plantations and silvopastoral systems) and forest patches. They suggested that ant richness in FBs reflect the constant movement of tourist species in and out of the habitat in response to continual disturbances from the cyclic pruning of the FB. In the present study we are investigating this assumption and, further, postulating that pruning activity influences permanency of the species members of an ant community, thus affecting its ground richness and, until some extent, its dynamics. Our main objective was to determine, in a systematic way, the response patterns (measured in terms of richness and community composition) over ant assemblages (as biological indicators) in response to the temporal and spatial disturbances (pruning) in two FBs in the Colombian Andes.

Henceforth, disturbance is defined as any natural process or any physiological external condition of every organism that results in a sudden biomass mortality event (in our case due to the pruning activity) inside one community, in a very short temporal scale (Sousa, 1984; Huston, 1994). We predicted that overhead pruning would change the physical conditions of the microhabitat, such as increasing light penetration and promoting an associated rise in temperature, along with an increase in coarse litter

deposition, followed by a reduction in ant richness, which recovers with ant re-colonization as the vegetation recovers.

Materials and methods

Study sites. The research was carried out in El Ciprés and El Cambio, two cattle farming sites situated in the Colombian southwest, near the Pacific Ocean, which corresponds to a premontane wet forest, according to Holdridge system (Espinal, 1977). The main characteristics and different degrees of farm activities and intensities are displayed in Annex 1.

Anthropic disturbance on FB and ant community dynamics. In order to evaluate the effect of the pruning activities, which were carried out according to criteria and willingness of landowners, FBs and neighbouring areas were sampled monthly between February 2004 and January 2005. Three permanent transects were established for each FB. Transects were arranged with a separation of 7 m and 5 m separated from the border. For each transect, a total of 20 sampling points were established (totalling 60 points), using a zigzag pattern. In addition, one transect was defined for each regeneration area (RA) and the open pasture land (without trees) (OP) (totalling 20 points each). At each point, two sampling units (*i.e.* an epigeal bait and a winkler sack collection) were set up. For the former, a bait [3-4 g of tuna on a 22 x 8 cm piece of bond paper, see Armbrrecht (1995) for details] was placed on the ground and left exposed for 60 min to attract terrestrial ants. For the winkler sack, an impermeable bag with an interior net with small holes (1x1cm) was filled with three liters of leaf litter collected from 1m² around each sampling point. The sacks, designed for extracting arthropods from the leaf litter, were hung by a wire about 1.50 cm above ground for 24 hours (Bestelmeyer *et al.*, 2000). During the process, small organisms were recovered down to the bottom of the trap. Ant specimens were sorted and collected in alcohol and transported to the Entomology Laboratory at the Universidad del Valle, Cali. There, ants were sorted and identified up to generic, eventually specific, level by comparison with museum specimens, using taxonomic keys (Palacio and Fernández, 2003) and collaboration of specialists (see acknowledgments). These methods were chosen as they are complementary: tuna baits are visited by generalist ants while litter ants are collected by Winkler sacs (Bestelmeyer *et al.*, 2000). This method is useful to collect poneromorph species, which are very sensitive to habitat changes (Silvestre *et al.*, 2003) especially those that occur in silvopastoral systems (Rivera 2008). Species richness, *i.e.* the actual number of species present, was used as this is the simplest way to measure diversity (Moreno, 2001). The specimens were deposited in the Entomological Collection of the Universidad del Valle (MEUV), Cali. It is important to mention that each ant sample (*i.e.* ground and litter) was analysed independently. In

addition, only poneromorphs were analysed from the litter sample.

Vegetation variables. During each sampling event the following variables were measured:

- Litter fall, indicated by litter height (measured randomly, using a cm labelled ruler).
- Vertical heterogeneity and vegetation volume (TVV): this was estimated in a random selected point in a radius of 1 m^2 around each sampling point. A rod or stick of 5.4 m long, divided at intervals of 60 cm, was lifted up and all the trunks that were in contact with each stick interval were counted. TVV was calculated according to Mills *et al.* (1991), $\text{TVV} = h/10p$ where, h is the total number of vegetation interceptions on the stick in all height intervals of the sampled points and p is the number of sampling points (stations).
- Vegetal cover: this was estimated by four readings on a spherical concave densiometer (Forestry Suppliers® Inc).

Data analysis. Based on Mas and Dietsch (2003), the variables were transformed to obtain a Management Index (MI). This index actually represents the vegetal structure of each transect in a given moment (data may be provided under request to authors). It weights each variable along an arbitrary scale ranging from 0.0 (less disturbed) to 1.0 (highly disturbed). The standardised index values for the variables (vertical heterogeneity, biomass and cover) are added together so that the number of variables included in the study constitutes the maximum value possible reach by the MI. For the present study, the maximum value (3.0) was reached when the fodder bank has been pruned and the minimum value (0.0) when the vegetation was totally recovered.

A principal component analysis (PCA) was carried out for each locality to establish any relation between the climatic changes, vegetal variables and litter. A correlation analysis was done in order to detect any correlation between the most abundant ants and the Management Index. All analyses were carried out using Statistica-5 (Statsoft Inc., 1995).

A Bray-Curtis Index (Brower *et al.*, 1997) was calculated in order to determine the movement of ant species between FB and neighbouring sites. For this, the lowest abundance for each ant species that share land use was chosen. Then, the sum of those species was doubled and divided by the abundance of all the species present in both land uses. The index reaches a 100% value if a pair of land uses has identical species abundance. For this study, the abundance represents the number of captures in 20 sampling points/transect, either in a FB or neighbouring sites.

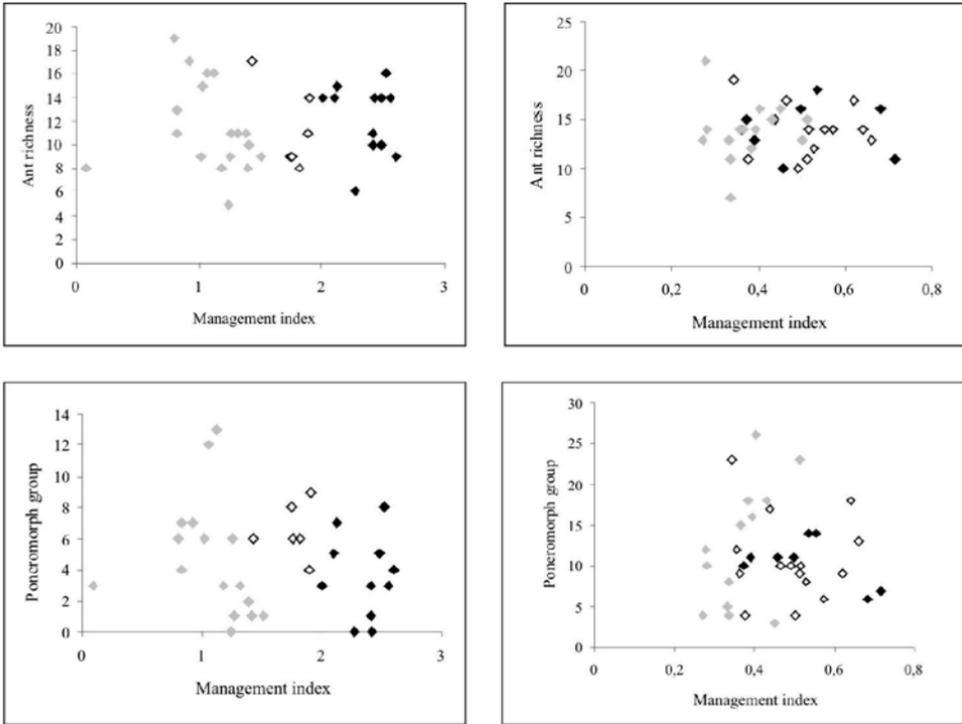
In addition, the similarity between transects, T_1 vs T_2 and T_2 vs T_3 , was calculated assuming that transects inside the FB are patches of vegetation. A Kruskal-Wallis, *at posteriori*, plus an analysis comparison of means (Zar 1996) were done to detect any differences between land uses and FB transects.

Results

Anthropic disturbance in FB and ant community dynamics. A total of 6,127 ant specimens were collected. 3,001 at El Ciprés and 3,126 at El Cambio. These were classified into 67 morphospecies, belonging to the subfamilies: Dolichoderinae, Ecitoninae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae, Amblyoponinae, Ectatomminae, Heteroponerinae, Proceratiinae and Pseudomyrmecinae (Annex 2).

At both farms, species richness from the soil and poneromorph richness from litter fluctuated independently among transects. The number of management activities that were recorded at El Ciprés and El Cambio were respectively: 13 and 8 pruning activities; 6 and 14 transition periods; 17 and 14 recovery stages. Each of these cases come from a total of 36 possible stages that each FB could display along the year. This variation is due to the temporal organized sequence for each pruning activity between months (“pruning” - “transition” and “recovery” = fully grown vegetation). For instance, in El Cambio, big trees, in addition to some *Musa* spp. and coffee trees were intermingled with the FB, hence, artificially affecting the vegetation variable data, *i.e.* even though the plot was pruned, the canopy cover was high. In these cases, a separation of the attributes (*i.e.* pruned and recovered) was not possible (Figure 1).

Figure 1. Species richness *vs* Management Index in the two fodder banks from two cattle farming sites: richness of soil foraging ants (a) El Ciprés and (b) El Cambio; Poneromorph clade richness (c) El Ciprés and (d) El Cambio. Black diamonds (◼)- pruned; White diamonds (◻)- transition (regrowth) and green diamonds (◻)- recovered. Each point represents the information obtained in a transect (i.e. 20 sampling sites).



The analysis of the main components explains, respectively, 73.3 and 58.22 % of the total of variance recorded at El Ciprés and El Cambio. In El Ciprés, the vertical heterogeneity, biomass and canopy cover were key factors while in El Cambio, the biomass was the main factor affecting vegetal variables. Litter fall had a negative impact on the vegetal variables (Table 1).

Table 1. Principal component analysis for the main variables (vegetal cover, litter thickness and rainfall) of the cattle farming sites of El Ciprés and El Cambio, Valle del Cauca, Colombia.

	El Ciprés		El Cambio	
	FACTOR		FACTOR	
	1	2	1	2
Litter	0.201026	-0.806457	-0.723469	-0.035838
Rainfall	0.443203	0.744005	0.370553	0.909859
H_VERTICAL	0.883887	0.162392	0.609407	-0.232442
BIOMASS	0.801629	-0.239486	0.718537	-0.264849
COBERTURE	0.834608	-0.142802	0.637703	-0.048773
Expl.Var	2.357278	1.308035	1.955604	0.955681
Prp.Total	0.471455	0.261607	0.391121	0.191136

None of the most abundant species appeared to be significantly affected by the Management Index: *Paratrechina steinheili* ($R=0.22$, $p=0.18$, $g.l=1,34$, $F=1.84$), *Solenopsis* sp.1 ($R=0.05$, $p=0.75$, $g.l=1,34$, $F=0.09$), *Solenopsis picea* ($R=0.1$, $p=0.53$, $g.l=1,34$, $F=0.4$) at El Ciprés and *P. steinheili* ($R=0.17$, $p=0.31$, $g.l=1,34$, $F=1.04$), *Linepithema neotropicum* ($R=0.01$, $p=0.93$, $g.l=1,34$, $F=0.007$), *L. piliferum* ($R=0.17$, $p=0.31$, $g.l=1,34$, $F=1.04$) at El Cambio.

Turnover of species between FB and neighbouring settings. For analytical purposes those species which were present in all habitats and with abundance (namely: *Linepithema neotropicum*, *L. piliferum*, *Paratrechina steinheili*, *Solenopsis* sp.1, *S. picea*, *Wasmannia auropunctata*, *Strumigenys eggersi*, *Solenopsis geminata*, *Gnamptogenys* sp.1 and *Ectatomma ruidum*) were excluded from the Bray Curtis index analysis to avoid having their lack of variation dominate the results. The values of the similarity index fluctuated over time, without regard to pruning activity. However, it was noted that the highest similarity index was coincident in El Ciprés with the highest precipitation values, defining a seasonal tendency. This tendency was similar but late in El Cambio. Under this situation there was (or was promoted) a higher ant movement among the different land uses coinciding with the months of highest precipitation (Figures 2 and 3). Conversely, when the precipitation was low and when the pruning activity was intense (see February at El Ciprés) the similarity of the ants was reduced or inexistent (Figure 2). In addition, species turnover was greater between FBs and regeneration areas than between FBs and open pasture lands.

Figure 2. Bray Curtis similarity index for ground ant community vs. precipitation at El Ciprés cattle farming. FB: Fodder Banks; RA: Regeneration Areas; OP: Open Pastures. Each arrow indicates a pruning event; T: Transition; R: Recovery at the Fodder Bank.

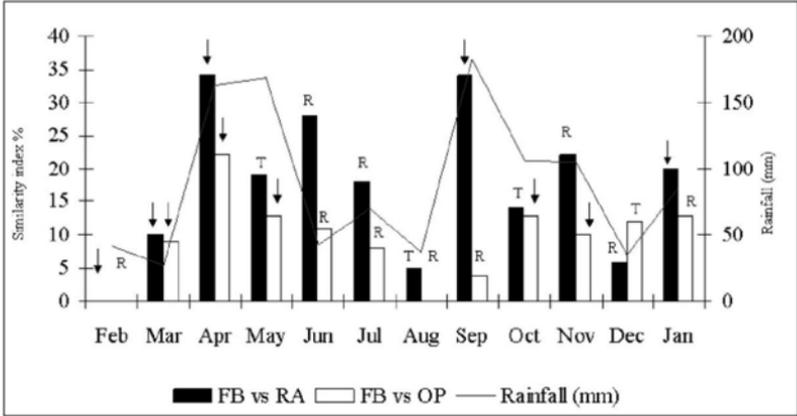
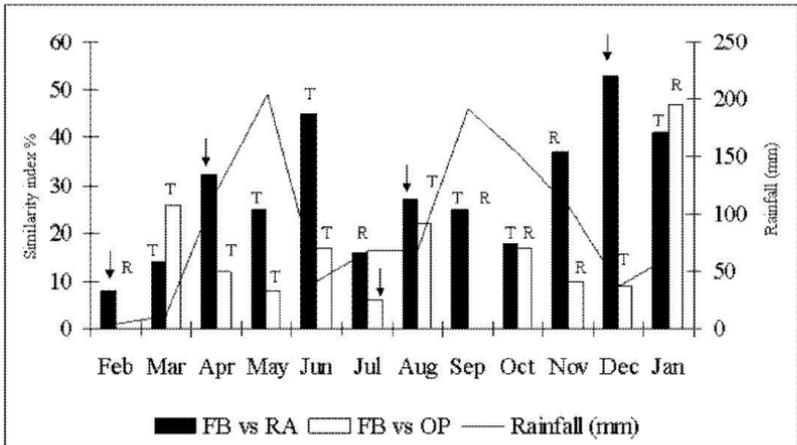


Figure 3. Bray Curtis index for ground ant community vs. precipitation at El Cambio cattle farming (for conventions please see Figure 2).



Analysing the data at the “Transect scale” (three in FBs, one in regeneration areas and one in open pastures), a Kruskal-Wallis test revealed that there were statistically significant differences in the similarity index between land usage and transects [El Ciprés ($H= 4$; $d.f= 47$; $p= 0.0007$) y El Cambio ($H= 4$; $d.f= 47$; $p= 0.0000$)]. The post-hoc test revealed that, on average, medians of the transects in terms of the similarity index were very close among each other within the FBs, and joined to the regeneration areas more than to the open pastures (Table 2).

Table 2. Kruskal Wallis comparison for ants collected at the epigeal stratum at the two study places, Natural Reserves El Ciprés and El Cambio. T1, T2 and T3 refer to the three transects within the Fodder Bank (FB), RA: Regeneration Area, OP: open pasture (Table 1).

Comparison	El Ciprés		El Cambio	
	Range	Groups	Range	Groups
T2 vs T3	35.417	a	35.250	a
T2 vs T1	26.625	ab	31.875	ab
FB vs RA	22.250	ab	19.875	bc
FB vs OP	13.708	b	11.000	c

Discussion

Anthropic disturbance in FB and ant community dynamics. The analysis of the different ant groups showed that the pruning activities (*i.e.* the small scale but drastic vegetation cut) in the FB did not affect ant species richness. However, in comparison to ant composition, the similarity indices are relatively low. Arboreal cover might be a factor that attenuates pruning effects, especially, at El Cambio area, which is a reflex in the scarce variability obtained by the IM (Figure 1). The shade from tall trees (approximately four to six meters) and Heliconiaceae species as well as the remnants of the old shade coffee crop (which was the previous culture before conversion to FB), might have created a buffer zone with special microclimatic conditions acting as a shelter for animal fauna during the pruning process. On the other hand shading systems at the Andes can be correlated with a decrease in nest density and a clumped distribution pattern of certain ant colonies (*e.g.* Santamaría *et al.*, 2009). Actually, these components of the site were not subjected to any pruning and thus to no variation in plant structure. The random dispersion of dots in relation to the different states of perturbation in Figure 1 (pruned, transition and recovered), is a clear indication of this fact.

On the other hand, although the PCA showed that leaf litter cover was negatively affected by biomass loss, at El Cambio, the litter cover was derived from a normal leaf fall process. However, when pruning took place, litter accumulation was suppressed in

the FB. At El Ciprés, vegetal leftovers (leaves and trunks) were unevenly distributed on the floor after the pruning process. If all foliage is pruned off, the ratio of falling leaves is reduced and, consequently, the litter layer in the FB is thinner. Conversely, if part of the foliage (small trunks and branches) is left in the system, it represents a refuge for small arthropod decomposers of the soil. This aspect has been observed when comparing secondary forest patches with "improved" pasture lands (Ramírez *et al.* 2007). In this sense, it is plausible to recommend diverse spatial and temporal arrangements in order to increase the ant richness of the FB. However, this initiative must count with the participation of the small-scale farmers; by showing them that it is sustainable as it is possible to grow fodder banks without affecting crop production, and at the same time enhancing the environment. Indeed, the integration of the trees with agricultural production can promote diversity at the same time that improves environmental conditions.

Decades ago, perturbation events were postulated as one of the main causes modulating the variation in species diversity (Connell, 1978; Huston, 1979; Noss, 1996). However, this has not been accepted as a general rule (Huston, 1994; Chesson and Huntly, 1997; Wootton, 1998). Actually, certain literature (e.g. Mackey and Currie, 2001), using different groups of organisms and different kind of perturbations (*i.e.* at different spatial and temporal scales) revealed no significant relationship between perturbation events and patterns of species richness, diversity and evenness. Our results, although at small scale, corroborate this neutral tendency, showing that the ant species richness in general, and that of poneromorph found in litter, varied or were modulated by the perturbation at the FB.

Philpott (2005), studying the effect of perturbation on coffee plantations, found variable results. For instance, she noted that, in shade plantations, with a mixed overstorey of trees, while focal pruning had no significant effect on the population dynamics of the majority of ant species, it did affect the distribution and abundance of two of the most abundant species. Further, the effect of each pruning was strong and evident in the short term, but after six months, the ant populations recovered to their former distribution and abundance. In other agricultural systems, such as in Cameroon, ant population recovery depends on the level of the perturbation (Watt *et al.*, 2002). In forest plantations in Malaysia, selective logging caused a reduction in ant diversity; but recovery of the original assemblage of species occurred more slowly when perturbation was more dramatic or total. Widodo *et al.* (2004) showed that selective logging was associated with a significant decrease in canopy cover and not with a decrease in the total species number and overall abundance of arboreal ants. Our results lead to an important but not yet answered question: is there any ant migration to neighbouring sites during and immediately after pruning alteration?

Turnover of species between FB and neighbouring settings. Our analysis showed that the species similarity between FBs and neighbouring habitats fluctuated without regard to the timing of pruning events. One would expect low similarity values among habitats, if the identities of the species change within each site, when some species migrate from FB to adjacent sites after pruning. Fluctuations at other times suggest that pruning in FBs did not induce a migratory response in ants toward neighbouring places. This issue is relevant, because it suggests that fodder banks are places to maintain ant populations despite constant pruning activities, and ant communities within them show resilience to the pruning dynamics. However it should be taken into account that large scale perturbations (such as that one done at El Ciprés on February, Figure 2) might cause a dramatic reduction of ant diversity. In any event, it is likely that seasonality is the influential factor in the species turnover. This was particularly valid at El Ciprés, where the highest rainfall peaks coincided with the highest species fluctuation in the ant community.

Finally, but not less important, we observed that species turnover was always higher between FB and regenerating areas than between FB and open pasture. These results corroborate previous findings by Ramírez *et al.* (2007) who found that the ant species flux was higher between FB and regeneration areas than open pasture. This finding has an ecological explanation, based on aspects of habitat structural and microclimatic factors. It is clear that the implementation of FBs, besides representing a potential economical benefit for small farmers, also provide environmentally healthier grazing systems than do open pasture lands.

To conclude, this pioneering approach to investigate the effect of FB management on ant dynamics and structure, has shown that the small spatial and temporal scale perturbations caused by pruning activities are biologically feasible in these agriculturally productive systems without any detected detrimental impact on biodiversity.

Acknowledgments

To the Science Foundation (Sweden) for financial support, to M. Ramírez (Grant agreement No. D/3032-2) and Idea Wild (Colorado, USA). To the owners of the farms in Dagua (Ernestina Alvarez) and El Dovio (Tiberio Giraldo). To Dr. J.J. Longino (Evergreen College, Washington), Dr. F. Fernández (Universidad Nacional, Bogotá) and BSc. G. Zabala (Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá) for identification of Poneromorph Group, Roberto Guerrero (Universidad del Atlántico) for identification of Dolichoderinae. To CIPAV Foundation. D. K. Letourneau (University of California, Santa Cruz) for her critical review of a draft of this manuscript.

Cited literature

- Allcock, K. G. and Hik, D. S. 2003. *What determines disturbance-productivity-diversity relationships? The effects of scale, species and environment on richness patterns in an Australian woodland*. *Oikos* 102: 173-185.
- Armbrecht, I. 1995. *Comparación de la Mirmecofauna en fragmentos boscosos del valle geográfico del río Cauca, Colombia*. Boletín Museo Entomología Universidad del Valle, 3:1-14.
- Bestelmeyer, B. T.; Agosti, D.; Alonso, L. E.; Brandao, C. R. F.; Brown Jr., W. L.; Delabie, J. H. C. and Silvestre, R. *Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview description, and evaluation*. In: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E. and Schultz, T. R. (Eds.), *Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. USA. Smithsonian Institution. 2000. pp. 122-144.
- Brower, J. E.; Zar, J. H. and Carl, N. V. E. 1997. *Field and laboratory methods for general ecology*. McGraw Hill. USA. 273 pp.
- Calle, Z. *Fodder banks as tools for the ecological restoration of tropical forests*. In: Leterme, P.; Buldgen, A.; Murgueitio, E. and Cuartas, C. (Eds.), *Fodder banks for sustainable pig production systems*. Colombia. Litocencia. 2007. pp. 103-119.
- Calle, Z. *Árboles aislados en potreros con pastoreo de ganado como facilitadores de la sucesión vegetal*. In: Calle, Z. (Ed.), *Restauración de suelos y vegetación nativa. Ideas para una ganadería sostenible*. Colombia. Apotema. 2003. 41-48 pp.
- Cárdenas, G. 2002. *Composición y estructura de la avifauna en matrices del paisaje en seis microcuencas de los Andes Occidentales*. Centro para Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). 39 pp.
- Chesson, P. and Huntly, N. 1997. *The roles of harsh and fluctuating conditions in the dynamics of ecological communities*. *Am. Nat* 150: 519-553.
- Colunga-García, M. 2003. *Conservation biology and the need of a different ecological framework for agriculture*. *Endangered Species* 20 (4-5): 146-149.
- Connell, J. H. 1978. *Diversity in tropical rainforest and coral reefs*. *Science* 199: 1302-1309.
- Cuéllar, P. and Murgueitio, E. *Contribution of Pigs Fed with Fodder Shrubs to Family Income and Welfare*. In: Leterme, P.; Buldgen, A.; Murgueitio, E. and Cuartas, C. (Eds.). *Fodder banks for sustainable pig production systems*. Colombia. Litocencia. 2007. pp. 165-204.
- Espinal, L. S. 1977. *Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia*. Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia. 238 pp.
- Fajardo, D.; Johnston, R.; Armbrecht, I.; Rivera, L.; Méndez, L. E.; Piedrahita, C. and Calle, Z. *Estudio de caso. El papel de las aves, flora nativa y hormigas en ganadería basada en sistemas silvopastoriles en el río la vieja*. In: Chaves, M. E. and Santamaría, M. (Eds.). *Informe nacional sobre el avance del conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004*. Colombia, ARFO. 2006. pp. 406-408.
- García, T. 2002. *Composición, riqueza y diversidad de especies de mariposas (Lepidoptera: Rophalocera) en los sistemas forestales de La Reserva Natural El Hatico Cerrito (Valle del Cauca)*. Undergraduate report in Biology. Departamento de Biología, Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- González, P. 2005. *Avispas parasitoides (Hymenoptera: Ichneumonidae) del Valle del Cauca presentes en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MEUV)*. Undergraduate report in Biology. Departamento de Biología. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Haddad, N. M.; Holyoak, M.; Mata, T. M.; Davies, K. F.; Melbourne, B. A.; Preston, K. 2008. *Species' traits predict the effects of disturbance and productivity on diversity*. *Ecol. Lett.* 11: 348-356.
- Huston, M. A. 1979. *A general hypothesis of species diversity*. *Am. Nat.* 113: 81-101.
- Huston, M. A. 1994. *Biological Diversity: the Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 681 pp.

- Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G.; Vega, P.; Casasola, F. and Roja, J. 2007. *Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua*. *Agroforestería en las Américas*. 45: 27-36.
- Kondoh, M. 2001. *Unifying the relationships of species richness to productivity and disturbance*. *Proc. R. Soc. London B*. 268: 269-271.
- Mackey, R. L. and Currie, D. J. 2001. *The diversity-disturbance relationship: is it generally strong and peaked?* *Ecology*. 82 (12): 3479-3492.
- Mahecha, L. 2002. *El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15: 2.
- Mas, A. and Dietsch, T. 2003. *An index of management intensity for coffee ecosystems to evaluate butterfly species richness*. *Ecol. Appl.* 13: 1491-1501.
- Mills, G. S.; Dunning Jr., J. B. and Bates, J. M. 1991. *The relationship between breeding bird density and vegetation volume*. *Wilson Bull.* 103: 468-479.
- Moghtader, J. K. 2003. *Conservation in the human landscape*. *Endangered Species*. 20 (4-5): 150-154.
- Moreno, E. 2001. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Veracruzana, México. 49 pp.
- Murgueitio, E. and Ibrahim, M. 2001. *Agroforestería pecuaria para la reconversión ganadera en Latinoamérica*. *Livestock Research for Rural Development* 13: 3. (Online).
- Murgueitio, E.; Ibrahim, M.; Ramírez, E.; Zapata, A.; Mejía, C. E. y Casasola, F. 2003. *Usos de la tierra en fincas ganaderas. Guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas*. Cali, Colombia. 97 pp.
- Noss, R. S. 1996. *Conservation of biodiversity at the landscape scale*. In: Szaro, C.; Johnston, D. W. (Eds.). *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*, Oxford, New York. USA. pp. 574-589.
- Pagiola, S.; Ramírez, E.; Gobbi, J.; De Hann, C.; Ibrahim, M.; Murgueitio, E. and Ruíz, J. P. 2007. *Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua*. *Ecol. Econ.* 64 (2): 374-385.
- Palacio, E. E. and Fernández, F. 2003. *Clave para las subfamilias y géneros*. In: Fernández, F. (Ed.). *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. *Acta Nocturna*. pp. 223-260.
- Philpott, S. M. 2005. *Changes in arboreal populations following pruning of coffee shade-trees in Chiapas, Mexico*. *Agrofor. Syst.* 64: 219-224.
- Ramírez, M.; Enríquez, M. L.; Armbrrecht, I.; Molina, C.H. and Molina, J.E. *Estudio de caso. Caña orgánica y sistemas silvopastoriles como refugios de biodiversidad del bosque seco tropical del alto Cauca*. En: Cháves, M.E. and Santamaría, M. (Eds.), *Informe nacional sobre el avance del conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004*. Colombia, ARFO. 2006. 412-413 pp.
- Ramírez, M.; Armbrrecht, I. and Montoya-Lerma, J. *Fodder Banks as modifiers of arthropod diversity in agricultural landscape*. In: Leterme, P.; Buldgen, A.; Murgueitio, E. and Cuartas, C. (Eds.). *Fodder banks for sustainable pig production systems*. Colombia. Litocencia. 2007. pp. 139-160.
- Ramos, A. F. 2001. *Composición, riqueza y diversidad de especies de mariposas (Lepidoptera: Rophalocera) en diferentes agroecosistemas de la reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca*. Undergraduate report in Biology. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Rivera, L. F.; Botero, M.; Escobar, S. y Armbrrecht, I. *Diversidad de Hormigas en sistemas ganaderos*. En: Murgueitio, E.; Cuartas, C. A. y Naranjo, J. F. (Eds.), *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. Colombia, Feriva, S. A. 2008. pp. 227-267.
- Rosso, J. M. 2003. *Diagnóstico para el aprovechamiento y manejo integrado de abejas silvestres en agroecosistemas andinos en el Valle del Cauca*. Undergraduate report in Zootechnology. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- Santamaría, C.; Armbrecht, I. and Lachaud, J. P. 2009. *Nest Distribution and Food Preferences of Ectatomma ruidum (Hymenoptera: Formicidae) in Shaded and Open Cattle Pastures of Colombia*. Sociobiology 53(2):517-541.
- Silvestre, R.; Brandao, C. R. F. y Rosa da Silva, R. *Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado*. En: Fernández, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Colombia. Acta Nocturna. 2003. pp. 113-148.
- Sousa, W. P. 1984. *The role of disturbance in natural communities*. Ann. Rev. Ecol. Syst. 15: 353-391.
- Statsoft. 1995. *CSS: Statistica handbook*. Vol. II. Statsoft Inc., Tulsa, Oklahoma.
- Svensson, J.; Lindegarth, M.; Siccha, M.; Lenz, M.; Molis, M.; Wahl, M. and Pavia, H., 2007. *Maximum species richness at intermediate frequencies of disturbance: consistency among levels of productivity*. Ecology 88 (4): 830-838.
- Watt, A. D.; Stork, N. E. and Bolton, B. 2002. *The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in southern of Cameroon*. J. Appl. Ecol. 40 (6): 1060-1076.
- Widodo, E. S.; Naito, T.; Mahoamed, M. and Mashimoto, Y. 2004. *Effects of selective logging on the arboreal ants of a Bornean rainforest*. Entomol. Sci. 7: 341- 349.
- Wootton, J. T. 1998. *Effects of disturbance on species diversity: a multitrophic perspective*. Am. Nat. 152: 803-825.
- Zar, J. 1996. *Biostatistical analysis*. Third edition. Prentice Hall, New Jersey. 622 pp.

Annex 1. Main characteristics and different degrees of farm activities in the two study sites and the tree areas (land managements) within each farm.

<i>El Cipres</i>			
(4°31' N; 76°10' W) Municipality of El Dovio at 1750 m.a.s.l Premontane wet forest (Espinal, 1977) T= 18°C; rainfall= 1500 mm.			
Area	Fodder banks (FB: transects 1,2,3; T1, T2, T3)	Regeneration area (RA)	Pasture (OP)
History	15 years ago it was a monoculture of tree tomato (<i>Solanum betaceum</i>).	Cattle removed from this area since 17 years ago.	Years ago, the area was covered by cash crops (mainly, arracacha and maize) followed by monocultures of lulo and tree tomato.
Vegetation	1.2 ha. of nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl. Nees.) intercalated with stripes of Mexican sunflower (<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray.), Andean giant bean (<i>Erythrina edulis</i> Triana ex.Michli.), mulberry (<i>Morus alba</i> L.), white ramie (<i>Bohemeria nivea</i> (L) Gaud). Also, there are elephant ears (<i>Alocasia macrorrhiza</i> (L.) Schott) and sugar cane (<i>Sacharum officinale</i> L.). In the central part of the fodder bank there are cash crops as: arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft), cassava (<i>Manihot esculenta</i> K.), black bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) and maize (<i>Zea mays</i> L.).	About 1.5 ha. Colonised by guajaba trees (<i>Psidium guajava</i>) and species of Myrcinaceae, Lauraceae, Asteraceae and Melastomataceae.	Near 0.8 ha. Mainly stargrass <i>Cynodon plectostachyus</i> .
Agronomic management	1 ton/ha/year of lombricompost is added and incorporated to the system after cutting the fodder bank.	none	None
Spatial and temporal dynamics	Fodder species are in stripes of 0.5 m between plants and 1 m between rows. Nacedero and Mexican sunflower are cut at 90-120 day intervals; ramie and mulberry are cut in irregular intervals.		
Production	Output of this system fed 15 bovines and 15 pigs.	Not quantified	Not quantified

El Cambio

(3° 36' 2" N; 76° 37' 12" W) municipality of Dagua at 1450 m.a.s.l Premontane wet

	El Cambio (3° 36' 2" N; 76° 37' 12" W) municipality of Dagua at 1450 m.a.s.l Premontane wet		
Area	Fodder banks (FB: transects 1,2,3: T1, T2, T3)	Regeneration area (RA)	Pasture (OP)
History	Since four years ago, the site has being devoted to a coffee plantation with polygeneric shadow. Remains of some coffee and dosel trees.	Six months ago, the area was an abandoned sugar cane culture. Since then, it was left without management.	Formerly coffee policultures, then orchards and finally, some of them were transformed into pasture lands.
Vegetation	0.6 ha of nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>) fodder bank intercalated with Mexican sunflower. In the inner part: mulberry, white ramie, leafcup (<i>Smallantus riparius</i> (Kunth) H. Robinson), ortiga (<i>Ureca</i> spp.), bore, perennial peanut (<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C.Gregory), anturios (<i>Anthurio</i> spp.). Remains some coffee plants (<i>Coffea arabica</i> L.) and green plantain (<i>Musa</i> spp.). Dosel is conformed by big trees such as laurel (<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pavon) Oken, laurel jigua (<i>Ocotea oblonga</i> (Meisn.) Mez, chagualo (<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze), arbo loco (<i>Montanoa quadrangularis</i> Schultz Bipontinus), guava, <i>Inga</i> spp.	About 0.5 ha. Dominated by sugar cane <i>Saccharum officinale</i> and fast growing species of Solanaceae, Asteraceae and Melastomataceae.	About 1.5 ha. Mainly stargrass <i>Cynodon plectostachyus</i> .
Agronomic management	Bovine manure is added to the fodder bank after each pruning activity.	none	none
Spatial and temporal dynamics	Species are planted as in El Cipres. With small variations the pruning and cutting are performed in similar ways.		
Production	Output of the system fed 15 bovines (cows and calves) and eventually pigs.	Not quantified	Not quantified

Anex 2. List of ant species found in the fodder banks of the natural reserves El Ciprés and El Cambio, Valle del Cauca, Colombia. RA = regeneration areas, OP = open pasture lands and FB = fodder banks; w = winkler sacs, ce = epigeous bait.

Code	Species	EL CIPRES			EL CAMBIO		
		RA	OP	FB	RA	OP	FB
DOLICHODERINAE							
Dol-01	<i>Linepithema neotropicum</i>	55	13	56	126	50	338
Dol-02	<i>Linepithema piliferum</i>			3	2	1	2
Dol-04	<i>Tapinoma melanocephalum</i>			1			
Dol-05	<i>Myrmelachista</i> sp.1			3			
Dol-06	<i>Myrmelachista</i> sp.2				2		
Dol-07	<i>Azteca instabilis</i>					13	2
Dol-08	<i>Dorymyrmex brunneus</i>				1		3
ECITONINAE							
Eci-01	<i>Labidus predator</i>			1		1	4
Eci-02	<i>Labidus</i> sp.1		1	17	3		7
Eci-03	<i>Cheliomyrmex</i> sp.			4			4
Eci-04	<i>Nomamyrmex</i> sp.						3
Eci-05	<i>Neivamyrmex</i> sp.						4
FORMICINAE							
<i>Camponotus</i>							
For-01	<i>novogranadensis</i>			1	9	5	5
For-02	<i>Brachymyrmex</i> sp.1	4	27	25	2	2	
For-03	<i>Brachymyrmex heeri</i>	7	6	24	15	4	11
For-04	<i>Paratrechina steinheili</i>	84	10	304	58	7	219
For-05	<i>Brachymyrmex</i> sp.2			2		1	
For-07	<i>Paratrechina</i> sp.	2					
For-08	<i>Camponotus indianus</i>	1	1	3			
	<i>Camponotus</i> cf						
For-10	<i>novogranadensis</i>	8		1			
For-23	<i>Camponotus abdominalis</i>						1
MYRMICINAE							
Myr-01	<i>Pheidole</i> sp.1		2		1		1
Myr-02	<i>Solenopsis</i> sp.1	165	57	446	48	24	138
Myr-03	<i>Pheidole</i> sp.2	2	2			1	2
Myr-04	<i>Pheidole cocciphaga</i>		17	3	2	3	3
Myr-05	<i>Pheidole</i> sp.3	11	2	10	38	6	33
Myr-06	<i>Solenopsis picea</i>	34	142	485	26	62	151
Myr-07	<i>Wasmannia auropunctata</i>	56	36	15	129	85	172
Myr-08	<i>Pheidole flavens</i>	6	3	5	1	16	19
Myr-09	<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	19	11	3	12	2	11
Myr-11	<i>Pheidole</i> sp.4	5					
Myr-13	<i>Solenopsis</i> sp.2	17	26	16	8	5	27
Myr-16	<i>Pheidole</i> sp. 23			2			
Myr-17	<i>Octostruma balzani</i>	4	8	2	21	1	30
Myr-24	<i>Pheidole mirabilis</i>		2	1			
Myr-26	<i>Pheidole</i> sp.6		3				

Myr-27	<i>Crematogaster distans</i>	5	2	2		1	
Myr-28	<i>Crematogaster sp.1</i>	1	1				
Myr-30	<i>Pheidole sp.7</i>	3	32				
Myr-31	<i>Pheidole sp.8</i>	1	1				
Myr-35	<i>Tetramorium sp.</i>	19	9	14	2	3	1
Myr-37	<i>Pheidole sp.9</i>			1			
Myr-38	<i>Solenopsis sp.4</i>	1					
Myr-39	<i>Pheidole sp.10</i>		1				
Myr-40	<i>Pheidole sp.11</i>		7	5			
Myr-44	<i>Pheidole sp.12</i>		2	1			
Myr-45	<i>Strumigenys subdentata</i>	3	5	10	3	22	10
Myr-46	<i>Solenopsis sp.5</i>					1	
Myr-47	<i>Procryptocerus regularis</i>				1		
Myr-49	<i>Strumigenys eggersi</i>	64	16	50	37	6	81
Myr-50	<i>Rogeria sp.1</i>		1			12	2
Myr-51	<i>Crematogaster sp.3</i>			1			
Myr-52	<i>Pheidole sp. 24</i>	15	4	5			
Myr-53	<i>Solenopsis geminata</i>	2	5	2	25	27	126
Myr-55	<i>Strumigenys sp.1</i>	14					
Myr-56	<i>Solenopsis sp.6</i>		1				
Myr-57	<i>Strumigenys sp.2</i>	11					
Myr-58	<i>Pheidole sp.15</i>		1				
Myr-59	<i>Pheidole sp.16</i>		3		2	3	6
Myr-60	<i>Pheidole sp.17</i>					1	
Myr-61	<i>Crematogaster sp.4</i>				2		17
Myr-62	<i>Pheidole sp.18</i>		1		2		
Myr-63	<i>Crematogaster sp.5</i>				2		4
Myr-64	<i>Solenopsis sp.7</i>						7
Myr-65	<i>Tatuidris sp.</i>	1			6		3
Myr-66	<i>Rogeria sp.2</i>	1			3		7
Myr-67	<i>Atta cephalotes</i>		5	1	8	15	34
Myr-68	<i>Pheidole sp.19</i>					4	
Myr-69	<i>Smithistruma sp.</i>				1		
Myr-71	<i>Pheidole sp.21</i>	3					
Myr-72	<i>Solenopsis sp.8</i>						2
Myr-74	<i>Crematogaster sp.6</i>	1					
Myr-75	<i>Pheidole sp.22</i>		1				
Myr-76	<i>Pyramica sp.</i>				2	1	
Myr-78	<i>Tranopelta sp.</i>	1				1	
PONERINAE							
Pon-02	<i>Pachycondyla impressa</i>						1
Pon-04	<i>Odontomachus sp.1</i>	1	2				
Pon-07	<i>Pachycondyla sp.1</i>			2			
Pon-05	<i>Pachycondyla aenescens</i>			1			
Pon-06	<i>Pachycondyla ferruginea</i>	8	1	6			
Pon-08	<i>Hypoponera sp.1</i>		2	16			
Pon-09	<i>Pachycondyla crenata</i>				1		
Pon-12	<i>Hypoponera sp.3</i>			3			
Pon-10	<i>Hypoponera sp.5</i>	6	29	64	2	1	2
Pon-18	<i>Pachycondyla sp.2</i>	1					
Pon-19	<i>Pachycondyla sp.3</i>						2

Pon-20	<i>Hypoponera</i> sp.4						30
Pon-21	<i>Odontomachus</i> sp.2				2		2
Pon-23	<i>Leptogenys</i> sp.						2
ECTATOMMINAE							
Pon-01	<i>Gnamptogenys</i> sp.1	19	3	11	56	15	369
Pon-03	<i>Ectatomma ruidum</i>	1	35	1	28	118	10
Pon-15	<i>Gnamptogenys</i> sp.2			1			
Pon-16	<i>Gnamptogenys</i> sp.3		1				
HETEROPONERINAE							
Pon-22	<i>Heteroponera microps</i>						1
AMBLYOPONINAE							
Pon-11	<i>Prionopelta amabilis</i>	10	14	56			
PROCERATHINAE							
Pon-17	<i>Discothyrea</i> sp.	16		6	1		4
PSEUDOMYRMECINAE							
Pse-02	<i>Pseudomyrmex pallens</i>			1			
Pse-03	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	1			2		
Pse-04	<i>Pseudomyrmex</i> sp.2		1	1			
Pse-05	<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	1			1		
Pse-06	<i>Pseudomyrmex</i> sp.4	2			2		
Pse-08	<i>Pseudomyrmex</i> sp.6	1			1		
Total		703	533	1765	696	519	1911

Recibido: Marzo 30, 2009

Aceptado: Noviembre 4, 2009

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA-U. de C.

CONSEJO EDITORIAL

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

COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA-U. de C.	Agustín Orihuela Trujillo	FCA-UAEM
Anesio Mesa Sardiñas	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Elaine Espino Barr	CRIP Manzanillo
Félix Ojeda García	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Esmeralda Long Woo	Instituto de Ciencia Animal
Hilda Machado Martínez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal
Javier Valencia Méndez	FMVZ-UNAM	Jaime Molina Ochoa	FCBA-U. de C.
Miguel Ángel Galina Hidalgo	FES-Cuautitlán UNAM	Manuel García-Ulloa Gómez	LCM-UAG
Salvador Guzmán González	FCBA-U. de C.	Martha Hernández Chávez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"
		Octavio Pérez Zamora	INIFAP-Colima

Coordinadora editorial

Edición

Diseño

Montaje

Fotografía (portada)

Traducción al inglés

Ma. Eugenia Rocha Zamora
Alberto Vega Aguayo
Alma Patricia Álvarez González
Pablo César Oliva Brizuela
José Manuel Palma García: **Tacote** (*Tithonia diversifolia*) (Hemsl) Gray
Teresita Amezcua Jaeger

REVISTA CUATRIMESTRAL DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROPECUARIA
(ISSN 0188-7890). **Tiraje: 1,000 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>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: <http://www.citchile.cl/b2c.htm>
- REDALyC: www.redalyc.org
- REDZOOT: www.uco.es/redzoot

Los artículos aquí publicados han sido cedidos por sus autores para su reproducción editorial y la información que contienen es responsabilidad exclusiva de los propios investigadores. Certificado de licitud de títulos y de contenido, en trámite. Reserva de derechos de autor en trámite.

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

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

Ma. Eugenia Rocha Zamora: revaia@uocol.mx / José Manuel Palma García: palma@uocol.mx

Av. Gonzalo de Sandoval no. 444. Col. Las Víboras, Colima, Col., C. P. 28045 (MÉXICO) Tel. (312) 3 16 10 00 Ext. 40011

Fax: (312) 3 12 75 81. Apartado Postal No. 22 Colima, Col. (México) <http://www.uocol.mx/revaia>

© 2009. Universidad de Colima

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

Dirección General de Publicaciones

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

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