

AMBIENTICO

SUMARIO

- 2 Juan Abarca
[GECOS CASEROS \(HEMIDACTYLUS\): BIOLOGÍA E IMPACTO EN COSTA RICA](#)
- 7 Juan Rojas
[POSIBLE IMPACTO DEL ENGORDAMIENTO DE ATÚN EN GOLFITO](#)
- 10 Felipe Ángel
[EDUCACIÓN AMBIENTAL Y COMPLEJIDAD VERSUS PERSPECTIVISMO](#)
- [SEPARATA DE EDICIÓN 32 DE REVISTA AMBIENTALES]
13 José Castro y José P. Carvajal
[CAMBIO DE COBERTURA DEL SUELO Y VEGETACIÓN EN SAN LUCAS](#)

AMBIENTICO

Revista mensual sobre la actualidad ambiental

Director y editor Eduardo Mora

Consejo editor Manuel Argüello, Gustavo Induni, Wilberth Jiménez, Luis Poveda

Fotografía Alfredo Huerta [salvo señalamientos]

Asistencia, administración y diagramación

Rebeca Bolaños

Teléfono: 277-3688. Fax: 277-3289

Apartado postal: 86-3000, Costa Rica.

ambientico@una.ac.cr

www.ambientico.org

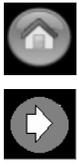
Gecos invasores, granjas de atún, vida en San Lucas y educación ambiental

Leyendo el informe –que en esta edición presentamos– sobre esa especie animal recientemente invasora de Costa Rica: los gecos, se asombra uno de que no se pueda decir aún si son repudiables o no, en esta época en que son sistemáticamente temidas, y denunciadas como lesivas, cualesquiera intrusiones (“irresponsablemente” accidentales o “malévolamente” deliberadas) de nuevas especies en viejos ecosistemas. Llegaron por barcos en embalajes, se esparcieron por todo nuestro territorio y nadie puso el grito en el cielo, como uno creía que ya no podía más que hacerse en estos tiempos ante fenómenos tales. Dado que entre la sociedad bienpensante hay consenso en cuanto a que se ha de ser permisivo ante los inmigrantes humanos, e intolerante ante los inhumanos (fauna y flora), a los gecos parecemos estarlos tratando como *homo sapiens*, y de veras recuerdan por lo menos al hombre araña.

A la par de ese hecho, nacionalmente seguimos debatiendo el proyecto –entre japonés y peruano– de instalar en las aguas de nuestro océano Pacífico, por el golfo Dulce, granjas flotantes de atunes en las que éstos, previamente capturados mar adentro, se engorden y luego se exporten. La mayoría de quienes se han manifestado públicamente sobre ello parecen estar seguros de que el proyecto es un desatino por los desarreglos ecosistémicos que acarrearía en la región marina en que las jaulas se ubicarían. Ante ese asunto aparentemente sí se han cerrado filas.

Sobre los anteriores dos temas, y sobre la evolución de la cobertura vegetal en San Lucas, la isla que hasta mediados el siglo XX fue el principal centro penal de Costa Rica, discurren los tres primeros escritos de este *Ambientico*. Y en el cuarto y último, sobre educación ambiental, se sostiene que ésta no es una invención de ese siglo –el vigésimo después de Cristo–, sino un tempranísimo producto en la historia de la humanidad: data de hace medio millón de años; existe –dice el autor– desde cuando el ambiente es *complejo* (no *complicado*, ojo), y esa *complejidad* no es generada por la mirada (humana) que lo abarca y califica, sino que le es intrínseca.





Gecos caseros (*Hemidactylus*): biología e impacto en Costa Rica

JUAN ABARCA

Cuando se introduce una especie en un ecosistema hay tres escenarios posibles: la *interferencia competitiva* (Hanley *et al.* 1998), que representa una competencia directa de una especie foránea con una nativa por agresión o por interferencia reproductiva; la *explotación competitiva*, que se da cuando una especie introducida aprovecha los mismos recursos que la especie nativa (Hanley *et al.* 1998, Dame y Petren 2006), y la *competición aparente*, que se da cuando la presencia de una especie foránea aumenta la posibilidad de depredación o enfermedad de la especie nativa (Hanley *et al.* *Ibid.*).

La colonización de especies alóctonas puede causar la extinción de la fauna y la flora locales (Morell 1999). El impacto que puedan causar especies introducidas es más evidente en zonas con ecosistemas frágiles y especies endémicas (Galina *et al.* 1999), afectando a las comunidades biológicas (Young *et al.* 2004) o exclusivamente a un taxón (Dame y Petren 2006). Problemas con anfibios y reptiles introducidos han ocurrido por ejemplo con la rana toro (*Rana catesbeiana*) en el oeste de Estados Unidos, en el Caribe y en Suramérica (Young *et al.* *Ibid.*), con el sapo gigante (*Bufo marinus*) en Australia (Eastal 1986) y con la serpiente arbórea café (*Boiga irregularis*) en Guam (Grenne 1997).

En Costa Rica se reporta como introducidas dos especies de anfibios (Savage 2002) y cuatro de reptiles (Khöler 2003, Savage 2002), todas manteniendo poblaciones en alguna parte del país, pero no se ha realizado estudios acerca de cómo afectan a la fauna nacional. Entre ellas están unas lagartijas nocturnas llamadas geocos caseros (*Hemidactylus*), de las que dos especies prácticamente han invadido las casas de los costarricenses. A continuación se describe las principales características biológicas de esas dos abundantes especies -mencionándose además una tercera encontrada recientemente- y las implicaciones favorables y desfavorables de esas introducciones.

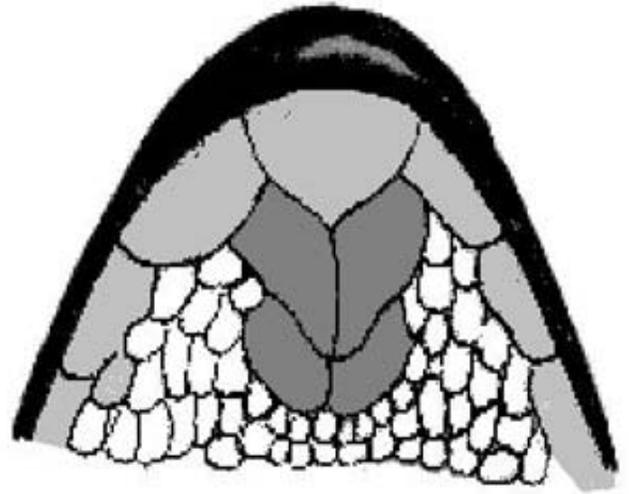
Sus nombres comunes son: geoco casero, salamanquesa, cuija del viejo mundo, perro sompopo, lagartija nocturna y Escorpión. Existen tres familias de geocos: Pygopodidae, Eublepharidae y Gekkonidae, estas dos últimas con representantes en Costa Rica; Gekkonidae tiene a su vez dos subfamilias: Gekkoninae y Sphaerodactylinae (Savage 2002). El género *Hemidactylus* (*Hemi*: medio, mitad, *Dactylus*: digitos o dedos) representa una serie de geocos, observados generalmente durante la noche, considerados comensales humanos porque se mantienen cerca de las casas donde se alimentan de insectos que son atraídos por un foco o luz artificial (Köhler 2003, Solórzano 2003). El género tiene una gran riqueza de especies dentro de la familia Gekkonidae, con un total de 80 especies (Carranza y Arnold 2006), de las que *Hemidactylus frenatus* y *Hemidactylus garnotii* han proliferado exitosamente en nuestro país.



Figura 1. *Hemidactylus garnotii*.



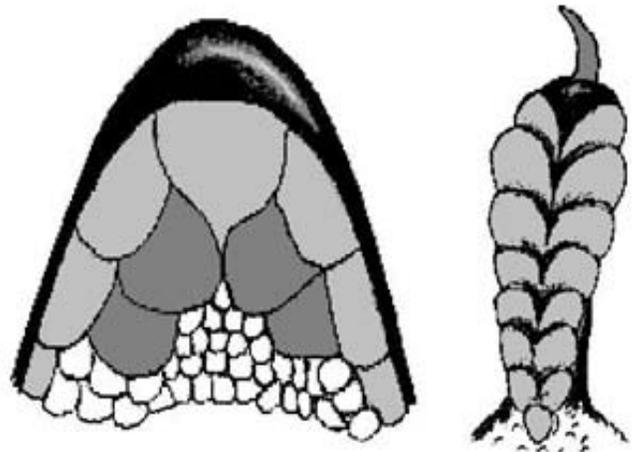
Figura 2. *Hemidactylus garnotii*. Se diferencia por las escamas del mentón. Usualmente con vientre más amarillento.



Recuadro figura 2. Escamas del mentón.



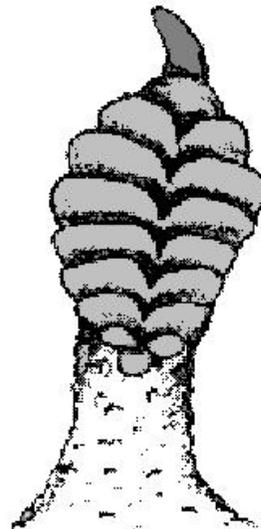
Figura 3. *Hemidactylus frenatus*. Escamas mentales diferentes y laminillas completas hasta la base del cuarto dedo. Vientre más blanco que *H. garnotii*.



Recuadro figura 3. Escamas del mentón; laminillas del dedo.



Figura 4. *Hemidactylus mabouia*. Laminillas completas no llegan a la base del cuarto dedo. Cabeza, extremidades y dorso con más tubérculos.



Recuadro figura 4. Laminillas del dedo.

Todos los geos se caracterizan porque sus representantes poseen cuerpos dorsoventralmente comprimidos, con cabezas y cuellos cortos y miembros bien desarrollados. Tienen una piel delicada cubierta con pequeñas escamas granulares, a veces intermezcladas con tubérculos. La lengua es protusible (Savage 2002) y, mientras las escamas dorsales son pequeñas y granulares, las ventrales pueden ser redondeadas o hexagonales e imbricadas. Los geos tienen una serie de adaptaciones corporales y ecológicas que les permiten colonizar fácilmente nuevos ambientes y pueden viajar grandes distancias a través de medios de transporte antropogénico (Vences *et al.* 2004).

Su tamaño es entre pequeño y mediano: la longitud estándar de adultos de *H. garnotii* es 60,8 +/- 0,43 mm, y de *H. frenatus* es 57,7 +/- 0,39 mm (Vences *et al.* 2004), y para Costa Rica Savage (2002) reporta unos máximos de 65 mm para *H. garnotii* y 60 mm para *H. frenatus*. Ambas especies presentan similitudes en la dieta, apariencia, patrones de actividad y ocupan un mismo nicho ecológico (Dame y Petren 2006). El género se identifica porque tienen sus dedos expandidos con laminillas transversales divididas (figuras 2, 3 y 4); además presentan una delgada y comprimida falange distal con una uña terminal (Köhler 2003).

No poseen párpados móviles: éstos se han modificado en escamas transparentes como un lente brillante que cubre toda la córnea y le dan protección al ojo (Autumn y Hansen 2006). Su visión es muy buena: la pupila es vertical y, aunque carecen de bastones (Roth y Kelber 2004), la eficacia de los conos les permite distinguir los colores incluso con muy escasa iluminación (Milius 2004). Aunque son principalmente nocturnos (Carranza y Arnold 2006, Dame y Petren 2006) pueden estar activos durante el día desplazándose o vocalizando (observación personal), y usualmente se mantienen en grietas, hoyos y cavidades donde encuentran refugio (Hitchcock y Mc Brayer 2006).

Los geos son los únicos reptiles capaces de emitir sonidos vocales reales (muy diferentes a los siseos de serpientes o cocodrilos), utilizando las papilas o pliegues de la lengua para emitir una serie de “chirc” o “tic” dependiendo de la especie (Corl 2006); ambos sexos son capaces de emitir sonidos (Savage 2002). Existen varios llamados: uno consiste en una repetición lenta de 5 a 15 “chirc”, durante entre 1 y 3,7 segundos (Marcelini 1977, citado por Savage 2002), emitido en cualquier momento y relacionado con un cambio de ánimo o de estado. Durante las disputas territoriales emiten una serie de “chirp” más cortos pero más rápidos, asemejándose a una máquina de contar, y algunos emiten un pequeño chillido al ser atrapados (observación personal) o mordidos por un depredador o por otros geos (Savage 2002).

Poseen sacos dorsolaterales en la musculatura nugal, usualmente ocultos bajo la piel (Savage 2002), y por ser ésta muy delgada es posible observarlos. Tales sacos endolinfáticos funcionan como una reserva de carbonato de calcio utilizado para la elaboración de las cáscaras de los huevos. Al igual que otras lagartijas, presentan una notable autonomía caudal, pudiendo en múltiples ocasiones regenerar la cola, la cual, como defensa ante un depredador (Savage 2002) o en disputas territoriales (Vitt y Zani 1997), se desprende con mucha facilidad al ser atrapados (observación personal).

Los geos se alimentan de artrópodos, siendo las mariposas nocturnas (Lepidóptera) el principal grupo encontrado en contenidos estomacales de *H. frenatus*, seguido por Orthoptera y Aranea (Galina *et al.* 1999); iguales presas se ha encontrado en contenidos estomacales de *H. garnotii*. En general, pueden alimentarse de muchas clases de insectos atraídos por las luces; también de hormigas, termitas, escarabajos y cucarachas a los que asechan en la oscuridad (observación personal). Aunque no es frecuente, el canibalismo también ocurre (Galina *et al.* 1999), y en otros géneros se ha reportado la ingestión de sus propios huevos (Corl 2006).

H. garnotii es un colonizador exitoso debido a que todos sus individuos son hembras triploides asexuales (Carranza 2006, Dame y Petren 2006), lo que significa que se reproducen partenogenéticamente, característica común entre varios géneros de lagartijas (Cole 1984). Por su parte, las hembras de *H. frenatus* pueden mantener activo el esperma de los machos hasta por ocho meses con una reproducción constante (Savage 2002).

Después de puestos (usualmente dos), los huevos de *Hemidactylus*, que suelen medir 8 x 12 mm, duran aproximadamente dos meses para eclosionar (Köhler 2003). La eclosión de los huevos de *H. frenatus* (Savage 2002) se da entre 45 y 90 días después de puestos, dependiendo de la temperatura. Cuando nacen, las crías miden entre 19 y 20 mm, llegando a la madurez sexual con 45 mm. *H. garnotii* se reproduce durante todo el año (Köhler 2002). Estas estrategias de reproducción permiten un rápido crecimiento poblacional; sin embargo, la partenogénesis no permite variabilidad genética, por lo que ante epidemias -enfermedades o parásitos- la población de un lugar fácilmente se extingue (Hanley *et al.* 1998).

La capacidad de escalar y permanecer sujetos a superficies lisas y verticales no se debe a un atributo adhesivo por succión de la humedad superficial (Buehler *et al.* 2006), sino que se debe a la atracción molecular producida por las fuerzas de Van der Waals (Autumn 2006, Autumn y Hansen 2006, Autumn *et al.* 2006b), que se producen al acercarse dos moléculas dipolares o un ión con una molécula no polar, también se producen por fuerzas de dispersión en las que los electrones más alejados de un átomo se apartan induciendo un dipolo en las moléculas vecinas, con la resultante atracción molecular. Dichas fuerzas, que se producen de forma aislada en cada nanopelo, son muy débiles, pero multiplicadas millones de veces, ya que existen miles de nanopelos en cada seta (Autumn 2006) y miles de setas en cada laminilla (Autumn *et al.* 2006b), producen la atracción necesaria. (Las setas de los geos semejan pequeños pelos o filamentos, denominados micropelos, que a su vez tienen cientos de filamentos con una estructura espatular en la punta,

cada uno de aproximadamente 200 nanómetros de ancho denominados nanopelos [Autumm y Hansen 2006], escala en que la materia se comporta de forma extraña [Konh 2006]. Compárese: un cabello humano mide 80.000 nanómetros.)

La familia Gekkonidae posee las laminillas muy ensanchadas: *Hemidactylus* 25,3 +/- 1,34 mm³ (Irschick *et al.* 1996), sin embargo son las diminutas setas con sus nanopelos, y no el ancho de las laminillas, lo que le da a los geos su asombrosa capacidad de escalar, en comparación con el género *Anolis* (Polychrotidae), con un área laminar de 21,4 +/- 1,69 (Irschick *et al.* 1996), cuya gran habilidad para trepar es menor en superficies lisas verticales y horizontales, ya que en lugar de nanopelos tiene cerdas digitales (Flausín y Acuña-Mesen 1996) que brindan tracción en vez de adhesión.

Las edificaciones con paredes verticales, luces y abundancia de insectos representan un hábitat excelente para el desplazamiento y la alimentación de los geos de esta familia. Debido a su eficiente estrategia reproductiva y a su adaptación a ambientes urbanos, los geos caseros son considerados un grupo altamente derivado (Carranza y Arnold 2006).

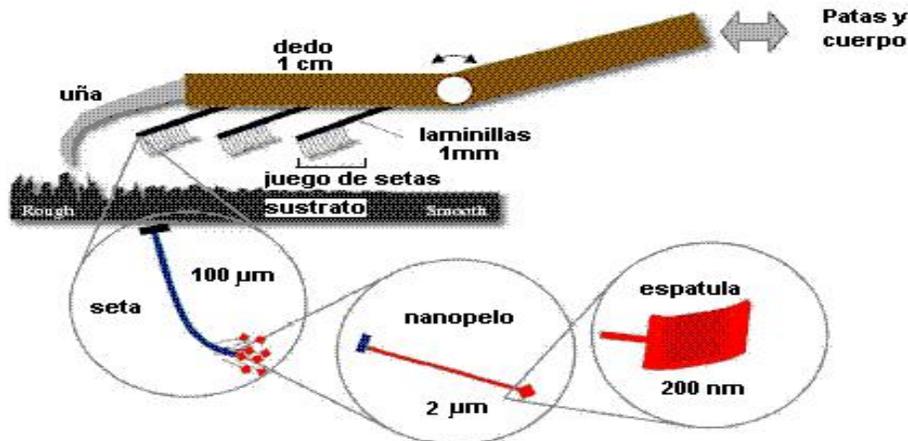


Figura 5. Estructura de los dedos de los geos, mostrando las setas y los nanopelos (Autumn *et al.* 2006).

Por ser especies de introducción tan reciente, aún no se ha determinado cuáles son las consecuencias de la presencia de los geos en la fauna nacional. Los primeros reportes de *H. frenatus* datan de 1990-1991 (Savage 2002), y sobre *H. garnotii* hubo un primer reporte en 1992 (Savage 2002), ubicándose solo en el Valle Central. Empero, actualmente a ambas especies es posible encontrarlas en ambas costas, habiendo también aumentado su distribución altitudinal (observación personal) y habiéndoseles ya incluso detectado en áreas silvestres protegidas (Sasa y Solórzano 1995).

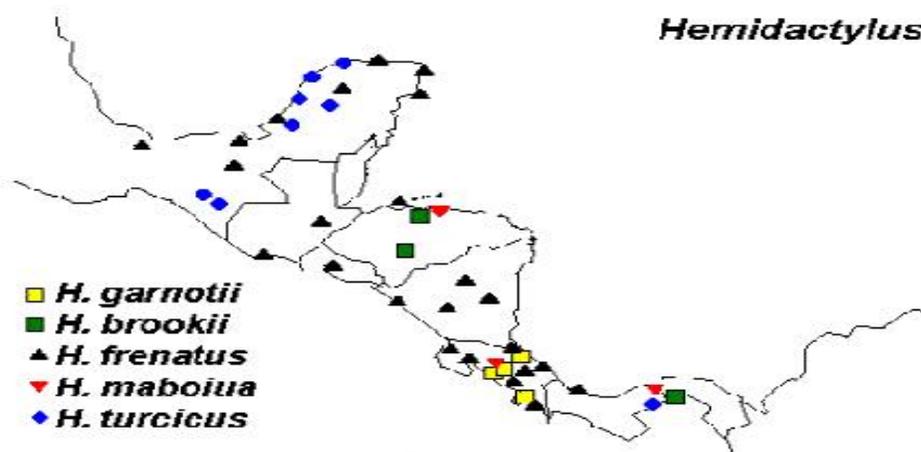


Figura 6. Distribución de *Hemidactylus* en Centroamérica (Köhler 2003).

En Costa Rica las introducciones han sido accidentales, pero en otros lugares la importación de geos como mascotas sin un control ha desembocado en que escapen y colonicen las ciudades -por ejemplo el gecko tokay (*Gekko gecko*) en Florida. Los colores, la forma y la gracia que poseen los hace atractivos comercialmente, son fáciles de cuidar y son muy longevos (Corl 2006), además de que representan una fuente de estudio para la nanotecnología (Autumm 2006, Autumn y Hansen 2006).

Como muchos insectos pueden volverse plaga, un gecko puede resultar beneficioso como vehículo de control. De hecho, se ha documentado una gran eficacia de *H. frenatus* en el control de mosquitos como *Aedes*, *Anopheles* y *Culex*

(Canyon y Hii 1997). La creciente abundancia de geocos puede disminuir las poblaciones de insectos-plaga como mosquitos y cucarachas e, igualmente, ellos pueden ser una presa potencial para la fauna local (Barquero y Hilje 2005).

En Centroamérica se ha introducido tres especies más del género *Hemidactylus*: *H. brooki*, *H. turcicus* y *H. mabouia*; y recientemente también ha sido reportado *H. mabouia* en nuestro país (Abarca y Monge -datos no publicados-). Por su facilidad para introducirse en embalajes es de esperar que continúen introduciéndose junto con las importaciones que se hace en Costa Rica.

Las enfermedades y parásitos pueden representar un problema, sea por transmisión o por *competición aparente*. Para *Hemidactylus* se ha encontrado principalmente cestodos (*Cylindrotaenia*), coccidios (*Isospora sp*; *Eimeria sp*), tripanosomas (*Trypanosoma hemidactyli*, *Herpetomonas*, etcétera) y nemátodos (*Spauligodon hemidactylus*, *Skriabinelazia machida*) (Hanley *et al.* 1998, Miyata 1977). Los principales medios de transmisión de parásitos en geocos son la coprofagia y el transporte por un vector, usualmente un invertebrado intermediario (Hanley *et al.* 1998).

En otros países, la introducción de estas especies ha perjudicado la fauna (Carranza y Arnold 2006) desplazando otros géneros (Hanley, Petren y Case 1998, Vitt y Zani 1997). *H. frenatus*, una especie del sur de Asia, ha sido introducida en Mesoamérica, Texas, Florida (Dame y Petren 2006, Krysko y Daniels 2005), Madagascar (Vences *et al.* 2004), varias islas de América (Galina *et al.* 1999) y Australia (Canyon y Hii 1997), desplazando incluso a *H. garnotii* en las islas del Pacífico, donde esta especie tiene sus poblaciones naturales (Dame y Petren 2006), debido principalmente a una interferencia reproductiva.

H. frenatus es una especie agresiva que desplaza mediante *interferencia competitiva* (Vences *et al.* 2004). *H. garnotii* es más pasiva, pero al ser tan prolífica puede provocar el desplazamiento de especies nativas por *explotación competitiva*. Para ambas especies no se ha comprobado que la *competencia aparente* sea un mecanismo de desplazamiento (Hanley *et al.* 1998). Además, la presencia de *H. mabouia* en el país aumenta el riesgo para los geocos nativos de cualquier tamaño, por ejemplo para el geoco de tubérculos (*Phyllodactylus*) y la salamanquesa grande (*Thecadactylus*), que ya ha sido desplazada de las casas en el este amazónico por especies del género *Hemidactylus* (Vitt y Zani 1997).

Es posible que en áreas donde no exista especies que ocupen el mismo nicho ecológico que *Hemidactylus*, la presencia de ésta sea un beneficio, pero en zonas donde los nichos ya estén ocupados la presencia de especies foráneas representa un problema ecológico. El entendimiento de las interacciones entre especies foráneas y residentes permitirá prever mejor nuestras acciones y aumentará la efectividad en el control de especies invasoras. Antes de calificar al geoco como plaga o beneficio se recomienda analizar su estado poblacional y las especies que se puedan ver afectadas directa o indirectamente.

Referencias bibliográficas

- Autumn, K. "Properties, principles, and parameters of the gecko adhesive system", en Smith, A. y J. Callow (eds.) 2006. *Biological Adhesives*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Autumn, K. y H. Hansen. "Ultrahydrophobicity indicates a non-adhesive default state in gecko setae", en *Journal of comparative physiology a neuroethology sensory and behavioral physiology*, July, 2006.
- Autumn, K. *et al.* (2006a). "Frictional adhesion: a new angle on gecko attachment", en *The Journal of Experimental Biology* 209, 2006.
- Autumn, K. *et al.* (2006b). "Effective elastic modulus of isolated gecko setal arrays", en *The Journal of Experimental Biology* 209, 2006.
- Barquero, M. y B. Hilje. "House Wren Preys on Introduced Gecko in Costa Rica", en *Wilson Bulletin* 117 (2), 2005.
- Buehler, M. *et al.* "Cracking and adhesion at small scales: atomistic and continuum studies of flaw tolerant nanostructures", en *Modelling and simulation in materials science and engineering* 14 (5), 2006.
- Carranza, S. y E. N. Arnold. "Systematic, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences", en *Molecular Phylogenetic and Evolution* 38, 2006.
- Canyon, D. y J. L. Hii. "The gecko: an environmentally friendly biological agent for mosquito control", en *Medical and Veterinary Entomology* 11, 1997.
- Cole, C. "Unisexual Lizard", en *Scientific American* 1(250), 1984.
- Corl, J. 2006. *Gekko gecko: tokay gecko* [En línea] University of Michigan Museum of Zoology. Animal diversity web. Consultado: 16-8-06. http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Gekko_gecko.htm
- Dame, E. y K. Petren. "Behavioural mechanisms of invasion and displacement in Pacific island geckos (*Hemidactylus*)", en *Animal Behaviour* 71, 2006.
- Easteal, S. "Bufo marinus", en *Cat. Amer. Amph. Reptil.* 395, 1986.
- Flausin, L. y R. Acuña-Mesén. "Ultraestructura integumentaria de una población de *Norops* Wagler 1830 (Sauria; Polychrotidae) en Costa Rica", en *Biociencias* 4(2), 1996.
- Galina, P. *et al.* "Colonization of Socorro Island (Mexico), by the tropical house gecko in *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae)", en *Rev. Biol. Trop.* 47, 1999.
- Greene, Harry. 1997. *Snakes: The evolution of mystery in nature*. University of California Press. California.
- Hanley, K., K. Petren y T. Case. "An experimental investigation of the competitive displacement of a native gecko by invading gecko: no role for parasites", en *Oecologia* 115, 1998.
- Hitchcock, M. y L. Mc Brayer. "Thermoregulation in Nocturnal Ectotherms: Seasonal and Intraspecific Variation in the Mediterranean Gecko (*Hemidactylus turcicus*)", en *Journal of herpetology* 2 (40), 2006.
- Irschick, D. *et al.* "A comparative analysis of clinging ability among pad-bearing lizards", en *Biological journal of the Linnean Society* 59, 1996.
- Krysko, K. y K. J. Daniels. "A Key to the Geckos (Sauria: Gekkonidae) of Florida", en *Caribbean Journal of Science* 1(41), 2005.
- Köhler, Ghunter. 2003. *Reptiles de Centroamérica*. Herpeton Offenbach. Alemania.
- Konh, J. "Nanotecnología", en *National Geographic* Junio (2), 2006.
- Milius, S. "Color at night: Geckos can distinguish hues by dim moonlight", en *Science News* 22(166), 2004.
- Morell, V. "La sexta extinción", en *National Geographic* Febrero, 1999.
- Roth, L. y A. Kelber. "Nocturnal colour vision in geckos", en *Proc. R. Soc. Lond. B* (Suppl. 223 62), 2004.
- Sasa, M. y A. Solórzano. 1995. "The reptiles and amphibians of Santa Rosa National Park, Costa Rica, with comments about the herpetofauna of xerophytic areas", en *Herpetological Natural History* 3(2), 1995.
- Savage, Jay. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A herpetofauna between two continents between two seas*. University of Chicago Press. Chicago.
- Solórzano, Alejandro. 2003. *Creencias populares sobre los reptiles en Costa Rica*. Inbio. Costa Rica.
- Vences, M. *et al.* "Natural colonization or introduction? Phylogeographical relationships and morphological differentiation of house geckos (*Hemidactylus*) from Madagascar", en *Biological Journal of the Linnean Society* 83, 2004.
- Vitt, L. y P. Zani. "Ecology of the nocturnal lizard *Thecadactylus rapicauda* (Sauria: Gekkonidae) in the amazon region", en *Herpetologica* 53(2), 1997.
- Young, B. *et al.* 2004. *Disappearing Jewels: The Status of NewWorld Amphibians*. Nature Serve. Virginia.





Posible impacto del engorde de atún en Golfito

JUAN ROJAS

Durante varios meses he estado trabajando en la zona de punta Banco y Pavones de Golfito junto con un grupo de estudiantes hoy egresados de la Maestría en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica. En uno de los estudios abordamos los aspectos técnicos, sociales y legales del proyectado (por la empresa Granjas Atuneras de Golfito) cultivo del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en la zona,. En ese momento, algunos pobladores y dirigentes comunales insistieron en que escribiera un artículo sobre las granjas de engorde de atún en que se reflejara el verdadero sentir de las comunidades ante su aprobación. La deuda con esas comunidades me exigió investigar más a fondo algunas aristas que no estaban claras, lo que me acercó al conocimiento de otros elementos no expuestos anteriormente que analizaré a continuación.

Las granjas atuneras son muy comunes en países como Australia y España. Ésa es una actividad de producción de carne que, aunque genera grandes ingresos a los productores, es fuertemente criticada por diversas razones de carácter ambiental. Una de ellas está relacionada con esa característica del proceso que es no cerrar el ciclo reproductivo, es decir: no se selecciona los padrotes ni se produce alevines para ser criados, engordados y procesados para, nuevamente, iniciar la producción de alevines y así sucesivamente. El mecanismo de las granjas atuneras es más sencillo, se trata de una práctica de engorde a partir de un pié capturado vivo en alta mar: se ubica el cardumen, se cerca, se encierra y se transporta hasta la granja donde se le alimenta durante dos o tres meses, luego se mata, se desangra, se procesa y se vende. A fin de reponer el pié de engorde para producción de la carne se va nuevamente mar adentro y se captura nuevos atunes. Debido a que los especímenes capturados deben de haber generado descendencia para no poner en peligro a la especie, se exige que pesen más de 30 kilogramos, lo cual no es sencillo de lograr ni de controlar. Esta variedad de atún, según Geomar (2005), puede llegar a medir hasta dos metros y pesar hasta 200 kilogramos.

El establecimiento de granjas de engorde de atún es asimismo criticado por la gran acumulación de desechos orgánicos y metabólicos que provoca, acelerando el proceso de turbiedad del agua hasta el punto de que las jaulas tienen que ser trasladadas de lugar, debido a que el atún es una especie que requiere de aguas limpias. Es por esta razón que en los estudios de impacto ambiental de las diferentes granjas de atún, incluyendo la propuesta en la zona, se recomienda utilizar las jaulas en un sitio por un máximo de ocho años.

Otro de los puntos que se ha analizado es el referente a la cantidad de energía que requieren los atunes para ganar masa corporal. El atún aleta amarilla es una especie que, según Volpe (2005a), requiere de enormes espacios en los que se moviliza a gran velocidad en busca de alimentos y para evitar sus depredadores naturales, lo que está relacionado con el consumo y la transformación de energía que necesita para poder subsistir en su medio natural. Ese mismo autor indica que los atunes necesitan aproximadamente 20 kg de alimento de otras especies menores para ganar un kilogramo de biomasa, lo cual en parte se debe a que es una especie de sangre tibia y necesita el consumo de mucha energía para moverse a grandes distancias en aguas frías. Esta relación es extremadamente alta: por ejemplo, en granjas de salmón la relación es de 1 a 3, lo que es decir que para que un salmón gane un kilogramo de biomasa necesita consumir tres kilogramos de otros peces.

El volumen de alimentos que van a requerir los atunes capturados va a tener una relación directa no solo con el volumen de las deposiciones, que podrían afectar en un tiempo relativamente corto la calidad del agua, sino que también se va a ejercer una gran presión sobre poblaciones de sardinas y de otras especies de poco valor comercial pero de gran valor biológico. Este problema se va a generar independientemente de si la sardina con que se alimentará a los atunes va a ser abastecida por barcos pesqueros locales o va a ser importada desde Chile, como indica Biosfera Consultores (2005a). Recordemos que la integración de los ecosistemas marinos establece relaciones de interdependencia y movimiento en el tiempo y en espacios difíciles de determinar por expertos en biología marina u otras disciplinas.

Por sus características, el golfo Dulce es único a lo largo de la costa pacífica del continente americano. Según Hebbeln *et al.* (1996) -citado por Fundación Vida Marina (2006)-, aquél se caracteriza por poseer una cuenca interna de pendiente fuerte con una profundidad máxima de 215 m, mientras que en la boca la profundidad es de alrededor de 60 m. Estas características morfológicas tienden a restringir la circulación de agua en la cuenca interna y a favorecer el desarrollo de condiciones anóxicas (falta de oxígeno). Según la misma fuente, su circulación se asemeja a la

de los fiordos de latitudes altas y es uno de tan solo cuatro sistemas de este tipo conocidos en los trópicos. Estas características particulares propician condiciones para la contaminación a partir de los afloramientos y residuos generados por las proyectadas jaulas de atún flotantes, tanto de desechos metabólicos como de materia orgánica, lo que podría provocar el fenómeno de eutrofización del agua debido al exceso de nutrientes y al afloramiento de algas, incluyendo las que podrían producir mareas rojas, presentes en la zona según Biosfera Consultores (2005b).

Los problemas podrían acrecentarse si tomamos en cuenta la posibilidad de introducción de patógenos de otras regiones en la región pacífica de nuestro país. En Australia, el 75 por ciento de la población de sardinas fue exterminada por un tipo de herpes virus, con lo que se alteraron las cadenas alimenticias marítimas y muchas aves marinas murieron de hambre como consecuencia del desastre. Según Dann (2004), no se sabe las causas exactas de tal mortalidad pero muchos científicos la relacionan con el consumo de sardina congelada procedente de California para alimentar los atunes de las granjas de engorde de Australia. Los patógenos ante los que las especies locales son resistentes podrían ser catastróficos para especies de otras zonas que nunca antes han sido expuestas a ellos.

Otro aspecto a considerar es el relacionado con la dieta a la que van a estar expuestos los atunes cautivos. En su hábitat natural, los peces generalmente se alimentan de una gran variedad de otras especies. En un estudio realizado por CSIRO y la Academia Australiana de la Ciencia, en el océano Pacífico entre el sur de Australia y Nueva Zelanda, con motivo del desastre ecológico ocasionado por el herpes virus, se determinó que la dieta de las sardinas estaba constituida por 12 especies diferentes de peces y calamares (Fletcher *et al.* 1997). Al igual que la sardina, la dieta del atún y de otros peces es a base de diferentes especies. Al ser trasladados a las jaulas y modificarles su dieta, experimentarían mayores niveles de estrés y una mayor vulnerabilidad hacia las enfermedades.

Para el traslado del atún desde el sitio de captura mar adentro hasta las jaulas se debe de establecer estrictos controles, a fin de asegurar el uso racional del recurso, que posiblemente nuestras instituciones no estarían en capacidad de realizarlos. Por ejemplo, se debe de vigilar que realmente el atún capturado por barcos de arrastre tenga 30 kg mínimos de peso. La carencia de controles podría favorecer el establecimiento de sistemas de captura (como lo hacen granjas atuneras en Australia) por medio de ubicación satelital, ayudados por helicópteros y cercados utilizando dos barcos para después ser encerrados en las jaulas. De utilizarse este sistema se causaría un gran impacto a la fauna marina, porque en las jaulas quedarían diferentes especies encerradas junto con los atunes de mayor peso. Muchos individuos de rápida movilidad, incluyendo atunes, podrían morir y otros llegarían lesionados. Según Velarde (2006), los atunes serán trasladados a una velocidad de entre 3 y 5 km/h en un recorrido que duraría hasta 45 días, dependiendo de su localización. Ante esta situación aparece otra interrogante: ¿se va a aplicar antibióticos u otros medicamentos?, ¿podrán afectar éstos los sistemas inmunológicos de otras especies de nuestro Pacífico?

Los recursos marítimos a nivel internacional han sufrido gran presión. Las poblaciones de atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) entre los océanos Pacífico e Índico se redujeron a un nueve por ciento de lo que representaban en 1960; reducción que, según Volpe (2005b), se debe a la pesca indiscriminada por grandes compañías y al establecimiento de granjas de engorde que pescan mar adentro grandes cantidades no reportadas, no respetando las tallas ni la madurez reproductiva. De acuerdo a la Comisión Internacional del Atún Tropical -citado por Pretoma (2006)-, en 2004 los *stocks* de atún aleta amarilla habían descendido desde un punto máximo, en 2001, hasta un 20 por ciento debajo del nivel que podría haber provisto una producción máxima sostenible promedio. Cabe preguntarse entonces si en Costa Rica estamos preparados para ejercer un control sobre los recursos marítimos: ¿Las instituciones competentes, como el Ministerio del Ambiente, a través de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (Setena), y el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, tendrán la suficiente capacidad operativa y de control para evitar la sobreexplotación del atún aleta amarilla y de otras especies?

Otro aspecto que conviene analizar es el relacionado con el establecimiento de dispositivos artificiales en el mar. En caso de ejecutarse el proyecto, se ubicaría 10 jaulas de 50 m de diámetro por 17 de profundidad en un área de 1.200 m por 500 m con anclajes y señalización nocturna, según Biosfera Consultores (2005c). Estas instalaciones podrían modificar la conducta de ciertas especies o afectar las rutas de las tortugas marinas que vienen a desovar. También podría afectar el retorno al mar de las recién nacidas o ellas podrían quedar atrapadas o caer dentro de las jaulas. Sumado a esto, la disponibilidad de alimento eventualmente atraería a diferentes especies de peces, quedando muchos de ellos atrapados en las mallas. Esta situación potenciaría la atracción de poblaciones de tiburones que vienen detrás de comida fácil, con el inconveniente de que su presencia cerca de la zona costera podría aumentar los accidentes por ataques a personas.

El proyecto de engorde de atún en el Pacífico Sur de Costa Rica es el único de la región. Hay muy pocos estudios sobre el establecimiento de granjas atuneras de atún aleta amarilla. Las investigaciones más importantes se han hecho de las especies de atún rojo (aleta azul) *Thunnus thynnus*, *Thunnus macoyii* y *Thunnus thynnus orientalis*. Esta particularidad nos hace pensar que hay pocos criterios científicos para establecer y monitorear el proyecto y no se sabe a ciencia cierta las posibles repercusiones de él en el ambiente. En situaciones como ésta se debe aplicar el principio precautorio y abstenernos de la instalación de las proyectadas granjas atuneras, porque si se desconoce sus potenciales impactos lo obligado es evitar riesgos al ambiente.

Según Biosfera Consultores (2005d), en su primera etapa (2 años) este proyecto invertiría aproximadamente \$1.300.000, generando ingresos por exportaciones de aproximadamente \$8.100.000; y en el tercer año, con una inversión de menos de \$3.000.000 lograría más de \$20.000.000 de ingresos. Ofrecerá 64 empleos, 24 de los cuales estarían distribuidos entre personal especializado: un gerente, dos biólogos, un director de planta, un contador, tres auxiliares administrativos, cuatro patrones de barcos, 10 buzos y dos capataces de mantenimiento; y los otros cuarenta serían operarios en la planta de proceso que, según el estudio de impacto ambiental, será en Golfito. Si el proyecto se ejecutara y resultara económicamente rentable se instalarían otros nueve proyectos similares a una distancia aproximada de 21 km desde punta Banco hasta punta Burica.



Foto de archivo cortesía de E. Velarde

Pavones es visitada por gran cantidad de surfedores provenientes de diferentes partes del planeta debido a que en la zona se forma la segunda ola izquierda más grande del mundo. Esta afluencia turística es aprovechada por los pobladores para vender servicios de alimentación, hospedaje, pesca recreativa y deportiva, paseos guiados mar adentro, visitas al bosque, artesanías, avistamientos de ballenas y delfines y otros bienes y servicios turísticos de bajo impacto al ambiente. ¿Los 40 empleos para –eventualmente– trabajadores locales compensarían la posible pérdida de ingresos por merma del turismo en toda la región?

Desde el punto de vista ambiental podríamos

preguntarnos si ese proyecto compensará el posible daño al ambiente con alguna retribución socio-económica a las comunidades de la zona. Según el desarrollador del proyecto las utilidades brutas en el tercer año de funcionamiento serían de aproximadamente \$17.000.000, repartiéndose en salarios en la región unos \$144.000. Esta desproporción en la distribución del ingreso pareciera no favorecer a los pobladores. Como tampoco los favorecería el posible descenso del flujo turístico ni la posible disminución del recurso pesquero en las cercanías.

Ese proyecto, como muchos otros ejecutados en el país, pareciera que no toma en cuenta la iniciativa local ni nacional, sino que más bien responde a una demanda establecida por la economía del mercado global: se trata de abastecer aún al mercado oriental. Como afirman Chasoul y Rojas (2006), se ha omitido la participación ciudadana, a pesar de que para la aprobación de proyectos de esta índole es necesaria la consulta a la población local. De hecho, los pobladores de la zona, las cámaras de turismo, las organizaciones de pescadores, las organizaciones comunales y las indígenas, los grupos ambientalistas, los proyectos de investigación científica y otros agentes están opuestos a ese proyecto, razón por la que éste se encuentra paralizado por dos recursos de amparo puestos ante la Sala Constitucional, un recurso de revisión ante Setena y otro ante el Tribunal Ambiental Administrativo.

Referencias bibliográficas

- Biosfera Consultores. 2005. *Estudio de Impacto Ambiental. Cultivo de atún Thunnus albacares en jaula al sureste de punta Banco, Pavones de Golfito, Costa Rica*. San José.
- Chasoul, M. y J. Rojas. 2006. *Análisis del Proyecto de cultivo de atún Thunnus albacares en jaulas al sureste de punta Banco, Pavones de Golfito, Costa Rica* [en proceso]. Universidad de Costa Rica. San José.
- Dann, P. (2004) www.nature.com. Consultado: 30-9-05.
- Fletcher, W. et al. 1997. *Environmental and biological aspects of the mass mortality of Pilchards in Western Australia. Fisheries Research report NO.106*. Ciro Publishing, Australia.
- Fundación Vida Marina. *Carta a Incopesca*, 28-3-06. San José.
- Geomar. (2006). <http://filaman.ifm-geomar.de>. Consultado: 13-12-06.
- Pretoma (Programa de restauración de tortugas marinas). 2006. *Recurso de Nulidad ante la Secretaría Técnica Ambiental*. San José.
- Velarde E. "Maricultura para proteger el ambiente marino y satisfacer las necesidades alimenticias", *Ambientico* 154, 2006.
- Volpe, J. P. "Dollars without sense: The bait for big money tuna ranching around the world", *BioScience* 4, Vol. 55, 2005.





Educación ambiental y complejidad versus *perspectivismo*

FELIPE ÁNGEL

Algunos dicen que la educación ambiental tiene 25 años, y otros alegan que son 33, a contar desde la Conferencia de Estocolmo. Pero no es así: hace 500.000 años un *Pitecanthropus* inició un fuego que terminó con la muerte de cerca de 100.000 caballos. Hubo, entonces, un educador ambiental que se puso a la tarea en la que trabajamos nosotros hoy en día. De ello se deriva un carácter ontológico de la educación ambiental, como nuestro en diversos textos. La educación ambiental no es una moda que pueda fracasar. Es un eje referencial de lo humano. Solo existen dos tipos de educación: la de quien quemó 100.000 caballos hace medio millón de años y la de quien se dedicó a que no volviera a suceder.

Esa concepción inmediatista que proclama que lo nuestro tiene 25 o 33 años no está exenta de consecuencias. Con una concepción histórica según la cual la educación ambiental tiene, a lo sumo, 33 años, no es fácil salir de la suposición de que la complejidad es solamente el acto humano de percibir de forma diversa el ecosistema. Alegan que este árbol o aquella agua son percibidas de forma diferente por un indígena o por un ingeniero, por un africano o por un patagónico. A eso llaman complejidad. Reducen la complejidad a la manera en la que lo humano percibe el ecosistema. Quizá sea conveniente que reflexionemos sobre cuán afortunada es esta postura.

Suponer que la perspectiva, ya del indígena, ya del ingeniero, proviene únicamente del mundo simbólico es un punto de partida bastante endeble. Tecnología, organización social y mundo simbólico se apetecen, se necesitan, se presentan siempre de forma conjunta. No existe cada uno por sí solo. Es la tecnología, es la organización social, del ingeniero o del indígena, lo que está en la base de que se le posibilite ésta o aquella perspectiva. El ingeniero con su tecnología de última generación mide los metros cúbicos de madera, hace cuentas y piensa en cómo van a copar el mercado. Hay una tecnología que hace posible desvertebrar la selva y una organización social que refrenda su lógica.

Mediante esa concepción reduccionista de la complejidad remitimos nuestro análisis a una parte de lo humano, su mundo simbólico; es decir, su pensamiento. Lo humano no es solo su capacidad simbólica. Remitir lo humano a esto es caer de nuevo en la metafísica, es abandonar el sentido del espacio, consustancial al pensamiento ambiental. Al proceder así queda por fuera de la complejidad tanto el aparato tecnológico como la organización social. Es decir, no es una complejidad ni siquiera dentro de lo humano. Esto si consideramos únicamente lo humano para el análisis de la complejidad. Pero el desvarío es, incluso, más grave. Con esa concepción sacamos, igualmente, el ecosistema de los predios de la complejidad. Sin el aparato tecnológico, sin la organización social y sin el ecosistema, ¿de qué complejidad hablamos? ¿No sería más adecuado denominarlo *perspectivismo* y no complejidad? Se trata, en efecto, de la perspectiva sobre un árbol que tiene el indígena o el ingeniero, el patagónico o el africano. Eso es una parte pero no es la complejidad. La complejidad no se admite a sí misma por partes ni, tampoco, sin partes. Es hora de empezar a relacionarnos con la diversidad de la complejidad.

Por tanto, es profundo el desvarío de considerar la perspectiva, o sea lo que hoy algunos denominan complejidad, como un hecho exclusivo ya no solo de la conciencia sino de lo humano. ¿Cómo podría ser de otra manera, si tenemos en cuenta que la tecnología, la organización social y el mundo simbólico se construyen sobre las posibilidades que otorga el ecosistema? Los indígenas colombianos me enseñaron que el humano no siembra la papa sino que la papa siembra lo humano. Mediante el provecho genuino e indispensable que los humanos hacemos de los recursos ecosistémicos podemos estar en este mundo. A eso lo llamamos adaptación de la cultura al ecosistema. No necesariamente deviene devastadora. El ser humano no es un extraño en la Tierra.

Si la complejidad no puede reducirse al *perspectivismo*, entonces ¿qué es? Fijémonos en esto: la complejidad comienza en la diversidad del ecosistema. La complejidad no es una característica de lo humano. Es la vía de la evolución. Es estadios de complejización de la energía. Queriendo decir que la energía se diversifica, ya no solo en su ocupación del espacio o en su aspecto sino en su funcionamiento. Es un hidrógeno unido a dos oxígenos; es decir, agua. Ya no funciona como hidrógeno o como oxígeno y, sin embargo, es hidrógeno y es oxígeno. ¿Qué es la complejidad? Es ese funcionamiento distinto del hidrógeno y el oxígeno al unirse. Ese funcionar como agua. Dos elementos ya existentes se vuelven más complejos al unirse entre sí.

Hay, entonces, cómo no, una complejidad del hidrógeno al volverse agua. He allí un primer estadio de la complejidad. Siguen otros, tal como la vida unicelular, la vida pluricelular, lo humano, todos como resultado de esa

complejización del funcionamiento de la energía. Quizá no sea vano profundizar en esta cuestión. Para ese empeño me remito al espacio.

En el “Discurso preliminar” de la *Enciclopedia D’Alambert* trae la intuición general de estas letras. El espacio no debemos de tenerlo como simple extensión, como lo extenso, como lo que Descartes llamó *Res Extensae*. Tampoco debemos de dejar de tenerlo por tal. Solamente nos abarca la seguridad de que el espacio es más complejo que su simple extensión. El espacio, sí, es extensión pero, en igual medida es, también, *impenetrabilidad*, para usar la palabra escogida por D’Alambert. ¿Qué es *impenetrabilidad*? Es la complejidad del espacio y la manera en la cual los saberes atienden esa complejidad.



Incendio forestal

Julio Díaz

El espacio, concebido exclusivamente como extensión, solo es el lugar de los cuerpos. Esta concepción del espacio proviene de la historia de la física. La palabra cuerpo se utiliza en la física como un vocablo técnico dentro de los metalenguajes de la especialización de los saberes. Por ende, refiere su significado al espacio específico que ocupa un cuerpo dentro del espacio general. Por ejemplo, el espacio que ocupa una montaña, un tigre o un árbol. Es decir, su perímetro exterior.

La *impenetrabilidad*, por el contrario, comienza ocupándose de lo que está en el interior de los cuerpos. O sea que trata de que los cuerpos sean entendidos como organismos. Un primer peldaño en la complejidad del espacio. Un árbol de la Patagonia o del Amazonas o del Darién no es solo un cuerpo como lo concibe la física. Es un ser vivo. Pensar que es solo un cuerpo implica rechazar la complejidad del espacio. La complejidad del espacio no solo es física; igualmente es biológica. Pasamos, pues, de la física a la biología, de lo inorgánico a lo orgánico.

Pero el interior de los cuerpos no está dictaminado por sí mismo sino que proviene de su adaptación a la complejidad del espacio. Adaptación a los flujos de la energía, a los ciclos biogeoquímicos, a las condiciones climáticas, a las posibilidades del suelo que propicie tales o cuales alimentos, a la cantidad de agua, al hecho de que otras especies

previas en la cadena trófica también estén presentes en ese espacio, en fin. A todo ello lo llamamos ecosistema, cuyo saber es la ecología. Pasamos, en este momento, de la biología a la ecología.

La complejidad del espacio es el útero, hasta este punto, de la física, de la biología y de la ecología. Lo humano interviene el espacio no solamente con el mundo simbólico, no únicamente con su perspectiva. Igualmente lo hace con su organización social y con su aparato tecnológico. Ninguno de los componentes de lo humano trabaja como una rueda suelta, sino que funcionan como un todo holístico que llamamos cultura, basados en la etimología del gran Tylor cuando en 1886 reinauguró la antropología. Los humanos nos relacionamos colectivamente con el ecosistema, no individualmente. No es el *perspectivismo* lo que nos otorga la diversidad de la complejidad, sino que proviene de la relación entre el ecosistema y la cultura, relación que se basa en la complejidad del ecosistema y en la complejidad de la cultura. A la necesaria interrelación entre esas dos complejidades la denomino complejidad diversa. En ello reside su diversidad como complejidad. La intervención humana en el espacio del ecosistema, su domesticación, su transformación, es el ejercicio mediante el que se construye la cultura.

En esa intervención lo humano rompe la *impenetrabilidad* de la flora, de la fauna, del agua, del suelo, en fin. La *impenetrabilidad* se *penetra* al romper, al desgarrar los cuerpos ecosistémicos, al tajar los organismos, tal la tala de árboles o la caza o la pesca. Es decir, se rompe la *impenetrabilidad* biológica de los individuos. Pero, también, *impenetrabilidad* rota mediante la intervención humana de los flujos de energía o de las cadenas tróficas o las cuencas de agua, tal la agricultura o la ganadería o las hidroeléctricas. Es decir, se rompe la *impenetrabilidad* ecológica de las relaciones que nutren el sistema de la vida.

Los saberes humanos reflejan el proceso de la evolución. La química cubre los primeros diez mil millones de años. Es la materia simple, cada elemento funciona solo, sin unirse a otro. Cuando se unen, como el hidrógeno y el oxígeno, la energía se complejiza y empieza a funcionar distinto. Ahora funciona como agua o como estrella o como asteroide o como aire o como montaña o como lava o como huracán. Es la materia compleja. Este periodo, que duró dos mil millones de años, lo estudian la física y los saberes afines, como la geología, la geografía, la astronomía, etcétera. Quedan tres mil millones de años, que corresponden a la vida. Al igual que en el paso de la materia simple a la compleja, la vida tuvo un primer lapso de dos mil cuatrocientos millones de años en el cual fue unicelular. El paso a la vida pluricelular es otro estadio de la complejización de la energía. Este periodo es estudiado por la biología, la zoología, la botánica. La ecología estudia la interrelación entre la materia simple, la materia compleja y la vida. El último paso ha sido el de lo humano, nosotros. Somos mamíferos, es cierto, pero no nos comportamos como tales, al igual que el agua es hidrógeno pero funciona distinto. Este período de lo humano, apenas de cinco millones de años, le corresponde a las ciencias sociales, al mito, al arte, en fin. Vemos cómo los saberes no son caprichos humanos, sino que, por el contrario, están delimitados por el camino evolutivo.

En cada momento está presente en el espacio tanto lo químico, lo físico como la vida. En gran parte del planeta también lo humano interviene. La educación ambiental es, por eso, un diálogo de saberes cuyo propósito es relacionarse con la complejidad del espacio sin romper su *impenetrabilidad*. Es decir, un diálogo de saberes que conversa con el ecosistema. Lo denomino la diversidad de la complejidad o complejidad diversa.

Esto trae una plataforma curricular diferente a la actual. Los niños salen de clase de química y entran a la de física sin enterarse siquiera de que son saberes íntimamente relacionados. La educación ambiental no es una clase más dentro de otras; no es de ocho a nueve de la mañana. Es un diálogo de saberes que ha de traducirse en el currículum. Los saberes no corresponden a momentos aislados de la realidad, aunque de esa forma se enseña hoy en día. La realidad no funciona así. Adoptar la complejidad en la educación ambiental pasa por tender puentes entre los saberes, puentes curriculares.

La educación ambiental no tiene 33 años, sino que ya pasa del medio millón de años. No es una moda, sino una de las dos únicas maneras de educar que ha conocido la humanidad. La complejidad no es el *perspectivismo*, es el resultado de la evolución. El espacio no es el lugar de los cuerpos, es el escenario de la complejidad. Los saberes no están delimitados por capricho humano, son el resultado de la fatigosa y vivificante pasión humana por pertenecer a la Tierra.

Mi buena voluntad no alcanza para que me adhiera a una complejidad sin diversidad. No comparto el reduccionismo de la complejidad, cuyo correlato es suponer la edad de la educación ambiental en 33 años, en confundir el *perspectivismo* con la complejidad, el aceptar que la educación ambiental es otra clase más entre las ocho y las nueve de la mañana, el pasar por alto la complejidad del espacio. La aventura es otra. ¿Cuál? Habitar la diversidad del espacio en su complejidad, he ahí nuestro propósito.

Estamos, pues, abocados a tomar una decisión: o la educación ambiental es una recién nacida en la historia o es una de sus partes consustanciales. De esa postura saldrá el tipo de educación ambiental que realicemos, y del tipo de educación ambiental que llevemos a cabo saldrá la solidez de nuestra labor. Es decir, la posibilidad de que, como educadores ambientales estemos a la altura de las tareas que en su útero lleva el dialogar con el ecosistema, el lograr que nos oiga, el detenernos largamente a su lado y el transformarlo según ese diálogo.





Evolución de la cobertura del suelo y vegetación en San Lucas

JOSÉ CASTRO Y JOSÉ PABLO CARVAJAL

La dinámica de los bosques secos está condicionada por eventos naturales y/o por acción humana, fenómenos éstos que afectan los árboles alterando significativamente la composición de esos ecosistemas (Walker 1993). Los constantes cambios hacen que las masas boscosas transiten por diversos estados de sucesión (Scheffer y Carpenter 2003), teniendo esto como consecuencia que el desarrollo de los bosques secundarios sea un proceso paulatino (Wiegand *et al.* 1995).

La isla San Lucas (9°57'N, 84°54'0), ubicada en la costa occidental de Costa Rica, en la parte media del golfo de Nicoya, a 7 km al este de Puntarenas, posee una extensión de 434 ha, con una topografía principalmente plana (Rodríguez 1989, Sáenz 1990). De acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978), se encuentra dentro de la zona de vida de bosque seco tropical, transición a húmedo (Rodríguez 1989, Minae 2005), y presenta dos estaciones climáticas bien definidas, la lluviosa de mayo a noviembre y la seca de diciembre a abril, así como una precipitación media anual de 1.595 mm y una temperatura media anual de 27 ° C.

Debido a que en isla San Lucas (hoy Refugio de Vida Silvestre Isla San Lucas) se desarrollaron durante más de un siglo actividades humanas que afectaron fuertemente la composición, la dinámica y la estructura del bosque natural, consideramos importante realizar un estudio de los procesos de degradación y recuperación del ecosistema -por medio del uso de sistemas de información geográfica (*sig*)- para así comprender los aspectos ecológicos que incidieron en la sucesión secundaria de las masas boscosas allí presentes (Farina 2000a, Turner *et al.* 2001). Los objetivos del estudio emprendido fueron: describir la evolución de los tipos de hábitat durante los últimos 30 años en San Lucas, y determinar la distribución espacial y tamaño de los distintos tipos de cobertura presentes actualmente ahí, con el propósito de generar un mapa de uso actual.

En la determinación del cambio de uso-cobertura del suelo en la isla se realizó el proceso de ortorrectificación utilizando el programa *Ilwis v. 3.2* para las fotografías aéreas del Instituto Geográfico Nacional, las cuales, que son a distintas escalas, son correspondientes a los años 1972, 1982 y 1990 -del proyecto Terra de 1997 y de la misión Carta para el 2003 y 2005. La proyección de todas las fotos y mapas posteriores fue en Lambert Norte.

Para la ortorrectificación de las fotografías en algunos casos se trabajó con la orientación interna, donde el error no superó un píxel y el valor de sigma (RMS) no sobrepasó los 10 m, realizando esa labor antes de los muestreos en el campo, tomando como marco de referencia la imagen de la misión Carta del año 2003. Con el programa *Arc View (gis) v. 3.3*, y la extensión *3D analysis v 1.0* (1998) se construyó el modelo de elevación digital (*med*) que se utilizó para el proceso de rectificación. La cartografía base que se utilizó en el proceso fue las hojas cartográficas 3.245 IV Ne, Nw y Sw, de Ceniga (1997-1998), escala 1:25.000. Asimismo, el proceso de clasificación de los distintos tipos de cobertura para todos los años se realizó con *Arc View (gis) v. 3.3*, utilizando la extensión *MNDNR Stream Digitizing v1.06* (2000); adicionalmente se digitalizaron los caminos visibles.

El muestreo en el campo se realizó entre el 18 y el 25 de abril de 2006, utilizando un georreceptor de sistema de posicionamiento global con el que se realizaron transectos de longitud variable en distintas zonas de la isla, registrando el tipo de vegetación y señalando los cambios entre tipos de cobertura. Con el *gps* se marcaron algunos árboles remanentes de grandes dimensiones, frutales y pozos, así como la presencia de rodales puros, caminos transitables y zonas de elevación.

Se definió cuatro tipos de cobertura en la isla con el fin de generar una caracterización general de la vegetación, la cual fue utilizada para la construcción de la base de datos: tipo 1: áreas abiertas con árboles y pasto, tipo 2: sitios con árboles con diámetros a la altura de pecho de entre 5 y 10 cm y alturas de entre 6 y 8 m, tipo 3: vegetación siempreverde y tipo 4: vegetación de manglar.

En relación con el cambio de uso-cobertura se consideró seis tipos de vegetación principales, debido a que éstos son los que presentan una mayor área de ocupación espacial dentro de la isla. Entre estas categorías se destacan los siguientes: bosque caducifolio en sucesión, bosque siempreverde, manglar, pastos, pastos con árboles y vegetación de acantilado. La categoría de “otras coberturas” comprende áreas inundables, playas, plantación de panamá, plantación de teca, área administrativa, áreas de cultivos y laguna (cuadro 1).

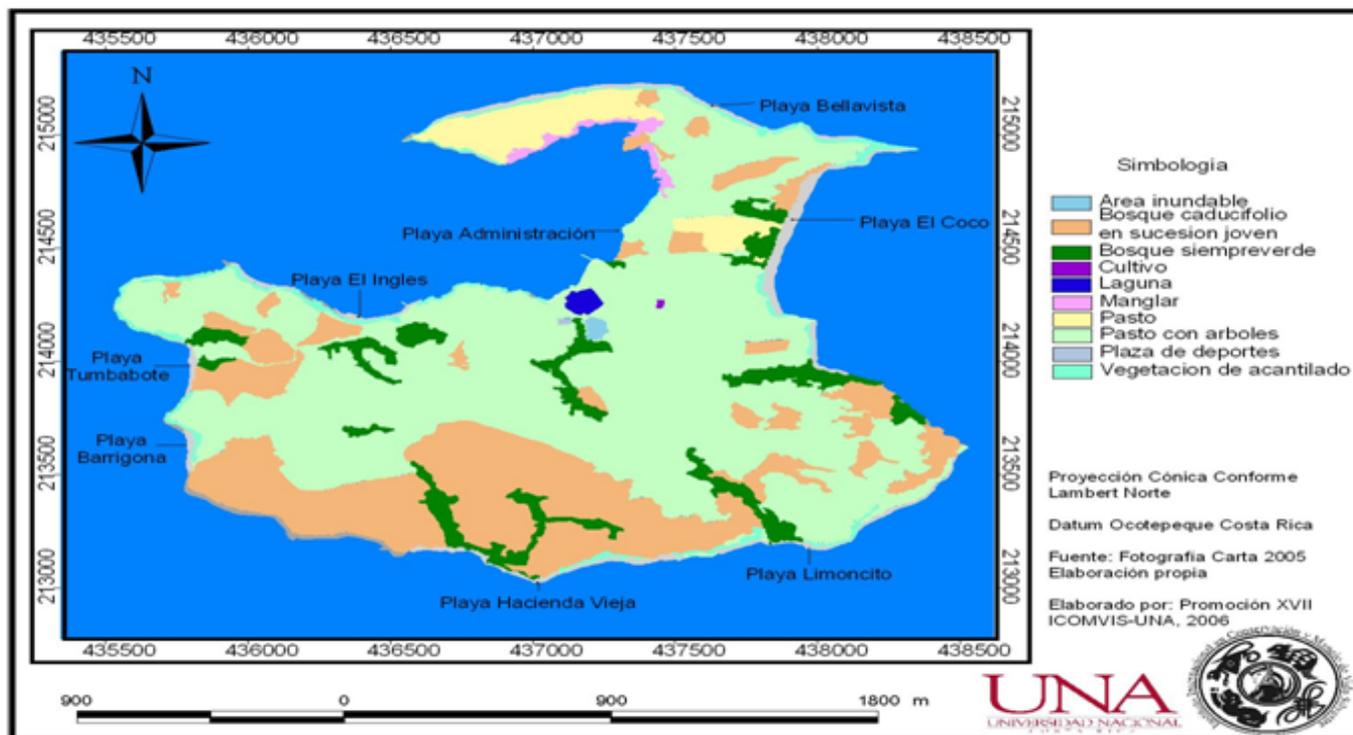
Cuadro 1. Área de seis tipos de cobertura entre 1972 y 2005 en San Lucas.

Coberturas	1972	1982	1990	1997	2003	2005
Bosque caducifolio en sucesión	114.749	138.202	154.071	257.658	353.624	353.624
Bosque siempreverde	30.403	36.058	39.022	31.396	46.893	46.893
Manglar	3.306	3.493	3.89	5.228	6.817	6.930
Pasto	19.662	4.615	3.229	0	0	0
Pasto con árboles	241.72	226.900	205.886	101.735	6.865	6.865
Vegetación de acantilado	11.513	11.563	15.54	12.074	12.074	12.074
Otras coberturas	12.717	13.239	12.432	25.979	7.797	7.684

Entre 1972 y 1982 los cambios de cobertura fueron relativamente mínimos (figura 1, cuadro 1). El bosque caducifolio en sucesión aumentó su área en un 5,4 por ciento, mientras que el bosque siempreverde solo en 1,3 por ciento. El área de pastos con árboles, que para esta época predominaba en la isla con 241,7 ha aproximadamente, disminuyó un 3,52 por ciento, y el pasto en un 3,41 por ciento. Otras coberturas, como el manglar y la vegetación de acantilados, aumentaron en 0,04 y 0,01 por ciento, respectivamente.

Entre 1982 y 1990 la isla continuaba siendo cárcel, por lo que aún prevalecía la actividad ganadera. En ese lapso el bosque caducifolio en sucesión y el bosque siempreverde aumentaron 3,66 y 0,68 por ciento respectivamente, el manglar 0,09 por ciento y la vegetación de acantilado 0,92 por ciento (cuadro 1).

Figura 1. Uso-cobertura del suelo en San Lucas, 1972.

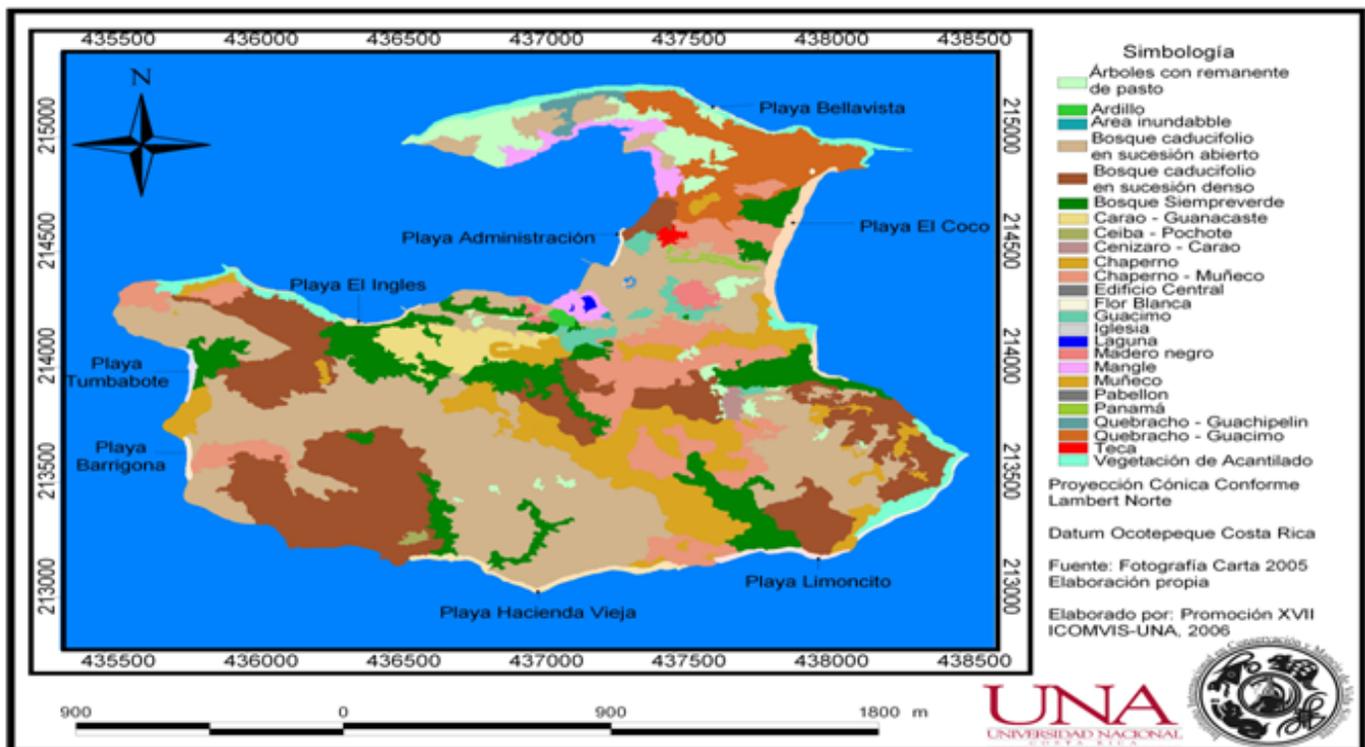


Entre 1990 y 1997 se recuperó mucha cobertura forestal en la isla. El bosque caducifolio en sucesión aumentó su área un 23,86 por ciento (257,6 ha), mientras que el bosque siempreverde disminuyó un 1,76 por ciento (31,39 ha). Áreas de pastos con árboles y de pastos presentaron su mayor decrecimiento: 23,99 por ciento y 0,74 por ciento, respectivamente, mientras que el manglar se incrementó a 3,8 ha y la vegetación de acantilado disminuyó en 0,85 por ciento.

Entre 1997 y 2003 se siguió recuperando cobertura forestal, dándose un aumento del bosque caducifolio en sucesión de 22,11 por ciento, del bosque siempreverde de 3,57 por ciento y un aumento del manglar de 0,37 por ciento. Los pastos con árboles decrecieron en un 21,86 por ciento y las zonas de vegetación de acantilado y pastos no presentaron ninguna variación. Entre 2003 y 2005, el cambio de uso-cobertura no varió significativamente.

Entre 1972 y 2005 el bosque caducifolio en sucesión aumentó su cobertura en 55,03 por ciento, el bosque siempreverde en 3,8 por ciento, el manglar y la vegetación de acantilado en 0,83 por ciento y 0,13 por ciento respectivamente. Los pastos con árboles disminuyeron 54,11 por ciento y los pastos 4,53 por ciento (figura 2). En ese periodo la tasa de recuperación del bosque caducifolio fue de aproximadamente 0,016 ha/año, y la del bosque siempreverde de 0,001 ha/año.

Figura 2. Uso-cobertura del suelo en San Lucas, 2005.



Los cambios en el uso-cobertura del suelo de la isla entre 1972 y 2005 se deben principalmente a que el sitio fue manejado como una hacienda ganadera desde 1972 hasta 1990. Al cesar ese uso, y clausurarse la cárcel en 1991, en las zonas sur y oeste se inició un proceso de regeneración de árboles: el pasto y el pasto con árboles fue sustituido por masas boscosas en sucesión de vegetación caducifolia, y hubo incremento de las áreas de bosque siempreverde. Esto gracias a que los procesos de colonización de vegetación dependen del nicho donde se desarrollan, así como de elementos relacionados con disposición de espacio, tiempo, disponibilidad y requerimientos de germinación de las semillas (Verheyen *et al.* 2003).

El patrón de desarrollo y expansión de la vegetación en San Lucas siguió una dirección sur-norte, la misma de la disposición espacial de los parches de bosques fuente y del viento. Y es que existen masas de vegetación, o grupos de árboles, que han permanecido en la isla a lo largo de 33 años sirviendo como semilleros para la regeneración del bosque. Estudios realizados por Viera y Scario (2006) en bosques secos tropicales encontraron que la estrategia de dispersión de semillas de las especies de árboles con copa es por medio del viento: 63 por ciento de las especies en Bolivia, 45 por ciento en Brasil central, 33 por ciento en Brasil norte, 30 por ciento en Costa Rica y aproximadamente 14 por ciento en San Lucas, lo que implica probablemente que muchas de las especies que presentan dominancia en el sitio poseen esa estrategia de dispersión. Sin embargo, hay que considerar también la dispersión de las especies con frutos carnosos por medio de mamíferos y aves.

En relación con los niveles de detección para la identificación y la clasificación de los tipos de cobertura en los distintos periodos de tiempo, se debe de considerar que el grado de detalle al que se puede trabajar depende de la escala y la resolución de escaneo de cada una de las fotografías utilizadas (Farina 2000b). En este proceso existe la limitante de que las fotografías e imágenes presentan distintos tipos de escala (Turner *et al.* 2001, Petit y Lambin 2001), ocasionando que los niveles de detectabilidad varíen (Saura 2002). Para San Lucas, la escala del grupo de fotografías varió entre 1:5.000 y 1:40.000, habiendo lógicamente mejor detectabilidad en imágenes con escalas menores que mayores. Otro factor que influye en el estudio de San Lucas es el espectro con el que se trabaje; para la isla se utilizaron fotografías pancromáticas (blanco y negro), en falso color (RGB) e imágenes de radar en infrarrojo, lo que hace que algunos



Foto José Castro, 2006

elementos se observen mejor que otros, lo que conlleva que en ciertos estudios no todas las etapas sucesionales puedan diferenciarse con facilidad en un bosque y, además, que no sean muy buenos estimando ciertas características estructurales como la densidad de los tallos y la biomasa (China 2002).

La clasificación de las coberturas de San Lucas se realizó *a priori*, con base en los elementos visibles en las fotografías, aun cuando se puede utilizar herramientas tecnológicas capaces de realizar una clasificación supervisada o no de las imágenes (China 2002). Por ello, los mapas presentados son preli-minares. Finalmente, debido a las limitaciones en la detectabilidad de los objetos dentro de las fotografías y los errores en la clasificación de cober-

turas, es necesario realizar trabajo en el campo más extenso, en el que la información sea calibrada y verificada (Goodchild *et al.* 1996).

Referencias bibliográficas

- China, J. "Teledetección del Bosque", en *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*, 2002. Lur. Costa Rica.
- Farina, A. 2000a. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Holanda.
- Farina, A. 2000B. *Landscape Ecology in Action*. Kluwer Academic Publishers. Holanda.
- Goodchild, M. *et al.* 1996. *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues*. GIS Word Books. Colorado.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología y zonas de vida*. Iica. San José.
- Minae. 2005. *Refugio Nacional de Vida Silvestre Isla San Lucas: breve reseña del proyecto. documento técnico*. San José.
- Petit, C. C. y E. F. Lambin. "Integration of multi-source remote sensing data for land cover change detection", en *International Journal of Geographical Information Science* 15(8), 2001.
- Rodríguez, M. 1989. *Tamaño y composición de los grupos sociales del hato de venado cola blanca (Odocoileus virginianus) de la Isla San Lucas, Costa Rica*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales, Universidad Nacional. Costa Rica.
- Sáenz, J. 1990. *Ecología de dos grupos de venados cola blanca (Odocoileus virginianus) liberados en un nuevo hábitat*. Tesis de grado en Ingeniería en Ciencias Forestales, Universidad Nacional. Costa Rica.
- Saura, S. "Effects of Minimum Mapping Unit on Land Cover Data Spatial Configuration and Composition", en *International Journal of Geographical Information Science* 23(22), 2002.
- Scheffer, M. y S. Carpenter. "Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation", en *Trends in Ecology and Evolution* 18, 2003.
- Turner, M., R. Garner y R. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Patterns and Process*. Springer Science Business Inc. USA.
- Verheyen, K, *et al.* "An Integrated Analysis of the Effects of Past Land Use on Forest Herb Colonization at the Landscape Scale", en *Journal of Ecology* 91, 2003.
- Vieira, D. y A. Scario. "Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration", en *Restoration Ecology* 14(1), 2006.
- Walker, B. H. "Rangeland ecology: understanding and managing change", en *Ambio* 22, 1993.
- Wiegand, T., S. Milton y C. Wissel. "A Simulation Model for a Shrub Ecosystem in the Semi-Arid Karoo, South Africa", en *Ecology* 76, 1995.

