

# REPERTORIO CIENTIFICO



ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA

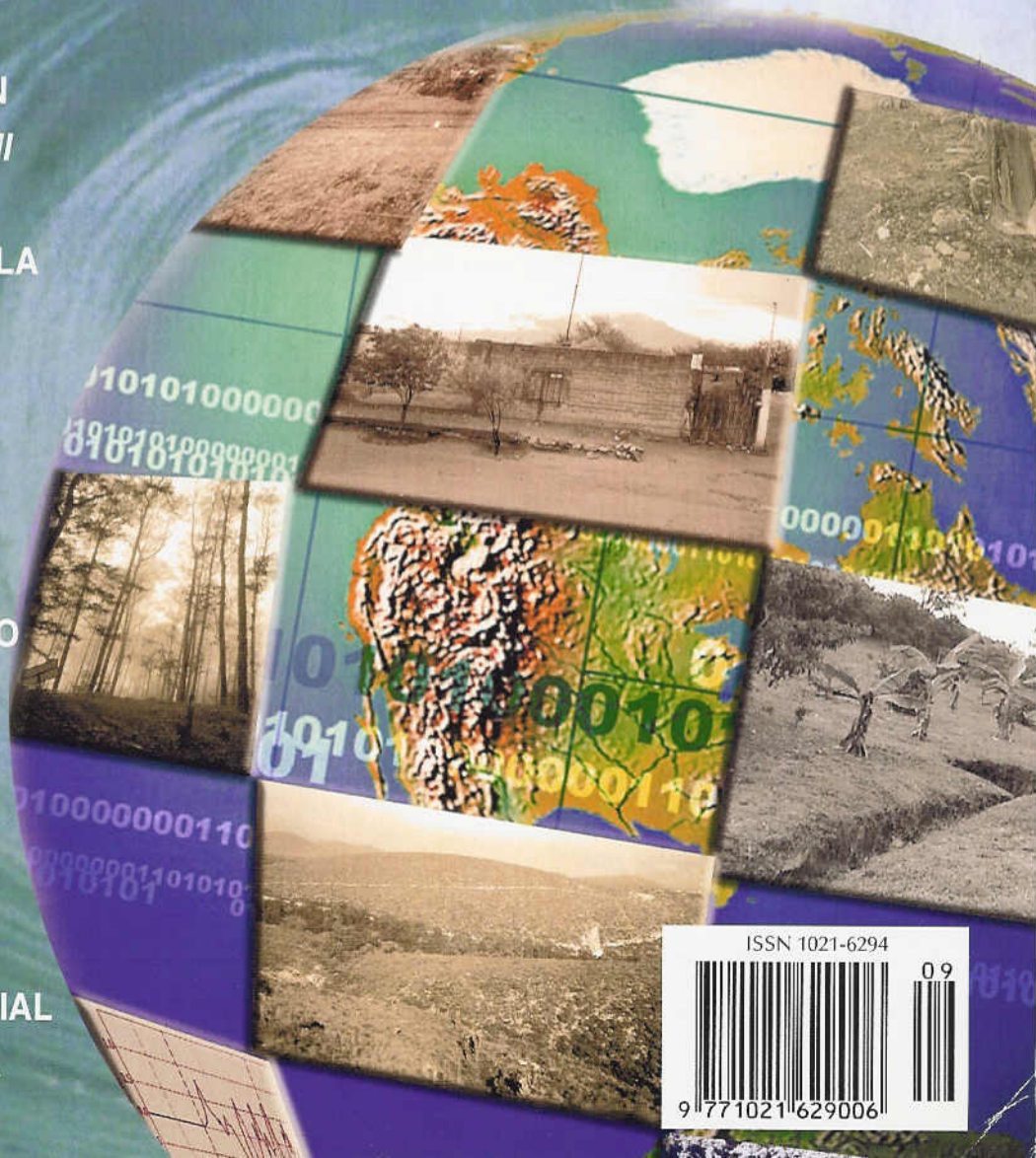
ISSN: 1021-6294

VOL. 9, n.º 1, 2005-2006

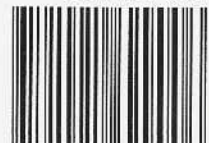
SIMULACIÓN DE UN  
EVENTUAL *TSUNAMI*  
FRENTA  
A LAS COSTAS DE LA  
PENÍNSULA  
DE NICOYA

CONTEXTO  
CONTEMPORÁNEO  
DE LOS TRATADOS  
DE LIBRE COMERCIO  
Y LA ACCIÓN  
UNIVERSITARIA

BIOINFORMÁTICA,  
UNA NUEVA  
ESPECIALIDAD  
CON GRAN POTENCIAL  
PARA COSTA RICA



ISSN 1021-6294



9 771021 629006

09

# PAUTAS PARA PUBLICAR

## RECOMENDACIONES GENERALES

A continuación se ofrecen recomendaciones para los autores:

- No se tomará en cuenta ningún artículo que haya sido publicado en otra revista.
- La referencia bibliográfica se citará en el texto de la siguiente forma: (apellido del autor y año), no debe separar con comas el autor y el año, si hay más de una cita en el paréntesis, separe con coma cada una de ellas; si la cita es textual debe agregar páginas, capítulo o párrafos dentro de la cita. Las comunicaciones personales se citarán solo en el texto con el siguiente formato (Nombre, Apellido com. Pers. Año).
- El tema debe ser expuesto de manera concisa, y se debe utilizar un vocabulario sencillo y directo.
- Toda delimitación debe indicarse en el artículo.
- Se solicita copia digital en procesador de palabras.
- Las imágenes (dibujos, fotografías) deben enviarse en original, o bien en formato digital TIFF de 600 DPI en el tamaño definitivo.

### PAUTAS ESPECÍFICAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Se entiende por artículo científico el que se logra como resultado de un proceso de investigación. Su finalidad es comunicar con claridad los descubrimientos realizados en la investigación, no como parte de un libro, sino como un todo acabado e internamente estructurado.

- a) Título: conciso, informativo y con un máximo de 10 palabras.
- b) Direcciones: institución u otro lugar en donde se puede localizar fácilmente al autor o autores.
- c) Resumen: en forma clara y detallada, en español y en inglés, con no más de 10 renglones.
- d) Introducción: con los objetivos generales y específicos.
- e) Materiales y métodos: indicar los aparatos, productos químicos, variedades, poblaciones, etc., así como la técnica experimental utilizada.

- f) Resultados y discusión: presentados en forma breve y concreta. Explicar los resultados, comparándolos con el conocimiento previo sobre el tema.
- g) Conclusiones.
- h) Literatura citada: utilizar el siguiente formato:
  - Para libros: autor o autores, año de publicación. *Título del libro*. Editorial, país o ciudad.
  - Para revistas: autor o autores, año. "Título del artículo", *Nombre de la revista*, volumen (número); páginas del artículo.
  - Artículos de libros editados: autor o autores, año. "Título del artículo", *Nombre del libro*. Nombre del editor (nombre y apellido). Editorial, país o ciudad.
  - Si son más de tres autores se escribe sólo el primero seguido por las palabras latinas *et al.*, para las citas dentro del texto, pero deben ser puestos todos los nombres en la referencia bibliográfica.

### PAUTAS ESPECIALES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS DE REVISIÓN E HISTORIA DE LA CIEN- CIA

El artículo de REVISIÓN se obtiene de examinar áreas particulares de un trabajo, de un tema especial, con el fin de informar sobre los avances más destacados que dicho tema ha tenido en un período de tiempo determinado. Aquí los conocimientos obtenidos de la consulta bibliográfica se resumen, exponen, analizan y critican.

- a) Título: centrado y con un máximo de 10 palabras.
- b) Direcciones: institución u otro lugar en donde se puede localizar fácilmente al autor o autores.
- c) Resumen: en forma clara y detallada, en español y en inglés, con no más de 10 renglones.
- d) Introducción: marco teórico del problema por exponer
- e) Desarrollo y discusión de ideas expuestas.
- f) Conclusiones.
- g) Literatura citada: igual que para artículos científicos.

2  
Edito

Artículo

3

Pesq  
(Pan  
Play  
Gua  
Helv

12

El co  
los t  
y la  
Mari

21

Inter  
el be  
siste  
cond  
resta  
Adri

31

Efec  
Inter  
entri  
Juliá  
M. E

39

Efec  
Mg  
nutr  
Róge

# REVISTA REPERTORIO CIENTÍFICO

Volumen 9, n.º 1, 2005-2006

2

## Editorial

## Artículos

3

Pesquería de langosta  
(*Panulirus gracilis*) en  
Playa Lagarto, Santa Cruz,  
Guanacaste, Costa Rica  
*Helven Naranjo*

12

El contexto contemporáneo de  
los tratados de libre comercio,  
y la acción universitaria  
*María Eugenia Bozzoli*

21

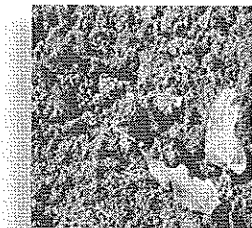
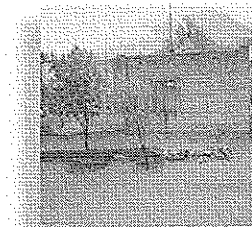
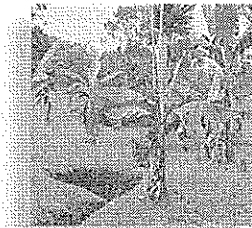
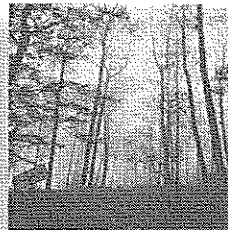
Interrelaciones entre  
el bosque natural y los  
sistemas agroforestales:  
condiciones propicias para la  
restauración de fragmentos  
*Adrián Ruiz Rodríguez*

31

Efecto de la carretera  
Interamericana sobre la vegetación  
entre El Salvador y México  
*Julián Monge-Nájera*  
*M. E. Gieseke*

39

Efecto del encalado, la relación Ca:  
Mg y la fertilización fosfórica en la  
nutrición mineral del maíz  
*Róger J. Muñoz*



48

Simulación de un *tsunami*  
eventual frente a las costas de  
la Península de Nicoya y su  
influencia en Puntarenas y Quepos  
*Fernando Ureña*  
*Modesto Ortiz*

55

Calidad del suelo y actividad  
microbiana en fincas  
bananeras de Costa Rica  
*Wagner Peña*  
*Oscar Acuña*

65

Ecología humana en el juego  
y el sexo: aportes al *fitness*  
y a la sobrevivencia  
*Adrián Ruiz*

72

La bioinformática, una  
nueva especialidad con gran  
potencial para Costa Rica  
*Julián Monge-Nájera*

79

## Sección académica

Importancia de los proyectos  
de investigación en la ECEN  
*Harold Arias*

81

## Biomural

*Walter Araya Naranjo*  
*Gisela Vargas*

83

## Cápsulas científicas

REPERTORIO CIENTÍFICO es una publicación semestral de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Estatal a Distancia, destinada a la divulgación del quehacer académico y de los aportes de la Ciencia y Tecnología al servicio de la sociedad.

EDITORES  
Adrián Ruiz  
Denia Pereira

CONSEJO EDITORIAL  
Ana Láscaris  
Adrián Ruiz  
Carolina Godoy  
Fernando Ureña  
Johnny Valverde  
Mariela Bermúdez  
Nuria Rodríguez  
Wagner Peña

CONSEJO DE REVISORES  
Daniel Azofeifa, Escuela de Física, UCR  
Estrella Guier, Independiente  
Ernesto Arias, Universidad de Colorado  
Erick Mata, informática, INBio  
María del Carmen Leirós, agrónoma,  
Universidad Santiago de Compostela  
Guido Miranda, doctor en medicina  
María Eugenia Bozzoli, antropóloga, UCR

EDITOR GRÁFICO  
Y PRODUCTOR EDITORIAL  
Daniel Villalobos Gamboa

DISEÑO GRÁFICO, DIAGRAMACIÓN  
Y ARTES FINALES  
Ileana Carranza Quesada

PREPARACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES  
Ely Fabricio Marín Hernández

CORRESPONDENCIA  
Adrián Ruiz  
Revista Repertorio Científico  
Escuela de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Estatal a Distancia  
Apdo. 474-2050 San Pedro, San José, Costa Rica.  
Correo-e: rep-cientifico@uned.ac.cr

Los autores son responsables por los hechos y opiniones contenidos en sus artículos, los cuales no reflejan necesariamente la opinión de REPERTORIO CIENTÍFICO ni de la UNED. El material gráfico fue cedido gentilmente por los autores. Se permite la reproducción y traducción de los artículos publicados en esta revista para fines académicos, siempre y cuando se haga mención del autor y de la fuente.

IMPRESO EN COSTA RICA  
en los Talleres Gráficos de la Editorial EUNED  
500 ejemplares

ISSN 1021-6294

## Editorial

*Este número de la Revista Repertorio Científico representa el esfuerzo de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales (ECEN) por dar continuidad a un proyecto que, desde sus inicios, está dirigido a informar y facilitar a la sociedad costarricense temas relacionados con su bienestar y el de los recursos naturales que la rodean, así como evidenciar la forma en que las ciencias exactas contribuyen con nuevos escenarios de desarrollo humano y tecnológico.*

*A lo largo de las comunicaciones de distinguidos autores y autoras, mantenemos un enfoque de reflexión sobre la necesidad urgente de analizar el quehacer de nuestros recursos naturales en función del bienestar humano. De su lectura se rescatan actitudes y valores, las cuales señalan cómo cada persona, sector o comunidad, debe asumir responsabilidades impostergables para beneficio de su entorno natural y de su misma gente. Además, refleja el compromiso ineludible de nuestra Escuela, en correspondencia con lo que debe guiar el quehacer de la Universidad del Estado costarricense, de canalizar la investigación científica hacia el desarrollo humano con conservación de los recursos naturales.*

*El lector de este número podrá disfrutar de variedad de aspectos relacionados con la dinámica de los ecosistemas de Costa Rica y sus componentes específicos, tales son los casos de distribución de poblaciones, relaciones entre bosque natural y sistemas agroforestales, restauración de fragmentos para apoyar corredores biológicos y efectos de obras de infraestructura nacional sobre el recurso natural. De igual forma, los contenidos de la revista permitirán conocer nuevas tendencias de la investigación científica, en este caso referidas a la bioinformática, la simulación de desastres naturales, el estudio de la calidad y actividad microbiana de los suelos y la posibilidad de las empresas rurales de tener protagonismo en la conservación de la diversidad biológica y cultural.*

*En complemento, esta publicación contribuye al debate nacional que en la actualmente convoca a la ciudadanía de Costa Rica, relacionado en este caso con la realidad de los tratados de libre comercio y la acción universitaria que esto implica dentro de su quehacer y compromiso nacional. Asimismo, informa sobre los proyectos y acciones de investigación que impulsa la ECEN.*

*Esperamos que una vez más nuestro estimable lector disfrute de la Revista Repertorio Científico, y lo invitamos a ser parte de este proyecto de responsabilidad social.*

OLMAN DÍAZ SÁNCHEZ  
Director ECEN

LIC. HELVEN

RESUMEN

De acuen  
Acuacultu  
es un impo  
la Costa F  
ha caracte  
y control  
(Sierra, 195  
que los vo  
los últimos  
Playa Lago  
pangas, bu  
que es el i  
langostas.  
zona muy  
Playa Lan  
en la inv  
caracteriza  
de longitu  
entre los c  
alcanzado  
hembras r  
para la soi

Con base  
capturas 1  
alcanzado  
cefalotoráx  
madurez s  
seguimient  
vigilancia

\* Estudian  
UNED.

## Pesquería de langosta (*Panulirus gracilis*) en Playa Lagarto, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica

LIC. HELVEN NARANJO\*

### RESUMEN

De acuerdo con el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), la langosta *Panulirus gracilis* es un importante recurso para los pescadores artesanales en la Costa Pacífica de Costa Rica. La pesca de esta especie se ha caracterizado por la carencia de medidas de regulación y control que aseguren la sostenibilidad de la población (Sierra, 1995). En las estadísticas de INCOPECA se observa que los volúmenes de extracción para esta especie durante los últimos dos años han disminuido considerablemente. En Playa Lagarto, Guanacaste, la pesca se realiza por medio de pangas, buceo a compresor, equipo de buceo y el "bichero" que es el instrumento más utilizado en la captura de las langostas. Las áreas de buceo están distribuidas en una zona muy amplia que va desde Playa San Juanillo hasta Playa Langosta. Por medio de las mediciones efectuadas en la investigación se determinó que esta pesquería se caracteriza por la extracción de langostas de 6,1 cm a 14 cm de longitud cefalotorácica. Se capturaron 103 ejemplares entre los cuales se encontraron 29 individuos que no han alcanzado la primera madurez sexual; además de 11 hembras reproductoras, lo cual podría significar un riesgo para la sostenibilidad de la pesquería en un futuro.

Con base en el estudio realizado se recomienda que las capturas tengan lugar con individuos que ya hayan alcanzado la talla de 8 centímetros de longitud cefalotorácica, correspondiente con la talla de la primera madurez sexual. Además intensificar estudios biológicos, seguimiento y evaluación de la pesquería, control y vigilancia más eficiente por parte de los organismos

oficiales, sustituir la práctica del buceo por métodos más seguros para el pescador (uso de trampas), suprimir el método de extracción de ganchos y limitar el esfuerzo de pesca a través de una entrada limitada a la pesquería, en conjunto con la implementación de programas de educación y capacitación a los pescadores.

### ABSTRACT

According to the Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) the lobster, *Panulirus gracilis*, is an important resource for artisan fishermen on the Pacific Coast of Costa Rica. The harvesting of this specie has been characterized by deficient regulation and control to assure the sustainability of the population (Sierra, 1995). In the statistics of INCOPECA it is observed that the volumes of extraction for this one species during the last two years have diminished considerably. In Playa Lagarto of Guanacaste, fishing is done by means of pangas (small boat), compressor diving, diving gear and the "bichero", the most used instrument in the capture of the lobsters. The diving areas are distributed in a very broad zone that goes from Playa San Juanillo to Playa Langosta. By means of measurements conducted in this research, it was determined that this fishing is characterized by the extraction of lobsters of 6,1 cm to 14 cm in head to thorax length. 103 specimens were captured of which 29 individuals had not reached the first sexual maturity, in addition to 11 reproductive females, which could mean a risk for the sustainability of fishing in the future.

Based on the study done here it is recommended that the captures take place with individuals that have reached a length of 8 centimetres from head to thorax, corresponding to the size of first sexual maturity. Additional

\* Estudiante de la carrera de Conservación de Recursos Naturales, UNED. Correo electrónico: helvenn@hotmail.com

recommendations include intensifying biological studies, following up on and evaluating fishing, control and more efficient monitoring by the official organizations, replacing the practice of the diving by safer methods for the fisherman (use of traps), suppressing the method of hook extraction and limiting fishing, together with the implementation of programs of education and training of fishermen.

**PALABRAS CLAVE**

Diagnóstico, pesca, langosta, conservación, recomendaciones.

**KEY WORDS**

Diagnosis, fishing, lobster, conservation, recommendations.

**INTRODUCCIÓN**

El análisis del sector pesquero costarricense advierte que los recursos del mar territorial son finitos. En los últimos diez años hay una tendencia al mayor aprovechamiento de los recursos de alta mar, junto con la reducción de los desembarques de capturas de especies costeras, lugares donde la población de langostas se ha deteriorado a causa de la sobre pesca y la contaminación. De 1992 a 2001 se duplicaron los desembarques totales, incremento ocasionado por un aporte cada vez más significativo de las capturas de especies pelágicas. El proceso expansivo de la pesca de altura

debe verse con cautela, pues compite con la industria pesquera internacional y reduce las opciones para la gran mayoría de pescadores artesanales. El daño colateral de la pesca de especies no deseadas todavía no ha sido atendido adecuadamente y puede estar comprometiendo la supervivencia de tortugas marinas, entre otras. El reto para los próximos años consiste en implementar una visión de desarrollo pesquero que atienda las necesidades del bienestar social y, a la vez, salvaguarde la sostenibilidad del uso de los recursos pelágicos y costeros, así como la salud del ecosistema marino (Estado de la Nación, 2001).

El sector pesquero costarricense es principalmente artesanal y se desempeña en su mayoría en las aguas del Pacífico. En el 2001, la flota pesquera del país constaba de 2434 embarcaciones, el 70,7% de ellas eran pequeñas embarcaciones artesanales (pangas y botes), el 22,0% lanchas (palangre) y el 7,2% semi-industriales (camaroneras y palangre). En el Caribe había únicamente 230 embarcaciones (9,5%), en su mayoría pangas (INCOPEPESCA, 2001).

En el Cuadro 1 se muestra la dinámica de la extracción langostera en el litoral Pacífico de Costa Rica durante los años 2000 a 2003. Estos datos fueron extraídos de las estadísticas de pesca que reporta INCOPEPESCA sobre el desembarque de langosta en los puestos de recibo del litoral Pacífico.

CUADRO 1  
Distribución de las capturas de langosta *Panulirus gracilis* durante los años 2000 al 2003 en el litoral Pacífico de Costa Rica según INCOPEPESCA, 2003. Información en kilogramos

AÑOS/ KILOS	MESES												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
2000	1026	1336	304	357	616	1224	921	864	764	2002	3725	1147	14289
2001	926	625	923	1350	1296	2580	1915	1750	2120	1236	881	1218	16820
2002	581	491	530	572	801	801	1415	1115	861	995	1567	944	10673
2003	978	262	816	434	766	299	598	494	47	4	924	156	5778

Se observó en el 2001 y que el volumen de capturas que provocó el problema pero se creó un esfuerzo adicional siendo afectado.

En Costa Rica, las zonas marino-terrestres requieren medidas de conservación óptimas para garantizar los recursos pesqueros. La razón que justifica esta evaluación es la alta demanda de la langosta en la zona de F. Según estimaciones en Puntarenas, esta especie presenta cambios de comportamiento por el exceso e intensidad de la

Playa Lagartos de pesca costera en el Norte de Costa Rica. Las artes de pesca en el litoral Pacífico muestran un aumento en los desembarques de los pescadores. Aunque se ha comprobado que se capturan langostas de primer orden, como resultado de las pesquerías

*Panulirus* en las zonas circundantes, ocasionando impactos generalizados en las profundidades.

a industria  
ones para  
El daño  
as todavía  
uede estar  
tortugas  
imos años  
desarrollo  
bienestar  
ad del uso  
o la salud  
, 2001).

ipalmente  
n las aguas  
a del país  
% de ellas  
(pangas y  
2% semi-  
el Caribe  
3,5%), en

ica de la  
o de Costa  
stos datos  
pesca que  
arque de  
el Pacífico.

TOTAL
14289
16820
10673
5778

Se observa que la mayor captura se obtuvo en el 2001 y que los últimos dos años disminuyeron los volúmenes de pesca considerablemente. Las causas que provocan este hecho no se han podido establecer pero se cree que puede ser por la disminución del esfuerzo pesquero o que la especie puede estar siendo afectada por una pesca irracional.

En Costa Rica la explotación de los recursos marinos se ha caracterizado por la ausencia de medidas de regulación y control que aseguren un óptimo rendimiento y producción sostenida de los recursos extraídos (Sierra, 1995). Es por esta razón que el presente trabajo se enfoca en una evaluación preliminar de la pesquería comercial de la langosta *Panulirus gracilis* que se realiza en la zona de Playa Lagarto en la costa de Guanacaste. Según estudios realizados en la zona de Paquera en Puntarenas, Costa Rica, las poblaciones de esta especie presentan alta fragilidad ante el embate de cambios oceanográficos así como ante la pesca en exceso e indiscriminada.

Playa Lagarto es una de las zonas más significativas de pesca de langosta *Panulirus gracilis* del Pacífico Norte de Costa Rica; sin embargo, las capturas y las artes de pesca han sido poco documentadas en el litoral Pacífico costarricense. Los datos que se muestran indican que las artes de pesca empleadas son los ganchos o bicheros y arpones, en donde el pescador emplea equipo de buceo y compresor. Aunque el equipo empleado es selectivo, se comprobó que la mayoría de las langostas que se capturan se encuentran por debajo de la talla de primera madurez, y esto eventualmente dará como resultado una disminución significativa de las pesquerías a futuro.

*Panulirus gracilis* es una especie que habita en zonas circumlitorales, entre rocas y en grietas y ocasionalmente en la zona intermareal (juveniles), generalmente hasta unos 15 a 22 metros de profundidad, en aguas relativamente turbias.

Presenta afinidad más marcada por fondos de tipo mixto (grava-arena) y es de hábitos nocturnos (Fisher, 1995).

La actividad pesquera en esta zona está regulada por las normas impuestas por el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) y la Ley de Pesca de la Constitución Orgánica. Sin embargo, durante este estudio se comprobó que las medidas de control (vedas) no se cumplen a cabalidad y la vigilancia en estas áreas es muy deficiente.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar preliminarmente la pesquería de langosta *Panulirus gracilis* en la zona de Playa Lagarto en Santa Cruz, Guanacaste.

### Objetivos específicos

1. Identificar las artes de pesca que emplea el pescador comercial y cuantificar el número de pescadores que se dedican a la extracción de langosta *Panulirus gracilis* en la zona de Playa Lagarto.
2. Establecer, mediante una distribución en clases de longitud cefalotorácica, los tamaños de las langostas que se capturan en la zona de Playa Lagarto.
3. Determinar las áreas de mayor presión de pesca de langosta en la zona de Playa Lagarto.
4. Dar recomendaciones para el aprovechamiento sostenido en la pesquería de la langosta *Panulirus gracilis* en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La duración del proyecto fue de 2 meses, se realizó un muestreo cada 2 semanas por mes para un total de 4 muestreos y se distribuyó de la siguiente manera (ver Cuadro 2).

CUADRO 2

Cronograma de los muestreos y entrevistas realizadas en Playa Lagarto para el diagnóstico de la pesquería de langosta (*Panulirus gracilis*) en el año 2004

MESES							
I	II						
SEMANAS							
I	II	III	IV	I	II	III	IV
X		X			X		X

Del 2 al 8 de marzo del 2004 se realizó el primer muestreo.

El segundo muestreo se efectuó del 15 al 21 de marzo.

El tercer muestreo del 5 al 11 de abril y el último muestreo del 19 al 25 de ese mismo mes.

El presente estudio se realizó en Playa Lagarto ubicada en el distrito 27 de Abril perteneciente al cantón de Santa Cruz en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Latitud 10°8'25" Norte. Longitud 85°41'05" Oeste (ver Figura 1).

Las áreas de buceo están distribuidas en una zona muy amplia que va desde Playa San Juanillo hasta Playa Langosta.

Para determinar los métodos de extracción de langosta en Playa Lagarto se utilizaron observaciones de campo y entrevistas abiertas con 16 de los pescadores que viven en la comunidad de Playa Lagarto.

Para determinar las áreas de mayor captura de langostas se procedió a visitar las zonas de buceo

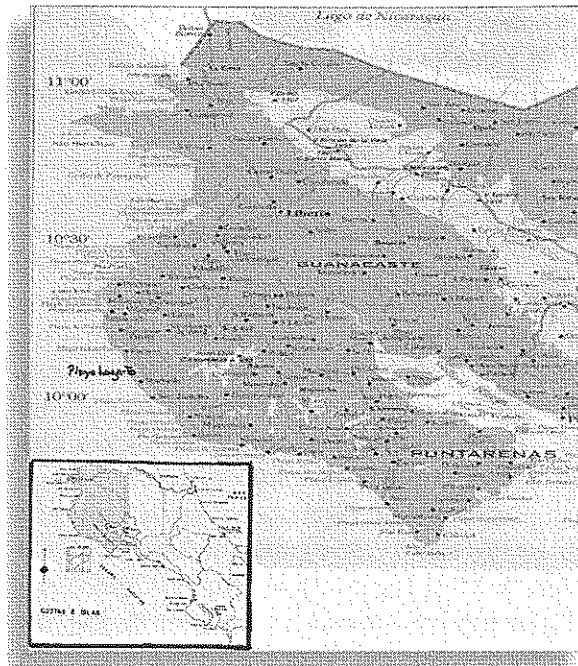


FIGURA 1  
Ubicación geográfica de Playa Lagarto en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Las áreas de buceo están distribuidas en una zona muy amplia que va desde Playa San Juanillo hasta Playa Langosta.

junto con los pescadores locales, basándonos en indicadores o puntos de referencia en tierra que los buceadores más experimentados podían identificar desde el mar.

Para esto se utilizó un mapa de la zona y se procedió a señalar los lugares de inmersión y en forma paralela se determinaron aquellas características morfo-geográficas en el litoral que nos permitían ubicarnos.

Se trabajó en conjunto con los pescadores locales en la revisión de la captura diaria en los recibideros de Playa Lagarto entre los meses de marzo y abril del 2004. Se procedió a revisar y analizar individualmente las 103 langostas que en total se estudiaron, para recoger datos biométricos, peso total, longitud cefalotorácica y sexo. Luego

se desarro  
cefalotorá:  
realizar un  
comparaci  
capturand

Antes de  
individuo.  
siguientes

- Peso t  
balan:  
de +0

- Deter  
obser  
pares  
mach

- Para  
(LCF)  
+0,01  
rostro  
hasta

- La m  
midió  
superi  
anteri  
del te

## RESULTAD

Playa Lag:  
800 metro  
con arreci  
sumergida  
estero cor  
agua. No  
movilizaci



FIGURA 1  
 en Santa Cruz,  
 a, Costa Rica.  
 una zona muy  
 ya langosta.

asándonos  
 a en tierra  
 los podían

se procedió  
 en forma  
 características  
 permitían

ores locales  
 recipientes  
 e marzo y  
 y analizar  
 te en total  
 biométricos,  
 exo. Luego

se desarrolló una correlación entre la longitud cefalotorácica y el número de individuos, para realizar una clasificación y calcular, por medio de comparaciones bibliográficas, a qué edad se están capturando las langostas en Playa Lagarto.

Antes de la congelación del recurso, los 103 individuos muestreados fueron sometidos a las siguientes mediciones biométricas:

- Peso total del ejemplar, se tomó a través de una balanza marca Alton con una incertidumbre de  $\pm 0,05$ .
- Determinación del sexo mediante la observación y distinción entre los pleópodos pares de la hembra y los simples de los machos.
- Para la medida de longitud del cefalotórax (LCF) se utilizó un pie de rey marca Scala con  $\pm 0,01$  de precisión. Se midió desde el centro del rostro ubicado entre los dos cuernos frontales hasta el borde posterior del cefalotórax.
- La medida de longitud de la cola (LC), se midió cuando la cola se encontraba sobre una superficie plana, desde el centro del borde anterior del abdomen hasta el borde posterior del telson.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Playa Lagarto posee una extensión aproximada de 800 metros. Está dispuesta en forma de ensenada con arrecifes a los costados, rocas a flor de agua y sumergidas. En el sector sureste existe un pequeño estero con suave pendiente que hace escurrir el agua. No presenta fuerte oleaje, lo que facilita la movilización de las pangas.

La pesquería de langosta *Panulirus gracilis* en Playa Lagarto es artesanal, el trabajo lo realizan personas de bajo nivel económico y por sus características depende de los intermediarios.

Una de las actividades económicas más importantes en esta zona es la extracción de productos del mar como pargo (*Lutjanus vivamus*), cambute (*Strombus galeatus*), langosta (*Panulirus gracilis*), cabrilla (*Parancetropristis cabrilla*), pulpo (*Octopus vulgaris*), etc.

La actividad pesquera está constituida por aproximadamente 25 pescadores que viven en el lugar o en una comunidad cercana llamada Venado. La mayoría de ellos no son propietarios de los equipos con los cuales trabajan, sino que reciben un porcentaje de las ganancias, ya que el dueño del equipo es el que les paga el producto.

Se determinó que el compresor y el "bichero" o gancho son las herramientas más utilizadas en la extracción de langosta en Playa Lagarto. El compresor es una bomba que cumple la función de generar oxígeno, este oxígeno es suministrado al buceador a través de una manguera larga. El gancho o "bichero" consiste en una varilla de hierro o acero inoxidable de aproximadamente un metro de largo el cual posee en un extremo un anzuelo grande unido con un alambre de cobre. El "bichero" es una herramienta que permite enganchar las langostas desde las zonas frontal y transversal del cefalotórax, dañando sus órganos vitales, por lo cual las langostas mueren casi en el instante. Durante el día las langostas pasan escondidas entre rocas y dentro de cavernas, por lo que los buceadores deben sacarlas con la ayuda del "bichero" antes de capturarlas.

En Playa Lagarto 7 pangas con motores fuera de borda se dedican a la explotación de la langosta verde *Panulirus gracilis*. Las pangas están construidas con una combinación de madera, fibra y resina.

Los motores poseen una potencia aproximada de 25 caballos de fuerza. Los buzos trabajan con compresores y recogen aproximadamente 3,5 kilos de langosta entera diarios. En esta área se utiliza el gancho o "bichero" para la captura de la langosta y es una práctica común entre los pescadores el quitar los huevos del abdomen de las hembras ovígeras. Cada panga transporta tres trabajadores, de los cuales dos son los encargados de la captura del producto. Cabe mencionar que en las áreas de buceo no solamente se captura langosta, sino también se extrae cambute y pescado con ayuda de arpones.

En esta playa, en los últimos años, ha aumentado el número de accidentes por problemas de descompresión al hacer inmersiones profundas o de larga duración. Esto se debe a que una gran mayoría de los pescadores son buzos empíricos y desconocen la importancia de la debida descompresión.

Los pescadores que explotan la langosta se muestran preocupados porque aseguran que cada día es más escaso el recurso y esta escasez se refleja en el aumento del precio del producto que oscila entre los US\$15,87 y US\$22,67 (según el tipo de cambio de marzo, 2004) el kilo. La disminución más evidente del recurso la reportan los pescadores que solían bucear autónomamente y en aguas someras.

Resulta evidente que la pesca de langosta por medio del buceo es un método perjudicial para el recurso e inseguro para el pescador. Sin embargo, para los pescadores resulta provechoso debido a que la inversión inicial no es alta y pueden amortizarla rápidamente (Fuentes, 1988).

Al igual que en la mayoría de las pesquerías artesanales del país, no existe en este caso una base de información suficiente sobre captura, esfuerzo pesquero y estructura poblacional que sirva para evaluar el recurso a nivel nacional.

En la *Figura 2* se muestran las 12 principales zonas de buceo donde son capturadas las langostas *Panulirus gracilis*. Estos sitios se encuentran bien identificados por parte de los pescadores de la zona debido a que presentan características morfológicas (rocas y arrecifes) idóneas que permiten la abundancia de estos organismos.

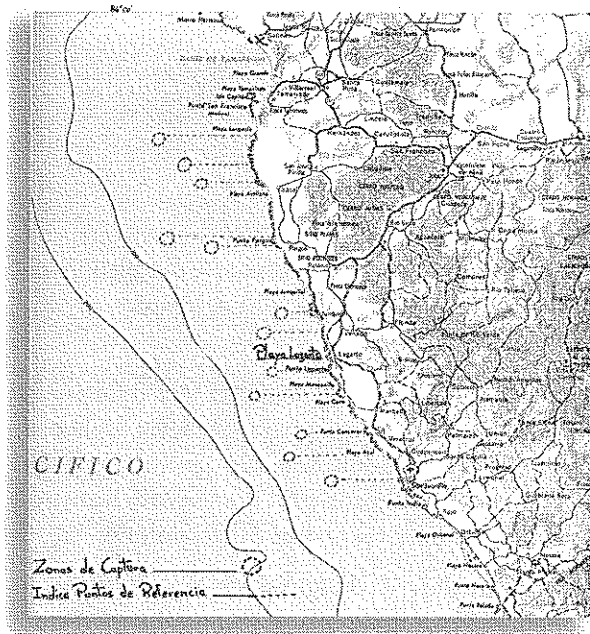


FIGURA 2

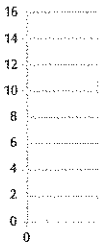
Zonas de captura de langostas *Panulirus gracilis* y puntos de referencia en el litoral de la costa Pacífico Norte en Guanacaste, Nicoya CR2CM-4. Escala 1:200 000, 1988. Los 11 sitios de buceo se encuentran bien identificados por parte de los pescadores de la zona debido a que presentan características morfológicas (rocas y arrecifes) que permiten la abundancia de la especie.

Los 12 sitios de buceo se encuentran bien identificados por parte de los pescadores de la zona debido a que presentan características morfológicas (rocas y arrecifes) que permiten la abundancia de la especie. <sup>8</sup>

Cabe mencionar que estos sitios son frecuentados por los buceadores no solo por la extracción de la langosta sino también por la extracción de cambute, pulpo y pescado.

En total 69 eran 11 ovígeras cefalotor debajo d INCOPE cefalotor a 12 se encontra

En la *Fi* total y hembras debajo c corporal mínima



Distrib. *Panulirus* Playa lag

Un total de ellos de LCF. 13,7 cm 120 gram

En la tot que un debajo d están ent un 38,8% correspon 14 de lor

principales  
s langostas  
ntran bien  
adores de  
acterísticas  
neas que  
smos.



FIGURA 2  
is y puntos de  
rte en Guana-  
000, 1988.  
ntificados por  
ue presentan  
e permiten la  
de la especie.

ntan bien  
adores de  
acterísticas  
ermiten la  
  
ecuentados  
racción de  
racción de

En total se muestrearon 103 langostas de las cuales 69 eran machos y 34 hembras, encontrándose 11 ovígeras. Con respecto a las tallas de longitud cefalotorácica, se encontraron 41 ejemplares por debajo de la talla mínima de 8 cm impuesta por el INCOPESCA en 1990; de 8,1 a 9 cm de longitud cefalotorácica se obtuvieron 13 langostas; de 9,1 cm a 12 se encontraron 40 y de 12,1 cm a 14 cm se encontraron 9.

En la *Figura 3* se ilustra la relación entre el peso total y la longitud cefalotorácica en ejemplares hembras. En éstos se destacan 9 individuos por debajo de la talla mínima. La máxima de peso corporal fue de 495 g con 13,8 cm de LCF. La mínima fue de 140 g con 6,2 cm de LCF.

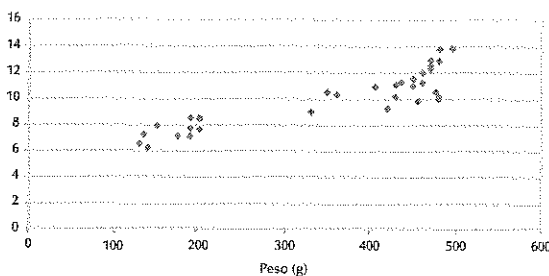


FIGURA 3  
Distribución por tallas de LCF y peso en la captura de *Panulirus gracilis* hembras, obtenida por los pescadores de Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. (marzo-abril, 2004)

Un total de 69 de los 103 ejemplares eran machos de ellos 29 se encontraban por debajo de los 8 cm de LCF. El mayor peso corporal fue de 490 g con 13,7 cm de LCF. El mínimo peso reportado fue de 120 gramos con 6,1 cm de LCF (*ver Figura 4*).

En la totalidad de los datos muestreados se presenta que un 39,8% de especímenes se encuentran por debajo de 8 cm de longitud cefalotorácica; un 12,6% están entre 8,1 cm a 9 cm de longitud cefalotorácica; un 38,8% entre 9 y 12 cm de LCF y un 8,7% corresponde a individuos que están entre 12,1 cm a 14 de longitud cefalotorácica (*ver Figura 5*).

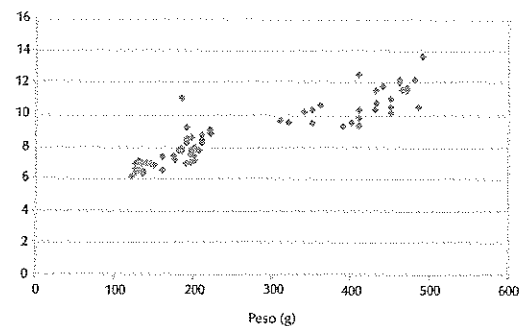


FIGURA 4  
Distribución por tallas de LCF y peso en la captura de *Panulirus gracilis* machos, obtenida por los pescadores de Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. (marzo-abril, 2004)

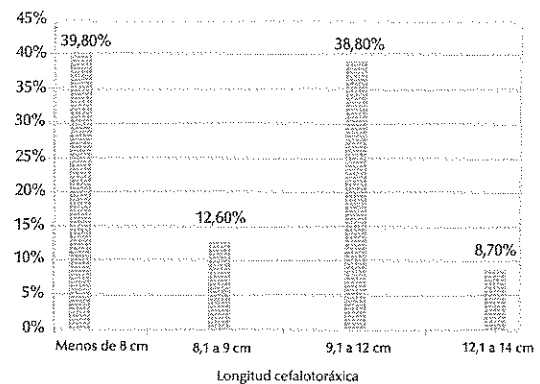


FIGURA 5  
Distribución porcentual en clases de longitud cefalotorácica en las capturas de *Panulirus gracilis* obtenida por los pescadores de Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. (marzo-abril, 2004).

El peso promedio fue de 294,75 + 139,57 (promedio + desviación estándar). Para las hembras capturadas el peso promedio fue de 340,44 g + 138,57 (promedio + desviación estándar). Para los machos el peso promedio fue de 269 g + 127,09 (promedio + desviación estándar).

En cuanto a la longitud cefalotorácica, se obtuvo un promedio total de 9,1 cm + 3,9 (promedio + desviación estándar). Para los machos la media de longitud cefalotorácica fue de 9,03 cm + 1,8 (promedio + desviación estándar), y para las hembras el promedio fue de 9,46 cm + 2,18 (promedio + desviación estándar).

La captura que presentó un mayor porcentaje corresponde a individuos jóvenes que no han alcanzado su primera madurez sexual. Esta situación, aunada a la captura indiscriminada de hembras ovígeras, puede afectar la capacidad de renovación natural que posee esta especie, lo cual puede repercutir posteriormente en las épocas reproductivas, confiriéndoles a dichos periodos una inestabilidad de riesgo que puede disminuir significativamente el reclutamiento actual.

Además, se observa que el resto de individuos, aproximadamente un 60,1%, cumplen con la reglamentación de una talla óptima de comercialización, y probablemente se han reproducido por primera vez.

En lo que se refiere a la longitud de la cola, se obtuvo un promedio de 10,5 cm + 2,02 (promedio + desviación estándar). En machos el promedio fue de 9,97 cm + 2,53 (promedio + desviación estándar) y en hembras la media fue de 11,48 cm + 2,15 (promedio + desviación estándar).

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las capturas de langostas por parte de los pescadores de Playa Lagarto fueron muy fluctuantes durante este estudio. Los factores que contribuyen a tal disparidad varían desde el mismo ánimo del pescador-buceador a factores bióticos y abióticos de la especie y su medio, tales como abundancia y distribución y hasta visibilidad en la columna de agua. La visibilidad en la columna diaria suele ser el determinante en la pesca diaria. Precipitación en exceso, corrientes fuertes, frentes oscuras de aguas sucias, afloramientos de plancton, mareas grandes como producto del cambio de la luna y el oleaje son todos factores con repercusiones negativas en

la pesca de langosta porque enturbian el agua y dificultan la pesca.

El Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura establece en el documento publicado en *La Gaceta* 109 de junio del 2000 que la captura mínima para la langosta *Panulirus gracilis* es de 80 mm de longitud de cefalotórax. Este tamaño coincide con la talla de primera madurez y permite la reproducción de la especie por lo menos una vez, sin embargo como se pudo observar en este estudio, una cantidad considerable de langosta es capturada por los pescadores de Playa Lagarto antes de llegar a esa talla, reduciéndose así el número de reproductores y la estabilidad de las poblaciones de langostas en el futuro. Por lo tanto, se recomienda que la captura solo tenga lugar con ejemplares que alcanzan la talla especificada. Se recomienda además una mayor investigación en el esfuerzo de captura, lugares de crecimiento, estimaciones de biomasa pre y pos-recluta a la población y manejo consciente del recurso con medidas de preservación.

### SE PROPONE TAMBIÉN

- Intensificar los estudios biológicos, sobre todo los de dinámica (crecimiento, reclutamiento, mortalidad, migración y reproducción, entre otros).
- Es necesario mantener un seguimiento y evaluación de la pesquería, a través del cual se puedan medir los actuales niveles de explotación.
- Es necesario un control y vigilancia más eficiente por parte de los organismos oficiales, sobre la pesca del recurso, en los puertos de desembarque; en función de una mayor efectividad de la resolución que regula la explotación de este.

- Sustituir más el uso del agua protegida.
- Suprimir la extracción de las larvas de la población al tener mayor riesgo. Esto, en la perjuicio que ve más langostas varilla metro cobre la captura desliza engan mano manti invers
- Capturar prime
- Limitar el entrac de p. explor. adecu. pesca pescac

el agua y

acuicultura  
*La Gaceta*  
 ra mínima  
 de 80 mm  
 o coincide  
 permite la  
 nenos una  
 var en este  
 le langosta  
 ya Lagarto  
 lose así el  
 bilidad de  
 futuro. Por  
 ptura solo  
 zan la talla  
 una mayor  
 ra, lugares  
 nasa pre y  
 consciente  
 ón.

sobre todo  
 utamiento,  
 ción, entre

imiento y  
 és del cual  
 niveles de

lancia más  
 organismos  
 rso, en los  
 ón de una  
 que regula

- Sustituir la práctica del buceo por métodos más seguros para el pescador, tales como el uso de refugios y trampas que, además, protegen al recurso, al permitir regresar al agua las langostas sublegales.
- Suprimir el método de ganchos y arpones en la extracción de langosta debido a que barre con las langostas de zonas someras, dispersando la población y aumentando la mortalidad natural al tener que desplazarse las langostas distancias mayores en su búsqueda de pareja, aumentando los riesgos de ser depredadas (Davis, 1977). Esto, a mediano plazo, provoca un descenso en la captura por unidad de esfuerzo, que perjudica, además de al recurso, al pescador, que ve así mermadas sus ganancias. La práctica más recomendable para la extracción de langosta es el uso del *esling*, que consiste en una varilla liviana y fuerte de aproximadamente un metro de longitud con una soga de alambre de cobre en forma de anillo en un extremo. Para la captura de langosta, los buceadores deben deslizar la soga sobre la cola de la langosta, engancharla con fuerza y sostenerla con la mano libre hasta la superficie. Este método mantiene el recurso vivo y no requiere mayor inversión para el equipo.
- Capturar langostas después de la talla de primera madurez sexual.
- Limitar el esfuerzo de pesca a través de una entrada limitada a la pesquería. Esto, además de proteger el recurso de una excesiva explotación, asegura una distribución más adecuada de las ganancias generadas por la pesca y garantiza un ingreso aceptable a los pescadores.
- Es recomendable mantener la resolución vigente, que norma la explotación, hasta tanto se obtengan resultados más amplios sobre la dinámica poblacional y pesquera del recurso.
- Formular e implementar programas de educación ambiental y capacitación entre los pecadores de la zona acerca del ciclo de vida de la langosta *Panulirus gracilis* y los métodos para lograr un aprovechamiento sostenido del recurso.

#### BIBLIOGRAFÍA

- DAVIS, G. E., 1977. "Effects of Recreational Harvest on a Spiny Lobster *Panulirus argus*, Population". *Bull. Mar. Sci.* 27: 233-236.
- PROYECTO ESTADO DE LA NACIÓN, 2001. *Octavo informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, Costa Rica.
- INCOPESCA, 2001. *Informe de labores 2000-2001*. San José: Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.
- FISHER, W. Krupp Carpenter, 1995. *Guía FAO para la identificación de especies con fines de pesca*. Volumen I.
- FUENTES, C. D., 1988. "Avances de un análisis comparativo de la pesca de langosta con trampas y por buceo en el Caribe mexicano". *Bol. Comité Tec. Consul*. Programa Langosta Golfo de México y Caribe.
- SIERRA, M. L., 1995. *Recursos pesqueros en el litoral Caribe*. Santo Domingo de Heredia: Universidad Nacional.

## El contexto contemporáneo de los tratados de libre comercio, y la acción universitaria

MBA. MARÍA EUGENIA BOZZOLI\*

### RESUMEN

Los alcances del cambio tan rotundo que significan los esquemas de globalización en la vida y orientaciones de nuestra nación, obligan a las universidades a ilustrar a la ciudadanía sobre ellos para que pueda tomar sus previsiones. El TLC CAFTA-DR ejemplifica una forma extrema de la corriente neoliberal –y geopolítica– que empuja a la humanidad en lo que lleva del siglo XXI. Entre diversas tareas ya emprendidas por las universidades, está el generar entendimiento crítico del contexto en que se obliga al país a tratados como los TLC.

Tales tratados implican la mundialización de la economía, los procesos contestatarios, la posibilidad de desaparecer como sociedad estatal, sociedades del conocimiento y de la información. Se vislumbran por los menos tres retos para la Universidad: a) educar y producir conocimiento no solamente para el sector favorecido por la actual globalización económica, sino también para los excluidos; b) aportar para la eliminación de la llamada brecha digital; c) impulsar modelos de desarrollo apropiados a las particularidades de cada colectividad humana.

### ABSTRACT

Present day economic globalization means profound changes in the life and orientations of our country. Universities must enlighten citizens about such changes so they can deal with the challenges in better ways. The Central American-Dominican Republic-USA Free Trade Agreement exemplifies an extreme form of the economic and geo-political current that pushes humanity in the 21st century. Universities have already generated critical

*understanding of the context which compels the country to accept free trade agreements.*

*Among the topics dealt with are current world economic processes and reactions against them; the possibility of disappearance of present state society; the societies of knowledge and information. At least three challenges are anticipated for the university: (a) To educate and produce knowledge for all sectors and not only for those favored by globalization. (b) To contribute ways to bridge the so-called digital gap. (c) To work on models of development that are appropriate for the different human collectivities.*

### PALABRAS CLAVE

*Neoliberalismo, globalización económica, desarrollo, sociedad estatal, sociedad del conocimiento, altermundialización.*

### KEY WORDS

*Neoliberalism, economic globalization, development, state society, knowledge society, alternative globalization.*

### INTRODUCCIÓN

A partir del decenio de 1980 Costa Rica se ha considerado un país de vanguardia en la apertura comercial (Programa Estado de La Nación, 2004:52; Antillón *et al*, 2005:5). De esta forma en los últimos 25 años se ha confiado más en la apertura por medio de tratados internacionales de comercio que en la búsqueda de proyectos específicos destinados al desarrollo.

\* Profesora de la Escuela de Antropología de la Universidad de Costa Rica.

Las n  
contemp  
las vision  
aplicable  
país. No  
por sus  
moderac  
de pobr  
pobres.  
de la ins  
de viol  
desorder  
embargo  
ve posi  
los mer  
la vigen  
abreviad

En ese e  
mucha c  
país, no  
discusión  
Pero los  
significa  
nación,  
ilustrar a  
tomar su

Este artí  
que sí ge  
preocup  
costarric  
una for  
geopolít  
que lleva

Entre d  
universic  
relaciona

1. Desde 2  
las disci  
*et. al.*, n

Las referencias siguientes al contexto contemporáneo favorecedor de esos tratados, y a las visiones universitarias sobre esa situación, son aplicables a distintos convenios firmados por el país. No obstante que, a diferencia de lo planteado por sus defensores, este modelo ha tenido efecto moderado en el empleo, no resolvió problemas de pobreza y ensanchó la brecha entre ricos y pobres. Asimismo, se le relaciona con el aumento de la inseguridad ciudadana, las múltiples formas de violencia, la inmigración, la urbanización desordenada y otras situaciones negativas. Sin embargo, en el contexto de la globalización se ve positivamente que se continúen abriendo los mercados al comercio internacional, de ahí la vigencia de los tratados de libre comercio, abreviados con las siglas TLC<sup>1</sup>.

En ese espíritu de los tiempos, de atribuirles, sin mucha criticidad, gran valor para el avance del país, no han generado polémicas intensas, solo discusión de los detalles más finos de los acuerdos. Pero los alcances del cambio tan rotundo que significan en la vida y orientaciones de nuestra nación, implican que las universidades deben ilustrar a la ciudadanía sobre ellos para que pueda tomar sus previsiones.

Este artículo se escribe por uno de esos tratados que sí generó –y continuará generando– interés y preocupación, controversia y opinión entre los y las costarricenses; acuerdo comercial que ejemplifica una forma extrema de la corriente económica –y geopolítica– que empuja a la humanidad en lo que lleva del siglo XXI.

Entre diversas tareas ya emprendidas por las universidades –y que deberán continuar– relacionadas con la investigación y la explicación

de la globalización, la privatización de servicios y recursos, los TLC, el crecimiento de las empresas transnacionales, el liberalismo económico o neoliberalismo imperante, y temas semejantes; está el generar entendimiento –lo cual no significa aprobación– acerca del contexto en que se impone al país el Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos de América Centroamérica y República Dominicana (también conocido como CAFTADR por sus siglas en inglés, simplificado CAFTA).

Las cuatro universidades estatales principalmente, en forma intensa desde 2003, han mantenido a la opinión pública informada e interesada en el asunto mediante conferencias semanales, foros en las aulas y en los medios audiovisuales con que cuentan, libros, artículos, declaraciones de sus autoridades, e incluso el haber dado a conocer la obra cinematográfica de Ortega, *et al.* (2006).

Tal como corresponde a las universidades, ellas alimentaron los debates en el sector de opinión deseoso de un mayor entendimiento del contenido del TLC-CAFTA y más preocupado por el acontecer del país (universitarios, profesionales de distintas áreas, líderes sindicales, lectores de los periódicos, seguidores de las noticias en los medios de comunicación colectiva, empresarios, entre otros). Los análisis y discusiones alrededor del asunto ahondaron las diferencias de interpretación del texto del tratado, en lugar de eliminarlas o de moderarlas. Por eso el TLC-CAFTA seguirá manteniendo dividida la opinión costarricense. Se advierte que no solamente el sistema universitario se ocupa del asunto. También lo hacen otras instancias nacionales, de manera independiente, aunque no necesariamente desligadas de las visiones universitarias al respecto. Algunos de sus voceros fueron partícipes en las discusiones y comentarios, o bien asistieron a las actividades o leyeron lo publicado por las universidades.

1. Desde 2003, dicho tratado se conoce públicamente e igualmente las discusiones generadas (véase, por ejemplo, Sandoval Carvajal *et. al.*, marzo, 2004).

Entre las modalidades extra-universitarias de discusión y análisis están:

- a) la de los partidos políticos, dado el hecho de que la publicación del tratado TLC-CAFTA coincidió con la campaña política previa a la elección presidencial de 2006; algunos partidos se manifestaron a favor del tratado, y otros adoptaron perspectivas opuestas a su ratificación, o bien, en favor de la renegociación, debido a contenidos de dudosa o negativa conveniencia para el país;
- b) la que provino y proviene del sector que saldría más beneficiado con los términos del texto publicado, vinculado con empresarios exportadores e importadores. Sus análisis también fueron objeto de foros y material escrito (por ejemplo, Govaere Vicarioli, Ocampo Sánchez, 2006), pero una de sus estrategias informativas notables fue el haberse dirigido al público en general, en forma intensa, mediante los medios de comunicación colectiva, substituyendo en gran medida el debate por una forma de publicidad al estilo de la que se utiliza para vender un producto, con mensajes cortos a favor de, exigentes de, la aprobación de la propuesta, sin argumentos conducentes a su evaluación crítica;
- c) las organizaciones de trabajadores y los medios de comunicación del país, tales como la radio y la televisión, también han tenido su papel en la discusión, sea con sesgo hacia la posición en contra, o hacia la posición a favor, del TLC-CAFTA.

Entonces, como el lector ha tenido o tendrá acceso a los detalles específicos del tratado, pues la voz y la tinta derramadas sobre ese asunto en los últimos tres años no han cesado de discurrir —en los seis sentidos que da el *Diccionario de la Academia Española de la Lengua*, este artículo no enfatiza en ellos, sino más bien, en condiciones

internacionales que han dado lugar a los TLC.

## EL CONTEXTO ACTUAL:

### LA MUNDIALIZACIÓN DE LA ECONOMÍA

#### *Estado vs. Mercado*

A fines de la Segunda Guerra Mundial se reafirman los Estados como los vehículos idóneos para el desarrollo económico, las reformas sociales y políticas consecuentes con la modernidad, y la promoción de avances científicos y humanistas relacionados con el bienestar de los ciudadanos. Cuarenta años más tarde, de la década del ochenta en adelante, se asiste a un cambio notable de visión sobre el papel del Estado, se imponen globalmente los objetivos económicos del capitalismo; los mercados, especialmente los internacionales, la libre empresa, la desregulación de la economía, retan y tratan de vencer al pensamiento, a las instituciones y a las relaciones humanas de toda índole, construidas o normadas al amparo del denominado Estado de Bienestar.

Los intereses particulares tendrán más sentido que la solidaridad colectiva al iniciarse el siglo XXI. El liberalismo social, a saber, el del ciudadano a la búsqueda de, y a gusto con, los valores y los derechos iguales para todos, cede su lugar al liberalismo económico, en gran parte su opuesto, pues es el del individuo en competencia con cada semejante, con la racionalidad económica como meta única o principal. Tal como lo explican Max-Neef, Elizalde y Hopehayn (1986), el liberalismo económico, en su modalidad de neoliberalismo monetarista, se caracteriza por: a) impulso al crecimiento económico como fin en sí mismo, pero no el desarrollo en sentido amplio; b) supuestos de racionalidad económica inadaptables a países pobres, en donde la miseria no puede erradicarse como consecuencia de la liberalización de un mercado del cual los pobres están marginados;

c) mercado de poder capaces de económica deriva en insoportable expresión

A la fecha, de la vida l muy difer mayor cor institucion Como dir extrema d separa a la sociales y l a las econó

En esta : universida en la forn capacitan, y la corr creatividad el otro pa universida a las col supuesto, (Bozzoli, 19

#### *Tendenc de los úl*

La global los inicio expansión por una o países, pr de Nortea tendencia la de Occi

los TLC.

A

Mundial se  
los idóneos  
mas sociales  
rnidad, y la  
humanistas  
ciudadanos.  
del ochenta  
ble de visión  
globalmente  
alismo; los  
cionales, la  
u economía,  
iento, a las  
nas de toda  
amparo del

sentido que  
l siglo XXI.  
ciudadano a  
alores y los  
su lugar al  
su opuesto,  
cia con cada  
ómica como  
plican Max-  
liberalismo  
oliberalismo  
impulso al  
mismo, pero  
b) supuestos  
bles a países  
e erradicarse  
ción de un  
ginados;

c) mercados restringidos y oligopólicos. Los grupos de poder económico no se enfrentan a fuerzas capaces de limitar su comportamiento; d) actividad económica orientada hacia la especulación, lo que deriva en resultados concentradores socialmente insoportables. El mercado totalmente libre es su expresión ideal.

A la fecha, primeros años del siglo XXI, la dirección de la vida humana parece haber tomado un rumbo muy diferente, al escindirse en dos vías la previa mayor congruencia o interdependencia entre las instituciones económicas y las otras socioculturales. Como dirá Alain Touraine (2005:257), la forma extrema de capitalismo que es la globalización separa a la economía de las otras instituciones, las sociales y las políticas, que ya no pueden controlar a las económicas.

En esta situación, se puede afirmar que las universidades trabajan con metas contradictorias en la formación de sus educandos: por un lado capacitan, o deberán hacerlo, para la productividad y la competitividad, muy vinculadas con la creatividad promovida por la academia, y por el otro para la solidaridad, en el tanto que las universidades predicán la proyección y servicio a las colectividades. Las contradicciones, por supuesto, admiten diversas formas de mediación (Bozzoli, 1997).

### *Tendencia sociocultural occidental de los últimos siglos y su contestación*

La globalización de finales del siglo XX y los inicios del XXI, caracterizada por la gran expansión del comercio entre países y regiones, y por una concentración de decisiones en algunos países, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, es la culminación de una tendencia económica de una cultura específica, la de Occidente. La tendencia se puede trazar a

siglos antes, cuando se fue dando la expansión europea, la cual tuvo mayor intensidad en ciertos momentos, por ejemplo en el siglo XVI por los viajes alrededor del mundo, o en el siglo XVIII por la revolución industrial. Especialmente esta última condujo a esquemas de desarrollo que colocaban las metas a alcanzar, para los seres humanos, según criterios acordes con el modo de vida de los países desarrollados, basado precisamente en la gran industria.

La internacionalización desregulada de las redes económicas es contestada de diversas maneras:

- a) Por la naturaleza, debido a las diversas formas de contaminación, el cambio climático y la oferta y demanda de recursos naturales, que resultan ser finitos. Se articula entonces una visión de "desarrollo sostenible" a partir de la década de los ochenta; se mantiene, pero no logra imponerse, aunque sí cuenta con avances. Los avances en dirección de la conservación de la naturaleza y del desarrollo sostenible siempre están amenazados porque el esquema económico triunfante en los últimos decenios fue el del liberalismo económico a ultranza, exacerbación de la misma economía que precisamente había causado la crisis de la relación con la naturaleza. Una visión de la buena vida creada por el desarrollo industrial, es la que prevalece, aún cuando se hable de sociedad postindustrial, lo cual no quiere decir que se acabó la industria, todo lo contrario, sino que se le agregaron modalidades permitidas por las tecnologías responsables de crear las denominadas "sociedad de la información" y "sociedad del conocimiento"
- b) Otra contestación al capitalismo extremo paralela a la expansión industrial y post industrial y el comercio derivado de ellas, ha venido de tendencias humanistas por ejemplo, de posiciones religiosas, de cooperación como

las que inspiran ciertas ONG, y otras, que buscan favorecer a quienes resultan excluidos de los beneficios de la economía de mercado.

- c) La expansión de las ideas que privilegian la diversidad cultural, y la mayor conciencia de las identidades, desafían, se oponen, a la uniformidad cultural expandida por la globalización.
- d) Los movimientos de la altermundialización, de índole global (Touraine, 2005:16, 41, 42), frente a las políticas de la Organización Mundial de Comercio, del Fondo Monetario Internacional y otras tales entidades de la globalización económica, defienden intereses locales y nacionales, por ejemplo, los de los productores medianos y pequeños, las minorías y el entorno, y combaten la pretensión de eliminar todas las formas de regulación social y política de la actividad económica.
- e) A lo interno de la corriente neoliberal abreviada como "Mercado", también toman lugar fuerzas disociadoras. Por ejemplo, Cardoso (2006) afirma:

[...] la idea de los dictados del mercado como soberano supremo de la conducta humana está perdiendo aceleradamente su atractivo entre los grandes públicos...Este descrédito del mercado es posible verlo aparecer o insinuarse en lugares disímiles del planeta. Está en el agotamiento que aparece en la economía central del planeta luego de las experiencias de los quiebres fraudulentos de conglomerados como Enron, o de la invasión y larga ocupación de Irak que, tras la máscara de la seguridad internacional, encubrió la apropiación de recursos energéticos y de negocios bélicos por parte de algunas corporaciones.

Del triunfo de las corrientes de contestación depende de que no ocurran predicciones como la de la desaparición de la sociedad estatal.

### *La posibilidad de desaparecer como sociedad estatal*

El Estado de Bienestar, vigente en el tercio medio del siglo XX tanto en países desarrollados como subdesarrollados, influido por los trabajadores sindicalizados, los partidos políticos inspirados en el socialismo, la socialdemocracia, la democracia cristiana, y otras doctrinas sociales, reconoció la dinámica concentradora del capital, la que entonces se balanceaba con la distribución de beneficios que hacía dicho Estado: seguros contra la enfermedad, programas de vivienda, salarios mínimos, pensiones y otras formas de protección social. Al presente (2006), ni en los países ricos y menos en los pobres, los sectores de ingresos medios y bajos pueden acceder a mejor vida, pues por más que se trabaje, no se puede obtener una situación económica mejorada, aumenta la inequidad, pierden fuerza las conquistas sociales, se sobrevive ilegalmente. Entonces se observan movimientos contestatarios de diversa índole para conservar algo de lo que se tenía, como han sido los servicios públicos estatales, la legislación laboral favorable al trabajador, la seguridad social médica, recuperación de formas del Estado socialista en algunos países, y en general la búsqueda del balance y la vía intermedia entre Estado y Mercado. Lo que está en juego es si se puede recuperar o no la sociedad en la que nos hemos formado, esa enmarcada en el Estado nacional. Las personas costarricenses nos hemos guiado por normas jurídicas y otras legisladas por el sistema estatal, somos identificadas por el Estado al que pertenecemos en las relaciones con pueblos externos al país, tenemos un mapa mental de sociedad propia por el territorio considerado nuestro y nuestra gente conciudadana interactuando en él, nos hemos acostumbrado a la guía y servicios de un conjunto de instituciones, nos adherimos a una cultura nacional, aún si también profesamos culturas particulares, y a otros vínculos socioculturales alrededor de la idea del país y su sociedad.

Sin embar  
predicand  
del Estad  
intervenci  
eliminaci  
crisis las c  
entre paíse  
de demost  
allá de la  
la separaci  
separación  
idea mism  
durante el  
existe cad  
particular  
una vida  
masivo pr  
de la com  
empresas,  
favorecen  
de socied  
institucion  
está en vías

La socieda  
que triunf  
globalizaci  
transforma  
cambio cul  
pequeñas  
comprende  
al TLC-CA  
cultural, es  
ponen en  
costarricen  
basadas en  
personas y  
Rica destac

El pr  
supran  
económ  
Contie

Sin embargo, desde finales del siglo XX se viene predicando la desaparición o la no vigencia del Estado, al tomarse como inevitable su no intervención en la economía, la disminución o eliminación de programas sociales, y al entrar en crisis las definiciones tradicionales de fronteras entre países. En esta línea es que A. Touraine trata de demostrar que: "la globalización significa, más allá de la mundialización de los intercambios, la separación entre la economía y la sociedad, separación que lleva en sí la destrucción de la idea misma de sociedad" (2005:48); "La sociedad, durante el gran período de triunfo del liberalismo, existe cada vez menos: son los mercados, en particular las redes financieras, las que dirigen una vida económica en la que el consumo masivo progresa con rapidez. Las tecnologías de la comunicación facilitan las relaciones entre empresas, ciudades o individuos, más de lo que favorecen la construcción de un nuevo tipo de sociedad" (2005:76); "La autorregulación institucional de las sociedades se ha debilitado, [o] está en vías de desaparición" (2005:86).

La sociedad en vías de desaparición, a menos que triunfen las tendencias contestatarias a la globalización, es la estatal. Esto significa una transformación revolucionaria, y, como cualquier cambio cultural, enfrenta reacciones a su medida, pequeñas o grandes según sus alcances. Se comprenden así las manifestaciones de oposición al TLC-CAFTA, portador de un enorme cambio cultural, especialmente en aquellos dictados que ponen en entredicho la existencia del Estado costarricense. Entre otras muchas declaraciones basadas en análisis del TLC-CAFTA, por parte de personas y entidades, la Universidad de Costa Rica destaca el hecho:

El proyecto de Ley [...] define reglas supranacionales, con consecuencias políticas, económicas y sociales de largo alcance [...] Contiene transformaciones radicales y

profundas en la estructura y funcionamiento del Estado costarricense [...] pérdida de soberanía, [...] de autonomía [...] de capacidad regulatoria [...] Se viola el ordenamiento nacional y el modelo de Estado y sociedad, de carácter social y de bienestar [...]" (Universidad de Costa Rica, 2006:2, 5).

En este sentido, las universidades deberán ponderar si están orientando sus acciones hacia una sociedad que no existe, o no va a existir. Si educan para la globalización sin sociedad, es decir, para una situación en que los actores sociales están desarraigados de las normas institucionales, su enfoque será por los individuos y no por las colectividades. En ausencia de normas colectivas, para evitar el caos, se impone algo así como el apego individual a derechos universales en lo humano, lo político, lo social y lo cultural. De hecho, Touraine (*op. cit.*) encuentra la respuesta a la descomposición de la sociedad en la relevancia de una noción particular de individuo, que él denomina sujeto<sup>2</sup>.

## SOCIEDADES DEL CONOCIMIENTO Y DE LA INFORMACIÓN

### *Recursos denominados "sociedades"*

La sociedad de la información, o de las comunicaciones, y la sociedad del conocimiento, puestas en vigencia por la globalización y su modelo económico particular, son como una provincia

2. Aunque la autora no comparte en sus extremos la noción de sujeto de Touraine (2005), la cita por relacionarse con el contexto de los TLC: involucra al individualismo como una fórmula para que nuestras sociedades escapen de los peligros opuestos y complementarios que son la sumisión a las reglas masivas del mercado y el enclaustramiento en un comunitarismo que lleva inevitablemente a la guerra. Es la afirmación del sí mismo, es donde se busca la fuerza para resistir a todas la violencias y se encuentra un sentido que no se encuentra ya en instituciones sociales y políticas. El individualismo es la afirmación de uno mismo. La noción de sujeto está estrechamente ligada a la de derechos.

propia de las universidades, por sus implicaciones favorables para llevar a cabo el cometido de estas. Desde esta perspectiva, podemos considerar que la globalización económica ha producido algo deseable. No obstante, se deberá estar consciente de que esas no son sociedades en el sentido de gente de carne y hueso que establece vínculos entre sí sobre determinado territorio, sino recursos a los que la gente puede o no tener acceso, o disfrutar. La "sociedad de la información" es un conjunto de redes en las cuales el operador humano es una de las piezas, conjuntamente con las piezas producto de la tecnología, para que funcione la comunicación; aún como metáfora de sociedad humana, es difícil de captar: los operadores no suelen conocer ni a jefes ni a compañeros ni a usuarios que trabajan o actúan en la misma empresa, o entidades relacionadas, ni saben quiénes son. Su participación en los sistemas o redes es solamente técnica. No obstante, ello ha permitido la "Sociedad del conocimiento" con su astronómica acumulación de saberes y los infinitos y exitosos esfuerzos para la búsqueda y transmisión de conocimiento. Las universidades han acumulado una vasta literatura y experiencia sobre esta liga del desarrollo de las comunicaciones con el conocimiento, sus retos y la implicación para los valores (véase, por ejemplo, Lara, 2005; Casas Armengol, 2005; López Zavala, 1999; *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 2002).

### Retos para la universidad

Las "sociedades" de la información y del conocimiento presentan por lo menos tres retos a la universidad:

- a) Educar y producir conocimiento no solamente para el sector favorecido por la actual globalización económica —países ricos y sectores ricos dentro de cualquier país— sino también para los países pobres y los sectores pobres, también dentro de

cualquier país. Sería peligroso caer en una prioridad de educar solamente para la productividad y competitividad en empleos favorecidos por la liberalización económica. En este sentido se puede considerar la preparación de profesionales; por ejemplo, del TLC-CAFTA se afirma: "...del tratado no se desprenden oportunidades generales para todos los sectores sino, a lo sumo, para sectores específicos ... El tratado le da un énfasis particular a la producción y al empleo vinculados a la exportación y a la inversión extranjera directa"... —y esto se ilustra mediante la comparación con el mismo tipo de tratado en vigencia en México— "por un lado se generaron 500 000 nuevos empleos en el sector manufacturero, pero se perdieron 1,3 millones de puestos de trabajo el sector agropecuario..." (Antillón Salazar *et. al.*, 2005:36).

- b) Si bien no corresponde a las universidades por sí mismas eliminar la creciente brecha entre ricos y pobres, sí tienen bastante que hacer en eliminar una modalidad de esa brecha, la llamada brecha digital, porque no hacerlo es ayudar a mantener pobres a los pobres del siglo XXI. Dicha brecha ha sido documentada para Costa Rica (véase, por ejemplo, Monge González y Chacón Loaiza, 2002).
- c) Otro reto importante es cooperar presentando una alternativa a los aspectos negativos de la globalización mediante la aplicación de los recursos de la información y del conocimiento al diseño de modelos de desarrollo apropiados a las particularidades de cada colectividad humana, y sobre todo, que enfrenten el problema de la desigualdad social provocada por los TLC, y otros programas inspirados únicamente en el liberalismo económico exacerbado. Costa Rica, para citar un caso, ha diseñado vías hacia esquemas propios de desarrollo humano sostenible. Al respecto,

hemos  
pasado  
1997,  
Tourai  
acuerd  
al mi  
los  
esfue  
"subc  
los c  
no m  
"desa  
son a  
a la  
se di  
salva  
del J  
el ú  
no se  
futur  
conse  
de la  
y cu  
facto

### A MANER

Se presen  
globalizaci  
en el queh  
las univer  
los proyec  
y del cont  
la adopción  
estatales,  
cumplido  
Las vision  
diversos se  
han partic  
económica  
la formaci  
favorecer l

caer en una  
te para la  
en empleos  
económica.  
onsiderar la  
or ejemplo,  
del tratado  
es generales  
sumo, para  
lo le da un  
y al empleo  
la inversión  
se ilustra  
mismo tipo  
co- "por un  
vos empleos  
se perdieron  
ajo el sector  
izar *et. al.*,

ersidades por  
brecha entre  
e que hacer  
sa brecha, la  
o hacerlo es  
s pobres del  
ocumentada  
mplo, Monge

presentando  
gativos de la  
ción de los  
onocimiento  
o apropiados  
colectividad  
enfrenten el  
al provocada  
s inspirados  
económico  
tar un caso,  
s propios de  
Al respecto,

hemos propuesto que no es desechando el pasado como encontramos el futuro (Bozzoli 1997, 2000a, 2000b), esa misma fórmula que Touraine propone para otras latitudes. De acuerdo con este autor (*op. cit.* 197),

al mismo tiempo que es necesario reconocer los elementos de modernidad y los esfuerzos de modernización en las regiones "subdesarrolladas", es necesario identificar los componentes no modernos (e incluso no modernizadores) de los países llamados "desarrollados". Los casos más interesantes son aquellos en los que el empuje necesario a la construcción de un mundo moderno se dio por la apelación al pasado y a la salvaguarda del interés nacional. El caso del Japón es el más conocido, pero no es el único. Las élites dirigentes más eficaces no son aquellas que sólo hablan un lenguaje futurista, sino, al contrario, las que buscan conscientemente aumentar la compatibilidad de la modernidad con elementos sociales y culturales diferentes, para reforzar los factores de modernización.

### A MANERA DE CONCLUSIÓN

Se presentan aspectos sobre cómo inciden la globalización económica y sus modalidades TLC en el quehacer universitario. Una de las tareas de las universidades es generar entendimiento de los proyectos relacionados con el libre comercio y del contexto o situación mundial que impone la adopción de esos proyectos. Las universidades estatales, en lo referente al TLC-CAFTA, han cumplido con informar, discutir, analizar el asunto. Las visiones universitarias tienen influencia en diversos sectores extrauniversitarios que también han participado en los debates. La globalización económica provoca ideales contradictorios en la formación de los educandos pues tiende a favorecer los intereses individuales mientras que

las universidades también favorecen los de la sociedad. La sociedad de la información, o de las comunicaciones, y la sociedad del conocimiento, promueven los fines de las instituciones universitarias. No obstante, son producidas por la globalización económica y ello significa por lo menos tres retos:

- a) No educar solamente para la productividad y competitividad en empleos favorecidos por la liberalización económica.
- b) Trabajar para eliminar la brecha digital.
- c) Cooperar presentando alternativas de desarrollo.

### Agradecimiento

Se agradece a la doctora Margarita Bolaños Arquín su disposición para leer este artículo y hacer los comentarios pertinentes.

### BIBLIOGRAFÍA

ANTILLÓN Salazar, Alvar; Franklin Chang Díaz, Rodrigo Gámez Lobo, Gabriel Macaya Trejos y Guido Villalta Loaiza, 2005. *Informe final de carácter general no vinculante al presidente de la República sobre el Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos de América, Centroamérica y República Dominicana*. San José: EUNED.

\_\_\_\_\_, 1997. *Desarrollo sostenible ¿Mito o realidad?* Memoria del simposio Desarrollo Sostenible. La opción para Costa Rica. Primera edición. San José: Academia Nacional de Ciencias: 245-260.

\_\_\_\_\_, 2000a. "Planteamientos costarricenses sobre desarrollo sostenible". *Biocenosis*, 14, (1-2): 38-54.

\_\_\_\_\_, 2000b. "A Role for Anthropology in Sustainable Development in Costa Rica". Malinowski Address, *Human Organization, The Society for Applied Anthropology*, 59 (3): 275-279.

- CARDOSO, O., 2006. *Perú y las promesas incumplidas del mercado*. Disponible en Internet: <[http://www.tribunademocratica.com/2006/04/peru\\_y\\_las\\_prom.html](http://www.tribunademocratica.com/2006/04/peru_y_las_prom.html)>.
- CASAS Armengol, M., 2005. "Nueva Universidad ante la sociedad del conocimiento". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* 2 (2), noviembre. Disponible en Internet: <[www.uoc.edu./rusc](http://www.uoc.edu./rusc)>.
- GOVAERE Vicarioli, V. y F. Ocampo Sánchez, 2006. *Compiladores. Ensayos temáticos sobre el TLC Estados Unidos-Centroamérica-República Dominicana*. San José: EUNED.
- LARA, P., 2005. "Gestión de contenidos en la Universidad: nuevos mercados, nuevos retos, nuevos roles". Conclusiones. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 2 (2), noviembre. Disponible en Internet: <[www.uoc.edu./rusc](http://www.uoc.edu./rusc)>.
- LÓPEZ Zavala, R., 1999. "Valores en la educación universitaria ante la sociedad del conocimiento: ética y competitividad". *Revista electrónica del Centro de Investigaciones y Servicios Educativos*, (0), agosto. Culiacán, Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa. Disponible en Internet: <<http://www.uasnet.mx./cise/rev/Cero>>.
- MAX-NEEF, M., A. Elizalde y M. Hopehayn, 1986. "Desarrollo a escala humana. Una opción para el futuro". *Development Dialogue*. CEP/AUR Número especial. Fundación Dag Hammarskjöld, Upsala.
- MONGE González, R. y F. Chacón Loaiza, 2002. *Cerrando la brecha digital*. San José: Jiménez y Tanzi, CAATEC. Disponible en Internet: <[www.caatec.org/caatedUpload/u\\_2pdf](http://www.caatec.org/caatedUpload/u_2pdf)>. [*Bridging the Digital Divide in Costa Rica*. Disponible en Internet: <[www.caatec.org/caatecUpload/u\\_1.pdf](http://www.caatec.org/caatecUpload/u_1.pdf)>.
- ORTEGA, P. (director, guionista y productor ejecutivo), P. Murillo (editor), W. Bolaños (director de fotografía) y G. Sánchez (productor), 2006. *Costa Rica Sociedad Anónima: lo que no le dicen sobre el TLC*. Nemaqón Blues Prodakchons, productora independiente.
- PROYECTO ESTADO DE LA NACIÓN, 2004. *Décimo informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José, Costa Rica.
- REVISTA INTERNACIONAL DE CIENCIAS SOCIALES, 2002. *La sociedad del conocimiento*. Disponible en Internet: <[www.campus-oei.org/salacisi/rics171.htm-25k](http://www.campus-oei.org/salacisi/rics171.htm-25k)>.
- SANDOVAL Carvajal, I., V. Pernudi Chavarría, N. J. Solórzano Alfaro y R. Vargas Ruiz Marzo, 2004. *Percepciones de la ciudadanía costarricense sobre el TLC entre Centroamérica y Estados Unidos*. Edición Especial. Santo Domingo de Heredia: Universidad Nacional, Instituto de Estudios Sociales en Población (IDESPO).
- TOURAINÉ, Alain, 2005. *Un nuevo paradigma para comprender el mundo de hoy*. Ediciones Barcelona: Paidós Ibérica.
- UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, Consejo Universitario, 2006. "Acuerdo sobre el TLC". Sesión ordinaria 5058. San Pedro de Montes de Oca, 28 de marzo de 2006.

J  
y la  
prop

LIC. ADRIÁN F

RESUMEN

En matrices forestal, los intensidad, abióticas, ta de fauna as dispersores o suelo y del a.

La cantidad son menores productivos las condicio producción las interrela dinámicas.

En las zona productivos, cambian en los fragmen y menos pr requieren d artificial (ap de maquina.

En este escri (plantacione condiciones e lo que sus in bosque propi ecológica ent

\* Coordinad Ciencias E

# Interrelaciones entre el bosque natural y los sistemas agroforestales: condiciones propicias para la restauración de fragmentos

LIC. ADRIÁN RUIZ RODRÍGUEZ\*

## RESUMEN

*En matrices de bosque, fragmentos y espacios de manejo forestal, los procesos ecológicos tienen lugar en diversa intensidad, influenciados por condiciones bióticas y abióticas, tales como presencia o abundancia de especies de fauna asociadas a la cobertura vegetal (depredadores, dispersores o parásitos), temperatura, luz, humedad del suelo y del aire, entre otras.*

*La cantidad de especies nativas y de importancia comercial son menores y mayores, respectivamente, en los sistemas productivos en esta que en el bosque natural, por lo tanto las condiciones de variación térmica, tasa fotosintética, producción de biomasa e intercambio bioquímico, como las interrelaciones entre componentes son mayores o más dinámicas.*

*En las zonas de bosque abierto, fragmentos y sistemas productivos, las condiciones ecológicas bióticas y abióticas cambian en comparación con el bosque natural, también los fragmentos se considera que son menos sostenibles y menos productivos. Además, los sistemas productivos requieren de labores culturales para su productividad artificial (aplicación de fertilizantes y otros químicos y uso de maquinaria agrícola).*

*En este escrito, se considera que los sistemas diversificados (plantaciones forestales mixtas, sistemas agroforestales), poseen condiciones ecológicas con tendencia a la sostenibilidad, por lo que sus interrelaciones con las matrices y remanentes de bosque propiciarían procesos de restauración y conectividad ecológica entre fragmentos. Se identificaron las principales*

*interrelaciones entre los bosques y sistemas agroforestales que permitan eventualmente, la restauración ecológica de fragmentos, reducir el aislamiento biológico, destacando: interrelaciones de dispersión de frutos y semillas (viento, aves y mamíferos), colonización y depredación de plantas pioneras (pasturas), efectos de la competencia y de la luz en el reclutamiento de semillas en fragmentos y competencia entre plantas.*

## ABSTRACT

*In forest matrices, fragments and spaces of forest handling, the ecological processes take place in diverse intensity, influenced by biotic and abiotic conditions, such as it is present and/or abundance of species of fauna associated to the vegetal cover (predators, scattering individuals or parasites), temperature, light, humidity of the ground and the air, among others.*

*The amount of natives and commercial importance species is smaller or greater, respectively in the productive systems that in the forest, therefore the conditions of thermal variation, photosynthetic rate, production of biomass and biochemical interchange, as the interrelations between components are greater and/or more dynamic.*

*In the zones of opened forest, fragments and productive systems, the biotic and abiotic ecological conditions change in comparison with the natural forest, also, fragments are considered less sustainable and less productive. In addition, the productive systems require of cultural workings for their artificial productivity (application of fertilizers and other chemistries and use of farming machinery). In this paper, are considered that the diversified systems (mixed forest plantations, agroforestry systems), have ecological*

\* Coordinador de la cátedra Políticas de Conservación. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, UNED, aruiz@uned.ac.cr

*conditions with tendency to the sustainability, reason why their interrelations with the matrices and remaining forests would cause processes of restoration and ecological connectivity between fragments.*

*The main interrelations between the agroforestry systems, natural forests and other productive systems were identified, that possibly allow the ecological fragment restoration, to reduce the biological isolation, emphasizing: interrelations of dispersion of fruits and seeds (wind, birds and mammals), colonization and depredation of pioneering plants (pastures), effects of the competition and the light in the recruitment of fragment seeds and competition between plants.*

**PALABRAS CLAVE:**

*Bosque, fragmentos, interrelaciones ecológicas, sistemas agroforestales, restauración ecológica, conectividad del paisaje, permeabilidad de bordes, biodiversidad.*

**KEY WORDS:**

*Forest, fragments, ecological interrelations, agroforestry systems, ecological restoration, landscape connectivity, permeability of edges, biodiversity.*

**INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción agropecuaria fueron (algunos siguen siendo) intensivos y extensivos, por lo que acarrearón limitaciones a la calidad de vida de las comunidades humanas y biológicas (deforestación y problemas asociados en agua y suelo, biomagnificación de agroquímicos y condiciones de inestabilidad laboral por las fluctuaciones de mercado). Actualmente se considera que los recursos naturales con vocación agrícola escasean, por lo que deben manejarse adecuadamente para mantener su capacidad productiva (IICA, 2005).

Los agroecosistemas intensivos no significan un modelo ambiental favorable, de allí la producción agroforestal con manejo integrado de

plagas y las prácticas de diversificación tienden a incorporar aspectos más amigables desde la perspectiva ambiental, tendientes a contar con cuatro propiedades fundamentales sostenibles: productividad, estabilidad, resiliencia y equidad (Müller S., 1996).

En el marco de lo anterior, se pretende enriquecer los aportes que las actividades de producción amigable propician al presentar evidencias de sostenibilidad ambiental en los paisajes intervenidos.

Para el presente trabajo se planteó como objetivo:

- Identificar la interrelación del paisaje agroecológico con la cobertura forestal natural y los componentes de los agrosistemas con potencial para restaurar fragmentos.

Se espera que el proyecto sea un insumo para los propietarios de tierras agrícolas que les permita considerar prácticas culturales con tendencias a la sostenibilidad, a la vez que puedan minimizar los efectos negativos sobre los paisajes matriz de bosque.

**EFFECTOS DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS EN EL PAISAJE**

Las prácticas agropecuarias pueden requerir en sus etapas (iniciales, culturales o postcosecha) de labores con alta degradación ambiental que provocan contaminación (quemadas, aplicación de biocidas), erosión (deforestación y eliminación de plántulas de acompañamiento, levantado de eras, arado y rastreado) y fragmentación del paisaje, esto por cuanto la agricultura suele incorporar al entorno grandes extensiones de monocultivos y especies domesticadas. Incluso, parte de la historia productiva costarricense señala que el concepto de desarrollo tendía a la colonización y

deforestac  
forestal a  
el avance  
principales  
la colonia  
poco los fr

Es así com  
remanente  
el paisaje p  
que a la p  
ecológica  
fragmento:  
productiva  
y la bioc  
productivi  
y, en síntes

A los siste  
modelo m:  
y aumenta

**PRODUCCI  
CONDICIO**

Entiéndase  
productivo  
fuentes m  
prácticas  
producción  
alimenticio  
productiva  
tiempo a  
favorables  
vegetal (co  
y el sistem

Según Jin  
agroforesta  
conservaci  
“pues redu  
alternativa

deforestación de tierras para cambiar su vocación forestal a una tradición agropecuaria, por lo que el avance de la frontera agrícola fue una de las principales causas de deterioro ambiental durante la colonia y hasta épocas recientes, pues hasta hace poco los índices de deforestación han decrecido.

Es así como prácticas de conservación de espacios remanentes como áreas protegidas convergen con el paisaje productivo y sus prácticas no sostenibles, que a la postre llevan a la pérdida de conectividad ecológica y capacidades de restauración de fragmentos. Mientras eso sucede, en las zonas productivas también merma la calidad del suelo y la biodiversidad, lo que significa bajas de productividad, aumento en la demanda de insumos y, en síntesis, degradación económica y ambiental.

A los sistemas agroforestales se les considera el modelo más factible para imitar la sucesión natural y aumentar la biodiversidad de los ecosistemas.

#### **PRODUCCIÓN AGROFORESTAL: CONDICIONES DE SOSTENIBILIDAD**

Entiéndase sistema agroforestal como el espacio productivo en el que los recursos provienen de fuentes múltiples en el espacio y en el tiempo, con prácticas de manejo o asociaciones de cultivos, producción animal y forestal junto con cultivos alimenticios; cuyos objetivos son la diversificación productiva, aumentar la productividad en el tiempo a menor costo y propiciar condiciones favorables respecto el flujo de materia animal y vegetal (conectividad) entre paisajes fragmentados y el sistema productivo.

Según Jiménez, F. *et al.* (2001), los sistemas agroforestales son importantes para el manejo y conservación de la biodiversidad animal y vegetal, "pues reducen la presión sobre el bosque y usan alternativas sostenibles a la tala y la quema,

proveen alimento y hábitat para aves, mamíferos e insectos y se les considera el modelo más factible para imitar la sucesión natural y aumentar la biodiversidad de los ecosistemas". Los mismos autores consideran que pueden aumentar su valor como zonas de amortiguamiento o corredores, por lo que deben estar conectados al bosque.

Ejemplos en Costa Rica de sistemas agroforestales son: cercas vivas (recursos vegetales arbustivos, forrajeros, especies leñosas, medicinales, maderables o frutales, que protegen un cultivo de depredadores, patógenos, o de la luz excesiva en tanto lo rodean), cortinas rompevientos (recursos vegetales que reducen la velocidad del viento y pueden retener agentes patógenos que éste transporta como larvas, insectos, polen infectado), huertos caseros (terrenos con producción artesanal o en pequeña escala muy complejos en composición y estructura, en las inmediaciones de asentamientos humanos), plantaciones forestales mixtas o con asociaciones con pastos o cultivos anuales o perennnes (los árboles aportan materia orgánica, biomasa, sombra y microclimas a los cultivos o animales), entre otros ejemplos.

Lo importante es la complementariedad entre los componentes del sistema, es decir, que los niveles de competencia por luz, agua, espacio o alimento no vengán a afectar la capacidad productiva del terreno y la productividad del recurso principal, que no existan efectos alelopáticos entre las especies, algunas pueden ser trampa o repelente a insectos plaga, otras refugio a enemigos naturales, otras medicinales o alimenticias (ramoneo, pastoreo o forrajeo), otras fuentes de materia orgánica, otras comensales de plantas plaga, entre otras funciones.

Respecto a la sostenibilidad de los sistemas agroforestales, Montagnini *et al.* (1992) afirman que éstos disminuyen los riesgos al agricultor, ya que entre sus objetivos destacan: aumentar la productividad

animal y vegetal, asegurar la sostenibilidad mediante el uso apropiado de la tierra, diversificar la producción de alimentos y mitigar los efectos perjudiciales del sol, la lluvia y el viento sobre los suelos. Lo anterior permite catalogarlos como sistemas productivos sostenibles pues, a diferencia de otros espacios y usos del suelo productivo, no deben producir deterioro de la capacidad productiva del suelo y para ello es indispensable contar con adecuadas prácticas de manejo, incluyendo favorecer la conservación de los recursos disponibles, mantener el balance en el ciclo de nutrimentos y alcanzar un buen nivel de producción.

Por las anteriores consideraciones de establecimiento y manejo, así como por la composición animal, vegetal, genética (agro y biodiversidad), los flujos de materia y energía y la dinámica dentro y fuera del sistema de estos componentes de la estructura agroforestal, se puede considerar que estos sistemas poseen un potencial para catalizar la actividad de regeneración y sucesión ecológica en áreas fragmentadas dentro de las zonas de amortiguamiento, corredores biológicos y áreas de influencia a espacios naturales poco alterados.

### PERMEABILIDAD AGROFORESTAL Y RESTAURACIÓN DE FRAGMENTOS

Arias (2002) indica que se deben mitigar los efectos de la fragmentación del paisaje sobre los ecosistemas menos alterados y más frágiles, además afirma que la restauración ecológica es importante para agrandar los sistemas actuales de áreas protegidas. Lo anterior porque las matrices de espacio natural no deben quedar aisladas, de modo que su viabilidad ecológica continúe por los procesos de conectividad y permeabilidad con otros sitios. Es en este orden donde es relevante el potencial de restauración ecológica, que el mismo Arias define como "el proceso intencional por el cual se modifica un sitio para establecer un

ecosistema definido como nativo o natural. Su objetivo es emular la estructura, función, diversidad y dinámica de un ecosistema específico".

Entonces, la restauración procura devolver capacidades y características naturales a los sitios que las han perdido, sea a través de intervenciones humanas (regeneración artificial) o mediante la limitación de las causas de degradación de la calidad ambiental (restauración natural: no intervenir con la capacidad de regeneración del ecosistema). Cabe mencionar que por la dinámica ecológica, cuando se está en presencia de condiciones ambientales para la llegada, supervivencia y reproducción de las especies, éstas con sus hipervolúmenes pueden favorecer la entrada de nuevos individuos, aumentando la biodiversidad del sitio (por ejemplo, al haber agua e insectos, podrían llegar anfibios a depredarles y a

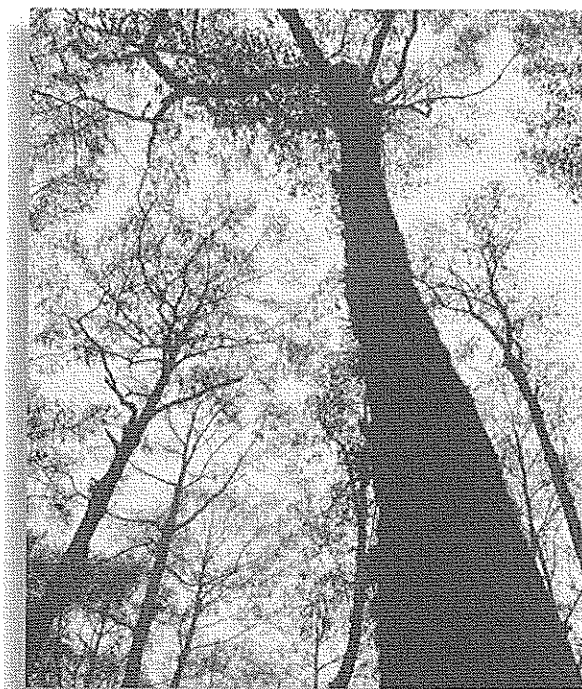


FIGURA 1  
Los sistemas agroforestales cumplen un objetivo adicional al de la mayoría de sistemas productivos: catalizar la recolonización de espacios fragmentados lo que en determinado plazo resultará en restauración de ecosistemas.

su vez, llego bajo condiciones biofísicas, donde, mayor

Es importante la restauración de la permeabilidad y los fragmentos se manifiestan (contraste) los flujos que los sistemas anteriormente se planifican agroforesta adicional al catalizar la degradación que en dete de ecosistemas

Los datos asociar los con la permeabilidad menciona materia y favorece o (entiéndase energía: fur microclimá de la permeabilidad fragmentos un borde n tiene mejor ya que fauna que contraste e recuperación propicias. E la abundancia fragmentos; capacidades

natural. Su  
n, diversidad  
o".

ra devolver  
s a los sitios  
ervenciones  
o mediante  
radación de  
natural: no  
regeneración  
que por la  
en presencia  
la llegada,  
las especies,  
en favorecer  
mentando la  
al haber agua  
prepararles y a



FIGURA 1  
objetivo adicional  
ivos: catalizar la  
ntados lo que en  
de ecosistemas.

su vez, llegarían aves, reptiles o mamíferos) y que bajo condiciones de mayores flujos e intercambios biofísicos, mayor capacidad de restauración y por ende, mayor cantidad de seres vivos.

Es importante señalar que para que los procesos de restauración ecológica tengan lugar se requiere de permeabilidad entre los espacios menos alterados y los fragmentados. Para que esta permeabilidad se manifieste, es necesario reducir el gradiente (contraste) de condiciones biofísicas y aumentar los flujos entre los espacios de interés, papel que los sistemas agroforestales por lo expuesto anteriormente, pueden cumplir cabalmente si se planifican para tales propósitos. Los sistemas agroforestales, entonces, cumplen un objetivo adicional al de la mayoría de sistemas productivos: catalizar la recolonización de espacios fragmentados y degradados propiciando la sucesión natural, lo que en determinado plazo resultará en restauración de ecosistemas.

Los datos de López-Barrera, F. (2004) permiten asociar los fragmentos y los sistemas agroforestales con la permeabilidad en los bordes. La autora menciona que, dependiendo de los cambios de materia y energía entre espacios adyacentes, se favorece o limita la capacidad de flujo biofísico (entiéndase como paso o intercambio de materia y energía: fundamentalmente organismos y variables microclimáticas). Es así como las implicaciones de la permeabilidad sobre la restauración de fragmentos se asocian a estos flujos e intercambios: un borde muy permeable a componentes bióticos tiene mejores condiciones para su recuperación, ya que cuanto mayor sea la cantidad de flora y fauna que interactúa en el borde, menor sería el contraste entre hábitats adyacentes; por lo que la recuperación del sitio poseería condiciones más propicias. En síntesis, los bordes suaves incrementan la abundancia y movilidad de dispersores entre fragmentos, por lo que en ellos habría mayores capacidades de recuperación, en tanto en un borde

impermeable se reducen los flujos biológicos y aumentan o son pocos los flujos físicos, por lo que el contraste entre hábitats es mayor y menores sus capacidades ecológicas de restauración.

## INTERRELACIONES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y EL BOSQUE

Dado que la fragmentación reduce la conectividad de los flujos biofísicos y bioquímicos entre hábitats remanentes (por ejemplo, entre dos parques nacionales separados por infraestructura urbana o zonas agrícolas), se deben conectar para aumentar el área efectiva de influencia del paisaje natural o poco intervenido (Arias, 2002). Para estos efectos, la propuesta es aumentar la permeabilidad agroforestal y la conectividad ecológica entre bosques y fragmentos. El siguiente es un listado de los principales beneficios de las plantaciones forestales (algunos considerados servicios ambientales) aplicables a los sistemas agroforestales que fomentan las condiciones necesarias para restaurar espacios fragmentados (Rojas, 1997):

- Rehabilitación, estabilización y protección de suelos.
- Protección y alimento de la fauna.
- Mejoramiento de la calidad y mayor captación del agua.
- Control del ruido y del viento.
- Embellecimiento del paisaje.
- Obtención de sombra y lugares de descanso.
- Captación de carbono.

Como se puede apreciar en los cuatro primeros beneficios, los sistemas productivos con tendencia a la sostenibilidad proporcionan condiciones para la restauración ecológica, ya que se favorece la

llegada y permanencia de flora y fauna al mantener y mejorar la calidad del hábitat (agua, suelo y alimento).

En ese orden, Montagnini (1991) asevera que los sistemas agroforestales pueden contribuir a la restauración de suelos tropicales tras un uso agrícola intensivo, en cuyo caso se prefiere el uso de especies exóticas al conocerse mejor sus condiciones para el manejo silvícola. No obstante, para efectos de restauración a largo plazo, se recomiendan especies nativas pues son más concordantes con la biota del sitio, son más productivas y su aporte nutritivo al suelo es mayor.

Fournier-Origgí (1998) afirmó que la mayoría de fragmentos están unidos por corredores biológicos o por la acción de agentes polinizadores y de dispersión, lo que se puede ligar con las interrelaciones entre fragmentos y bosques matriz citadas por Guariguata, Arias y Jones (2002). Estos autores revelan que las diferencias de reclutamiento, depredación y dispersión de semillas dependen más de la interrelación con especies animales que del tipo de hábitat donde se encuentran.

Se debe entonces para ciertas especies mantener o incluir especies asociadas a su depredación y dispersión, a saber:

- Los autores compararon las distancias de dispersión, la depredación y el reclutamiento de semillas de Almendro de montaña (*Dypterix panamensis*) y Caobilla (*Carapa guinensis*), en tres fragmentos bajo manejo forestal y en un bosque matriz maduro (Estación La Selva) en el Caribe costarricense, donde con el estudio se encontró que en fragmentos hay más depredación y remoción de semillas que en el bosque; posiblemente tales interrelaciones planta-animal se vieron inducidas por la competencia entre especies de mamíferos de pequeño y mediano tamaño. Lo particular

es que no hubo diferencias de germinación, pues ésta se asocia a la luz y al verse reducida la competencia del árbol madre en bosque maduro respecto a los fragmentos, además que la depredación no afectó la tasa de reclutamiento entre especies. Los resultados llevan a especular además el gusto de los mamíferos de mediano y gran tamaño por las áreas abiertas de acuerdo a la estimación poblacional mayor en fragmentos respecto al bosque maduro, en cuyo caso la principal interrelación entre bosques y fragmentos para la restauración es el papel dispersor de semillas por parte de la fauna que se entrecruza entre ambos tipos de hábitats, que además favorece su reclutamiento y controla las poblaciones forestales.

Respecto a comunidades de mamíferos, particularmente murciélagos, Montero-Muñoz (2003) evidencia que el área y la forma de los fragmentos no influye sobre la riqueza de especies (similares resultados se indican adelante para aves). Este estudio indica que no hay correlación significativa entre los índices de forma de los fragmentos y la riqueza de especies, por lo que propone explicaciones como el que "las poblaciones de murciélagos en el paisaje funcionan de acuerdo con la teoría metapoblacional, donde el tamaño de las poblaciones no está limitado por el tamaño del parche". En cuyo caso, los sistemas agroforestales como está previsto, son un sitio de refugio y alimentación importante para aves y mamíferos; donde además contribuyen a la productividad del mismo sistema al polinizar las flores, depredar insectos plaga, dispersar frutos y semillas y fertilizar el suelo con sus heces.

Otra interrelación elemental de bosques con sistemas agroforestales capaz de propiciar la restauración de fragmentos es la que Harvey (2000) señala. En su investigación encontró que las plantaciones de cortinas rompevientos arbóreas facilitan la regeneración del bosque aledaño porque facultan

la llegada y secundar factores de en el rompevien cantidad d cultivos, pr asociar esp reflejando l aves frugív los sistema cortinas ro la ornitoco polinizació relación en del borde y de la calid biológica d



Las plantaciones de cortinas rompevientos arbóreas facilitan la regeneración del bosque aledaño porque facultan la llegada de r

germinación, se reduce en bosque, además que reclutamiento de mediano abiertas de zonal mayor que maduro, relación entre saturación es parte de los tipos de reclutamiento es.

mamíferos, ntero-Muñoz forma de los a de especies delante para y correlación forma de los , por lo que s poblaciones n de acuerdo el tamaño de el tamaño del agroforestales de refugio y y mamíferos; productividad ores, depredar las y fertilizar

s con sistemas saturación de )) señala. En plantaciones facilitan la que facultan

la llegada de nuevas especies de bosque maduro y secundario aunque, en bajas densidades. Así, los factores del paisaje influyen de manera importante en el reclutamiento de semillas: las cortinas rompevientos aledañas al bosque poseen mayor cantidad de especies arbóreas que las aledañas a cultivos, principalmente en el primer caso, se suelen asociar especies dispersadas por aves percheras, reflejando la actividad dispersora y depredadora de aves frugívoras. Estos datos permiten inferir que los sistemas agroforestales bajo la modalidad de cortinas rompevientos influyen positivamente en la ornitocoria y ornitofilia (dispersión de frutos y polinización por parte de las aves); en cuyo caso la relación entre composición forestal, permeabilidad del borde y dispersión contribuye al mejoramiento de la calidad del paisaje y aumenta la diversidad biológica del sitio.



FIGURA 2  
Las plantaciones de cortinas rompevientos arbóreas facilitan la regeneración del bosque aledaño porque facilitan la llegada de nuevas especies de bosque maduro y secundario.

No obstante lo anterior, si bien las aves percheras favorecen la dispersión y reclutamiento en paisajes abiertos, su capacidad de establecerse como población es influenciada por otros grupos animales. Sobre este tema Young, B.E. (s. f.) afirma que "si las aves habitan los fragmentos pero no pueden reproducirse con éxito suficiente para reemplazar sus poblaciones, estos fragmentos sirven sólo como receptores poblacionales y no juegan un papel vital en el mantenimiento de la diversidad". También hace referencia a estudios que indican alta diversidad ornitológica en plantaciones de banano, donde el éxito reproductivo se asocia más a la depredación que al tipo de hábitat donde residen.

Asimismo, los estudios sugieren que la depredación de nidos puede ser más intensa en fragmentos forestales que en los bosques intactos. Respecto al sistema de cercas vivas, Chacón-León y Harvey (2004) determinaron que entre los aportes que dan este tipo de sistemas agroforestales a la estructura y conectividad física en un paisaje tropical fragmentado, destaca que:

las cercas estuvieron conformadas por árboles de las especies *Erythrina costaricensis*, *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium*. Mediante la simulación de escenarios del paisaje y herramientas SIG, se determinó que las cercas pueden transformar extensas áreas de potrero a unidades de potrero más pequeñas. También que las cercas vivas pueden interconectar fragmentos de bosques densos y bosques riparios, además de reducir la distancia promedio entre las copas de los árboles de cercas vivas y los bosques densos y bosques riparios.

Así, queda establecido que las interrelaciones ecológicas entre sistemas agroforestales y el bosque efectivamente aumentan la conectividad biológica y reducen la impermeabilidad biofísica entre bordes y fragmentos.

Finalmente, Janzen, D. H. (1998) encontró que en pastizales que han sido abandonados, la colonización (primer etapa de la sucesión y restauración vegetal) se da inicialmente por árboles que son dispersados por anemocoria, cuyo potencial de establecerse radica en no ser devorados por animales de ese sitio. Las condiciones iniciales de esta vegetación es que son altamente deciduos y con baja riqueza de especies. Posteriormente se establecen especies que atraen animales silvestres aumentando la riqueza del sitio y la disponibilidad de refugio y comida, transformándose en un paisaje perenne. En ese orden cabría la posibilidad de intervenir artificialmente para fomentar o agilizar la iniciada restauración, pues Morales (1995) señala que dentro de las experiencias de restauración artificial, ha sido exitosa la incorporación de ganado para controlar el crecimiento de pastos y la resiembra de especies leñosas en potreros.

## CONCLUSIONES

Gran parte de los efectos de deterioro del paisaje (fragmentación, aislamiento, contaminación, pérdida de hábitat, defaunación y deforestación) ha tenido como causa las prácticas productivas no sostenibles que colonizaban zonas de aptitud forestal, conservación de recursos o usos racionales de estos. Como alternativa productiva se encuentran los sistemas agroforestales, cuyo potencial no sólo favorece la sostenibilidad del sistema por la compleja estructura y funcionamiento que posee la dinámica de sus componentes (materia y energía) con el entorno, sino además son importantes fuentes de semillas, alimento, refugio y agua para fauna doméstica y silvestre del sitio como de paisajes aledaños, lo que agilizará la restauración.

La restauración ecológica es importante para agrandar los sistemas actuales de áreas protegidas y zonas degradadas recuperables. El flujo de materia, energía, nutrientes y agua, los microclimas y el establecimiento de varias especies que interaccionan en espacios productivos son condiciones favorables de los sistemas agroforestales que facilitan la regeneración ecológica. En espacios fragmentados como agroforestales, se puede requerir de actividades de manejo (intervenciones e investigaciones) por parte del ser humano con recursos técnicos, financieros y naturales mediante la restauración artificial, particularmente cuando se trata de paisajes prioritarios por la importancia de sus recursos o la urgencia social (por ejemplo, humedales, cuencas o laderas).

Respecto a la importancia económica de los sistemas agroforestales, Montagnini *et al.* (1992) indican que tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presentan problemas de baja fertilidad o escasez de humedad en los suelos (como las áreas fragmentadas que hay que regenerar), por lo que pueden consolidar o aumentar la productividad de establecimientos agropecuarios y plantaciones forestales de muy diversas dimensiones. En el peor de los casos puede evitar la degradación de los suelos o merma de la productividad durante años, de allí el potencial de estos sistemas para contribuir con la restauración o sucesión de las condiciones óptimas para el establecimiento de especies vegetales colonizadoras en hábitats degradados.

Dependiendo del tipo de interrelación y de las especies involucradas, como del paisaje aledaño y la forma del fragmento o del sistema agroforestal, hay potencial o no de restauración ecológica natural, cuyo proceso inicia por lo general con la llegada y establecimiento de árboles colonos y posteriormente por la llegada de fauna en busca de refugio o alimento (aves y mamíferos

principaln  
mediante  
(interrelac  
así como pi  
de plantas

## RECOMEN

Se deben  
en tanto  
alternativa  
sostenibles  
regeneraci  
sometidas  
que los in  
ambiental  
identificat  
difundido  
actividade  
asociar la  
producció  
de restaur  
zonas de a

La pérdid  
práctica d  
factores qu  
natural, au  
de paisajes  
ecológica  
aumenta c  
reduciendo  
las capacic

A la luz  
prácticas d  
adicionen  
la fauna s  
cambio de  
que es in  
procesos n  
gestión am

importante  
les de áreas  
uperables. El  
s y agua, los  
varias especies  
productivos son  
agroforestales  
a. En espacios  
s, se puede  
ntervenciones  
humano con  
ales mediante  
nente cuando  
a importancia  
(por ejemplo,

ómica de los  
*et al.* (1992)  
para mantener  
que presentan  
z de humedad  
mentadas que  
len consolidar  
ablecimientos  
tales de muy  
os casos puede  
o merma de la  
el potencial de  
a restauración  
tímas para el  
colonizadoras

ción y de las  
saje aleñado y  
a agroforestal,  
ión ecológica  
o general con  
boles colonos  
de fauna en  
y mamíferos

principalmente); aumentando las interrelaciones mediante anemocoría, polinización y dispersión (interrelaciones claves para conectar fragmentos), así como pionerización, competencia y depredación de plantas deciduas y perennes.

## RECOMENDACIONES

Se deben incentivar los sistemas de conservación en tanto se invierte e investiga sobre nuevas alternativas de asociaciones de recursos productivos sostenibles y las formas en que posibilitan la regeneración ecológica. Estos sistemas y las zonas sometidas a restauración, tienen la ventaja de que los indicadores de sostenibilidad, viabilidad ambiental y evolución de la sucesión, son identificables y analizables mediante métodos difundidos y disponibles para la mayoría de actividades productivas. Por lo que se recomienda asociar la conservación tradicional con la producción sostenible y diversificada en procura de restaurar y rehabilitar espacios degradados en zonas de amortiguamiento y áreas de influencia.

La pérdida de la tradición agrosilvopastoril y la práctica de agricultura intensiva y extensiva son factores que, adicionados a la pérdida de hábitat natural, aumentan la fragmentación y el aislamiento de paisajes naturales. Esta situación resta viabilidad ecológica a la conectividad de zonas protegidas, se aumenta constantemente el gradiente de los bordes reduciendo su permeabilidad y, en consecuencia, las capacidades ecológicas de la restauración.

A la luz de lo anterior se recomienda que las prácticas de la ecología y biología de la conservación adicione experiencias productivas en las que la fauna silvestre guarden interrelaciones con el cambio de uso del suelo. Está por demás afirmar que es insuficiente resguardar los elementos y procesos naturales en zonas protegidas, sino que la gestión ambiental y productiva debe considerar las

interrelaciones capaces de conservar y manejar los recursos naturales dentro y fuera de los espacios silvestres e intervenidos.

Así, con la crisis agropecuaria y el constante cambio de uso del suelo de vocación forestal y agrícola a espacios urbanos; se agudiza la pérdida de hábitat, en cuyo caso la alternativa sugerida es recuperarlo mediante la restauración ecológica natural y artificial en conjunto con la diversificación agroforestal.

## Agradecimientos

A Harold Arias Le Claire, Walter Araya y Roberto Cordero por sus aportes y orientaciones.

Este trabajo está asociado a los estudios de posgrado en Gestión Ambiental y Ecoturismo en la Universidad de Costa Rica, con el apoyo de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS Le Claire, H., 2002, *Biología de la conservación: la disciplina del cambio*, San José, EUNED: 166.
- CHACÓN, I., García, J., Guier, E., 1996, *Introducción a la problemática ambiental costarricense: principios básicos y posibles soluciones*, San José, EUNED: 219.
- CHACÓN-LEÓN, M. Harvey, 2004. "Influencia de las cercas vivas en la estructura y la conectividad de un paisaje fragmentado, Río Frío, Costa Rica". Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Reuniones Técnicas. N° 9. Semana Científica VI. *Memorias*. CATIE, Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales.
- FOURNIER Origgi, L. A., 1998. "Conservación del Bosque en Costa Rica". Simposio Conservación del Bosque en Costa Rica. *Memorias*: 117-130. Santo Domingo de Heredia, 30-31 de octubre de 1997. San José: Academia Nacional de Ciencias. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología.

- GUARIGUATA, M., H. Arias Le Claire, G. Jones, 2002. "Tree seed fate in a logged and fragmented forest landscape, northeastern Costa Rica". *Biotropica*. Malden, United States of America.
- HARVEY, C.A., 2000. "Colonización de rompevientos agrícolas por árboles forestales: Efectos de la conectividad y árboles remanentes". *Ecological Applications*. Vol. 10, N° 6. Turrialba. Costa Rica, CATIE. Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales. 7170. Disponible en Internet: <<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0504sp3.htm>> y <<http://www.iica.ac.cr/documentos/Ministerial2005/SituacionYPerspectivas-Esp.pdf>>.
- JANZEN, D. H., 1998. "Manejo de fragmentos de hábitat en un bosque seco tropical: crecimiento". *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Annual Systematics Symposium of the Missouri Botanical Garden. 33rd. Species diversity. St. Louis, MO. University of Pennsylvania, Department of Biology, Philadelphia, PA.
- JIMÉNEZ, F., R. Muscheler, E. Köpsell (editores), 2001. "Funciones y aplicaciones de Sistemas Agroforestales". *Módulo de enseñanza agroforestal* N° 6. CATIE-GTZ. Turrialba, Costa Rica: 187.
- LÓPEZ Barrera, F., 2004. "Estructura y función en bordes de bosques". *Ecosistemas* 2004/1. Disponible en Internet: <<http://www.aeer.org/ecosistemas/041/revision1.htm>>.
- MONTAGNINI, E., 1991. "Restauración ecológica de potreros tropicales degradados: experiencias con árboles nativos en las tierras bajas húmedas de Costa Rica". *National Geographic Research and Exploration*. Summer issue: 367-368. Yale University School of Forestry and Environmental Studies, 370 Prospect St. New Haven, CT 06511. US.
- MONTAGNINI, E., *et al.*, 1992. *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. 2 da Ed. San José, Costa Rica, Organización para Estudios Tropicales: 622.
- MONTERO Muñoz, J. L., 2003. "Influencia de las variables espaciales y del hábitat sobre una comunidad de murciélagos (Chiroptera) en remanentes boscosos en Cañas, Costa Rica". Tesis. Mag. Sc. en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe, Santo Domingo de Heredia: 86.
- MORALES Hidalgo, D., 1995. "Restauración de bosque húmedo en pastizales dentro del Corredor Biológico Rincón-Cacao (una metodología de cultivo de bosque tropical)". *Memorias del Taller Nacional de Investigación Forestal y Agroforestal*, III. Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 14-16 de noviembre de 1995: 75-82.
- MÜLLER, S., 1996. *¿Cómo medir la sostenibilidad?: una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales*. San José: GTZ- IICA: 51.
- ROJAS, F., 1997. *Plantaciones forestales*. Cartago, Costa Rica, ITCR: 132.
- YOUNG, B. E., s. f. "La importancia de los fragmentos forestales en el mantenimiento de la diversidad ornitológica". *NatureServe*, 1101 Wilson Blvd, 15th Floor. Arlington, VA, 22209. US.

Efe  
la

JULIÁN MC  
M. E. GIE

RESUMEN

La constru  
indeseable  
primer pa  
sobre el p  
cobertura  
sur de El  
usaron pa  
regulares  
con una  
del paisa  
cultivada  
la región  
deforestaci

ABSTRAC

The const  
effects on  
coverage  
Salvador  
overview  
taken alon  
were subs  
The perce  
vegetation  
landscape  
in the Me  
of deforest

\* PROM  
San Pe  
electrón  
\*\* Bióloga  
Correo

## Efecto de la Carretera Interamericana sobre la vegetación entre El Salvador y México

JULIÁN MONGE-NAJERA\*

M. E. GIESEKE\*\*

### RESUMEN

*La construcción de carreteras trae consigo efectos con frecuencia indeseables sobre la flora y la fauna. Con el fin de obtener un primer panorama del efecto de la Carretera Interamericana sobre el paisaje vegetal mesoamericano, se midió las tasas de cobertura vegetal a los lados de esta carretera desde la frontera sur de El Salvador hasta Coahuila en el norte de México. Se usaron para ello fotografías digitales tomadas a intervalos regulares de 15 minutos a lo largo de la ruta, analizadas con una cuadrícula digital de 77 puntos. Las proporciones del paisaje ocupados por vegetación natural, vegetación cultivada e infraestructura son relativamente homogéneas en la región mesoamericana e indican un grado importante de deforestación a los lados de la vía.*

### ABSTRACT

*The construction of highways frequently has undesirable effects on the flora and fauna. The amount of vegetation coverage adjacent to the Interamerican Highway from El Salvador to northern Mexico was measured to obtain a first overview of the impact the highway. Digital photographs were taken along the route at regular intervals of 15 minutes and were subsequently analyzed using a 77-point digital grid. The percentages of landscape characterized by non-cultivated vegetation, cultivated vegetation and infrastructure in the landscape adjacent to the highway are relatively homogeneous in the Mesoamerican region and indicate a significant degree of deforestation along the highway.*

\* PROMAI-Dirección Producción, UNED, Apartado 474-2050. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. Correo electrónico: julianmonge@yahoo.com

\*\* Bióloga, 525 Isle of Capri, Ft. Lauderdale, FL 33301 EE.UU. Correo electrónico: megieseke@yahoo.com

### PALABRAS CLAVE

*Ecología del paisaje, vegetación, deforestación, efecto de carretera, Mesoamérica.*

### KEY WORDS

*Vegetation, deforestation, road effect, landscape ecology, Mesoamerica.*

### INTRODUCCIÓN

El aumento mundial de la red de carreteras ha tenido una serie de consecuencias sobre el paisaje natural (Mahapatra & Kant 2005), incluyendo llegada de inmigrantes humanos, deforestación, establecimiento de campos ganaderos, degradación del suelo, conflictos por la propiedad de la tierra y resolución de esos conflictos mediante nuevas migraciones (Tourrand *et al.* 2004). En Mesoamérica, la apertura de la Carretera Interamericana trajo un drástico cambio del paisaje, caracterizado por la deforestación, pero con remanentes de flora y fauna natural. Estos remanentes se encuentran tanto en forma de islas, como en forma de franjas a lo largo de cursos de agua (Monge-Nájera 1999).

Mientras que en África Central las carreteras afectan poco el carbón del suelo (Walker y Desanker, 2004), en otros sitios hay efectos rápidos y negativos (Lemenih *et al.* 2005) que pueden persistir por más de 40 años (Rasiah *et al.* 2004).

Los gases emitidos por los vehículos causan desde la extinción local hasta el establecimiento de nuevas especies (Grüninger & Monge-Nájera 1988, Monge-Nájera *et al.* 2002a, b).

Las carreteras traen también agricultores y criadores de ganado, cuya influencia sobre el paisaje natural es negativa para unas especies y positiva para otras (Laiolo *et al.* 2004).

En Mesoamérica, México ha perdido 95% de su bosque lluvioso (Durand y Lazos 2004) y el paisaje vegetal actual es producto de una colonización decidida políticamente hace un siglo, encontrándose que el centralismo gubernamental se asocia con un mayor nivel de modificación del paisaje (Klepeis 2003, de Azcárate *et al.*, 2004). Lo mismo se ha encontrado en América Central (Kappelle y Horn 2005).

Las carreteras abren nuevos territorios a muchos invertebrados pero disminuyen las poblaciones de anfibios (Marsh y Beckman, 2004), y evitan que algunas especies de aves aniden (Brumm, 2004).

Los mamíferos cambian su distribución geográfica y horarios debido a las carreteras (Cramer y Willig, 2005; Medina *et al.*, 2003, Lumsdem y Bennett 2005); o incluso mueren debido al tráfico y a las cunetas (Monge-Nájera 1996; Doody, *et al.* 2003; González, 2003).

Con el fin de monitorear y comprender los cambios que traen las carreteras al paisaje, se desarrollaron durante el siglo pasado tecnologías basadas en la fotografía aérea, y más recientemente, en sensores remotos ubicados en aviones y satélites. Estas tecnologías han disminuido enormemente el tiempo y los costos necesarios para obtener los datos, pero no están libres de problemas. Por ejemplo, el uso de radiometría ha producido estimaciones de deforestación mucho mayores que los obtenidos de satélites y registros gubernamentales (Hansen y DeFries, 2004, Cuesta *et al.* 2003; Jeganathan *et al.*, 2004).

En las regiones que cruza la Carretera Interamericana, hubo una disminución de la biodiversidad e incluso desapareció un parque nacional (Monge-Nájera, 1994). Sin embargo, no conocemos ningún estudio específico sobre la carretera y su efecto directo sobre la vegetación circundante. No hay respuesta a preguntas como ¿cuál es la proporción de vegetación cultivada y vegetación no cultivada a los lados de la carretera? ¿Cuánto coincide la proporción de tipos de vegetación a los lados de la carretera, con la proporción de tipos de vegetación a nivel nacional?

Este artículo representa un primer esfuerzo por responder a ambas preguntas, para el sector norte de México-sur de El Salvador de la Carretera Interamericana, y lo compara con una carretera secundaria conectada a ésta, la carretera que atraviesa Belice de frontera a frontera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó el diseño de muestreo por transecto (Southwood, 1978), usando como transecto la Carretera Interamericana desde el sur de El Salvador (frontera con Nicaragua) hasta el norte de México (Ciudad de Torreón, en Coahuila) y la carretera principal de Belice (desde la frontera con México a la frontera con Guatemala). Viajando por la carretera a una velocidad de 80 (+/- 15) km/hr en un vehículo con velocidad crucero controlada por satélite, se tomaron fotografías digitales del paisaje (con una cámara de 4 megapíxeles) aproximadamente cada 15 minutos, excluyendo las ciudades y los pueblos. Se desecharon las fotografías cuya calidad de imagen era insuficiente para definir con certeza los tipos de vegetación, quedando un total de 174 imágenes utilizables. Éstas fueron analizadas con una cuadrícula digital de 77 puntos (Programa Picasa 2.0: [www.picasa.com](http://www.picasa.com)) para identificar los

porcentaje  
ocupados  
cultivada  
una aplica  
para medi  
descrito p

Para este  
taxonómico  
solamente  
entre vege  
definió cc  
agrícolas,  
El resto c  
cultivada,  
sin que se  
el ser hum  
edificios,  
se definió  
nuestro ob  
diferencia  
con difere



Muestra  
vegetación

a Carretera  
ucción de la  
ó un parque  
embargo, no  
ficio sobre la  
la vegetación  
guntas como  
ón cultivada  
ados de la  
proporción de  
la carretera,  
ación a nivel

esfuerzo por  
el sector norte  
la Carretera  
una carretera  
carretera que  
a.

por transecto  
transecto la  
el sur de El  
hasta el norte  
Coahuila) y  
de la frontera  
Guatemala).  
ocidad de 80  
on velocidad  
se tomaron  
una cámara  
nte cada 15  
los pueblos.  
a calidad de  
r con certeza  
n total de 174  
nalizadas con  
os (Programa  
identificar los

porcentajes de la imagen (y por ende, del paisaje) ocupados por vegetación no cultivada, vegetación cultivada e infraestructura, lo que constituye una aplicación del método de plantilla usado para medir porcentajes de cobertura de líquenes descrito por Monge-Nájera *et al.* (2002b).

Para este tipo de estudio, la identificación taxonómica de las plantas es irrelevante, pues solamente interesará comparar la proporción entre vegetación cultivada y no cultivada. Se definió como vegetación cultivada los campos agrícolas, los pastizales ganaderos y los jardines. El resto de la vegetación se clasificó como no cultivada, o sea, aquella que nace y se desarrolla sin que sea activamente sembrada y cuidada por el ser humano. Toda construcción humana (e. g. edificios, carreteras, rótulos y tanques de agua) se definió como infraestructura. Tampoco es nuestro objetivo comparar zonas de vida, sino la diferencia entre países, que son unidades políticas con diferentes regímenes de manejo del paisaje.

## RESULTADOS

La proporción de paisaje que corresponde a vegetación cultivada e infraestructura no difirió entre países (*Cuadro 1*). Tampoco difirió esa proporción entre la carretera principal y la secundaria (*Cuadro 1*). La carretera principal es la Carretera Interamericana en el tramo que cruza México, Guatemala y El Salvador. La secundaria es la carretera de menor flujo de tráfico, que atraviesa Belice longitudinalmente. (Pruebas estadísticas: Kruscal-Wallis = 1,8; con probabilidad de 0,61 para vegetación cultivada; Kruscal-Wallis = 1,6; con probabilidad de 0,65 para infraestructura).

La proporción de vegetación no cultivada sí difirió entre países, aunque ligeramente, con valores algo más altos en Guatemala y El Salvador que en Belice y México (Kruscal-Wallis = 10,4; con probabilidad de 0,01; *Cuadro 1*)

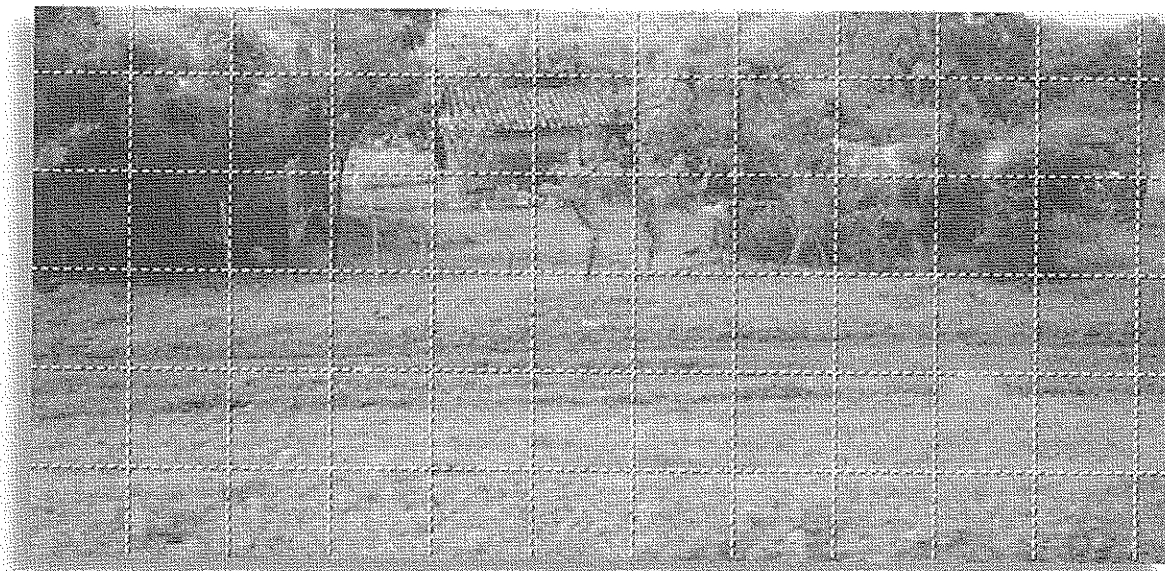


FIGURA 1

Muestra de las fotografías tomadas como parte de este estudio. Esta corresponde a un paisaje del norte de México, donde la vegetación se conserva en su estado natural debido a que en esta región el semidesierto no ha sido modificado para fines agrícolas.

CUADRO 1

Porcentajes de área en las fotografías del paisaje que corresponden a vegetación e infraestructura a los lados de la Carretera Interamericana (México, Guatemala y El Salvador) y de la carretera nacional de Belice

PAÍS	VEGETACIÓN NO CULTIVADA				INFRAESTRUCTURA				VEGETACIÓN CULTIVADA			
	MEDIA	D.E.	MIN.	MAX.	MEDIA	D.E.	MIN.	MAX.	MEDIA	D.E.	MIN.	MAX.
MÉXICO (N= 63)	14,6	14,6	0	77	22,2	14,8	0	64	10,7	12,0	0	56
BELICE (N= 76)	14,0	14,2	0	87	19,5	12,9	0	58	17,6	11,7	0	53
GUATEMALA (N= 19)	24,8	17,2	3	67	23	15,7	0	65	12,6	10,2	0	40
EL SALVADOR (N= 16)	27,9	18,3	4	66	23,5	11,9	5	46	9,4	8,8	1	35

D.E. = Desviación estándar, valor que indica el grado de variación de los resultados.  
Min. = valor mínimo. Max. = valor máximo. N. = cantidad de fotografías analizadas.

CUADRO 2

Porcentajes del paisaje que corresponden a vegetación no cultivada y cultivada en varios países mesoamericanos

PAÍS	VEGETACIÓN NO CULTIVADA (%)		VEGETACIÓN CULTIVADA (%)	
	ESTE ESTUDIO	GIRI Y JENKINS (2005)	ESTE ESTUDIO	GIRI Y JENKINS (2005)
MÉXICO	15	35	11	17
BELICE	14	62	18	18
GUATEMALA	25	54	13	35
EL SALVADOR	28	28	9	60

En negrita: valores similares.

Estos resultados pueden compararse con los publicados por Giri y Jenkins (2005), los cuales fueron obtenidos por un satélite e indican la proporción total nacional de tipos de vegetación (Cuadro 2). Los porcentajes percibidos junto a la carretera son similares a los porcentajes nacionales de vegetación no cultivada en El Salvador, y al porcentaje nacional de cultivos en Belice y México.

En Guatemala el porcentaje de vegetación (cultivada y no cultivada) es mayor a nivel nacional que junto a la carretera (Cuadro 2).

También en Belice y México la vegetación no cultivada es mayor a nivel nacional que junto a la carretera (Cuadro 2).

## DISCUSIÓN

La ruta seguida por la Carretera Interamericana y la carretera principal de Belice cruza tanto zonas de cultivo como zonas boscosas, pero no lo hace de manera representativa, sino según las limitaciones topográficas, históricas y comerciales que deciden las rutas de viaje en toda sociedad humana.

Nuestros datos permiten responder a la primera pregunta planteada: ¿cuál es la proporción de vegetación cultivada y vegetación no cultivada a los lados de la carretera? La respuesta se consigna en el Cuadro 1 y muestra que no hubo diferencias marcadas entre los países, lo cual apoya una vez más la idea de que Mesoamérica constituye una región geográfica homogénea si se considera a

gran escala  
Medio Am

La segunda  
percibe des  
realidad ec  
coincide la  
lados de la  
vegetación

Para respo  
de carrete  
periodo de  
suelo con  
cultivada,  
publicados  
(2005). A  
de nuestro  
percibida  
y Jenkins  
de cobertu  
cada país,

datos de la

CULTIVADA	
MIN.	MAX.
0	56
0	53
0	40
1	35

americanos

AREA (%)
JENKINS (2005)
17
18
35
60

eramericana y  
a tanto zonas  
o no lo hace de  
s limitaciones  
s que deciden  
umana.

a la primera  
proporción de  
no cultivada a  
ta se consigna  
bo diferencias  
poya una vez  
constituye una  
e considera a

gran escala (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002).

La segunda pregunta se refiere a si el paisaje que se percibe desde estas carreteras es representativo de la realidad ecológica de cada país considerado: ¿cuánto coincide la proporción de tipos de vegetación a los lados de la carretera, con la proporción de tipos de vegetación a nivel nacional?

Para responderla es necesario comparar los datos de carretera con valores generales (del mismo periodo de tiempo y región) sobre cobertura del suelo con vegetación no cultivada, vegetación cultivada, e infraestructura. Estos datos han sido publicados recientemente por Giri y Jenkins (2005). Aclaramos sin embargo que los datos de nuestro estudio se refieren a la vegetación percibida desde dos carreteras; los datos de Giri y Jenkins (2005) corresponden a los porcentajes de cobertura total (porcentaje del área nacional) en cada país, con base en análisis satelital (aunque no

hay datos de infraestructura en el informe de Giri y Jenkins (2005), por lo que centraremos nuestra comparación en los tipos de vegetación).

La comparación (*Cuadro 2*) nos permitió concluir que los porcentajes percibidos junto a la carretera son similares a los porcentajes nacionales de vegetación no cultivada en El Salvador, y también son similares a la proporción nacional de cultivos en Belice y México. Ello indica que en este aspecto, esos tramos de carretera no han causado cambios mayores que los ocurridos en promedio en cada uno de esos países.

En contraste con El Salvador, Belice y México, Guatemala es el país donde el paisaje junto a la Carretera Interamericana provoca la impresión más engañosa, pues subestima tanto el área de vegetación no cultivada como el área cultivada.

Ello sugiere una mayor concentración de infraestructura junto a la carretera en Guatemala.



FIGURA 2

Cuadrícula usada para cuantificar la cobertura paisajística de vegetación y construcciones humanas. Se presenta como ejemplo un paisaje carretero de El Salvador.

En algunos países se ha demostrado que la deforestación a los lados de las carreteras se ve favorecida por la concentración local de recursos y una aplicación insuficiente de la ley (Linkie *et al.*, 2004, Ramisch, 2005), y algo similar podría ocurrir en Guatemala debido a sus condiciones económicas.

En Belice y México se percibe a los lados de la carretera mucho menos vegetación no cultivada de la que realmente existe en el territorio total de esos países, lo que sugiere un mayor efecto destructivo del bosque adyacente como resultado de la construcción de la carretera. Tal vez la diferencia de estos países con El Salvador se relacione con la explotación comercial organizada y las técnicas modernas de extracción y transporte, como ocurre en otros sitios (Ali y Benjaminsen, 2004). Pero la conclusión general es que en Mesoamérica existía al momento de tomar los datos (2005) un grado importante de deforestación a lo largo de la Carretera Interamericana y de la carretera principal de Belice. Hasta donde sabemos, los datos que presentamos aquí son los primeros que

se han publicado sobre vegetación cultivada y no cultivada a los lados de estos tramos de carretera, por lo que representan una referencia importante con la cual se podrán comparar los resultados de todos los estudios futuros.

El reestablecimiento en Mesoamérica de un paisaje rico en vegetación no cultivada, tanto junto a las carreteras como en toda la región, hará necesario tomar en cuenta que el uso agrícola y ganadero determina el futuro del paisaje en zonas que luego recuperan el bosque (Weaver y China, 2003) y que los cambios climáticos recientes también afectarán ese proceso de recuperación (Moya y Malayang, 2004). Igualmente, se deberá recordar que el ser humano es parte influyente de ese paisaje, por lo que para lograr una recuperación de la vegetación y paisaje originales, deben considerarse los aspectos históricos, culturales, económicos y políticos que causaron estos cambios en el paisaje vegetal junto a las carreteras (Geist y Lambin, 2002, Armitage, 2004; Hulse y Branscomb, 2004; Costa Rica: Proyecto Estado de la Nación, 2005).

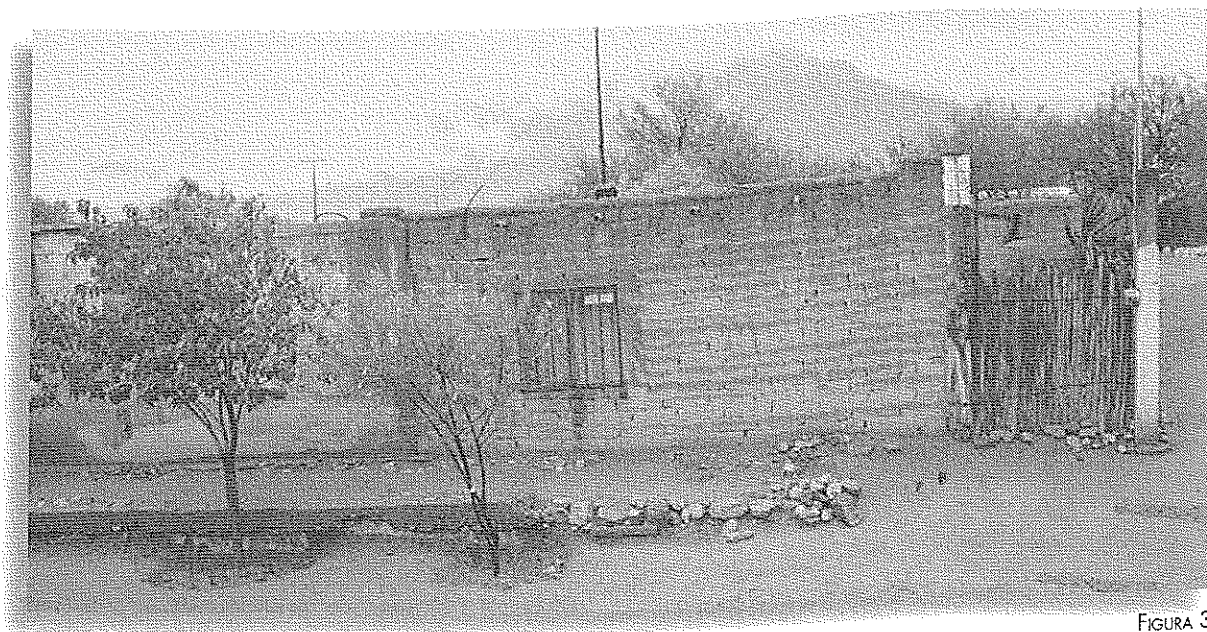


FIGURA 3  
Ejemplo de paisaje altamente antrópico junto a la carretera. Ubicación: Durango, México.

Agradecim

Este estudi  
Secretaría  
del Estad  
Tecnológic  
Estatad a l  
agradecimi  
la Biol. M  
al primer  
Durango,  
Luis Torres  
del ITD,  
Chávez Ra

BIBLIOGR

- ALI, J. y T.  
and c  
of Ba  
Moun
- ARMITAGE,  
narrat  
perspe  
Centr  
717-7
- BRUMM, H  
on sor  
Ecol. 7
- CRAMER, I  
hetero  
Oikos
- CUESTA, F.  
"Ande  
Basin,
- DE AZCARA  
fitosoc  
Sierra  
Fitosoc
- DOODY, J.  
"Fauna  
animal  
Zool. 3

cultivada y no  
carretera, por  
ortante con la  
s de todos los

de un paisaje  
to junto a las  
ará necesario  
la y ganadero  
nas que luego  
a, 2003) y que  
bién afectarán  
a y Malayang,  
dar que el ser  
paisaje, por lo  
a vegetación y  
e los aspectos  
políticos que  
vegetal junto  
02, Armitage,  
Rica: Proyecto

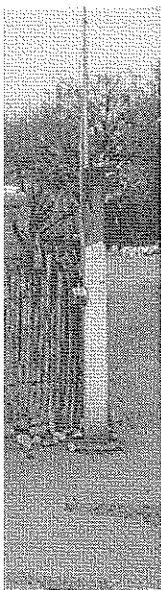


FIGURA 3  
Durango, México.

### Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al financiamiento de la Secretaría de Educación de México y la Gobernación del Estado de Durango, a través del Instituto Tecnológico de Durango (ITD), y de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Nuestro especial agradecimiento a la Arq. Azeneth de Luna Galván y a la Biol. M.Sc. Patricia Rodríguez Briones, por invitar al primer autor a visitar el Instituto Tecnológico de Durango, al Dr. Luis Fernando Díaz y al M.Sc. José Luis Torres por su apoyo al viaje; así como al personal del ITD, al Señor Roberto Martínez y a la familia Chávez Ramos (San Salvador) por su hospitalidad.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALI, J. y T. A. Benjaminsen, 2004. "Fuelwood, timber and deforestation in the Himalayas--The case of Basho Valley, Baltistan Region, Pakistan". *Mountain Res. Dev.* 24 (4): 312-318.
- ARMITAGE, D., 2004. "Nature-society dynamics, policy narratives, and ecosystem management: Integrating perspectives on upland change and complexity in Central Sulawesi, Indonesia". *Ecosystems* 7 (7): 717-728.
- BRUMM, H., 2004. "The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird". *J. Anim. Ecol.* 73: 434-440.
- CRAMER, M. J. y M. R. Willig, 2005. "Habitat heterogeneity, species diversity and null models". *Oikos* 108 (2): 209-218.
- CUESTA, F., M. F. Peralvo y F. T. Van Manen, 2003. "Andean bear habitat use in the Oyacachi River Basin, Ecuador". *Ursus* 14 (2): 198-209.
- DE Azcarate, J.G. y M.I. Ramírez, 2004. "Análisis fitosociológico de los bosques de oyamel de la Sierra de Anganguero, Región Central de México". *Fitosociología* 41 (Suppl. 1): 91-100.
- DOODY, J. S., P. West, J. Stapley, M. Welsh *et al.*, 2003. "Fauna by-catch in pipeline trenches: Conservation, animal ethics, and current practices in Australia". *Aust. Zool.* 32 (3): 410-419.
- DURAND, L. y E. Lazos, 2004. "Colonization and tropical deforestation in the Sierra Santa Marta, southern Mexico". *Environ. Conserv.* 31 (1): 11-21.
- GEIST, H. J. y E. F. Lambin, 2002. "Proximate causes and underlying driving forces of Tropical deforestation". *BioScience* 52 (2): 143-150.
- GIRI, C. y C. Jenkins, 2005. "Land cover mapping of Greater Mesoamerica using MODIS data". *Can. J. Remote Sensing* 31 (4): 274-282.
- GONZÁLEZ, C. A., D. E. Brown y J. P. Gallo-Reynoso, 2003. "The ocelot *Leopardus pardalis* in north-western Mexico: Ecology, distribution and conservation status". *Oryx* 37 (3): 358-364.
- GRÜNINGER, W. y J. Monge-Nájera, 1988. "Use of the temperate lichen *Hypogymnia physodes* (Parmeliaceae) to evaluate air pollution in the Tropics". *Revista Biología Tropical* 36 (2B): 545-547.
- HANSEN, M. C. y R. S. Defries, 2004. "Detecting long-term global forest change using continuous fields of tree-cover maps from 8-km advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data for the years 1982-99". *Ecosystems* 7 (7): 695-716.
- HULSE, D. W., A. Branscomb y S. G. Payne, s. f. "Envisioning alternatives: Using citizen guidance to map future land and water use". *Ecol. Appl.* 14 (2): 325-341.
- JEGANATHAN, P., R. E. Green, K. Norris, I. N. Vogiatzakis, A. Bartsch y S. R. Wotton, s. f. "Modelling habitat selection and distribution of the critically endangered Jerdon's courser *Rhinoptilus bitorquatus* in scrub jungle: an application of a new tracking method". *J. Appl. Ecol.* 41 (2): 224-237.
- KAPPELLE, M. y S. Horn (eds.), 2005. *Páramos de Costa Rica*. Santo Domingo de Heredia: INBio: 767.
- KLEPEIS, P., 2003. "Development policies and tropical deforestation in the southern Yucatán península: Centralized and decentralized approaches". *Land Degrad. Dev.* 14 (6): 541-561.

- LAILOLO, P., F. Dondero, E. Ciliento y A. Rolando, s. f. "Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna". *J. Appl. Ecol.* 41 (2): 294-304.
- LEMENIH, M., E. Karlun y M. Olsson, 2005. "Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia". *Agric. Ecosyst. Environ.* 105 (1-2): 373-386.
- LINKIE, M., R. J. Smith y N. Leader-Williams, 2004. "Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra". *Biodiv. Conserv.* 13 (10): 1809-1818.
- LUMSDEN, L. F. y A. F. Bennett, 2005. "Scattered trees in rural landscapes: foraging habitat for insectivorous bats in south-eastern Australia". *Biol. Conserv.* 122 (2): 205-222.
- MAHAPATRA, K. y S. Kant, 2005. "Tropical deforestation: a multinomial logistic model and some country-specific policy prescriptions". *Foreign. Policy Econ.* 7 (1): 1-24.
- MARSH, D. M. y N. G. Beckman, 2004. "Effects of forest roads on the abundance and activity of terrestrial salamanders". *Ecol. Appl.* 14 (6): 1882-1891.
- MEDINA-VOGEL, G., V. S. Kaufman, R. Monsalve y V. Gómez, s. f. "The influence of riparian vegetation, woody debris, stream morphology and human activity on the use of rivers by southern river otters *Lontra provocax* in Chile". *Oryx* 37 (4): 422-430.
- MONGE-NÁJERA, J. (ed.), 1994. *Sustainable development: the view from the less industrialized countries*. San José: EUNED.
- , 1996. "Vertebrate mortality in tropical highways: The Costa Rican case". *Vida Silv. Neotrop.* 5 (2): 154-156.
- , 1999. "Mitos y realidades de la biodiversidad neotropical". *Biocenosis* 13 (1-2): 133-139.
- MONGE-NÁJERA, J., M. I. González, M. Rivas R. y V. H. Méndez-Estrada, 2002a. "Twenty years of lichen cover change in a tropical habitat (Costa Rica) and its relation with air pollution". *Revista Biología Tropical* 50 (1): 309-319.
- , 2002b. "A new method to assess air pollution using lichens as bioindicators". *Revista Biología Tropical* 50 (1): 321-325.
- MOYA, T. B. y B. S. Malayang, 2004. "Climate variability and deforestation-reforestation dynamics in the Philippines". *Environ. Dev. Sustain.* 6 (1-2): 261-277.
- PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, 2002. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 (GEO-3)*. Madrid: Organización de Naciones Unidas: 446.
- PROYECTO ESTADO DE LA NACIÓN, 2005. *Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. San José: 370.
- RAMISCH, J., 2005. "Inequality, agro-pastoral exchanges, and soil fertility gradient in southern Mali". *Agric. Ecosyst. Environ.* 105 (1-2): 353-372.
- RASIAH, V., S. K. Florentine, B. L. Williams y M. E. Westbrooke, 2004. "The impact of deforestation and pasture abandonment on soil properties in the wet tropics of Australia". *Geoderma* 120 (1-2): 35-45.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1978. *Ecological Methods*. Londres: Chapman and Hall: 524.
- TOURRAND, J. F., M. G. Piketty, J. R. de Oliveira, M. C. Thales et al., 2004. "Elevage bovin, deforestation et développement regional: le cas du Sud du Para, Amazonie bresilienne". *Bois For. Trop.* 280 (2): 5-16.
- WALKER, S. M. y P. V. Desanker, 2004. "The impact of land use on soil carbon in Miombo Woodlands of Malawi". *For. Ecol. Manag.* 203 (1-3): 345-360.
- WEAVER, P. L. y J. D. Chinea, 2003. "Secondary subtropical dry forest at the La Tinaja tract of the Cartagena Lagoon National Wildlife Refuge, Puerto Rico". *Carib. J. Sci.* 39 (3): 273-285.

Dr. RÓGI

RESUMI

Se realiz  
con el ob  
Ca:Mg ;  
producci  
a una pi  
potes de  
arreglo f  
por dos t  
y 70%),  
y 5:1), e  
p.a. y tre  
de MAI:  
saturació  
y en la s  
producci  
en la rel  
obtuvien  
mg/L de  
y las de  
en el sue  
significa  
absorció  
absorció  
encalado  
fosfórica,  
del maíz  
de nutri

\* Depar  
Unive

## Efecto del encalado, la relación Ca:Mg y la fertilización fosfórica en la nutrición mineral del maíz

Dr. RÓGER J. MUÑOZ HERNÁNDEZ

### RESUMEN

Se realizó un experimento en condiciones de invernadero con el objetivo de evaluar el efecto del encalado, la relación Ca:Mg y la dosis de fósforo sobre la nutrición mineral y producción de materia seca del maíz. El suelo fue colectado a una profundidad de 0-20 cm y el ensayo se estableció en potes de 3 L, con diseño experimental irrestricto al azar, arreglo factorial 2x4x3, con cuatro repeticiones, constituido por dos tratamientos de encalado (saturación de bases de 50% y 70%), cuatro relaciones Ca:Mg en el suelo (2:1, 3:1, 4:1 y 5:1), establecidas por la aplicación de CaCO<sub>3</sub> p.a. y MgO p.a. y tres dosis de fósforo, 0, 100 y 200 mg/L por la aplicación de MAP. Los resultados mostraron que el incremento en la saturación de bases influyó positivamente en el crecimiento y en la nutrición mineral del maíz. Hubo reducción en la producción de materia seca de la parte aérea con aumentos en la relación Ca:Mg en el suelo, las mayores producciones se obtuvieron con la relación Ca:Mg 3:1 y la aplicación de 100 mg/L de P. Las cantidades de Ca absorbidas incrementaron y las de Mg disminuyeron al aumentar la relación Ca:Mg en el suelo. El P aplicado en el suelo promovió incrementos significativos en la materia seca del maíz, aumentó la absorción de este elemento por las plantas e incrementó la absorción de Ca y Mg. De modo general se concluye que el encalado, las relaciones Ca:Mg en el suelo y la fertilización fosfórica, influyeron en el crecimiento y la nutrición mineral del maíz. La absorción fue influenciada por la disponibilidad de nutrientes para las plantas y su equilibrio en el suelo.

### ABSTRACT

The experiment was carried out under green house conditions in order to evaluate limestone, Ca:Mg ratio and P level on mineral nutrition and dry matter production of corn (*Zea mays* L.). The soil was collected in the 0-20 cm layer and the experiment was conducted in 3 L size pot trial, with a completely randomized design in a 2x4x3 factorial scheme, with four replications, two lime adjusted soil base saturations (50 and 70%), four Ca:Mg ratios (2:1, 3:1, 4:1 or 5:1) obtained with the applications of CaCO<sub>3</sub> and MgO and MAP to provided 0, 100 or 200 mg . L of P. The results showed that increases in soil base saturation influenced positively corn growth and nutrition. There was a decrease in dry matter production of tops with the increase in soil Ca:Mg ratios. The highest production was obtained with 3:1 Ca:Mg ratio and application of 100 mg . L of P. Increases in the concentrations of P and Mg in plants tissues with the increases in soil base saturations were observed. Increasing the Ca:Mg ratio increased the absorption of Ca and decreased the absorption of Mg in the plants. The addition of P to the soil promoted significant increase in corn dry matter and improved the absorption of this element in plant tissue, and increased the absorptions of Ca and Mg. In a general manner, it was concluded that soil base saturation, Ca:Mg ratios and soil phosphatic fertilization affect corn growth and mineral nutrition. The absorption was influenced by the availability of nutrients by plants and their balance in the soil.

### PALABRAS CLAVE

Ca, fertilización, nutrientes suelos, absorción.

### KEY WORDS

Lime, fertilization, elements soil, absorption

\* Departamento de Suelos, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Correo electrónico: rmunoz@una.ac.cr

## INTRODUCCIÓN

El encalado como práctica de manejo agrícola altera propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los efectos directos de la aplicación de cal en los suelos ácidos se manifiestan en el crecimiento de las plantas y en la actividad de los microorganismos, mientras que los efectos indirectos se presentan en las concentraciones de los elementos, al incrementar el pH del suelo, disminuye la solubilidad de elementos tóxicos como aluminio, hierro y manganeso, aumenta la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, azufre, cloro, molibdeno y disminuye la disponibilidad de cobre y cinc (Malavolta, 1980).

Sin embargo, a pesar de la importancia de la práctica del encalado utilizada con fines agrícolas, es necesario considerar la relación Ca:Mg del correctivo de la acidez del suelo. La incorporación de un material de encalado al suelo influye en el equilibrio entre bases, debido al aporte de Ca o Mg por los carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos, fuentes que son utilizadas para corregir los problemas de acidez de los suelos (Siqueira *et al*, 1975). Debido a las interacciones catiónicas entre calcio, magnesio y potasio, la eficiencia en la absorción de cationes básicos por las plantas está asociada con el aporte equilibrado de Ca o Mg por los materiales de encalado y por las concentraciones encontradas en el análisis de suelo (Bull, 1986). Las interacciones que se presentan en la solución del suelo entre diferentes iones, influyen en la disponibilidad y en la velocidad de absorción de un determinado nutrimento (Khasawneh, 1971, Epstein, 1975), la absorción de un nutrimento puede ser disminuida, aumentada o no ser afectada por la presencia de otro nutrimento (Malavolta, 1989).

De acuerdo con la Ley del Mínimo de Liebig -Ley de la Ecología y de la Fertilidad del Suelo- (Malavolta, 1992), para que la producción no sea limitada por aquel nutrimento presente en menor concentración o disponibilidad, tan importante es

la cantidad absoluta de un nutrimento, como la cantidad relativa de ese nutrimento en el suelo.

La mayoría de los suelos de los diferentes ecosistemas tropicales se caracterizan por la baja fertilidad y la deficiencia de fósforo constituye uno de los factores limitantes en el crecimiento de las plantas y en el rendimiento de los cultivos, en estos suelos hay una alta fijación y retención de fosfatos, debido a la formación de compuestos insolubles de fósforo (Rajj, 1991). Para la incorporación de estos suelos ácidos en el proceso productivo, el encalado se presenta como una práctica necesaria para disminuir la fijación de fósforo, aumentando su disponibilidad para las plantas (Malavolta, 1980).

Con base en estas observaciones y por la necesidad de realizar estudios específicos de proporciones Ca:Mg con relación al encalado, además de las bajas concentraciones de fósforo disponible en los suelos ácidos y por la importancia de realizar estudios en nutrición mineral, principalmente con respecto a absorción de nutrimentos, se propuso este trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el efecto de las aplicaciones de calcio y magnesio en cuatro relaciones Ca:Mg, dos dosis de encalado y tres niveles de fertilización fosfórica, sobre la nutrición mineral en el maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado bajo condiciones de invernadero del Departamento de Ciencia del Suelo, Escuela Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidad de São Paulo, ESALQ, USP. Se utilizaron muestras superficiales (0-20 cm) de un suelo clasificado como Typic Quartzipsamments, colectadas en el municipio de Piracicaba, estado de São Paulo, localizado geográficamente a 22° 42' 30" latitud sur y 47° 38' 60" longitud oeste, a una elevación de 576 msnm, con temperaturas promedio mínima y máxima de 18,0 °C y 37,5 °C,

respectiva  
anual de

Las caracte  
de suelo  
(método c  
CaCl<sub>2</sub>, (re  
determina  
3 mg/L c  
intercamb  
0,80 cm  
de Ca, Mg  
de interca  
atómica,  
determina  
7,5.

Fue utili  
arreglo f  
constituc  
basados e  
de satura  
70%, cu  
y 5:1), es  
p.a. y Mg  
100 mg/L  
Las unida  
por potes  
y que pas  
los suelos  
y MgO  
incubaron  
humedad  
pesaje dia  
se realizó  
fosfato m  
compensa  
con el fosf  
nitrogena  
fosfórica y  
mg/L de f  
mg/L de

respectivamente, y una precipitación promedio anual de 1070,6 mm.

Las características físicas y químicas del análisis de suelo mostraron un suelo de textura arenosa (método del hidrómetro de Bouyoucos), pH 3,9 en  $\text{CaCl}_2$ , (relación 1:2,5), 1.10% de materia orgánica, determinada por el método de Walkley y Black, 3 mg/L de P disponible, extraído con resina de intercambio iónica y determinado por colorimetría, 0,80 cmol(+)/L, 0,40 cmol(+)/L y 0,04 cmol(+)/L de Ca, Mg y K respectivamente, extraídos con resina de intercambio iónica y determinados por absorción atómica, 3,10 cmol(+)/L de acidez intercambiable, determinada por la solución tampón de SMP a pH 7,5.

Fue utilizado un diseño experimental con un arreglo factorial  $2 \times 4 \times 3$  y cuatro repeticiones, constituido por dos tratamientos de encalado, basados en el método de incrementar el porcentaje de saturación de bases (Raij, 1981) a 50% y 70%, cuatro relaciones Ca:Mg, (2:1, 3:1, 4:1 y 5:1), establecidas por la aplicación de  $\text{CaCO}_3$  p.a. y MgO p.a. y tres dosis de fósforo, 0 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L, para un total de 96 potes. Las unidades experimentales estaban constituidas por potes con muestras de 3 L de suelo seco al aire y que pasaron por un tamiz de 2 mm. Después que los suelos fueron tratados con las dosis de  $\text{CaCO}_3$  y MgO establecidas para cada tratamiento, se incubaron por un período de 21 días, con una humedad próxima a 0,3 bar, controlada por el pesaje diario de los potes. La fertilización fosfórica se realizó después de la incubación, utilizando fosfato monoamónico como fuente de fósforo. Para compensar la cantidad de nitrógeno adicionado con el fosfato monoamónico, se aplicó fertilización nitrogenada en los tratamientos sin fertilización fosfórica y en los tratamientos que recibieron 100 mg/L de fósforo, adicionando 92,72 mg/L y 43,36 mg/L de nitrógeno, respectivamente, utilizando

nitrate de amonio en solución acuosa, no hubo fertilización nitrogenada en los tratamientos que recibieron 200 mg/L de fósforo.

Todos los tratamientos recibieron una fertilización base de micronutrientes de 10 mg/L de Fe ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), 10 mg/L de Mn ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), 10 mg/L de Zn ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), 5 mg/L de Cu ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), 5 mg/L de B ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), 1 mg/L de Mo ( $\text{NaMoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), aplicada después de la incubación. Para la siembra, se utilizó maíz híbrido CX 322, colocando ocho semillas por pote, nueve días después de la siembra se hizo el raleo, dejando cuatro plantas por pote. La fertilización básica utilizada en el experimento consistió en la aplicación de 100 mg/L de nitrógeno y potasio, en forma de solución acuosa de nitrate de amonio y cloruro de potasio, respectivamente, a los 17 y 39 días después de la siembra.

Seis semanas después de la siembra se realizó la cosecha de la parte de aérea, cortando el material vegetal a la altura del suelo. Las muestras de tejido foliar se secaron a 70 °C durante 72 horas, luego se molieron y se almacenaron en frascos de vidrio para el análisis químico. Las muestras se sometieron a digestión nitroperclórica y se analizaron los contenidos de K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn Zn por absorción atómica y P por colorimetría, según la metodología propuesta por Malavolta *et al.* (1989). El nitrógeno total de las muestras se determinó por el método de Micro-kjeldhal. Se evaluaron las variables producción de materia seca de la parte aérea (g/pote) y absorción de nutrientes (mg/pote). Con los valores de peso seco en g/pote y la concentración del elemento en porcentaje, se determinó la absorción de nutrientes.

Para determinar diferencias significativas entre las variables evaluadas, se realizó el análisis de varianza. Cuando las variables difirieron significativamente, se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca de la parte aérea. Hubo efecto significativo de interacción entre los tratamientos de encalado y las relaciones Ca:Mg para la saturación de bases de 50% (Cuadro 1). El peso seco de la parte aérea presentó los mayores valores con las relaciones Ca:Mg de 2:1 y 3:1. No hubo diferencias para el tratamiento de encalado correspondiente a 70% de saturación de bases, sin embargo, la relación Ca:Mg de 3:1 mostró la mayor producción de materia seca. El efecto depresivo en los rendimientos observado con las relaciones Ca:Mg de 4:1 y 5:1 puede ser atribuido a disturbios nutricionales en la planta, debido a desequilibrios en el suelo causados por las bajas concentraciones de magnesio aportadas por las altas relaciones Ca:Mg, dando como resultado menor crecimiento y producción (Rosolem *et al.*, 1984). En la absorción, el Ca y el Mg presentan una interacción de antagonismo, el exceso de Ca inhibe competitivamente la absorción de Mg, provocando menor crecimiento (Epstein, 1975), este efecto está asociado a la deficiencia inducida de magnesio, aún cuando síntomas de deficiencia no hayan sido observados en el experimento.

CUADRO 1  
Producción de materia seca de plantas de maíz (g/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y los tratamientos de encalado

RELACIÓN Ca:Mg	SATURACIÓN DE BASES (%)	
	50	70
2:1	19,62 a	20,23 a
3:1	19,50 a	20,58 a
4:1	17,40 b	20,25 a
5:1	16,22 b	19,44 a
DMS 5% = 1,37		

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

Resultados similares han sido reportados por Arantes (1983), que observó reducción en la materia seca de la parte aérea del maíz, cuando utilizó relaciones Ca:Mg mayores de 5:1, establecidas para una saturación de bases de 60%. Carmello (1989), evaluando relaciones Ca:Mg de 1:4, 2:3, 3:2 y 4:1 en la producción de materia seca de maíz, encontró reducción en los rendimientos de la parte aérea al incrementar la relación Ca:Mg.

Además, se deben considerar las funciones metabólicas o estructurales del Mg, su deficiencia puede provocar perturbaciones en el metabolismo, con efectos depresivos en el crecimiento de las plantas (Marschner, 1986).

Los rendimientos de la variable biológica en función de los tratamientos de encalado, mostraron una mayor producción de materia seca con la saturación de bases de 70%, al aumentar el porcentaje de saturación de bases, se incrementaron las cantidades de Ca y Mg aportadas al suelo, consecuentemente, hubo una mejor respuesta en el crecimiento (Arantes, 1983 y Carmello, 1989).

También hubo interacción significativa entre las relaciones Ca:Mg y las dosis de fósforo para los tratamientos con fertilización (Cuadro 2), la dosis de 100 mg/L de fósforo mostró mayores valores en

CUADRO 2  
Producción de materia seca de plantas de maíz (g/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y dosis de P aplicadas

RELACIÓN Ca:Mg	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
2:1	3,15 a	29,80 a	26,82 a
3:1	3,38 a	29,93 a	26,80 a
4:1	3,30 a	28,99 a	24,19 b
5:1	3,33 a	27,06 b	23,11 b
DMS 5% = 1,68			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

peso seco  
fósforo, s  
de las pla  
3:1, a pa

Compor  
interacci  
de fósfor  
de mate  
para los  
encontra  
fueron r  
fósforo.  
los mayo  
Resultad  
maíz en  
acidez y  
por Kun  
y Simarc

Pro  
(g/po

SATURAI  
BAS

5

7

DMS 5%

Media

manite

La auser  
fertilizac  
fósforo,  
de sínto  
experim  
del pres  
de la fer  
la parte :

por  
teria  
tilizó  
para  
)89),  
y 4:1  
ontró  
ea al  
  
iones  
encia  
smo,  
e las  
  
ógica  
lado,  
seca  
tar el  
aron  
uelo,  
ta en  
).  
  
re las  
a los  
dosis  
res en  
  
uelo  
  
00  
32 a  
80 a  
19 b  
11 b  
  
adística  
lod.

peso seco con respecto a la dosis de 200 mg/L de fósforo, se obtuvo mayor peso seco de la parte aérea de las plantas al aumentar la relación Ca:Mg hasta 3:1, a partir de esta, los valores disminuyeron.

Comportamiento semejante fue observado en la interacción entre tratamientos de encalado y dosis de fósforo (Cuadro 3). Al analizar los rendimientos de materia seca, se encontró efecto significativo para los tratamientos con fertilización, los valores encontrados para la variable biológica evaluada fueron mayores con la dosis de 100 mg/L de fósforo. La saturación de bases de 70% presentó los mayores valores en peso seco de la parte aérea. Resultados semejantes en los rendimientos de maíz en respuesta a la aplicación de correctivos de acidez y fertilización fosfórica han sido constatados por Kunish (1982), Sherchand y Whitney (1985) y Simard (1988).

CUADRO 3  
Producción de materia seca de plantas de maíz (g/pote) en función de los tratamientos de encalado y dosis de P aplicadas

SATURACIÓN DE BASES %	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
50	3,44 a	28,10 b	23,01 b
70	3,13 a	29,79 a	27,45 a
DMS 5% = 0,90			

Medios seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La ausencia de respuesta en los tratamientos sin fertilización se atribuyen al efecto limitante del fósforo, esta justificación esta basada en la aparición de síntomas de deficiencia observados durante el experimento en estos tratamientos. Los resultados del presente trabajo muestran el efecto favorable de la fertilización fosfórica en los rendimientos de la parte aérea del maíz.

### ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS

La absorción de fósforo fue influenciada por la interacción entre los tratamientos de encalado y las relaciones Ca:Mg (Cuadro 4). La mayor absorción se presentó con la relación Ca:Mg de 3:1, conforme aumentó la relación Ca:Mg, los valores de absorción disminuyeron. La parte aérea mostró un incremento en la absorción de fósforo cuando se aumentó el porcentaje de saturación de bases. Los mayores valores de absorción de fósforo con las relaciones Ca:Mg de 2:1 y 3:1 pueden ser atribuidos al efecto de las altas relaciones Ca:Mg en la absorción de P. La absorción de este nutrimento es fuertemente influenciada por la concentración de Mg en el medio, al incrementar las dosis de carbonato de calcio en el suelo en las relaciones Ca:Mg altas, disminuye la concentración de magnesio en el suelo, lo cual afecta la absorción de P debido al efecto sinérgico de magnesio en la absorción de fósforo (Malavolta, 1980).

CUADRO 4  
Absorción de P por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y tratamientos de encalado

RELACIÓN Ca:Mg	SATURACIÓN DE BASES (%)	
	50	70
2:1	64,69 a	82,47 a
3:1	67,90 a	84,44 a
4:1	52,05 b	80,03 ab
5:1	53,79 b	75,14 b
DMS 5% = 5,69		

Medios seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La absorción de P tuvo un comportamiento similar en la interacción de relaciones Ca:Mg y dosis de fósforo (Cuadro 5), mostró un efecto significativo para los tratamientos que recibieron fertilización, la absorción de fósforo incrementó conforme aumentó la dosis de fertilización fosfórica. Para ambas dosis de fertilización fosfórica, la parte aérea absorbió las mayores cantidades de fósforo con las relaciones Ca:Mg de 2:1 y 3:1.

CUADRO 5

Absorción de P por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y dosis de P aplicadas

RELACIÓN Ca:Mg	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
2:1	1,67 a	79,11 a	139,96 b
3:1	1,93 a	73,11 ab	153,47 a
4:1	1,77 a	63,63 c	132,71 c
5:1	1,94 a	72,06 b	119,39 d
DMS 5% = 6,97			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

Con respecto a la interacción entre los tratamientos de encalado y las dosis de fósforo (Cuadro 6), hubo un efecto significativo en la absorción de fósforo en los tratamientos con fertilización. Se obtuvo un incremento en la cantidad de fósforo absorbida, cuando se aumentó el porcentaje de saturación de bases. Los valores más altos de absorción de fósforo se encontraron con la dosis de 200 mg/L de fósforo. Esto se puede asociar a la influencia de los tratamientos de encalado en la disponibilidad de aquel en el suelo.

CUADRO 6

Absorción de P por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y dosis de P aplicadas

SATURACIÓN DE BASES %	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
50	1,95 a	64,87 b	111,99 b
70	1,70 a	79,09 a	160,77 a
DMS 5% = 3,73			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La absorción de calcio mostró efecto significativo en la interacción entre tratamientos de encalado y las relaciones Ca:Mg (Cuadro 7). Se observó que las cantidades de calcio absorbidas aumentaron con el incremento en el porcentaje de saturación de bases. Las mayores absorciones de calcio se presentaron con la relación Ca:Mg de 5:1. Las

mayores cantidades de Ca absorbidas por la parte aérea de las plantas están relacionadas con el incremento en la cantidad de CaCO<sub>3</sub> utilizada en la mayor dosis de encalado y con las altas relaciones Ca:Mg, cuando se incrementa la dosis de encalado y el valor de la relación Ca:Mg, aumenta la disponibilidad de Ca, lo que hace incrementar la absorción del nutrimento por las plantas.

CUADRO 7

Absorción de Ca por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y tratamientos de encalado

RELACIÓN Ca:Mg	SATURACIÓN DE BASES (%)	
	50	70
2:1	96,31 b	102,02 c
3:1	108,74 ab	127,32 b
4:1	100,78 b	132,84 b
5:1	118,98 a	149,73 a
DMS 5% = 16,14		

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La interacción entre las relaciones Ca:Mg y las dosis de fósforo fue significativa para los tratamientos que recibieron fertilización (Cuadro 8). Los mayores valores de absorción de calcio se encontraron con la dosis de 100 mg/L de fósforo, las cantidades de calcio absorbidas fueron máximas con la relación Ca:Mg de 5:1.

CUADRO 8

Absorción de Ca por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y dosis de P aplicadas

RELACIÓN Ca:Mg	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
2:1	34,41 a	139,48 c	123,61 b
3:1	36,04 a	160,93 b	157,12 a
4:1	37,89 a	156,62 bc	155,93 a
5:1	40,51 a	190,27 a	172,28 a
DMS 5% = 19,77			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

El patrón de absorción de Ca tuvo un comportamiento similar cuando se analizó la interacción de tratamientos de encalado y dosis de fósforo (Cuadro 9), se encontró efecto significativo en la absorción de calcio en los tratamientos con fertilización fosfórica. Las cantidades absorbidas por la parte aérea aumentaron con el incremento en la saturación de bases, la dosis de 100 mg/L de fósforo mostró los mayores valores de absorción. Los resultados de la presente investigación concuerdan con los trabajos de Arantes (1983), Smith (1984), Grove y Summer (1985) y Carmello (1989).

CUADRO 9  
Absorción de Ca por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de los tratamientos de encalado y dosis de P aplicadas

SATURACIÓN DE BASES %	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
50	33,38 a	150,48 b	134,75 b
70	41,04 a	173,17 a	169,72 a
DMS 5% = 10,58			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La absorción de magnesio fue influenciada por la interacción entre los tratamientos de encalado y las relaciones Ca:Mg (Cuadro 10). Las cantidades absorbidas de magnesio por la parte aérea aumentaron al incrementar el porcentaje de saturación de bases. Hubo una disminución progresiva en el magnesio absorbido, conforme aumentó la relación Ca:Mg. La mayor cantidad de Mg absorbida por la parte aérea del maíz con la mayor dosis de cal y la relación Ca:Mg de 2:1 está asociada con las mayores cantidades del elemento aportadas en las menores relaciones Ca:Mg, la reducción en la absorción de Mg con el incremento de la relación Ca:Mg puede ser atribuida tanto a la disminución en las cantidades adicionadas de Mg como a una mayor competencia en el proceso de absorción, debido al efecto de antagonismo entre el Ca y el Mg por la entrada del Mg en la

célula, en detrimento del Mg (Malavolta, 1980). Resultados similares han sido observados en maíz por Silva (1980), Arantes (1983), Smith (1984), Grove y Summer (1985) y Carmello (1989).

CUADRO 10  
Absorción de Mg por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y tratamientos de encalado

RELACIÓN Ca:Mg	SATURACIÓN DE BASES (%)	
	50	70
2:1	53,05 a	84,05 a
3:1	37,09 b	58,77 b
4:1	27,63 c	45,45 c
5:1	21,60 c	31,25 d
DMS 5% = 8,29		

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

El magnesio absorbido por la parte aérea en función de la interacción entre las relaciones Ca:Mg y las dosis de fósforo mostró efecto significativo (Cuadro 11). Se encontraron mayores valores en la absorción de magnesio en los tratamientos con fertilización fosfórica respecto a los tratamientos sin fertilización. Se observó que la absorción de magnesio disminuyó al incrementar la relación Ca:Mg.

CUADRO 11  
Absorción de Mg por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de las relaciones Ca:Mg en el suelo y dosis de P aplicadas

RELACIÓN Ca:Mg	DOSIS DE P (mg/L)		
	0	100	200
2:1	14,56 a	96,12 a	94,98 a
3:1	10,45 a	65,54 b	67,80 b
4:1	8,56 a	53,44 c	47,61 c
5:1	7,19 a	34,68 d	37,41 d
DMS 5% = 10,16			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

La interacción entre tratamientos de encalado y dosis de fósforo tuvo efecto significativo en la absorción de magnesio (Cuadro 12). Los valores encontrados en los tratamientos con fertilización fosfórica fueron mayores que los correspondientes a los tratamientos sin fertilización. Las cantidades de magnesio absorbidas aumentaron al incrementar el porcentaje de saturación de bases.

CUADRO 12

Absorción de Mg por la parte aérea de plantas de maíz (mg/pote) en función de los tratamientos de encalado y dosis de P aplicadas

Saturación de bases %	Dosis de P (mg/L)		
	0	100	200
50	33,38 a	150,48 b	134,75 b
70	41,04 a	173,17 a	169,72 a
D.M.S. 5% = 10,58			

Medias seguidas de la misma letra en las columnas, no difieren estadísticamente entre sí, por la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad.

### BIBLIOGRAFÍA

- ARANTES, E. M., 1983. "Efeito da relação Ca:Mg no corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, concentração de K, Ca, Mg e equilíbrio catiónico do milho (*Zea mays L.*)". Mestrado. Lavras Brasil: Escola Superior de Agricultura de Lavras: 62.
- BULL, L. T., 1986. "Influência da relação K/(Ca + Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrajeras". Doutorado. Piracicaba Brasil: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP: 107.
- CARMELLO, Q. A. C., 1989. *Saturação por bases e relações K, Ca e Mg do solo na nutrição potássica do milho (Zea mays L.) cv. Piranao*. Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba Brasil: 103.
- EPSTEIN, E., 1975. *Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas*. São Paulo, EDUSP Brasil: 341.
- GROVE, J. H., y M. E. Summer, 1985. *Lime induced magnesium stress in corn: impact and phosphorus availability*. Soil Science Society of America Journal 49 (5): 1192-1196.
- KHASAWNEH, F. E., 1971. *Solution ion activity on plant growth*. Soil Science Society of America Proceedings 34 (3): 426-436.
- KUNISH, H. M., 1982. *Combined effects of lime, phosphate fertilizer and aluminium on plant yield from an acid soil of the southeastern United States*. Soil Science 134 (4): 233-238.
- MALAVOLTA, E., G. C. Vitti y S. A. de Oliveira, 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato: 201.
- MALAVOLTA, E., 1980. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronomica Ceres: 251.
- \_\_\_\_\_, 1992. *ABC da análise de solos e folhas*. São Paulo: Agronomica Ceres: 124.
- MARSCHNER, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Ac. Press: 674.
- RAIJ, B. van, 1981. *Avaliação da fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato: 142.
- \_\_\_\_\_, 1991. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato: 343.
- ROSOLEM, C. A., J. K. Machado y O. Brinolli, 1984. "Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino." *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 19 (12): 1443-1448.
- SARRUGE, J. R. y P. H. Haag, 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ: 55.
- SHERCHAND, K. y O. Withney, 1985. *Response to lime and P by several genetic sources of corn (Zea mays L.) on a low pH and P soil in the greenhouse*. Journal of Plant Nutrition 8 (11): 1075-1088.
- SILVA, J. E., 1980. *Balanco do calcio e magnesio no desenvolvimento do milho em solo sob cerrado*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 15 (3): 329-333.

- SIMARD, R. R., T. E. Bates y L. J. Evans, 1988. "Effects of  $\text{CaCO}_3$  and P additions on corn (*Zea mays* L.) growth and nutrient availability in a Podzolic soil". *Canadian Journal of Soil Science* 68 (3): 507-517.
- SIQUEIRA, O. J. E., C. M. Borkert, R. A. Kochann, H. R. Bartz y R. Ramos, 1975. "Resposta do trigo a calagem, cultivado em sucessão com soja, em solos ácidos com diferentes teores de alumínio trocável em altos níveis de fertilidade". Reuniao Anual de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo, EMBRAPA/CNPT: 18-50.
- SMITH, C. B., 1984. "Sweet corn growth responses of leaf concentrations as affected by lime types and fertilizer treatments in a five year study". *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109 (4): 572-577.
- TISDALE, S. L., W. L. Nelson y J. D. Beaton, 1985. *Soil fertility and fertilizers*. 4th edition. New York: MacMillan Publ.: 75.

# Simulación de un tsunami eventual frente a las costas de la Península de Nicoya y su influencia en Puntarenas y Quepos

FERNANDO UREÑA ELIZONDO\*  
 MODESTO ORTIZ FIGUEROA\*\*

## RESUMEN

Los mapas de inundación generados para Puntarenas y Quepos revelan una vulnerabilidad mediana para un eventual tsunami que se produzca frente a las costas de la Península de Nicoya, siendo mayor el riesgo para Quepos pues en las simulaciones realizadas, el mareograma sintético indica una altura de inundación de 1,5 m aproximadamente. En el caso de Puntarenas, la ola ingresa por difracción al Golfo y debido a que son aguas someras avanza lentamente, siendo la altura de inundación de alrededor de 1 m. Este riesgo depende en gran medida del estado de la marea que en el pacífico costarricense es de aproximadamente  $\pm 1.5$  m. Esta investigación es resultado del proyecto TIME (Tsunami Inundation Modelling Exchange), y fue desarrollado en el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, bajo la supervisión del doctor Modesto Ortiz.

## ABSTRACT

The flood maps generated for Puntarenas and Quepos reveal a medium vulnerability for an eventual tsunami that could occur in front of the coasts of "Península de Nicoya". Quepos has the biggest risk because the done simulations synthetic marigram indicates a flood height of 1.5 m. approximately. In Puntarenas' case, the wave comes in by diffraction into the Gulf and because the waters are shallow, it comes in slowly. The flood height is around 1 m. The risk depends greatly on the state of the tide in the Costa Rican Pacific and it is approximately  $\pm 1.5$  m."

\* Físico y meteorólogo encargado de la cátedra de física UNED. Red de Observación del Nivel de Mar para América Central, (UNA-IMN-CRRH). Correo electrónico: furena@uned.ac.cr

\*\* Oceanógrafo físico. Departamento de Oceanografía, CICESE, Ensenada, Baja California, México. Correo electrónico: ortizf@cicese.mx

*This research is a product of the TIME project (Tsunami Inundation Modelling Exchange), and was developed in Chile (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile), with the supervision of the teacher doctor Modesto Ortiz.*

## PALABRAS CLAVE

Tsunami, malla, deformación, propagación, inundación, mapas, topografía, trinchera, modelo, batimetría, integración, Puntarenas, Quepos.

## KEY WORDS

Tsunami, maps, flood, Puntarenas, Quepos, barometry, topography, trench, propagation, integration, paragon

## INTRODUCCIÓN

Luego del evento extraordinario en Indonesia en diciembre de 2004 con aproximadamente 200 000 víctimas mortales, la comunidad científica internacional ha volcado sus esfuerzos en establecer mecanismos para disminuir la vulnerabilidad y el impacto de los tsunamis a nivel mundial. Un primer paso consiste en obtener los mapas de inundación de la(s) zona(s) seleccionada(s), y un segundo paso, pero quizás el más importante, tiene que ver con llevar la información de la manera más objetiva posible a las comunidades, coordinando adecuadamente con los comités de emergencia locales, ya que si la información científica no tiene receptores que sepan cómo actuar en casos de emergencia, de nada sirve. En este punto y principalmente en algunos lugares

de interés turístico como por ejemplo Jacó, se ha encontrado resistencia por parte del sector hotelero por el temor a tener demarcaciones en la playa que adviertan sobre rutas de evacuación por *tsunamis* ya que de acuerdo con los empresarios turísticos, esto puede causar que el turismo se aleje.

Tomando como ejemplo nuevamente el *tsunami* de Indonesia, el Pacific Tsunami Warning System detectó a tiempo la posibilidad de la ocurrencia del *tsunami*, lo que nunca detectó fue a quién hacer llegar la información, hay que tomar en cuenta que para las zonas de impacto directo el tiempo para evacuar el lugar está alrededor de los 30 minutos.

Para el presente trabajo se han seleccionado dos puntos importantes del Pacífico de Costa Rica, Puntarenas en el interior del Golfo de Nicoya y Quepos en el Pacífico Central. En el caso de Puntarenas la importancia del estudio está relacionada con las condiciones del lugar, una franja estrecha de tierra, una alta densidad de población, elevación media de 2 m con respecto al nivel del mar, la inexistencia de lomas o edificaciones altas y una sola ruta para salir del lugar, condiciones que hacen que esta región sea altamente vulnerable. Quepos se selecciona por el auge turístico de la zona en toda época del año, donde la ocupación es principalmente de extranjeros, y por el hecho de estar "a mar abierto" sin ningún obstáculo que disipe la energía de un eventual *tsunami*.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo fundamental de este trabajo consiste en crear los mapas de inundación y los mareogramas sintéticos para las dos regiones de estudio.

## DESARROLLO

La forma inicial del *tsunami* se determina usando el modelo del Masinha y Smylie (1971), suponiendo una deformación instantánea de la superficie del océano igual a la deformación vertical del lecho

marino. La propagación del *tsunami*, desde la zona de generación hasta la costa se simula usando el método de Goto y Ogawa (1982). Este método consiste en la integración numérica en diferencias finitas de las ecuaciones de aguas someras. La inundación de zonas costeras se determina empleando la condición de frontera móvil de Iwasky y Mano (1979). El dominio de integración (región de estudio) se discretiza mediante un conjunto de mallas animadas, cada una de ellas con diferente resolución espacial. Las mallas con mayor resolución se emplean para discretizar las regiones en donde se desea elaborar los mapas de inundación.

La región de interés cubre un área que va de los 84 °W a los 87 °W y de los 8,5 °N a los 10,5 °N (Figura 1), la topografía para esta región fue tomada de la base de datos ETOPO-5, la razón para la escogencia de esta área se basa en los estudios sísmicos de la región realizados por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI), y se basan en la existencia de una brecha sísmica en la Trinchera de Cocos frente a la Península de Nicoya (Protti, M, *et al* 2001), región en la que eventualmente se espera la generación de un *tsunami* asociado con el rompimiento de la brecha sísmica. El estudio de los efectos costeros de este *tsunami* eventual se centra en las poblaciones de Puntarenas y Quepos por ser estos los centros poblacionales más importantes y susceptibles de ser inundados ante la eventualidad de un *tsunami*. Además en el estudio se incluye el Golfo de Nicoya con el fin de estudiar la propagación del *tsunami* en su interior.

Para obtener la topografía de Quepos se digitalizó la carta en escala 1:30 000 número 21 561 del Defense Mapping Agency Topographip/Hidrographic Center, la topografía de Puntarenas y del Golfo de Nicoya corresponden a la carta número 21 544 de la misma agencia, la batimetría proviene de la carta número 21 550.

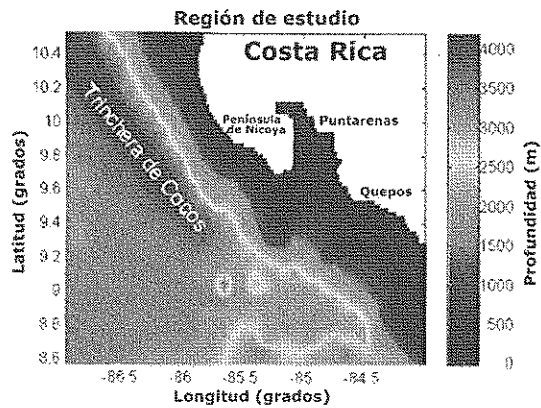


FIGURA 1

Topografía de la región de estudio. La escala de gris representa la profundidad de la zona de generación y de impacto.

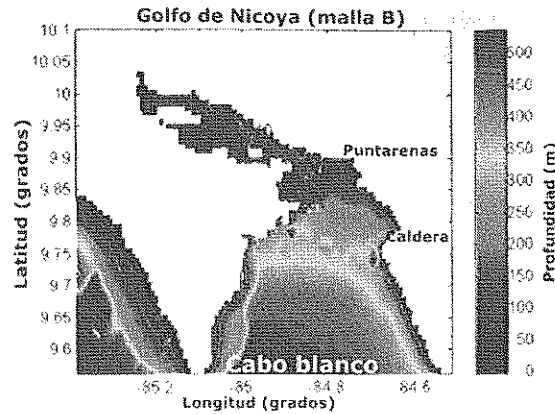


FIGURA 2

Topografía del Golfo de Nicoya con resolución de 27" de longitud de arco.

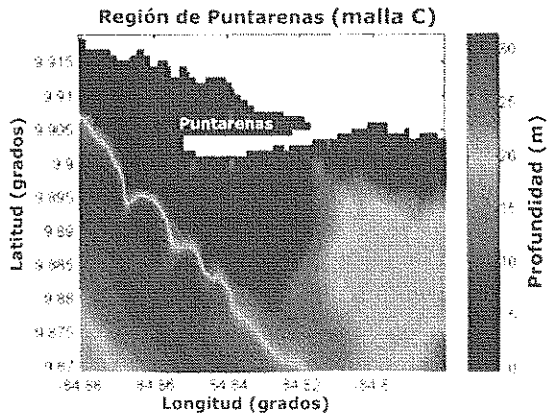


FIGURA 3

Topografía de Puntarenas con resolución de 3' de longitud de arco.

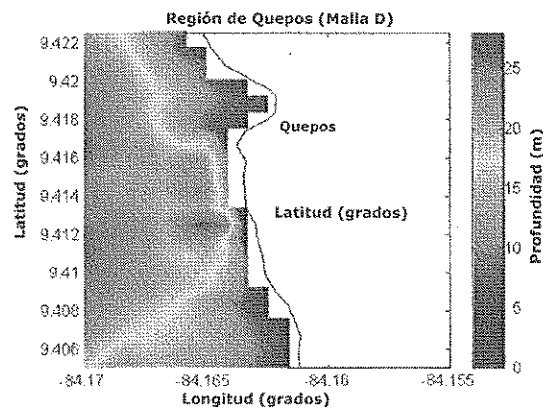


FIGURA 4

Topografía de Quepos con resolución de 3' de longitud de arco.

El modelo numérico, tal y como se mencionó, utiliza el sistema de mallas anidadas, (regiones de integración numérica). Para la propagación del tsunami, desde la zona de generación hasta la costa, se utilizó una malla con resolución de 81 segundos de arco (malla A) interpolada de los datos de ETOPO-5, en esta interpolación se utilizó un programa para matlab llamado net1. m. Para estudiar los efectos costeros del tsunami en las regiones de Quepos se emplearon mallas

con resolución de 3 s de arco (malla D). En la unión de las mallas A y D se empleó una segunda malla con resolución de 27 s de longitud de arco (malla B) y una malla con resolución de 9 s de arco (malla C).

De igual forma, para Puntarenas y la zona del Golfo de Nicoya, se obtuvo la batimetría de las cartas mencionadas anteriormente, para este caso, la malla con resolución de 81 s es la misma

que se  
y 3 s  
digita  
extrae  
para r  
líneas

La m  
de 27  
comp  
en qu

Para l  
Vecto  
matlab

Una v  
digita  
se tra  
llamao

Con  
proce

que se utiliza para Quepos, las mallas de 27, 9, y 3 s se extraen de la batimetría previamente digitalizada. Como recomendación se sugiere extraer todas las mallas de la misma topografía para no tener problemas por coincidencias de las líneas costeras.

La malla del Golfo de Nicoya con resolución de 27 s, va más allá que el ser simplemente computacional, ya que se utilizará para ver la forma en que se propaga el *tsunami* en esa región.

Para la digitalización y relleno de datos se usó el Vectorizador Digital de Pantalla y el programa de matlab *getxy.m*.

Una vez que se tiene listo el archivo con los datos digitalizados se debe proceder a eliminar los que se traslapan, con este fin se utiliza el programa llamado *filter.for*.

Con el archivo libre de datos traslapados se procede a obtener las mallas de integración

numérica (batimetrías y topografías regularmente espaciadas), mediante interpolación divariada con los programas *interphi.for* y *nodos.m*.

Para generar la condición inicial de la superficie del océano (forma inicial del *tsunami*), es necesario definir los parámetros de fallamiento, obtener esa condición y trasladarla sucesivamente a todos los dominios de integración, los programas a utilizar son *smilye.for* e *interpxy.for* y los parámetros utilizados se pueden observar en el Cuadro 1:

Los parámetros anteriores corresponden a un momento sísmico  $M_0 = u d L_0 W_0 = 7,68 \times 10^{27}$  dina-cm, en donde el módulo de rigidez  $u = 4 \times 10^{11}$  dina/cm<sup>2</sup>. La deformación vertical del lecho marino y de la Península de Nicoya calculada con los parámetros anteriores se muestran en la Figura 5.

El programa *smilye.for* da como salida el archivo con la deformación inicial, el *interpxy.for* calcula a partir de la deformación inicial, la deformación para los dominios restantes.

CUADRO 1  
Parámetros de fallamiento del eventual sismo

Origen del plano de falla	60,45	En coordenadas I, J de malla exterior.
longitud el plano de falla	80 km	
Ancho del plano de falla	60 km	
Dislocación	4 m	Dislocación medida sobre el plano de falla.
Rumbo de la falla	310°	Dirección de la falla respecto al norte, en el sentido de las manecillas del reloj.
Echado de la falla	16°	Inclinación de la falla respecto a la horizontal, en el sentido de las manecillas del reloj.
Angulo de desplazamiento	90°	Dirección del desplazamiento del bloque superior respecto al bloque inferior, medio sobre el plano de falla a partir de la línea de rumbo, en el sentido contrario de las manecillas del reloj.
Profundidad de la falla	10 km	Profundidad del plano de falla, medida respecto al fondo marino.

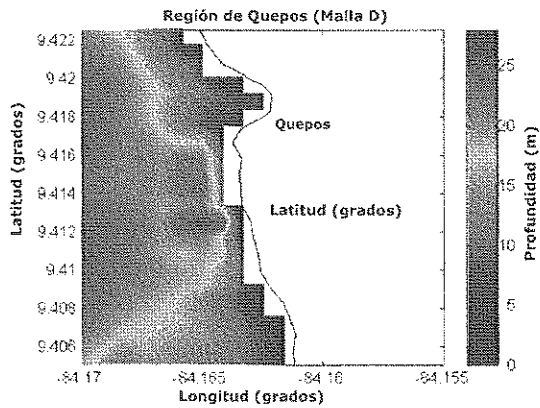


FIGURA 5  
Deformación vertical eventual  
del lecho marino en la zona de interés.

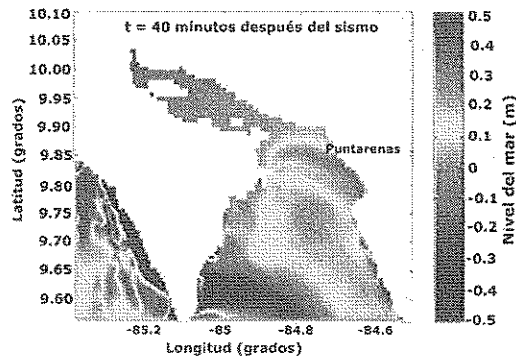


FIGURA 6  
Ingreso de la onda generada  
por el sismo eventual al Golfo de Nicoya.

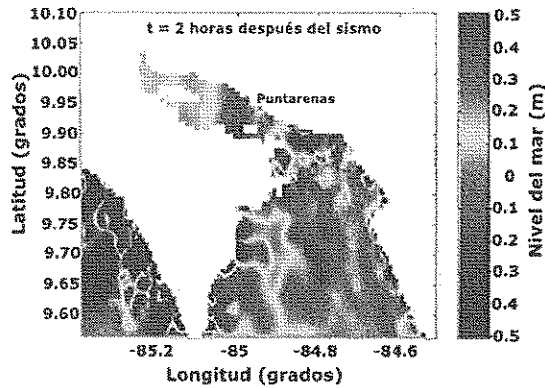


FIGURA 7  
Condiciones del mar en el golfo de Nicoya  
dos horas después del sismo eventual.

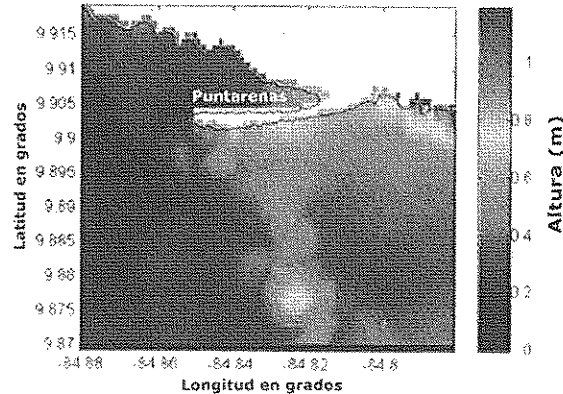


FIGURA 8  
Mapa de inundación para Puntarenas.  
La escala de grises representa la altura en metros  
con respecto al nivel medio del mar.

En la *Figura 6* se puede ver claramente como la onda producida por el sismo se desplaza por difracción hacia Puntarenas, esto después de 40 minutos de que se produce el sismo frente a las costas de la Península de Nicoya.

En la *Figura 7* se observa como dos horas después del sismo, una parte del *tsunami* penetra al golfo de Nicoya y se desplaza hacia su interior, en este momento las máximas amplitudes de la onda están alrededor de los 0,5 m.

Uno de los detalles importantes para evaluar la posibilidad de una inundación en Puntarenas y las zonas aledañas se puede analizar a partir de los mapas de inundación y del mareograma sintético. En la *Figura 8* se presenta el mapa de inundación para la región de Puntarenas.

En la *Figura 9* se muestra el mareograma sintético para Puntarenas que indica que el nivel máximo de la altura de la ola es de 1 m por encima del nivel del mar en ese momento. Si la marea es alta, la

0.5  
0.4  
0.3  
0.2  
0.1  
0.0  
-0.1  
-0.2  
-0.3  
-0.4  
-0.5

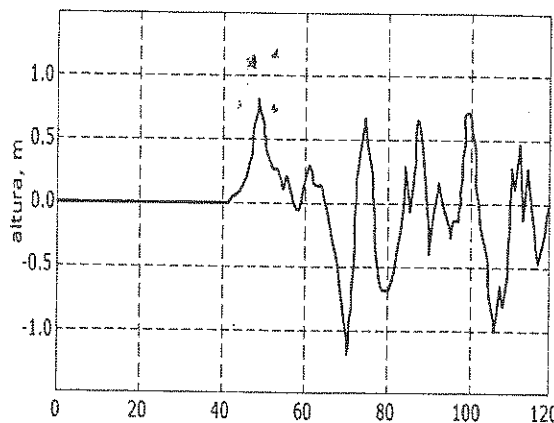


FIGURA 9

Mareograma sintético para la región comprendida entre Chacarita y el muelle para el caso de un eventual tsunami generado frente a las costas de la península de Nicoya.

FIGURA 6  
enerada  
Nicoya.

1  
0.8  
0.6  
0.4  
0.2  
0

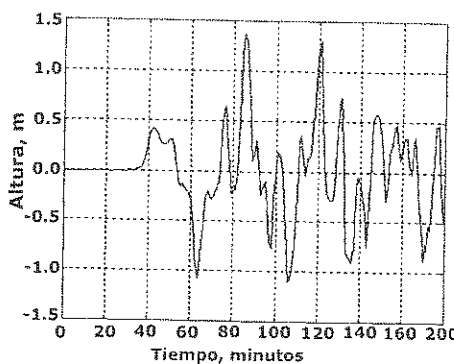


FIGURA 11

Mareograma sintético para Guepos para el caso de un eventual tsunami generado frente a las costas de la Península de Nicoya.

FIGURA 8  
tarenas.  
n metros  
del mar.

uar la  
enas y  
de los  
tético.  
dación

ntético  
áximo  
el nivel  
alta, la

posibilidad de inundación es muy alta, comparable a las inundaciones que se produjeron en los eventos extraordinarios de setiembre y octubre de 1997. Si la marea es baja el efecto que se producirá es similar a tener marea alta en ese momento por lo que no se va a producir inundación.

En la *Figura 10* se observa el mapa de inundación para la región central de Quepos.

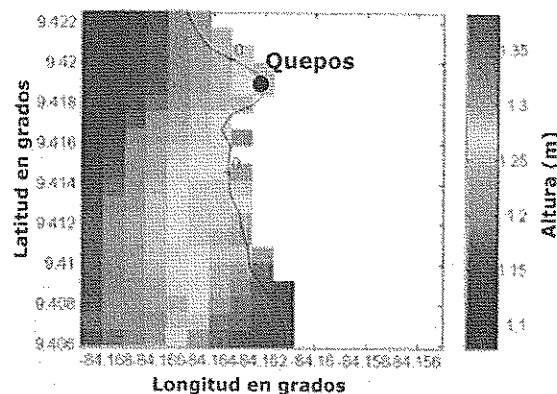


FIGURA 10

Mapa de inundación para Quepos. La escala de grises representa la altura en metros con respecto al nivel medio del mar

El mareograma sintético para Quepos de la *Figura 11* muestra que la primera ola tarda aproximadamente 40 minutos en llegar a la región, sin embargo, es a los 80 minutos de la ocurrencia del sismo que llega la ola mayor, con una altura de aproximadamente 1,5 m, lo que representa un riesgo eventual en caso de que haga su arribo durante la marea alta, por las razones discutidas anteriormente.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para un eventual tsunami generado frente a las costas de la península de Nicoya, las alturas esperadas de las olas son de aproximadamente 1 m para Puntarenas y de 1,5 m para Quepos, sin embargo el impacto potencial depende del estado de la marea en el momento de arribo de las olas, siendo este casi despreciable si la marea en el momento indicado es baja. Lo anterior no significa que no sea necesario alertar a la población ya que existe un potencial importante de generación de tsunamis foráneos (Ortiz, M., *et al.*, 2001). Solamente un programa debidamente estructurado donde se coordine con la comunidad científica, los comités

de emergencia y las comunidades evitará sucesos tan lamentables como los vividos en el sureste asiático en diciembre de 2004.

Como una de las recomendaciones principales está el producir los mapas de inundación en la región directamente al frente del lugar donde se generó el eventual *tsunami*, principalmente por el aumento de la infraestructura turística en el lugar, lo que convierte las costas de la parte externa de la Península de Nicoya en una zona altamente vulnerable en la que el turismo extranjero está presente casi durante todas las épocas del año. Se recomienda también mejorar la batimetría de la zona de Quepos y Manuel Antonio y trabajar con una resolución en la grilla de 1" de longitud de arco o menor, esto con el fin de poder producir una mapa de inundación más detallado de la zona en mención.

### BIBLIOGRAFÍA

GOTO, C. y Y. Ogawa, 1982. "Numerical method for tsunami simulation with the Leap-Frog écheme". Department of civil Engineering, Faculty of Engineering, Tohoku University, Manuscrito en japonés traducido al inglés para el proyecto TIME por N. Shuto. 1992 Disaster Control Research Center, Faculty of Engineering, Tohoku University.

GOTO, C. y N. Shuto, 1983. "Effects of large Obstacles on Tsunami Inundations". *Tsunamis-Their Science and Engineering*: 511-525.

IMAMURA, F. y C. Goto, 1988 "Truncation error in numerical Tsunami Simulation by the Finite Difference Method". *Coastal Engineering in Japan*. 31 (2). Japan Society of Civil Engineers.

IWASKI, T. y A. Mano, 1979. "Two-dimensional numerical simulation of tsunami run-ups in the Eulerian description", *Proc. 26th Conf. Coastal Eng.*, JSCE: 70-74.

KOWALKI, Z., y I. Bang, s. f. "An Investigation of Two tsunami Recorder at Adak Alaska". Internal Report. Institute of marine science, University of Alaska.

\_\_\_\_\_, s. f. "Numerical Computation of Tsunami Run-Up by the Upstream Derivative Method". Internal Report. Institute Of Marine Science, University of Alaska.

MANSINHA, L. y D. E. Smylie, 1971. *The displacement fields of inclined faults*. *Bull. Of the Seimological Soc. Of America* 61 (5): 1433-1440.

ORTIZ, M. *et al.*, 2001. "Análisis de riesgo de inundación por Tsunamis en Puntarenas, Costa Rica". *GEOS* 21 (2): 108-113.

PROTTI, M. *et al.*, 2001. *Evaluación del potencial sísmico de la Península de Nicoya*.

SATAKE, K. *et al.*, 1988. "Tide gauge response to tsunamis: Measurements at 40 tide gauge stations in Japan". *J. Mar. Res* 46: 557-571.

SAYAMA, J., N. Shuto y C. Goto, 1988. "Errors induced by refecton in tsunami simulation". 6th Congres Asian and Pacific Regional Division. Kyoto: International Association for Hidraulic Research.

SHUTO, N. *et al.*, 1986. "A study of numerical techniques on tsunami propagation and run up". *Science of Tsunami Hazard* 4: 111-124.

\_\_\_\_\_, 1991. "Numerical Simulation of Tsunamis—its Present and Near Future". *Natural Hazards* 4: 171-191.

SMITH, W., 1993. "On the Accuracy of Digital Batrimetic Data", *Geóphys. Res* 98 (B6): 9591-9603.

Lic. W  
Lic. Ó

RESUM

La cal  
se cons  
que fi  
foresta  
en cu  
básica.  
(Doran  
sosteni  
la cap  
biológ.  
salud.  
(Doran  
aporta  
se hall  
sensibi  
contar.  
práctic  
y siste  
determ  
metab  
impor.  
Dentr  
en Co  
la UC

\* Enc  
UN  
Bio  
de  
elec  
\*\* Inv  
Inv  
Apc  
oac

## Calidad del suelo y actividad microbiana en fincas bananeras de Costa Rica

Lic. WAGNER PEÑA\*

Lic. ÓSCAR ACUÑA\*\*

### RESUMEN

*La calidad del suelo no es fácil de definir, ya que la misma se construye en función del uso y manejo del medio edáfico que favorece determinadas condiciones (suelos agrícolas, forestales, industriales, etc.); no obstante, debe tomar en cuenta el equilibrio medioambiental y las funciones básicas del suelo: filtración, productividad y degradación (Doran et al. 1994.; Blum, 1998). Desde un punto de vista sostenible y de salud para el agroecosistema, debe definir la capacidad del medio para mantener su productividad biológica, su calidad ambiental, promoviendo además la salud de animales, plantas y hasta del propio ser humano (Doran y Parkin, 1994). Así, los parámetros microbiológicos aportan información relativa a la actividad metabólica que se halla en el suelo, pues son los que mantienen una mayor sensibilidad frente a procesos no deseables tales como la contaminación o el mal manejo. Es por ello que los efectos de prácticas agrícolas, así como los producidos por fertilizantes y sistemas de cultivo, pueden ser evaluados a partir de las determinaciones de la biomasa microbiana, su actividad metabólica y el conteo de las poblaciones microbianas más importantes de la microflora del suelo.*

*Dentro del proyecto de calidad y salud de suelos bananeros en Costa Rica, ejecutado por el equipo investigador de la UCR, CATIE, INIBAP y CORBANA, financiado por*

*FONTAGRO, se realizaron varias investigaciones con el objetivo de determinar el estado actual de la microbiología, la química y física de los suelos en seis fincas comerciales de banano de la zona atlántica de Costa Rica. En el presente trabajo se estudió el efecto de los indicadores bioquímicos más comunes, biomasa y respiración microbiana del suelo, recuento de poblaciones microbianas y los índices de mineralización y cociente metabólico, éstos últimos derivados de las relaciones de dichas propiedades biológicas y bioquímicas. Dicho estudio relaciona estas variables sobre parámetros de vigor de plantaciones bananeras, observándose en primera instancia un comportamiento normal, en donde los suelos con plantaciones de mayor vigor o productividad son los que presentaron mayores poblaciones de microorganismos y una actividad metabólica más eficiente con respecto a los demás suelos de las fincas estudiadas; además, tras las correlaciones existentes se llega a determinar que en los suelos de mayor contenido en materia orgánica la mineralización es menor, posiblemente debido a la acumulación del sustrato orgánico y el carácter recalcitrante de este, que favorece la inmovilización de elementos esenciales, resultado del uso y manejo convencional de la unidad productiva, lo que hace que estas propiedades sean buenos parámetros para evaluar la calidad y salud de los suelos bananeros.*

### ABSTRACT

*Soil quality is not easy to conceptualize, as it defines itself in terms of the use and management of its edaphic medium that favors certain conditions (agriculture, forest, industrial soils, etc.). However, it should also consider the environmental balance and basic soil functions: filtration, productivity and degradation (Doran et al. 1994.; Blum, 1998). From a sustainable and agroecosystem health standpoint,*

\* Encargado Cátedra Gestión sostenible del suelo, GeSS ECEN-UNED. San José, Costa Rica. Investigador Laboratorio de Bioquímica, Centro de Investigaciones Agronómicas-Universidad de Costa Rica. Apdo. 2060 San José, Costa Rica. Correo electrónico: wpena@uned.ac.cr

\*\* Investigador del Laboratorio de Bioquímica, Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. Apdo. 2060 San José, Costa Rica. Correo electrónico: oacuna@cia.ucr.ac.cr

princ  
y deg  
bioqu  
el ma  
terres  
de los

La bi  
activ  
orgán  
en el  
miner  
Una v  
de ot  
nutric  
(Jenki  
partic  
algun  
demu  
en la  
sisten  
que la  
puede  
entre  
variac  
debid  
mane  
que lo

*it should define the environment's capacity to maintain its biological productivity and environmental quality, besides promoting animals, plants and even man's health (Doran & Parkin, 1994). Consequently, microbiological parameters offer information related to metabolic activity that occurs in the soil as they keep a higher sensitivity against undesirable processes such as contamination or bad management. That is why agriculture practices effects as those caused by fertilizers and crop systems can be evaluated considering microbial biomass estimations, metabolic activity and counts of most important microbial populations of soil's microflora.*

*Within the banana soils quality and health Project, financed by FONTAGRO and executed by INIBAP with the support of a research team from the University of Costa Rica, CATIE, INIBAP and CORBANA, several investigations have been conducted to determine current microbiological, chemical and physical state of soils in six commercial banana farms located in the Atlantic region of Costa Rica. The purpose of this work was to study the effect of most common biochemistry indicators, biomass and soil microbial respiration, microbial population counts and mineralization and metabolic quotient indexes. These latter were derived from relationships between the biological and biochemistry properties mentioned above. The present research relates these parameters to banana plantations vigor parameters, observing in the first place, a normal behavior where soils with higher vigor or productivity plantations show higher microorganism populations and more efficient metabolic activity in regards to soils from remaining farms under study. Furthermore, after conducting all correlations, it is possible to determine that in soils with higher organic matter content, mineralization is lower probably due to organic substrate accumulation and its recalcitrant character that favors immobilization of essential elements. This is the result of conventional use and management of the productive unit that turns these properties into good parameters to evaluate banana soils quality and health.*

#### PALABRAS CLAVE

*Parámetros bioquímicos, indicadores microbiológicos, índice de mineralización, calidad y salud de suelos, materia orgánica, suelos de Costa Rica.*

#### KEYWORDS

*Biochemistry parameters, microbiologic indicators, mineralization index, quality soils and health, organic matter, soils of Costa Rica.*

#### INTRODUCCIÓN

Actualmente los factores biológicos se han convertido en criterios importantes para valorar el manejo de los suelos, de tal forma que se crea la necesidad de orientar la producción agrícola hacia nuevas tecnologías fundamentadas en la recuperación de los suelos mediante un manejo agroecológico sostenido. La actividad microbiana es sin duda uno de los factores importantes en el manejo sostenible de la finca agrícola.

La función de los microorganismos en el suelo, especialmente la de algunos grupos definidos, puede ser manipulada para permitir que determinadas actividades microbianas, bioquímicas y enzimáticas se expresen de forma eficaz, de allí que pueden jugar un papel preponderante como indicadores de calidad y salud de los suelos.

La importancia de los microorganismos en ambientes naturales deriva de su cantidad, diversidad y, sobre todo, de su gran espectro de actividades que, en la mayoría de los casos, repercuten en los seres superiores con los cuales comparten un determinado hábitat. Concretamente en el suelo, los microorganismos desarrollan una amplia gama de acciones que inciden en el desarrollo y nutrición vegetal. Sin embargo, el nivel de actividad de las poblaciones microbianas de diversos suelos es muy bajo, salvo en el microhábitat donde haya una suficiente cantidad de fuente de carbono metabolizable. Cuando se introducen plantas en el sistema, la situación de los microbios cambia drásticamente, ya que las plantas son las principales suministradoras de sustratos energéticos al suelo, de los que los microorganismos se aprovechan cuando se encuentran en la zona próxima a la raíz y proliferan en ella (Barea y Olivares, 1998).

La fertilidad y el funcionamiento de los suelos dependen en una gran proporción de las propiedades bioquímicas y microbiológicas, ya que son muy importantes para definir las

principales funciones edáficas: productiva, filtrante y degradativa. Por lo tanto, la actividad biológica y bioquímica del suelo es de importancia capital en el mantenimiento de la fertilidad de los hábitats terrestres y consecuentemente del funcionamiento de los ecosistemas forestales y agrícolas.

La biomasa microbiana es el componente más activo del suelo, forma parte del *pool* de la materia orgánica y cumple una función muy importante en el humus, ya que interviene en los procesos de mineralización de nutrientes (Duchaufour, 1984). Una vez muertos los microbios ponen a disposición de otros microorganismos y de las plantas los nutrientes contenidos en los restos microbianos (Jenkinson y Ladd, 1981) y, por otro lado, también participan en la inmovilización. Así, los ciclos de algunos nutrientes mayoritarios, como el carbono, demuestran que la biomasa microbiana es clave en la dinámica de los nutrientes esenciales en el sistema edáfico; por ello, algunos autores afirman que la biomasa microbiana y su actividad en el suelo puede ser empleada como índice de comparación entre sistemas naturales o como indicador de las variaciones sufridas en el equilibrio de un suelo debido a la presencia de agentes nocivos o su manejo productivo (Doran *et al.*, 1994). Es decir, que los parámetros microbiológicos, y por lo tanto



FIGURA 1  
Ensayos en campo: plantación bananera CORBANA.

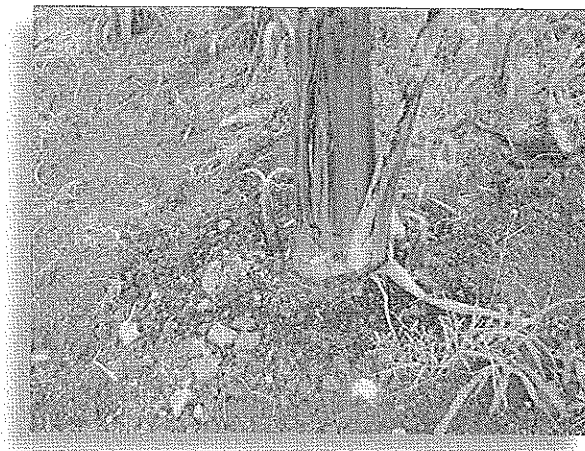


FIGURA 2  
Rizosfera del pseudotallo en banano

bioquímicos, sirven para indicar posibles cambios netos en el equilibrio del suelo que no podrían detectarse con métodos tradicionales (Brookes, 1985; Doran *et al.*, 1994; García y Hernández, 2000).

Nannipieri (1984) y Brookes (1985) recomiendan indicadores sencillos de medir y de interpretar. Los más comunes que se utilizan son, entre otros, la biomasa microbiana, la respiración del suelo y las relaciones con la materia orgánica y el estado fisiológico del suelo, donde se ve involucrada la energía en los procesos orgánicos. Uno de esos índices es el cociente metabólico ( $qCO_2$ ), que relaciona la respiración ( $C-CO_2$ ) y la cantidad de C-biomasa por unidad de tiempo (Anderson y Domsch, 1985) como un índice sencillo de la actividad biológica del suelo. Otro indicador es el índice de mineralización de la materia orgánica, que indica el gasto de carbono lábil durante un tiempo de incubación, es un reflejo de la eficiencia microbiana o actividad de la biomasa microbiana sobre la materia orgánica del suelo.

En los suelos bajo producción de bananos en Costa Rica, la actividad microbiológica como indicador de la calidad de los suelos y las propiedades bioquímicas de esta han sido mucho menos estudiadas que los parámetros físicos o químicos

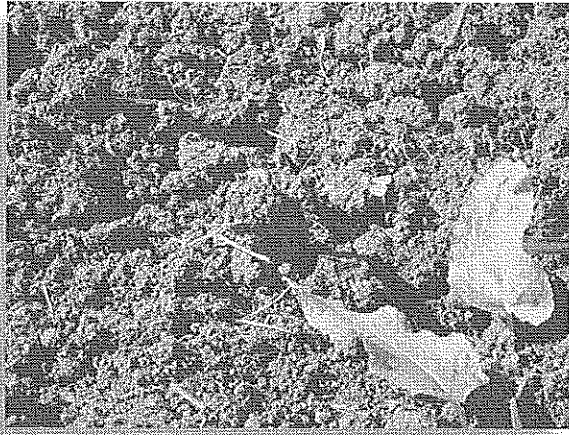


FIGURA 3  
Suelo agrícola posterior a la cosecha.

Por lo anterior, se estudiaron muestras de suelos empleados en la producción de bananos en fincas al noroeste de la provincia de Limón (Pococí y Siquirres), en donde los suelos se caracterizan por su diversa productividad o vigor, ya que algunas plantaciones comercialmente son mejores que otras. El fin del estudio se basa en determinar la calidad y salud de los suelos mediante el funcionamiento productivo y degradativo que existe en el medio edáfico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

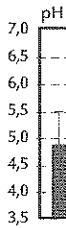
En los suelos de seis fincas agrícolas dedicadas a la explotación del banano, localizadas al este y oeste del río Reventazón (provincia de Limón, Costa Rica), se ubicaron y recolectaron 72 muestras del horizonte superficial (0-20 cm de profundidad) de los suelos con alta, mediana y baja productividad o vigor de la plantación (12 muestras de suelos en 5 has. de cada finca bananera). Para determinar esta característica de la plantación, especialistas de CORBANA tomaron en cuenta el número de manos por racimo, el diámetro del pseudotallo y el número de cajas por hectárea, según el historial de las fincas estudiadas. Las muestras de suelos fueron cuidadosamente transportadas al Laboratorio de Bioquímica del Centro de Investigaciones

Agronómicas (CIA-UCR), donde se tamizaron en húmedo por 4 mm y se les determinó la cantidad de biomasa microbiana, la mineralización del carbono a través de la respiración basal del suelo y el recuento de las poblaciones microbianas, así como el cálculo del índice de mineralización y el cociente metabólico. Además de estos, en el Laboratorio de Investigaciones de CORBANA se analizaron propiedades físicas y químicas, pero solo se toman en cuenta el pH y la cantidad de materia orgánica (Page *et al.*, 1982), que son factores que influyen en la actividad microbiana.

La biomasa microbiana es analizada por la técnica de fumigación-extracción (Vance *et al.*, 1987), donde se provoca la muerte de la microbiota del suelo con cloroformo y se realiza la extracción del carbono liberado con  $K_2SO_4$ ; la determinación se efectúa con Sal de Mohr y dicromato potásico en medio ácido y se compara con muestras no fumigadas (García *et al.*, 2003). Para la respiración microbiana, el análisis se realiza mediante la técnica de incubación estática donde se analiza la concentración de  $CO_2$  desprendido (función de la actividad biológica y del contenido del suelo en carbono orgánico fácilmente mineralizable), que es capturado en una solución alcalina (NaOH 0,1N) durante 10 días de incubación bajo condiciones ambientales óptimas (Alef y Nannipieri, 1995). El recuento de las poblaciones microbianas se realizó mediante la técnica del conteo en placas Petri o Unidades Formadoras de Colonias (ufc).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

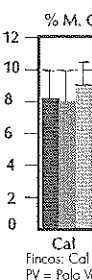
Los suelos estudiados presentan niveles de pH muy variables, entre 4 pH y 7 pH, aunque suele repetirse a menudo valores de pH 5. En la mayoría de los suelos con alta productividad o vigor de la plantación bananera, los valores medios son mayores que los encontrados en los demás suelos, salvo los que presenta la finca Calinda (Figura 1).



Fincas: Cal  
PV = Palo V

Es no  
una a  
aluvia  
la plan

Si se c  
igualr  
M.O.  
No o  
Palo  
caso c  
se pre  
2). Es  
del ca  
inmov  
el nitr



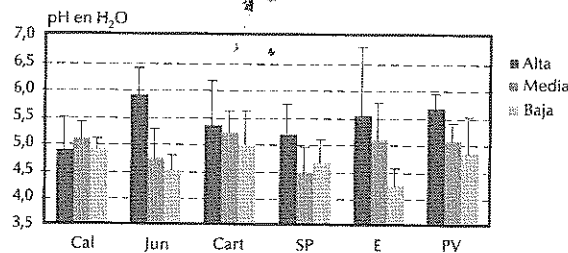
En fi  
del río  
conter  
cantid  
hay pu

on en  
ntidad  
n del  
l suelo  
as, así  
ción y  
en el  
NA se  
s, pero  
dad de  
actores

técnica  
(1987),  
ora del  
ión del  
nación  
otásico  
ras no  
iración  
nte la  
aliza la  
n de la  
elo en  
, que es  
(0,1N)  
iciones  
(95). El  
realizó  
Petri o

de pH  
e suele  
mayoría  
igor de  
ios son  
suelos,  
(Figura 1).

GRÁFICO 1  
Valores medios de pH en los suelos

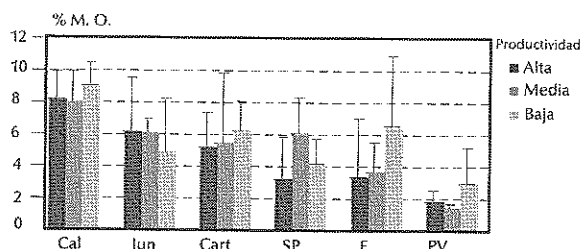


Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde, n = 72 muestras de suelos, horizonte Ap.

Es normal que los suelos de estas fincas presenten una acidez media, ya que al ser de formación aluvial y por el uso intensivo de agroquímicos en la plantación, la rizosfera tiende a acidificarse.

Si se observan los valores de materia orgánica, que igualmente es muy variable (entre 1 % y 12 % M.O.), se esperaría que fuesen contenidos bajos. No obstante, solamente los suelos de la finca Palo Verde presentan los menores contenidos, caso contrario sucede con los de Calinda, donde se presentan los de mayores contenidos (Figura 2). Esta situación podría reflejar la acumulación del carbono orgánico en los suelos, además de la inmovilización de nutrientes esenciales tal como el nitrógeno.

GRÁFICO 2  
Contenido de materia orgánica de los suelos

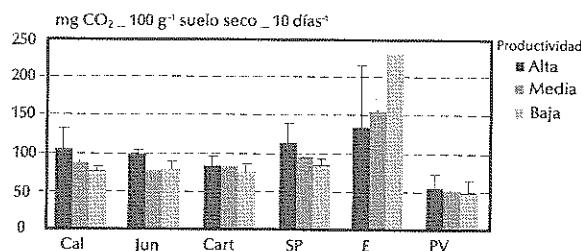


Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde, n = 72 muestras de suelos, horizonte Ap.

En finca Calinda, situada en la zona al Oeste del río Reventazón, a pesar de haber un mayor contenido en materia orgánica y aceptable cantidad de respiración durante una incubación, hay poca población microbiana, lo que se traduce

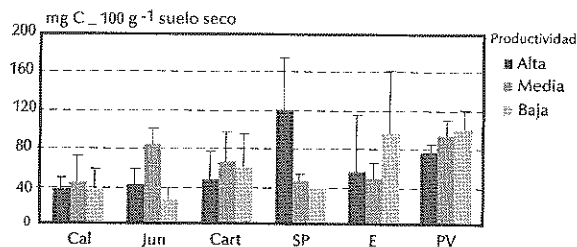
en menor mineralización de la materia orgánica; es decir, menor actividad microbiana en función al contenido de sustrato orgánico en los suelos. Caso contrario a la finca Palo Verde, situada al este del río Reventazón (Figuras 3, 4 y 5).

GRÁFICO 3  
Respiración microbiana del suelo



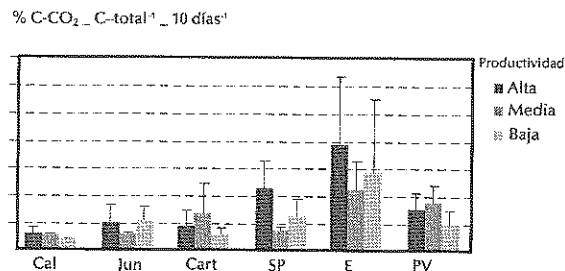
Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde.

GRÁFICO 4  
Biomasa microbiana del suelo



Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde.

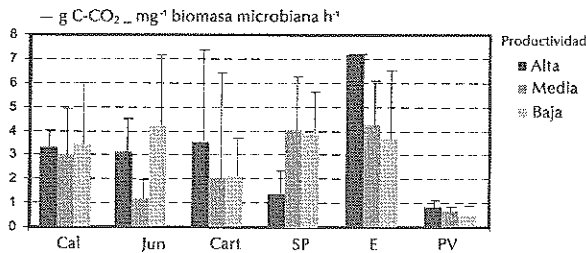
GRÁFICO 5  
Índice de mineralización de la masa orgánica del suelo



Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde.

La misma tendencia se observa con el cociente metabólico ( $qCO_2$ ), los valores de los suelos de la finca Palo Verde son menores a los demás suelos estudiados, hay un mejor equilibrio fisiológico y ambiental. En la finca El Esfuerzo, fue donde los suelos resultaron con mayor estrés microbiano, ya que los valores del  $qCO_2$  son mayores que los demás suelos, lo que implica que en esta finca bananera posiblemente se presente un medio edáfico más inmaduro y con mayor dificultad de mantener su calidad y salud en el tiempo (Figura 6).

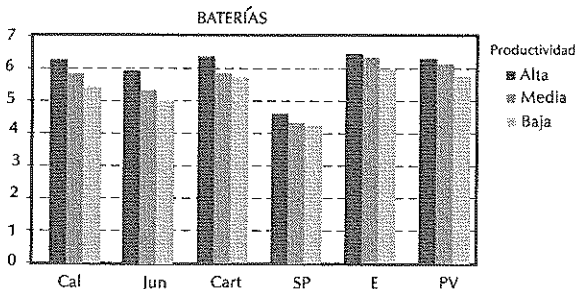
GRÁFICO 6  
Cociente metabólico ( $qCO_2$ ) de los suelos



Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde.

Los valores de colonias de bacterias y actinomicetos en los suelos resultaron ser mayores que los de hongos, posiblemente porque son microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación necesaria para la biota del suelo (Figura 7). Esto debería estar relacionado con el grado de acidez y el material orgánico en el

GRÁFICO 7  
Poblaciones de microorganismos en el suelo

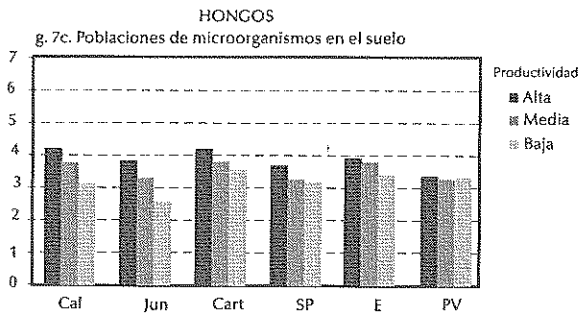


Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde.

medio, sin embargo los resultados de estos parámetros no guardan relaciones significativas, lo que implica que las poblaciones microbianas sobreviven con el aporte de nutrimentos añadidos por los fertilizantes, ya que la materia orgánica posiblemente presente un carácter recalcitrante que merma la labor microbiana en los procesos de mineralización.

En cuanto a la comunidad de hongos (Figura 8), ésta se diferencia claramente entre los suelos de las diferentes fincas estudiadas, pudiéndose decir que esta población microbiana sea un factor determinante en la productividad de los suelos de bananeras. Es importante tomar en cuenta que para algunos autores (Atlas y Bartha, 2002), la mineralización de la materia orgánica se debe principalmente a las poblaciones fúngicas en una relación de 3:1 con respecto a las poblaciones bacterianas; este es un enfoque fisiológico de la biomasa microbiana que demuestra el potencial microbiológico, y por lo tanto bioquímico, de los suelos al determinar su calidad.

GRÁFICO 8  
Poblaciones de microorganismos en el suelo



Fincas: Cal = Calinda, Jun = las Juntas, Cart = Cartagena, SP = San Pablo, E = Esfuerzo, PV = Palo Verde.

Los cambios de los parámetros microbiológicos a través de su actividad bioquímica son muy apropiados para el estudio de la evolución biológica y el medio ambiente, por lo que son recomendados como buenos indicadores de la calidad y salud del suelo.

estos  
ativas,  
bianas  
adidos  
gánica  
trante  
ocesos

ra 8),  
los de  
e decir  
factor  
suelos  
cuenta  
2002),  
e debe  
en una  
ciones  
o de la  
tencial  
de los

Productividad  
■ Alta  
■ Media  
■ Baja

lógicos  
n muy  
olución  
que son  
s de la

En cuanto a la relación que existe entre los parámetros de los suelos estudiados (*Cuadro 1*), la observada entre materia orgánica y el índice de mineralización es significativamente importante ( $p < 0,01$ ), ya que responde objetivamente a lo que está sucediendo con la microbiología en el sustrato orgánico lábil o fácilmente mineralizable de estos ecosistemas; en esta, se describe que al aumentar la cantidad de materia orgánica en los suelos la mineralización disminuye.

Lo anterior explica la acumulación de la materia orgánica en los suelos, por lo que se puede inferir que el sustrato orgánico es más recalcitrante, provocando que la mineralización sea menor y, aunado a la tendencia ácida de los suelos y la exudación o presencia de sustancias agresivas de la rizosfera, hay menos cantidad de biomasa microbiana activa y es baja la actividad bioquímica y biológica. Es claro que los suelos estudiados tienden a ser ecosistemas frágiles y de difícil mantenimiento ambiental y productivo. Las características estudiadas de estos suelos, posiblemente sean el resultado del manejo convencional e intensivo del medio, por haber un monocultivo y por las condiciones edafoclimáticas adversas a la microflora del suelo.

No obstante, a pesar de la poca población de microorganismos, la que existe ha tratado de mantener un cierto equilibrio medioambiental, tal como sucede en otros ambientes adversos (Peña, 2004), por lo que si se quieren mejorar las funciones básicas del suelo (productiva, degradativa y filtrante) es recomendable tratar con la eficiencia microbiológica, que es indicativo de la labilidad del sustrato orgánico en los suelos; es decir, la calidad y salud del suelo se relaciona directamente con la actividad microbiana y la eficiencia que esta tenga sobre la materia orgánica del suelo, por lo que es acertado el uso de enmiendas orgánicas de composición variada y objetivamente tratadas, de forma tal que se favorezcan los procesos de mineralización de la materia orgánica, dicha práctica acompañada de otras en la gestión sostenible del suelo. Además, se sugiere la utilización de insumos biológicos o microorganismos benéficos, adaptables a las condiciones y seleccionados para que ayuden a acelerar los procesos metabólicos y enzimáticos necesarios en el agroecosistema, ya que es claro que actualmente la microflora presente en la rizosfera del monocultivo estudiado no cumple con las expectativas de mejorar o mantener, de forma sostenible y sustentable, la productividad y vigor de la plantación de bananos en Costa Rica.

CUADRO 1  
Matriz de correlaciones entre las variables biológicas estudiadas en los suelos

Propiedad	pH	M.O.	Bacterias	Actinos	Hongos	CO <sub>2</sub>	Biomasa microbiana	Índice mineral	qCO <sub>2</sub>
pH	1								
M.O.	-0,024	1							
Bacterias	0,330	-0,055	1						
Actinos	0,362	0,015	0,902*	1					
Hongos	0,333	0,022	0,466*	0,550*	1				
CO <sub>2</sub>	-0,270	-0,004	0,102	0,115	0,100	1			
Biomasa microbiana	-0,137	-0,277	0,090	0,011	0,054	0,260	1		
Índice mineral	-0,093	-0,635*	0,204	0,126	0,109	0,569*	0,334	1	

n = 72 muestras de suelos.  
\* valores significativos  $p < 0,05$

*Agradecimiento*

Esta investigación se realizó gracias al aporte del proyecto: 'Technological Innovations for the Management and Improvement of the Quality and Health of Banana Soils in Latin America and the Caribbean, FONTAGRO-INIBAP/CATIE, con el apoyo científico y financiero de CORBANA a través del Dr. J. Sandoval, director de Investigaciones, MSc. E. Serrano, Dr. A. Segura, Dr. F. Rosales y demás del equipo de investigadores en Calidad y Salud de Suelos Bananeros del CATIE, UCR y CORBANA.

**BIBLIOGRAFÍA**

ALEF, K. y P. Nannipieri, 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press.

ALEXANDER, M., 1980. *Introducción a la microbiología del suelo*. México D. F.: AGT Editores.

ANDERSON, T-H. y K. H. Domsch, 1993. "The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils". *Short Communication, Soil Biology and Biochemistry* 25 (3): 393-395.

ATLAS, R. y R. Bartha, 2002. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 2ª ed. traducción al español de Addison Wesley, Madrid: 250-261.

BAREA, J. M. y J. Olivares, 1998. *Manejo de las propiedades biológicas del suelo*. En: Jiménez Díaz, L.R. y R. Lamo de Espinosa (eds.). *Agricultura Sostenible*. Madrid: Editorial Mundi Prensa: 173-193.

BLUM, W. E. H., 1998. "Problems of soil conservation". *Nature and Environmental*. Series 39: 62. Strasbourg: Council of Europe.

BOX, J.E. y L. C. Hammond, 1990. "Rhizosphere dynamics". En: J. E. Box y L. C. Hammond (eds.). *AAAS Selected Symposium* 113. West View Press Boulder, Colorado, USA.

BROOKES, P. C., 1985. "Microbial biomass and activity measurements in soil". *Journal of Science Food Agricultural* 36: 269-271.

CAMPELL, R. y M. P. Graves, 1990. "Anatomy and community structure of the rhizosphere". En: J.M Lynch. (ed.). *The Rhizosphere*. New York: John Wiley and sons: 11-12.

DORAN, J. W., D. C. Coleman, D. F. Bezdicsek, y B. A. Stewart, 1994. *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSA Sp. Pub. 35, Madison: 244.

DUCHAFOUR, Ph., 1984. *Edafología: I: Edafogénesis y clasificación*. Traducción al español de T. Carballas (CSIC). Barcelona: T-Masson Editores.

FERRERA-Cerrato, R., 1989. "Rizosfera". En: Ferrera-Cerrato, R. (ed.). *Ecología de la Raíz*. Montecillo, México: Sociedad Mexicana de Fitopatología: 1-21.

FERRERA-Cerrato, R. y J. Pérez Moreno (eds.), 1995. *Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable*. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados en Ciencias agrícolas: 234.

GARCÍA, C. y M. T. Hernández, 2000. *Investigación y perspectivas de la enzimología de suelos en España*. Murcia: C.S.I.C.

GARCÍA, C., F. Gil-Sotres, T. Hernández y C. Trasar-Cepeda, 2003. *Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana*. Madrid: Mundi-Prensa: 371.

HUND, P. G., 1990. *Microbial Responses in the rhizosphere in agricultural plants in rhizosphere dynamics*. En: J.E. Box y L.C. Hammond. (eds.). *AAAS Selected Symposium* 113. Boulder, Colorado: West view press.

JENKINSON, D. S. y J. N. Ladd, 1981. "Microbial biomass in soils: measurement and turnover". En: E. A. Paul & J. N. Ladd (eds.). *Soil Biochemistry* 5. New York: Marcel Dekker: 415-417.

NANNIPIERI, P., 1984. *Microbial biomass and activity measurements in soil: ecological significance*. Curr. Persp. Microb. Ecol., Washington, DC: 515-521.

ODUM, E., 1985. "Trends expected in stressed

ec  
PAGE,  
M  
m  
A  
A  
PEÑA,  
se  
In  
U

Food

y and  
r: J.M  
Johnr B. A.  
inable  
4.nesis y  
rballaserrera-  
tecillo,  
gía: 1-1995.  
cultura  
io deación y  
España.Trasar-  
ímetros  
vidades  
Mundi-osphere  
ics. En:  
Selected  
st viewicrobial  
er". En:  
istry 5.activity  
r. Persp.

stressed

ecosystems". *BioScience* 35: 419-422.

PAGE, A. L.; R. H. Miller y D. R. Keeney, 1982. *Methods of soil analysis*. Part 2 Chemical and microbiological properties. 2nd ed. N° 9, series Agronomy II. Madison: American Society of Agronomy, ASA-SSA.

PEÑA, W., 2004. "Los suelos desarrollados sobre serpentinitas y su relación con la flora endémica. Índice bioquímico y metales". Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela y CSIC-

IIAG: 404.

TRASAR, M. C.; M. C. Leirós y F. Gil, 2000. "Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): specific parameters". *Soil Biology & Biochemistry* 32: 747-755.

VANCE, E. D., P. C. Brookes y D. S. Jenkinson, 1987. "An extraction method for measuring soil microbial biomass-C". *Soil Biology & Biochemistry* 19: 159-164, 703-707.

## Ecología humana en el juego y el sexo: aportes al fitness y a la sobrevivencia

ADRIÁN RUIZ RODRÍGUEZ\*

### RESUMEN

*Actividades importantes para el fitness social y sexual en el comportamiento humano, son las que se efectúan dentro del juego. Éste promueve el desarrollo físico, emocional y cognitivo. Tal desarrollo posee gran valor social y biológico. El juego nos prepara para la exploración del espacio, nos brinda habilidades motoras, sociales y físicas. El juego también nos facilita la adquisición de capacidades para la comunicación y el desarrollo sexual y físico. En este escrito se presentan diferencias y similitudes entre el juego y el sexo en cuanto a inversión de tiempo y energía, comunicación y aportes para la salud física y mental dentro de la ecología humana, así como relaciones reconocidas por estudios clásicos en otras especies animales.*

### ABSTRACT

*Important activities for the social and sexual fitness in the human behaviour, are those that take place in play. Play promote physical, emotional and cognitive development. It development has great social and biological value. The play prepares us for the exploration of the space, and offers motor, social and physical abilities. Play also facilitates us the acquisition of capacities for the communication and sexual and physical development. These paper includes main differences and similarities between play and sex and their contributions for the physical and mental health in human ecology, such us recognized relations in classic studies about other animal species.*

\* Coordinador de la cátedra Políticas de Conservación. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, UNED. Correo electrónico: aruiz@uned.ac.cr

### PALABRAS CLAVE

*Juego, sexo, éxito reproductivo, fitness ecológico.*

### KEY WORDS

*Play, sex, reproductive success, ecological fitness.*

### PRESENTACIÓN

Como seres humanos y como animales sociales (habitantes de la *Polis*), contamos con rasgos de comportamiento (etológicos) que indican que parte de los fines naturales que poseemos, concluyen en nuestra perpetuidad. La perpetuidad en los seres humanos y otros animales sexuales y gregarios depende en gran medida de las capacidades de éxito reproductivo, así como los procesos de la dinámica y adaptabilidad social y natural ligada a la herencia; es en la primera de ellas donde el juego y el esparcimiento desempeñan importantes roles para la construcción de relaciones sociales y adquisición de destrezas para la sobrevivencia.

El juego en edades no reproductivas nos prepara para una vida social (nos faculta para asumir roles y fortalecer vínculos sociales y de comunicación). Después, esa preparación es un precursor importante de nuestra vida sexual que consecuentemente aumenta el *fitness* ecológico para reproducirnos y perpetuar nuestra especie.

## ECOLOGÍA HUMANA Y COMPORTAMIENTO SOCIAL

Villée (1998) señala que la ecología humana trata no sólo de la dinámica de las poblaciones humanas, sino también de la relación del hombre con los numerosos factores físicos y bióticos que inciden en él. Por otra parte, el mismo autor con Walker y Barnes (1985), indica que las respuestas de un animal a su ambiente no son aleatorias, sino que se trata de patrones de actividad altamente organizados y complejos, a los que se les denomina comportamiento. Mencionan que los fisiólogos animales como J. B. Watson y B. F Skinner creían que la mayor parte del comportamiento era consecuencia del aprendizaje, fue su postura una gran influencia en la psicología en torno al conductismo.

Así, afirman que el comportamiento es el conjunto de respuestas organizadas de los efectores a los impulsos nerviosos y a las secreciones hormonales, y hay dos tipos de comportamiento: innato o instintivo y aprendido o moldeado por el ambiente.

De nuevo Villée (1995) señala que el aprendizaje es un cambio adaptativo de duración relativamente larga en la conducta resultante de la experiencia. El aprendizaje interior, o razonamiento interior, es considerado la forma más elevada de aprendizaje, definiéndose como la capacidad para combinar dos o más experiencias aisladas para formar una nueva experiencia adaptada a una meta deseada.

Los autores mencionados concluyen que una buena parte del comportamiento eleva el éxito reproductivo, y puesto que el comportamiento tiene una base genética y varía de un grupo a otro, y hasta de un individuo a otro, también debe estar sujeto a las fuerzas de selección natural y los cambios adaptativos. Así, por ejemplo, indican que el comportamiento altruista, en el que un

individuo parece actuar de tal manera que beneficia a los demás en vez de a sí mismo, es mucho más frecuente en grupos sociales complejos.

## FITNESS, JUEGO Y SOBREVIVENCIA HUMANA

La primer premisa fundamental es que el juego aumenta el *fitness* reproductivo humano, es decir que colabora a desarrollar condiciones óptimas para la reproducción.

Dentro de las teorías ecológicas de la dinámica poblacional, se indica que los individuos con mayor acceso a recursos (principalmente hábitat y alimento) y capacidad de adaptarse y competir ante las presiones ambientales y poblacionales, cuentan con la condición de ser "óptimos" (*Fitness*). Por lo tanto, incrementan sus posibilidades de reproducción y sobrevivencia respecto a los individuos subordinados (con menor *fitness* ecológico).

Como actividad reproductiva, el sexo permite consolidar a los individuos más aptos (con mayor *fitness* ecológico) a replicarse y transmitir sus caracteres hereditarios a la siguiente generación, de modo que la descendencia sea tanto o más fuerte a las presiones y cambios ambientales y tanto o más capaz de reproducirse, ya que así es la forma en la que se da perpetuidad a la especie.

J. Kelly. (1987) reconoce que los seres humanos somos tanto sociales como individuales a la vez, pero en las relaciones entre individuos hay una interacción recíproca en la que hay aprendizaje y construcción conjunta y ello se manifiesta a lo largo de la vida humana. En ello el esparcimiento colabora en la construcción de espacios de comunidad como de identidad individual.

Monge (1992) por su parte afirma que el ser humano es fundamentalmente un animal social, por lo que su comportamiento colectivo es extremadamente complejo. Este autor menciona a E. O. Wilson, estudioso de las sociedades humanas con un enfoque sociobiológico, quién llegó a afirmar que los humanos tenemos genes tan egoístas como los de cualquier otra especie y ellos determinan buena parte de nuestro comportamiento, incluyendo el altruismo, la agresividad y la relación entre sexos, aunque hay quienes indican que lo que los seres humanos hacemos depende de nuestra cultura y experiencia individual (H. Velasco, y A. Días, 1997).

Como animales sociales, los seres humanos nos vemos sometidos a las mismas fuerzas naturales pero en escenarios e intensidades muy diferentes a las de otros grupos zoológicos. Al igual que estos, debemos tener y desarrollar en nuestro hábitat un nicho multidimensional en el cual se obtienen mediante aprendizaje e interacción, las capacidades comunicacionales, afectivas (cuando aplica) y culturales que nos identifican con los cohabitantes, de modo que luego se definan los espacios en los cuales destacar y competir.

Cabe asegurar entonces que en los seres humanos como en otros animales sociales, el juego permite el desarrollo de caracteres de gran utilidad para la convivencia de la especie, entre los que se pueden mencionar aspectos de comunicación, cognitivos y de desarrollo anatómico, que en conjunto repercuten en las capacidades de sobrevivencia humana.

No por algo el sexo es para algunas especies animales, evolutivamente exitosas, casi el fin último de su existencia, ya que en tanto maduran y compiten interespecífica e intrasexualmente copulan para después seguir su ciclo o bien morir (algunos copulan mientras mueren devorados en el proceso denominado "semelparidad" o inversión suicida en el esfuerzo reproductivo).



FIGURA 1

El juego en edades no reproductivas nos prepara para una vida social. El esparcimiento colabora en la construcción de espacios de comunidad como de identidad individual.

### ¿SON EL JUEGO Y EL SEXO NECESARIOS?

El juego y las necesidades básicas deben ser satisfechas como requisito previo para la autopropagación, es decir, primero debemos satisfacer nuestras necesidades básicas y, después de eso, procurar nuestra autorreplicación, pero una condición para satisfacer independientemente nuestras necesidades es aprender a hacerlo.

Es así que el juego es vital para aprender a desarrollarnos como individuos en la sociedad y como individuos en el ecosistema; así podemos estar capacitados para satisfacer nuestras necesidades. El juego que nos prepara para el desempeño social y natural sería entonces un insumo valioso para sobrevivir y reproducirnos.

Ante las anteriores ideas, debe quedar claro que los humanos, como otras especies, debemos invertir tiempo, recursos y energía para satisfacer nuestras necesidades biológicas y sexuales, ya que ello redundará en el aumento de nuestras posibilidades de sobrevivencia. El juego y esparcimiento aumentan constantemente nuestro *fitness* sexual y social.

Según nuestras tradicionales variables socio-ecológicas, naturalmente se incurriría en el acto sexual si están cubiertas otras necesidades más "básicas", lo que puede permitir entonces en nuestro contexto cultural, otorgarle a los juegos sexuales (sexo no reproductivo) un contenido altamente hedónico, que como otras actividades de esparcimiento y significado social, son susceptibles a las relaciones del trabajo y del esparcimiento (incluso hay empresas con la política de prohibir la contratación de empleados casados o bien de sancionar las relaciones afectivas entre ellos).

El sexo y el juego producen expectativas (de placer por lo general), permiten la expresión y la autoexpresión de identidades sexuales, emocionales e incluso económicas (juegos de asimetrías y subordinación).

### EL JUEGO Y LAS POSIBILIDADES DE REPRODUCCIÓN Y DE SOBREVIVENCIA HUMANA

Si a los principios anteriores, que pretenden aproximarse a algunos del tipo social y ecológico, adicionamos posiciones como las de Rubin *et al.* citados por Chick (1998), actividades sociales no dedicadas a la producción ni a la satisfacción de necesidades son complementarias y pueden ser significativas en la construcción de nuestro *fitness*.

Actividades propias de los humanos y otros animales como el juego y el esparcimiento, caben en categorías variables en la naturaleza de nuestros estilos de vida, en tanto lo demás es esfuerzo productivo: nos preparamos para la sobrevivencia en la niñez a través del aprendizaje bio- psico-social, o nos desarrollamos física, social y sexualmente, o estudiamos para prepararnos para trabajar y ganar el sustento que permita satisfacer nuestras necesidades sin ayuda, incluso ejercer el rol parental nosotros mismos, o bien recuperar la vitalidad física y mental necesaria para continuar en nuestro desarrollo sociocultural óptimo.

Ya Chick (1998), Villée (1998) y algunos etólogos han demostrado con estudios propios y afines que ese abanico de actividades físicas y socioculturales son cruciales para desarrollar y transmitir habilidades determinantes para la sobrevivencia y desarrollo social, sexual y ecológico en los seres vivos. Ejemplos de lo anterior son los aparentes juegos de los cachorros de cánidos y felinos que les preparan para cazar o bien los juegos de imitación de las hienas juveniles, que replican el acto sexual de los adultos de su grupo social.

### RELACIONES ECOLÓGICAS ENTRE EL JUEGO Y EL SEXO

No es casualidad que si el sexo es clave en la reproducción y ésta es la clave de la sobrevivencia del género humano (a través de la replicación), el abanico de actividades físicas, socioculturales y psicológicas no determinantes en la mera sobrevivencia, nos preparan para la sobrevivencia en el mañana y consecuentemente para nuestra autoperpetuación.

Chick  
esparc  
que el  
otras  
en la  
const  
autor  
de la

En l  
intera  
const

Algun  
identi

- a) E  
P
- b) E  
e
- c) E  
P
- d) C  
c  
h

Chick (1998), estudioso de aspectos del esparcimiento, juego y antropología, menciona que el juego simplemente existe en el ser humano y otras especies porque es beneficioso y fundamental en la sobrevivencia de las especies, incluso bajo la constante presión de la selección natural. El mismo autor señala que el juego se puede considerar parte de la selección sexual y selección artificial.

En las relaciones entre individuos hay una interacción recíproca en las que hay aprendizaje y construcción conjunta.

Algunas características del juego en los vertebrados identificadas por Chick (1998) son:

- Es característico de los vertebrados, principalmente en mamíferos.
- Es característico de los organismos con esperanza de vida relativamente prolongada.
- Es más propio de animales jóvenes y en los picos de desarrollo cortical.
- Comúnmente incluye patrones de comportamiento adaptados de sus contextos habituales.

e) Desaparece bajo condiciones de estrés.

f) Involucra comunicación.

Así, vale destacar que Chick reconoce condiciones culturales, antropológicas y biológicas en el desarrollo del juego que le dotan de carácter adaptativo, pues la inversión de tiempo y energía en el juego viene a retribuirse en el aumento del *fitness* reproductivo, es fisiológicamente beneficioso y se asocia a los recursos y condiciones ecológicas disponibles para las especies.

Vistas algunas relaciones humanas en términos sociales y ecológicos para el juego y el sexo, es de utilidad mencionar algunas diferencias obvias entre el sexo y el juego en los humanos (*Cuadro 1* respectivamente).

En tanto, similitudes socioculturales y físicas del juego y del sexo en el ser humano pueden tener similitudes (*Cuadro 2*).

Los dominios sociales del juego permiten las exploraciones de la imaginación, tienen reglas y límites de pareja, del individuo o de la cultura y permiten la fusión de variables físicas, culturales, hedónicas, sociales y comunicacionales (Molina, Comunicación personal 2005).

CUADRO 1  
Diferencias entre el juego y el sexo en el desarrollo humano

- Si en edades reproductivas dedicamos menos tiempo y esfuerzo físico al juego que en edades prerreproductivas, es porque no nos es tan interesante su naturaleza vivida de aprendizaje.
- Como adultos vamos paulatinamente sustituyendo el juego físico por el ejercicio comunicacional, cultural, social y mental que puede dirigir al escenario del acto sexual con fines reproductivos (o recreativos).
- La producción endocrina de hormonas de crecimiento y maduración de tejidos, en la edad sexual productiva, se ve mitigada o acompañada por la de hormonas sexuales.
- Si en edades prerreproductivas el contexto sociocultural era de aprendizaje, autoconocimiento y definición social, en edad sexual productiva es de aceptación, interrelación y ejercicio afectivo y sexual.

FUENTE: Elaboración propia, 2006.

CUADRO 2  
 Similitudes y beneficios del acto sexual y el juego en los humanos

- Significan un bienestar físico y emocional bajo condiciones "normales".
- Fortalecen los lazos sociales e incluso afectivos.
- Tienen un tiempo, un lugar y un desarrollo determinado.
- Se facilitan con la comunicación y además generan placer, por lo que ameritan inversión de esfuerzo, tiempo e incluso dinero.
- Exigen inversión de energía.
- Pueden fomentar la integración sociocultural.
- Incluyen en la mayor parte de los casos secreciones corporales y hormonales (comunicación química).
- Se ejecutan incluyendo además procesos de comunicación sonora y señales corporales.
- Eventualmente se es más diestro en los procesos que involucran juego y sexo conforme se aumenta su práctica.

FUENTE: Elaboración propia, 2006.

Una función adicional del juego es preparar al individuo para el sexo como para otras actividades propias de la vida de adultos, también necesarias para la sobrevivencia humana.

La reproducción es la clave de la sobrevivencia. El sexo es parte del contexto sociocultural. No es tema de discusión entonces, que el sexo es una necesidad natural e incluso social e individual, por lo que ante una necesidad, se desarrolla una oferta y una demanda y por eso hay quienes pagan por satisfacer sus expectativas sexuales no reproductivas, incluso hay quienes se la auto-satisfacen mediante la "autocomplacencia sexual".

El que seamos animales humanos nos hace ser sociales. El ser sociales nos hace ser sexuales. El ser sexual nos permite perpetuarnos.

En la ecología, la perpetuación es el fin último de la naturaleza de las especies, entonces, el juego es vital para prepararnos para actos posteriores de sobrevivencia y de perpetuación a través del acto sexual.

## CONCLUSIONES

El juego y el sexo no son necesidades básicas pero son indudablemente parte de las necesidades ecológicas, por lo tanto deben ser satisfechas, aunque no con la prioridad que exigen las primeras. Las necesidades básicas deben ser satisfechas para sobrevivir, las necesidades sexuales y de esparcimiento, deben ser satisfechas para perpetuarnos mediante la reproducción. Por lo tanto, para nuestra sobrevivencia es vital, entonces, contar con las condiciones del ciclo vital de otros animales, en especial mamíferos primates: en cuanto a la reproducción, somos vivíparos alimentados por nuestros padres y gozamos de cuidado parental: en cuanto al juego

y al  
 lengu  
 de rel

Alcan  
 del ap  
 (prop  
 satisfa  
 los ci

El ju  
 parte  
 ment:  
 y nu  
 perpe  
 de sa  
 eleme  
 socie

Entor  
 cada  
 mom  
 son es  
 puede  
 de las  
 de la  
 o bás  
 allá d  
 sobre

Para  
 activi  
 las pr  
 natur:

El sex  
 útiles  
 El jue  
 la nat  
 lo cur  
 no rep  
 inclus  
 aquel  
 Comu

y al esparcimiento, somos adiestrados en el lenguaje, en lo físico y orientados en el desarrollo de relaciones interpersonales.

Alcanzar los fines últimos de la existencia a través del aprendizaje y adiestramiento y adaptabilidad (propias del juego) da satisfacción, como satisfacción puede darnos el proceso de cumplir los ciclos y metas bio-sociales.

El juego es entonces una necesidad que forma parte del adiestramiento para el desarrollo físico, mental y cultural que determina nuestra identidad y nuestro lugar en la sociedad que vamos a perpetuar. El sexo es una necesidad con niveles de satisfacción variantes e influenciados con elementos de otros contextos de la naturaleza y la sociedad humana.

Entonces jugar y mantener relaciones sexuales, cada una de ellas con acompañantes y en un momento determinado, incluso entremezclados, son estímulos físicos y emocionales muy fuertes que pueden definir parte del éxito o la calidad de vida de las personas, o bien, pueden ser un indicador de la plena satisfacción de necesidades inferiores o básicas, por lo que ambas actividades van más allá de la mera preparación y aseguramiento de la sobrevivencia de nuestra especie.

Para la especie humana, el juego y el sexo son actividades determinantes que le facultan a enfrentar las presiones biofísicas y psicológicas del contexto natural y socioeconómico de la modernidad.

El sexo y el juego son actividades ecológicamente útiles y en algunos casos, socialmente autotéticas. El juego y el sexo son trabajo social y ecológico en la naturaleza antropocéntrica de nuestra sociedad, lo curioso es que a pesar de ello, el juego y el sexo no reproductivo nos generan placeres y productos, incluso por introspección, o bien puede favorecer aquel "esparcimiento controversial" (Molina, Comunicación personal, 2005).

Entonces, ¿es válido en este entorno socioeconómico y político el juego? ¿el juego aumenta nuestro *fitness* reproductivo y por ende, nuestra sobrevivencia? ¿es el juego un complemento de placer y un precursor a la experiencia sexual?

Por la naturaleza hedónica y comunicativa, como por la relevancia biológica de ambas actividades, la respuesta a estas preguntas puede quedar más que evidenciada.

#### BIBLIOGRAFÍA

- CHICK, G., 1998. "What is play for? Sexual selection and the evolution of play". *Theory in context and out: Play and Culture Studies*, Vol 3. Wesport, USA: Stuard Reifel.
- CORDERO, R., 2005. Comunicación personal, profesor del curso *Ecología Tropical*, Maestría Interdisciplinaria en Gestión Ambiental y Ecoturismo. San José: Universidad de Costa Rica.
- LLORET, E., 2002. "Ética, Conocimiento Científico y Naturaleza". *Revista Ecosistemas*. XI (1), Barcelona.
- MOLINA, G., 2005. Comunicación personal, profesor de la Maestría Interdisciplinaria en Gestión Ambiental y Ecoturismo. San José: Universidad de Costa Rica.
- MONGE, J., 1992. *Introducción al estudio de la naturaleza: una visión desde el trópico*. San José: EUNED: 228.
- VILLÉE, C., 1988. *Biología*. 7 ed. México- D. F.: Mc Graw- Hill: 875.
- VILLÉE, C., F. W. Walker y D. R. Barnes, 1985. *Zoología*. México- D. F.: Nueva Editorial Interamericana.
- VELASCO, H. y A. Días, 1997. *La lógica de la investigación científica*. Valladolid- España: Ed. Trotta.
- KELLY, J., 1987. *Freedom to be a new sociology of leisure*. New York, USA: Mc Millan Publishing Company.

## La bioinformática, una nueva especialidad con gran potencial para Costa Rica

JULIÁN MONGE-NAJERA\*

### RESUMEN

*La bioinformática es la aplicación de la informática, la robótica y la nanotecnología a grandes bases de datos biológicos. Su desarrollo comenzó en la década del sesenta. Actualmente, la bioinformática permite el desarrollo de mejores medicamentos y alimentos y tiene viabilidad comercial en los países industrializados.*

*En Holanda, el tema se enseña desde la escuela primaria, pero en el resto del mundo la bioinformática es poco conocida por la población general. América Latina tiene programas activos de bioinformática en Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Chile, México y Venezuela.*

*En Costa Rica su desarrollo es mínimo y se limita a esfuerzos aislados, aunque Costa Rica tiene el potencial de convertirse en el líder centroamericano en bioinformática, particularmente en las áreas de salud, producción y seguridad.*

### ABSTRACT

*Bioinformatics is the application of informatics, robotics and nanotechnology to large biology data bases. Its development began in the decade of 1960 with the application of electronic computers to several branches of biology. Currently, bioinformatics are used to produce improved food items and medical drugs, and is commercially viable in industrialized countries.*

*The subject of bioinformatics is taught from the school level in Holland, but it is generally unknown to most of the population in the rest of the world. Latin America has*

*bioinformatics programs in Argentina, Brazil, Colombia, Cuba, Chile, Mexico and Venezuela.*

*In Costa Rica, the development of bioinformatics is minimal and limited to isolated efforts. Nevertheless, Costa Rica has the potential to become the Central American leader in bioinformatics, particularly in the areas of health, goods production and security.*

### PALABRAS CLAVE

*Historia de la bioinformática, América Latina, introducción al tema, bioinformática en Costa Rica.*

### KEY WORDS

*History of bioinformatics, Latin America, introduction to bioinformatics, bioinformatics in Costa Rica.*

### INTRODUCCIÓN

#### ¿QUÉ ES LA BIOINFORMÁTICA?

Quienes impulsan la bioinformática nos recuerdan que esta rama relativamente nueva de la tecnología permitió documentar el genoma humano y abre puertas para mejorar extraordinariamente la salud y la producción en el siglo XXI (Zepeda, 2005).

Sin embargo, para la mayor parte de la población, "bioinformática" es una palabra vacía porque desconocen su significado. ¿Qué es la bioinformática?

González (2005) ha recopilado cinco definiciones.

\* PROMAI-Dirección de Producción, UNED, Apartado 474-2050. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. Correo electrónico: julianmonge@yahoo.com

Según la revista *Trends*, la bioinformática es el estudio del flujo de información que se da dentro de los sistemas biológicos. Esta definición se centra por ejemplo en estudios como los hechos con el molusco marino *Aplysia californica*, cuyo sistema nervioso ha sido ampliamente estudiado debido a su sencillez.

La segunda definición corresponde a la controversial empresa privada Celera Genomics. Según esta empresa, la bioinformática es la recopilación, organización y análisis de grandes cantidades de datos biológicos mediante el uso de redes de computadoras y bases de datos.

Dado que esta empresa comercia con el genoma humano descrito mediante redes de computadoras, su definición no va más allá.

Para los Institutos Nacionales de la Salud de los EE.UU., la bioinformática es el desarrollo de herramientas computacionales para adquirir, almacenar, organizar y visualizar datos biológicos. Tal definición refleja la labor de esa organización, la cual debe por ejemplo catalogar enormes colecciones de cepas de virus y bacterias de interés médico.

La cuarta definición recopilada por González (2005) corresponde a Biobask 2010, que es el programa estratégico del País Vasco para lograr el liderazgo biotecnológico dentro de España para el año 2010. Según esa iniciativa, la bioinformática es la rama de la biotecnología que se basa entre otros en la informática, la robótica y la nanotecnología. La definición de Biobask tiene de interesante su visión futurista, pues en lugar de limitarse a la computación como hacen las definiciones estadounidenses, toma en cuenta que la nanotecnología es esencial en el desarrollo futuro de la humanidad (la nanotecnología es la tecnología de construir y usar estructuras extremadamente pequeñas, a veces de unos pocos átomos de tamaño).

Según Bejarano (1998), quien escribía hace prácticamente una década, la bioinformática o "biología molecular computacional" aplica la informática al estudio del genoma; la biología computacional estudia modelos ecológicos y fisiológicos; y la biocomputación estudia modelos lógicos en seres vivos, por ejemplo, redes neuronales.

Tras repasar las definiciones mencionadas, González (2005) propone su propia definición, según la cual la bioinformática es un conjunto de tecnologías aplicadas al estudio de grandes bases de datos biológicos. Esta definición es amplia y poco precisa, pero sirve como definición para el público general. Por su parte, Rivera (2004) cita la opinión de que la bioinformática no es ya solo una tecnología de apoyo, sino una rama de la ciencia que hace sus propias investigaciones siguiendo normas científicas estrictas. Sin embargo, para otros este aspecto científico de la bioinformática es solamente una parte de un campo más amplio que incluye fundamentalmente aspectos tecnológicos (González, 2005).

## LOS ORIGENES DE LA BIOINFORMÁTICA

Los orígenes históricos de la bioinformática son difusos, pues como suele ocurrir en los grandes desarrollos tecnológicos, muchas personas trabajaron independientemente produciendo pequeños avances. Estos avances fueron juntándose en diversos lugares y dieron lugar, sin control centralizado, a la bioinformática.

Sin embargo, un par de esos sitios recibieron gran atención de la prensa por estar aplicando poderosas redes de cómputo a descifrar el genoma humano a partir de enormes bases de datos genéticos. Por eso, algunas personas creen que la bioinformática se originó con el Proyecto del Genoma Humano.

Pero en realidad, si nos atenemos a lo que tienen en común las definiciones de la bioinformática, que es la aplicación de tecnología para procesar de forma automatizada grandes cantidades de datos biológicos, la bioinformática se ha estado aplicando desde la década del sesenta en diferentes campos de la biología, particularmente la ecología (*e.g.* para el modelado de ecosistemas y la biología de poblaciones), la biología molecular (*e.g.* para entender la estructura de moléculas), la evolución (*e.g.* para la simulación de procesos de extinción y del origen de la vida), la biodiversidad (*e.g.* para catalogar especies y su historia natural) y la biomedicina (*e.g.* para predicciones en epidemiología). Por esta razón, es más justo decir que la bioinformática se comenzó a desarrollar en diversos lugares y disciplinas durante la segunda mitad del siglo XX.

### EL ESTADO ACTUAL DE LA BIOINFORMÁTICA

En el año 2006, la bioinformática es una rama del saber que tiene varias décadas de desarrollo en los países industrializados, y que llegó con pocos años de retraso a algunos países latinoamericanos (y con muchos años de retraso a otros).

Típicamente, hoy día un centro de bioinformática trabaja en tres grandes áreas que se comenzaron a desarrollar desde hace más de una década: investigación, educación y comercialización (CMBI, 2005).

La investigación se realiza en cualquier campo de la biología (biología molecular y celular, fisiología, ecología, sistemática, etc.) que requiera analizar masas de datos tan grandes que solamente con sistemas automatizados (*i.e.* computadoras) es factible hacerlo.

La educación en bioinformática se realiza mediante variedad de medios y en diversos niveles. Por ejemplo, en Holanda, existen desde seminarios y talleres, hasta cursos universitarios, postgrados y una carrera en bioinformática. Además, en ese país la alfabetización en bioinformática se hace desde las escuelas, llevando a la población general un conocimiento básico de qué es la bioinformática y cuáles son sus posibles usos (CMBI, 2005).

La comercialización se realiza en varios campos. Uno es la venta de servicios, que incluye el uso de instalaciones, equipo, programas de cómputo y personal asesor, así como el acceso a bases de datos, el diseño de moléculas (por ejemplo de nuevos medicamentos), la capacitación de personal e incluso la solicitud de patentes para nuevos productos que sean inventados en el centro de bioinformática (CMBI, 2005; Zepeda, 2005).

### LA BIOINFORMÁTICA EN AMÉRICA LATINA

En México existe una serie de esfuerzos y proyectos de bioinformática que tienen gran potencial debido al buen nivel científico del país y a su gran acervo en biodiversidad, pero se trata de esfuerzos generalmente aislados, por lo que el Instituto Politécnico Nacional está estableciendo una red nacional de bioinformática dentro de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (Mendoza, 2005).

En el Caribe, Cuba cuenta con un Centro Nacional de Bioinformática que en 2004 organizó el Primer Congreso Internacional de Bioinformática (CNBC, 2005).

Sudamérica es la región latinoamericana más avanzada en este campo. Bejarano (1998) propuso hace casi un decenio el establecimiento

de un  
Univer  
iniciar  
estruct  
entre c  
ecolog  
en est  
investi  
y la  
cofinan

Tambi  
de Bi  
y med  
Suizo  
nodo  
Molec  
descri  
progra  
y exte  
bioinf  
a la co

En Ver  
en el  
Bioinf  
genéti  
predic  
bioinf  
de cul

En Br  
bioinf  
brasile  
en toc  
y cap  
(usada  
bioinf  
para h  
y patr  
2005).

de un Centro de Bioinformática en la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia. El centro iniciaría con análisis de secuencias, filogenia y estructuras tridimensionales para aplicaciones entre otros campos en la medicina molecular y la ecología informática. Su idea fue prestar servicios en este y otros campos del cálculo científico a investigadoras e investigadores, con la academia y la empresa privada como participantes y cofinanciadores (Bejarano, 1998).

También en Colombia, se estableció el Centro de Bioinformática en la Universidad Nacional y mediante una alianza con el famoso Instituto Suizo de Bioinformática logró convertirse en el nodo colombiano de la Red Europea de Biología Molecular. Este centro trabaja según el modelo descrito: desarrolla infraestructura y capacidad en programas de computación; realiza investigación y extensión en colaboración con otros centros de bioinformática; y extiende la cultura bioinformática a la comunidad (UNC, 2005).

En Venezuela, la Universidad de Los Andes organizó en el 2003 el Primer Taller Latinoamericano de Bioinformática, con énfasis en sistemática molecular, genética de poblaciones, análisis de secuencias y predicción de proteínas. Allí mismo se trabaja en bioinformática aplicada a producir mejores plantas de cultivo y medicinas de avanzada.

En Brasil y Argentina funciona un programa de bioinformática dentro del Centro Argentino-brasileño de Biotecnología, que realiza investigación en todos los grandes campos de la bioinformática, y capacita entre otros campos en microrrejillas (usadas para identificar moléculas), algoritmos bioinformáticos (fórmulas matemáticas necesarias para hacer los cálculos), construcción de modelos y patrones de expresión génica, entre otros (UCC, 2005).

En Chile, el Centro de Genómica y Bioinformática de la Pontificia Universidad Católica de Chile trabaja en tres áreas: genómica, proteómica y bases de datos (investigación y docencia). La genómica es la rama de la bioinformática que hace el análisis molecular del genoma de los organismos. La proteómica, que estudia el conjunto completo de proteínas que se pueden obtener del genoma (información genética de un organismo) tiene como objetivo la producción de modelos digitales de proteínas. La proteómica permitirá crear nuevas moléculas para lograr medicamentos superiores a los actuales.

Todos estos esfuerzos latinoamericanos requieren coordinación para evitar el desperdicio de recursos y para lograr metas más altas. En Venezuela funciona el Portal Iberoamericano de Bioinformática, que da a conocer la información sobre cursos, becas y reuniones en este campo, incluyendo las actividades de la Red Iberoamericana de Informática (Rosales, 2005). Esta red trabaja en la formación de recursos humanos, la investigación, la cooperación entre academia y empresa privada, y en la obtención de patentes.

En junio del 2005 la red organizó las Jornadas Iberoamericanas sobre Bioinformática en Cartagena, Colombia, y su composición podría reflejar la fuerza que la bioinformática tiene en cada país latinoamericano. La red tiene 5 responsables de España, 4 de Chile, 3 de Argentina, 3 de Brasil, y un responsable de cada uno de los siguientes países: Bolivia, Colombia, Cuba, México, Venezuela y Uruguay. Los demás países no tenían responsables de la red en 2005 (RIB, 2005).

## LA BIOINFORMÁTICA EN COSTA RICA

No existen estudios sobre la historia de la bioinformática en Costa Rica; sin embargo, el Instituto Nacional de Biodiversidad utilizó intensamente la computación para inventariar

sus colecciones desde inicios del decenio de 1990 (INBio, 2005). Considerando el tamaño de las bases de datos relacionadas con el programa ATTA, puede considerarse que en sentido amplio esto corresponde a bioinformática.

En 1996 la Asamblea Legislativa de Costa Rica aprobó la participación de Costa Rica en el Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología, con sedes en Italia e India, dentro del cual existe un programa de bioinformática (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996).

En 2003 el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Costa Rica anunció, dentro del proyecto Ciencia y Tecnología para la Competitividad, financiamiento en el área de informática "incluyendo bioinformática" (Corrales, 2003).

Como parte del Centro de Incubación de Empresas del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se presentó en 2003 un analizador digital de biopsias congeladas desarrollado por Allan Orozco, el cual hace uso de la bioinformática para comparar muestras médicas con una base de datos de miles de células cancerosas, permitiendo una detección automática del cáncer en etapa temprana (Rivera, 2004).

Dos años después, Mauricio Arias impartió una conferencia dirigida principalmente a empresarios en la cual delineó las generalidades de la bioinformática y mencionó como áreas de interés para Costa Rica la "minería" de bases de datos, la experimentación a gran escala, y la identificación de moléculas y organismos con potencial sanitario y agrícola.

También en 2005 se propuso por parte de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica la creación de un Proyecto de Bioinformática dentro

del Laboratorio de Biotecnología del Centro Nacional de Alta Tecnología (Monge-Nájera, 2005).

Para Costa Rica, la formación y empleo de personal graduado en bioinformática son necesarias para lograr al menos los siguientes objetivos:

1. Conservar el liderazgo científico de Costa Rica a nivel de América Central.
2. Mantener la independencia alimentaria ante el desarrollo de cultivos transgénicos por parte de compañías extranjeras.
3. Disminuir la grave dependencia que tiene el país en materia de salud (equipo y medicamentos).
4. Poder atender potenciales necesidades de seguridad nacional en un mundo donde la bioinformática será usada con fines militares.

En conclusión, varias décadas después de que se inició en los países desarrollados, la bioinformática tiene una presencia limitada pero creciente en Sudamérica y Mesoamérica. El alto nivel científico relativo de Costa Rica la convierte en la nación óptima para el nacimiento de la bioinformática a nivel centroamericano. Pero si se juzga cuidadosamente la realidad del 2006, en Costa Rica son necesarios esfuerzos mucho mayores de los hechos hasta el presente para alcanzar siquiera el nivel de la bioinformática en países que ocupan lugares intermedios de desarrollo en este campo, como Colombia y Venezuela.

*Agradecimientos*

Agradezco a Mónica Chávez por su ayuda con la digitación de las referencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASAMBLEA LEGISLATIVA DE COSTA RICA, 1996. *Aprobación de los estatutos y el protocolo del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología*. San José, Costa Rica. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://www.racsa.co.cr/asamblea/ley/leyes/7000/7613a.doc>>.
- BEJARANO Calderón, P. A., 2005. *Propuesta de centro de bioinformática*. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://www.unad.edu.co/revistaunad/revista10/17.%20Bioinform%20E1tica.doc>>.
- CNBC, 2005. Primer Congreso Internacional de Bioinformática, Centro Nacional de Bioinformática de Cuba. La Habana, Cuba. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://www.bioinfo.cu/congreso/pages/home.htm>>.
- \_\_\_\_\_, 2005. Centre for Molecular and Biomolecular Informatics, Radboud University Nijmegen, Holanda. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://www.ru.nl/aspx/get.aspx?xdl=/views/run/xdl/page&SitIdt=87&VarIdt=69&ItmIdt=11499>>.
- CORRALES, I., 2003. "Tecnología impulsará sector productivo", *La República*, 22 de diciembre de 2003, San José. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://larepublica.terra.co.cr/news>>.
- GONZÁLEZ, M., 2005. *Bioinformática: a la búsqueda de su definición*. Consultado: 30 de marzo de 2005. Disponible en Internet: <<http://revista.robotiker.com/articulos/articulo80/pagina1.jsp>>.
- INBio, 2005. *Atta: Tecnología informática al servicio de la conservación de la biodiversidad*. Heredia, Costa Rica. Consultado: 21 de enero de 2006. Disponible en Internet: <<http://atta.inbio.ac.cr/atta03.html>>.
- MENDOZA, C., 2005. Reunión de otoño de la CUDI. CICESE, México. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=articulo&ejemplar=89&id=57&from=buscador>>.
- MONGE-NÁJERA, J., 2005. Proyecto de Bioinformática UNED-CENAT. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica: 14.
- RIB, 2005. Red Iberoamericana de Bioinformática, Venezuela. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://rib.cecalc.ula.ve>>.
- RIVERA Cordero, S., 2004. *Pionero de la bioinformática lucha por introducir esta disciplina en el quehacer nacional*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <[www.itcr.ac.cr/informatec/nopviembre-diciembre/n14.htm](http://www.itcr.ac.cr/informatec/nopviembre-diciembre/n14.htm)>.
- ROSALES, D., 2005. *Biotutor*, Venezuela. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://rib.cecalc.ula.ve/documentación>>.
- UCC, 2005. *Bioinformática Aplicada a Genómica y Proteómica*. Universidad Católica de Córdoba. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://www.uccor.edu.ar/paginas/seminarios/Cursos/CABBIO/Programa.htm>>.
- \_\_\_\_\_, 2005. *CBIB, Quienes somos*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://bioinf.ibun.unal.edu.co/cbib>>.
- ZEPADA García, O., 2005. *¿Qué es bioinformática?* Consultado: 12 de abril de 2005. Disponible en Internet: <<http://www.solociencia.com/biologia/bioinformatica-concepto.htm>>.

## Importancia de los proyectos de investigación en la ECEN

M.Sc. HAROLD ARIAS LE CLAIRE\*

Claramente la realidad globalizada presenta tendencias hacia la conformación de una sociedad de conocimiento. Los estilos y formas de interacción y relación social, al igual que las plataformas productivas se ven fuertemente influenciadas por el desarrollo acelerado del conocimiento. De este modo, el sector académico y por ende las universidades, se convierten en un actor clave y líder de procesos de cambio en la sociedad moderna. Actualmente las esferas productivas, los procesos de desarrollo socioeconómico y los componentes del sistema que los dirigen exigen cada vez con mayor énfasis la participación activa y dinámica de las universidades.

En este escenario la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales (ECEN), en el contexto de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), pretende convertir su labor académica en un proceso de gestión del conocimiento. Se vislumbra un ejercicio académico que transforme, en el corto y mediano plazo, a la ECEN en un agente generador, transformador, divulgador y democratizante del conocimiento.

Los múltiples contextos geográficos, culturales, temporales y económicos a los que se enfrenta la UNED exigen una visión humanística, integral, sistémica, multi (trans e inter) disciplinaria. Con esto se pretende contribuir a la construcción de una esquema de vinculación real y dinámico de la investigación, la extensión y la docencia.

De este modo la ECEN tiene el reto de lograr y mantener su liderazgo académico mediante una gestión dinámica del conocimiento. Es así como la investigación se convierte en el pilar fundamental para gestionar conocimiento que se integre de forma simbiótica a la extensión y la docencia. De tal modo, la investigación se concibe no solo como una actividad inherente a la universidad, sino como en una actividad prioritaria. Más aún considerando que la ECEN, en la actualidad se encuentra frente a escenarios con múltiples oportunidades para trascender, no solo en el ámbito universitario, sino también en la sociedad.

\* ariash@uned.ac.cr

Por su naturaleza interdisciplinaria y con una concepción claramente amplia, integral y sistémica, la ECEN presenta las condiciones para convertirse en la punta de lanza de este proceso de transformación universitaria que significa la gestión del conocimiento.

En este sentido se pretende que mediante un esfuerzo integrado de los diferentes programas de la Escuela y la Cátedra de Investigación se gesten acciones que fomenten y mantengan la investigación como un elemento esencial de nuestra labor. De forma paralela se le está dando un impulso renovador a la *Revista Repertorio Científico*, como un espacio para la reflexión, el intercambio y la divulgación de la investigación de la ECEN.

De este modo se pretende generar un ambiente que asegure labores de investigación y extensión integradas de forma estrecha a la docencia, en un panorama universitario en el cual este tema toman una pertinencia renovada. La ECEN aquí encuentra una oportunidad para impactar en las principales problemáticas de la sociedad, al tiempo que trasciende y se posiciona como unidad académica realmente gestora de conocimiento.

En este sentido se han dado los primeros pasos en los últimos años en que la ECEN gestiona unos 10 proyectos de investigación que, integrados a la extensión y la transferencia del conocimiento, se espera impacten la sociedad y la docencia que se ofrece en los programas de la Escuela. No obstante los retos y la oportunidades son constantes y las iniciativas como el Centro de Transferencia de Tecnología e Investigación de La Perla en San Carlos, así como las posibilidades de un Centro de Investigación multi-universitario en La Palma de Puerto Jiménez (Zona Sur-Sur) le exigen a la ECEN un esfuerzo académico significativo integrado a una visión estratégica en múltiples contextos y escenarios temporales.

Sin embargo, aún se debe avanzar de forma decisiva hacia un esquema consolidado de promoción y gestión de la investigación que defina de manera estratégica las pautas y elementos necesarios para el desarrollo de esta actividad. Entre otros aspectos claves es necesario identificar y aplicar los elementos necesarios para apoyar decisivamente la investigación y generar estrategias para integrar de forma pragmática, en la carga laboral de los académicos, tiempo para actividades de investigación.

Igualmente es necesario generar y poner en marcha un plan sistemático y permanente de capacitación y formación que genere una masa crítica dinámica y en áreas disciplinarias pertinentes que alimente la investigación en la ECEN.

## Walter Araya Naranjo



GISELA VARGAS\*

De la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, recientemente se jubiló el MSc. Walter Araya Naranjo. Ocasión que nuestra *Revista Repertorio Científico*, toma como la oportunidad para reseñar su historia de vida en la UNED.

El nombre de Walter Araya Naranjo representa diversos escenarios en los que se le puede ubicar. Se puede comenzar este recorrido por el personaje del ingeniero agrónomo (Universidad de Costa Rica), que en simbiosis con la docencia universitaria, destaca la figura de tutor y luego de director de la ECEN (1988-1996), reconocido por su incansable esfuerzo, apoyo, fortalecimiento y promoción de los cursos y programas académicos a su cargo, no sólo en el sector agropecuario, biológico y sus especialidades, sino también en las otras disciplinas que están bajo la tutela de la ECEN como las áreas de salud, matemáticas, química, informática y agroindustria, siempre con miras, a ofrecer una pronta respuesta a las necesidades del entorno del momento.

Es así como Walter se convierte en un luchador y forjador de espacios universitarios, para que la ECEN tuviera la oportunidad de ofrecer servicios académicos con el equipo, infraestructura y personal idóneo. En 1987-1989 participa activamente en la Reestructuración de Docencia

y la creación de las Escuelas de la UNED. En 1990 se robustece en él, una figura sensible a la exportación de servicios universitarios, desarrollando y promoviendo una alta capacidad para visionar como director, de tal forma que la ECEN se posicionara en contiendas que aspiraran a posibilidades de éxito.

Aunado a esta actitud, Walter se destaca no sólo por sus destrezas y habilidades en el aspecto técnico-agronómico y docente, sino también, por su calidad humana, brindando lo que estaba a su alcance. Desarrolló la habilidad de integrar con armonía y respeto, un personal académico muy heterogéneo en pensamiento y acción, al que supo motivar, a través de un liderazgo transparente y de una confianza y lealtad innegable. Se caracterizó por defender sus valores y ser consecuente con ellos en todo momento, demostrando que la excelencia se puede alcanzar y disfruta, si detrás del esfuerzo, la dedicación y en algunos casos hasta el sacrificio personal, está la certeza de contar con la confianza de un líder que cree verdaderamente en las potencialidades de sus compañeros(as).

Estas cualidades fueron valoradas en su oportunidad, para que el personal académico de

\* ECEN.

la ECEN solicitara su reelección como director de la ECEN para el año 1993. Es así como aparecen nuevas alternativas de gestión universitaria durante los períodos de dirección tales como: la apertura en 1990 de la primera maestría de la UNED en Extensión Agrícola en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Como consecuencia la ECEN se convierte en la primera Escuela que produce un posgrado, efecto que a su vez, incentiva la estructuración de todo el Sistema de Posgrado en la UNED.

Seguidamente, se abre el programa de Línea Abierta Ambiental, destinada a la colaboración de la ECEN hacia las comunidades, en la denuncia ambiental y en la asesoría para la resolución de problemas en esta temática.

En 1992 fue cofundador de la *Revista Repertorio Científico*.

Paralelo en el tiempo, aparece otro escenario en el que Walter, protagonizado por el especialista en Manejo de Recursos Naturales, CATIE (Centro Agronómico tropical de investigación y Enseñanza), incursiona habilidosamente entre las áreas de paisajismo arquitectónico como profesor en la UCR y la promoción de la conservación del ambiente. Trabaja arduamente por lograr la apertura de las carreras de pregrado y posgrado en Manejo de Recursos Naturales con la UNED, convirtiéndose en un incansable guerrero en las mesas de negociación de la legitimidad de las propiedades naturales del territorio nacional.

En 1994 Walter ayuda a gestar, dentro del marco de la ECEN, el primer proyecto internacional multilateral CAERENAD-UNED (Centro de Aplicación de Estudios y Recursos en Enseñanza a Distancia) compuesto por 6 países miembros de tres continentes con una duración de 5 años.

Convencido del compromiso social-ambiental y como resultado de este convenio internacional, participa de la consolidación de la Maestría en Manejo de Recursos Naturales, período de 1998 al 2002.

En el Año 2003 inicia Walter junto con el equipo de especialistas en el área otro reto: la autoevaluación ante SINAES de la Carrera de pre-grado de Manejo de Recursos Naturales, la cual deja avanzada antes de su jubilación en un 90%.

Cuando se hacen remembranzas del quehacer de Walter por la ECEN, en repetidas ocasiones, muchos de sus compañeros y compañeras, han reconfirmado y reconocido lo "difícil" que fue para él en su calidad de director, romper esquemas, quebrar estructuras, convencer a los demás de sus planes visionarios y abrir brechas en sitios inexplorados por la Universidad. Fueron muchos y de distinta naturaleza los obstáculos internos y externos que Walter enfrentó durante su gestión, para iniciar la conversión de la ECEN hacia una unidad académica pionera y líder dentro de la Universidad.

Es indudable que sólo se puede trabajar a este nivel si prevalece una mezcla perfecta entre profesionalismo y humanismo, una entrega y pasión reflejada en todas sus actuaciones universitarias día tras día.

Es posible que muchas de las anécdotas y recuerdos imborrables que Walter impactó en la Escuela durante su labor activa, no sean compartidos de igual manera, por todas aquellas personas que, de una u otra forma, tuvieron que ver con sus acciones, pensamientos e ideales. Sin embargo, es innegable que sus méritos estarán siempre presentes y seguirán haciendo eco en el espíritu de gestión de la ECEN.

## Experto asegura que la fusión nuclear "está cerca y estamos en condiciones de conseguirla"

El responsable de la Unidad de Plasmas del Laboratorio Nacional de Fusión del CIEMAT, Francisco Castejón, se mostró hoy en Valencia partidario de la fusión nuclear como la energía del futuro y señaló que no sólo es una fuente energética "inagotable" sino que "también es medioambientalmente aceptable". "Es la energía del futuro para la humanidad y estamos en condiciones de conseguirla, está cerca", dijo.

Castejón realizó estas declaraciones en el transcurso de la conferencia "La energía de fusión nuclear" dentro de las *Jornadas sobre el futuro inmediato de la Energía*, organizadas por el Consell Valencià de Cultura (CVC) y que se celebran en Valencia.

Según informó el CVC en un comunicado, Francisco Castejón advirtió de que el problema de la energía se encuentra ante una gran encrucijada y que el modelo actual, que depende básicamente de los combustibles fósiles, es insostenible y "está contribuyendo al cambio climático".

Frente a esta situación, señaló que la fusión "es una fuente de energía que puede aportar soluciones. En este momento, se trabaja para evitar residuos y podemos afirmar que estamos en condiciones de conseguirla".

Asimismo, indicó que el proyecto ITER, consistente en la construcción de un reactor nuclear de fusión competitivo comercialmente, es una gran oportunidad para todos. España está presente en este programa a través de la Unión Europea, junto con otros países, y "es el mayor desafío al que jamás nos hemos enfrentado en el mundo y empezará a dar sus frutos en el año 2015", dijo.

En este sentido, reclamó generosidad al primer mundo para que los países pobres puedan tener acceso a esta compleja técnica que "es cara y de difícil consecución. Debemos ser considerados con los países del Tercer Mundo de lo contrario no podrán abastecerse de esta energía".

Castejón destacó que el peor accidente imaginable originado en una central de Fusión es mínimo ya que no se puede romper el edificio, su impacto ambiental es pequeño y no necesita planes de emergencias. "Si se rompe algún elemento del proceso, se paraliza todo. La fusión resolvería los problemas de la fisión nuclear: la seguridad y los residuos", dijo.

Tomada de <http://www.solociencia.com/noticias/1610/26184017.htm>  
el 2 de noviembre de 2006

## Mujeres Premio Nobel en Ciencias. Tecnólogas y médicas premiadas desde la fundación del Premio Nobel en 1901

### FÍSICA

- 1903 Marie Sklodowska Curie (conjuntamente con Pierre Curie):  
"En reconocimiento de los extraordinarios servicios que han dado sus investigaciones conjuntas sobre el fenómeno de la radiación descubierta por el prof. Henri Becquerel".
- 1963 Maria Goeppert Mayer (conjuntamente con J. Hans Jensen)  
"Por el descubrimiento acerca de la estructura nuclear".

### QUÍMICA

- 1911 Marie Sklodowska Curie  
"En reconocimiento a sus servicios para el avance de la química al descubrir los elementos radio y polonio, por medio del aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza y los componentes de este sorprendente elemento."
- 1935 Irene Joliot-Curie (conjuntamente con Frederic Joliot-Curie)  
"En reconocimiento a la síntesis de nuevos elementos radioactivos."
- 1964 Dorothy Crowfoot Hodgkin  
"Por sus determinaciones por medio de la técnica de rayos X acerca de las estructuras de sustancias bioquímicas importantes."

### FISIOLOGÍA Y MEDICINA

- 1947 Gerty Radnitz Cori (conjuntamente con Carl Ferdinand Cori)  
"Por sus descubrimientos en el curso de la conversión catalítica del glucógeno."
- 1977 Rosalyn Sussman Yalow  
"Por el desarrollo de ensayos sobre radio inmunidad de la hormonas péptidas."
- 1983 Barbara McClintock  
"Por su descubrimiento de elementos genéticos móviles."
- 1986 Rita Levi-Montalcini (conjuntamente con Stanley Cohen)  
"Por sus descubrimientos sobre los factores de crecimiento."
- 1988 Gertrude Elion (conjuntamente con James W. Black y George Hitchings)  
"Por sus descubrimientos sobre importantes principios del tratamiento por medio de drogas."
- 1995 Christiane Nüsslein-Volhard (conjuntamente con Edward B. Lewis y Eric F. Wieschaus)  
"Por sus descubrimientos concernientes al control genético en el temprano desarrollo embriológico."
- 2004 Linda B. Buck (conjuntamente con Richard Axel)  
"Por sus descubrimientos de receptores olfativos y la organización del sistema olfativo."

### PREMIO NOBEL PARA LA PAZ

- 2004 Wangari Muta Maathai  
"Por sus contribución al desarrollo sustentable, la democracia y la paz"

## Tormenta solar

Diez mil millones de toneladas de plasma formado por electrones y protones salieron eyectados el miércoles último (7 de julio de 2005) del Sol hacia el espacio y viajan hacia la Tierra, donde desde hoy podrían causar inconvenientes en las telecomunicaciones y la aeronavegación al afectar el funcionamiento de los satélites.

Las primeras señales o síntomas de esas erupciones gigantes en la superficie del astro brillante, que atrapan la atención de los astrónomos de todo el mundo, son dos grupos de manchas consideradas una conjunción única hasta el momento.

“Hace seis días apareció una gigantesca mancha solar en el borde del Sol con un tamaño similar al de Júpiter –explicó el coordinador del Area de Astronomía del Planetario de Buenos Aires, licenciado Mariano Rubio–. Lo extraordinario es que ahora el Sol tiene esta y otra mancha que son seis o siete veces el tamaño de la Tierra. La segunda apareció anteayer.”

Con un diámetro de entre 100 000 y 150 000 kilómetros, cada mancha es para los especialistas una señal de que algo le pasa al Sol. “Las manchas liberan gases en forma de nube al espacio que interactúan con el campo magnético de la Tierra –agregó Rubio–. Esa interacción provoca tormentas magnéticas que producen auroras, que son como fantasmas de colores en el cielo... Un espectáculo extraordinario de rojos, verdes, azules y amarillos.”

Ese fenómeno, según Rubio, se podrá observar en latitudes cercanas a los polos como las que ocupan la Argentina, Sudáfrica o Australia. “En la Argentina aún no se ha visto nada, pero podría ser que en el sur del país se vean las auroras en el cielo”, dijo.

Se calcula que las partículas eyectadas hacia la Tierra viajan aproximadamente a 1 600 000 kilómetros por hora. Aunque el alerta comenzó ayer a las 16 (18 GMT), los astrónomos consultados sostienen que las consecuencias podrían comenzar hoy. “Podría haber interferencias en las comunicaciones satelitales que sólo afectarán las telecomunicaciones, pero ningún daño a las personas”, dijo Rubio.

¿Por qué? Cuando las partículas entran en contacto con el campo magnético de la Tierra, éste las desvía hacia los polos, donde chocan con las moléculas y los átomos de la alta atmósfera terrestre a más de 90 kilómetros de altura.

“Ese choque provoca que los electrones se exciten y para deshacerse de la energía extra liberan fotones de luz, que son las auroras”, explicó Conrado Kurtz, director de Sur Astronómico.com ([www.surastronomico.com](http://www.surastronomico.com)).

El campo magnético de la Tierra la protege de este tipo de partículas. Sin embargo, cuando la erupción solar tiene gran cantidad de energía se producen algunas rupturas. “Las dos manchas solares, que son regiones más frías en la superficie del Sol, indican que hay más actividad en el astro, que está ligeramente más caliente y luminoso por procesos internos”, dijo Ribas.

Para el jefe de proyectos científicos de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Conae), doctor en Astronomía Marcos Machado, “esta tormenta solar no es de las más grandes que se hayan registrado”.

En 1987, una tormenta solar provocó el colapso de los transformadores de energía en Canadá y provocó un corte de luz masivo. En 1997, otra erupción cegó el satélite Telstar 401, que se usaba para la transmisión de señales de televisión. En 1998, la interferencia del satélite Galaxy IV afectó cajeros automáticos y los sistemas de seguimiento de los vuelos comerciales.

Según Machado, las tormentas solares pueden perturbar las comunicaciones, en especial las de radio, y son un riesgo para los satélites porque pueden recibir una sobrecarga eléctrica que inhabilite sus circuitos.

Por Fabiola Czubaj de *La Nación*, Argentina.

Tomada de <http://www.prodiversitas.bioetica.org/prensa71.htm>, el 4 de noviembre de 2006