



# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Cocodrilos en Costa Rica: ¿poblaciones o metapoblación?

### *Crocodiles in Costa Rica: Populations or Metapopulation?*

*Laura Porras<sup>a</sup>*

<sup>a</sup> La autora, bióloga especialista en conservación y manejo de vida silvestre, es miembro del UICN/SSC/CSG/Grupo de Especialistas en Cocodrilos, Costa Rica.

#### Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

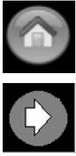
#### Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza  
Enrique Leff, UNAM, México  
Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica  
Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica  
Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica  
Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

#### Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas





# Cocodrilos en Costa Rica: ¿poblaciones o metapoblación?

por LAURA PORRAS

## RESUMEN

Dado el conocimiento que existe sobre la capacidad de movilización de *Crocodylus acutus*, se llevó a cabo una investigación a nivel genético para determinar si entre las poblaciones de cocodrilos de tres ríos del Pacífico central de Costa Rica se presenta una dinámica metapoblacional. Se obtuvo 70 muestras de ADN de los cocodrilos que habitan los ríos Jesús María, Tárcoles y Tusubres. Los resultados confirman la existencia de una dinámica metapoblacional tomando en cuenta los valores de diferenciación genética y distancia genética entre poblaciones además del flujo de genes. Este hallazgo sirve de base para tomar conciencia de que en el país deben cambiarse las políticas sobre conservación y manejo de esta especie, ya que hasta el momento se han tratado como poblaciones independientes.

*Given the knowledge existing on the capacity of mobilization of *Crocodylus acutus*, an investigation was carried out at the genetic level to determine if exist a metapopulational dynamic between the populations of crocodiles from three rivers in the central pacific of Costa Rica. 70 DNA samples were obtained from the crocodiles inhabit the rivers Jesus Maria, Tarcoles and Tusubres. The results confirm the existence of a metapopulationall dynamics because the values from genetic differentiation and genetic distance between populations in addition to the gene flow. This finding serves as base to become aware that polices in the country about conservation and handling of this species must change, since until the moment it have treated like independent populations.*

**C***rocodylus acutus*, el reptil más grande de Costa Rica, es un depredador mayor en la cadena trófica, por lo que, además de su importancia por ser una especie silvestre, desempeña una función importante en el mantenimiento del equilibrio ecológico en los hábitat en los que se encuentra. *C. acutus*, conocido comúnmente como cocodrilo o lagarto, es una de las dos especies de crocodílidos presentes en el país y, al igual que las restantes 22 especies de crocodílidos existentes en el mundo, se encuentra protegido nacional e internacionalmente debido a razones que generalmente están asociadas con el ser humano: cacería y destrucción de hábitat (Kushlan y Mazzotti 1989b). Actualmente el cocodrilo se encuentra en estado vulnerable (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 1999) en todo su rango de distribución y en peligro de extinción en el país (*Ley de conservación de vida silvestre* 1998).

En Costa Rica *C. acutus* está presente en ambas costas, siendo la temperatura (Kushlan y Mazzotti 1989a), la topografía, la altura y factores antropogénicos los que limitan su distribución (Bolaños *et al.* 1997). El cocodrilo se encuentra principalmente en hábitat costeros (Groombridge 1987), tanto de agua dulce como salobre, pero su capacidad de adaptación le ha permitido extenderse a ríos caudalosos, pantanos, lagos, partes bajas de ríos grandes y otros tipos de humedales (Groombridge 1987, Piedra 2000). Las investigaciones hechas en el país sobre esta especie se han orientado principalmente al estudio de aspectos poblacionales como la abundancia y la proporción de sexos (Sasa y Chaves 1992, Motte 1994, Sánchez *et al.* 1996, Bolaños *et al.* 1997, Piedra 2000), y no se han estudiado las interacciones entre las poblaciones. En el caso del Pacífico central del país, las poblaciones de cocodrilos que albergan los ríos Jesús María, Tárcoles y Tusubres han experimentado una disminución de la abundancia en los últimos años (Porras 2004), específicamente en los ríos Jesús María y Tusubres se han reportado poblaciones pequeñas en relación con la que alberga el río Tárcoles (Piedra 2000, Porras 2004).

Tal como lo reflejan los objetivos de los estudios mencionados anteriormente, los esfuerzos se han concentrado en conocer la situación de las poblaciones de cocodrilos (identificando a cada población como el conjunto de cocodrilos en un río), pero se debe tomar en cuenta que Piedra (2000) planteó la necesidad de

---

La autora, bióloga especialista en conservación y manejo de vida silvestre, es miembro del UICN/SSC/CSG/Grupo de Especialistas en Cocodrilos.

estudiar las poblaciones de cocodrilos a nivel genético, específicamente las del Pacífico central, para determinar si se presenta una dinámica metapoblacional entre ellas, ya que, debido al número de individuos presentes en cada población, sería la justificación para que la población del río Jesús María se mantenga en el tiempo.

Además de la dinámica que cada población mantiene en su hábitat, hay que tomar en cuenta que los cocodrilos tienen la capacidad para trasladarse a grandes distancias y, en el caso de *C. acutus*, su capacidad de sobrevivir en agua dulce, salobre y salada (Thorbjarnarson 1989) le amplía su ámbito de movilización y le permite acceder a la costa y moverse entre ríos que, aunque no tengan conexión directa, desembocan en el mar, funcionando éste como corredor. En investigaciones anteriores se ha registrado desplazamientos voluntarios de *C. acutus* de 4,2, 6 y 16,2 km (Kushlan y Mazotti 1989), 13,1 km (Gaby *et al.* 1985), 1,8 y 22 km (Thorbjarnarson 1989), en tanto que Porras (2003) reportó recorridos de 23,49 y 58,8 km en individuos translocados seguidos con radiotelemetría, siendo este dato de suma importancia dado que el movimiento se dio entre las poblaciones analizadas en el presente trabajo. Para otras especies de Crocodylidos, Joanen y McNease (1972) reportaron movimientos voluntarios de 53 km en *Alligator mississippiensis*; 37 km en *C. johnstonii* reportaron Tucker *et al.* (1997), y para individuos translocados Webb y Messel (1978) registraron de 8,3 a 101,8 km en *C. porosus*, y 11,5 y 30 km en *C. johnstoni* (Webb *et al.* 1983).

## Métodos

Para conocer si existe una dinámica metapoblacional entre las poblaciones de *Crocodylus acutus* de tres ríos del Pacífico central, se llevó a cabo una investigación a nivel genético. Se hizo muestreos durante el año 2003 en los ríos Jesús María, Tárcoles y Tusbres, ubicados en el Pacífico central del país (figura 1), que desembocan en el mar. La distancia entre la desembocadura del Jesús María y el Tárcoles es de 12,1 km, y entre la de éste y la del Tusbres de 43,4 km.

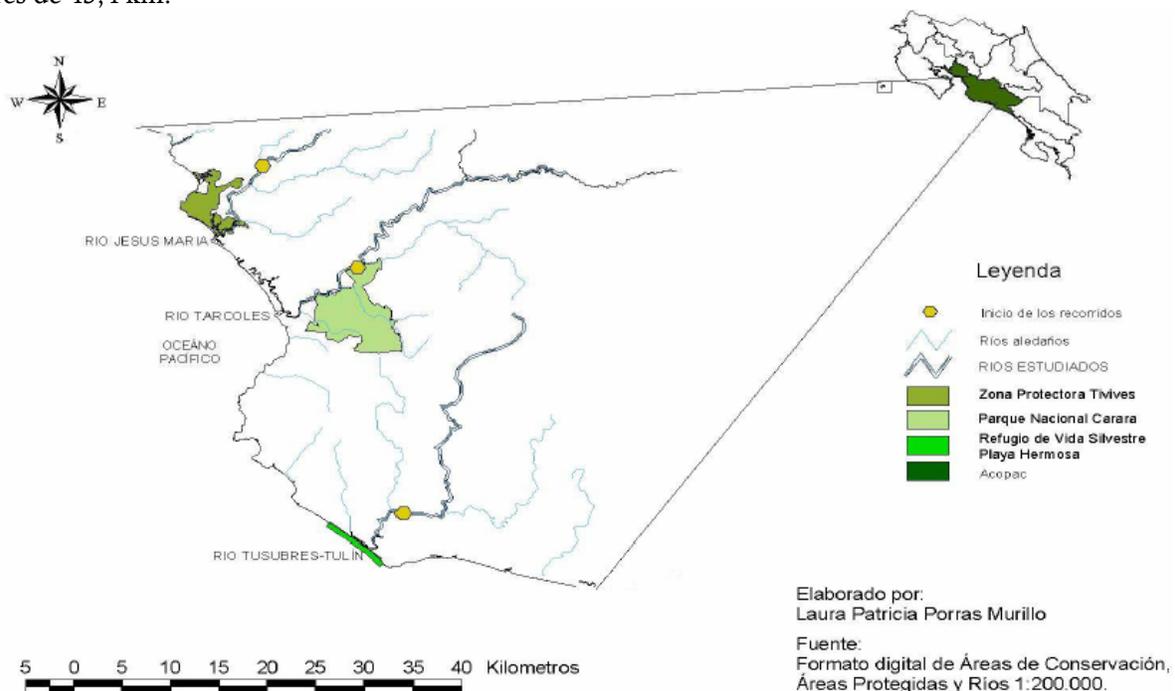


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Los animales se capturaron durante recorridos nocturnos, siguiendo el procedimiento usado por Bolaños *et al.* (1997). A los individuos capturados se les extrajo sangre del seno sanguíneo ubicado detrás de la cabeza sobre la espina dorsal. El trabajo de laboratorio se realizó entre el año 2003 y el 2004. El ADN de la sangre fue extraído utilizando un *kit* comercial (Wizard Genomic DNA Purification Kit de Promega) y se amplificó por medio de la técnica Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) usando siete marcadores moleculares polimórficos. La información obtenida de la amplificación se usó para calcular la variación genética dentro y entre poblaciones ( $H_s$  y  $H_T$ , Nei 1987), el grado de división genética entre las poblaciones (coeficiente de diferenciación GST, Nei 1987), el flujo genético (Nm, McDermott y McDonald 1993) y la distancia genética entre poblaciones (Nei 1978).

## Resultados

La variación genética encontrada tanto dentro como entre poblaciones fue baja, causando esto que el porcentaje de diferenciación genética entre las poblaciones fuera bajo también: 3,4 por ciento. El flujo genético muestra que aproximadamente 13 individuos están migrando en cada generación entre las tres poblaciones estudiadas. La poca variación genética encontrada también se refleja en la distancia genética entre las poblaciones, que apenas alcanza un 0,01. Aunque hubo poca diferenciación entre las poblaciones de cocodrilos de los tres ríos, el dendrograma de la figura 2, basado en la distancia genética entre las poblaciones, muestra cómo los ríos Jesús María y Tárcoles están más relacionados, y hay una diferencia de 13 por ciento entre la población del río Tusubres y las otras dos poblaciones, lo que a su vez significa que el movimiento de individuos puede ser mayor entre Jesús María y Tárcoles.

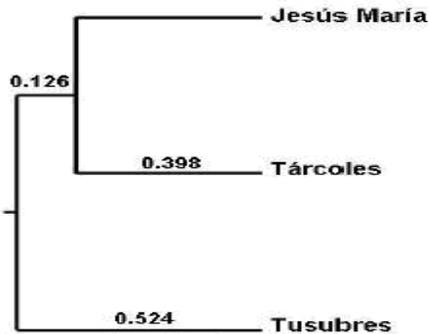


Figura 2. Distancia genética entre las poblaciones de cocodrilos.

## Discusión

El flujo de genes encontrado es evidencia de la dinámica metapoblacional que se presenta entre las subpoblaciones de cocodrilos de los tres ríos estudiados y se debe considerar entonces que dicha dinámica se puede estar presentando en los otros ríos del país y fuera de las fronteras. Dicha dinámica es producto del movimiento de individuos entre las poblaciones y del intercambio genético resultado de la reproducción entre ellos (Hedrick 2000, Blouin-Demers y Weatherhead 2002). El movimiento de individuos es uno de los factores que trae consigo flujo genético entre poblaciones (Blouin-Demers y Weatherhead 2002), y es altamente beneficioso sobre todo para poblaciones pequeñas, como la del río Jesús María, ya que, de no presentarse, estas



Cocodrilos

Eric Gay

poblaciones enfrentan el riesgo de sufrir depresión por endogamia y deriva genética, lo que a su vez contribuye a la extinción local (Konuma *et al.* 2000). Según Hedrick (2000), en la mayoría de las especies las poblaciones están subdivididas en pequeñas unidades debido a factores geográficos, ecológicos, etológicos y a la migración. En el caso de *C. acutus*, es posible que algunos individuos no logren establecer territorio en su hábitat original durante la época de cortejo y apareamiento, por lo que migran hacia otros hábitat en busca de una oportunidad para reproducirse (Porrás 2004). El hecho de que la variación genética entre las poblaciones y el grado de diferenciación genética entre éstas sea bajo, refleja un alto grado de similitud genética entre las poblaciones (Yeh 2000). Al tomar en cuenta la abundancia de cocodrilos en cada río estudiado (Porrás 2004), es dable pensar que la subpoblación del Tárcoles puede estar funcionando como la fuente de individuos y, por lo tanto, de genes para esta metapoblación. La interacción metapoblacional que se encontró entre estos ríos presenta una alta homocigosis (Porrás 2004) que, atenuada por el alto flujo genético, aparentemente mantiene a las tres subpoblaciones en equilibrio, aunque esto puede ser preocupante porque revela una alta vulnerabilidad a cambios bruscos en el ambiente o en la propia dinámica de las subpoblaciones.

El hecho de que haya una dinámica metapoblacional entre las poblaciones de cocodrilos de estos ríos significa que debe de haber un cambio en la visión actual sobre el estado de *C. acutus* y en la estrategia a seguir para su conservación, ya que esto implica que, en lugar de hacer evaluaciones y ejecutar acciones en cada río de forma independiente, el área del Pacífico central –por lo menos- debe de verse como un todo y, a partir de esto, concretar acciones que respalden el bienestar de la especie en todos los ríos por igual. En Costa Rica, la población de cocodrilos que habita en el Tárcoles se ha catalogado como saludable (Ross 1998) y los limitados esfuerzos de conservación se han orientado a realizar acciones puntuales en poblaciones específicas. Tal como está planteado, se puede asegurar que el movimiento hecho por los cocodrilos entre los distintos hábitat trae como resultado el flujo de sus genes, generando esto una dinámica metapoblacional en el área estudiada, y, tomando en cuenta que no existen barreras que impidan el movimiento hacia los ríos aledaños, puede considerarse que a la hora de implementar acciones de manejo y conservación de *C. acutus* en todo el país éstas debieran de estar orientadas hacia la metapoblación de cocodrilos de Costa Rica y no hacia poblaciones independientes, ya que acciones implementadas en un río pueden no ser exitosas si los problemas persisten en los hábitat aledaños sin protección.

Tomando en cuenta que el manejo y conservación de las especies silvestres le corresponde a las autoridades del país, el hallazgo de esta investigación contribuirá a la correcta aplicación de las acciones para beneficio de la especie. Para efectos del manejo de las poblaciones de cocodrilos del Pacífico central de Costa Rica (y, como ya se mencionó, posiblemente las de todo el país) debe de considerarse que éstas se mantienen en cierto equilibrio debido a una estructura metapoblacional que podría tener como ejes centrales, o fuentes, las poblaciones que se han identificado con mayor número de individuos, y que existe un flujo de individuos y de genes entre éstas y las poblaciones aledañas que se han mantenido a lo largo del tiempo con un número de individuos menor, como el caso de la interacción entre el Tárcoles y el Jesús María.

## Referencias bibliográficas

- Ley de conservación de la vida silvestre y su reglamento. 1988. Editorial Investigaciones Jurídicas S. A. San José.
- Blouin-Demers, G. y P. J. Weatherhead. "Implications of movement patterns for gene flow in black rat snakes (*Elaphe obsoleta*)", en *Canadian Journal of Zoology* 80, 2002.
- Bolaños, J. R., J. Sánchez y L. Piedra. "Inventario y estructura poblacional de Crocodílidos en tres zonas de Costa Rica", en *Revista de Biología Tropical* 44 - 45, 1997.
- Gaby, R. *et al.* "Ecology of a Population of *Crocodylus acutus* at a Power Plant Site in Florida", en *Journal of Herpetology* 19, 1985.
- Groombridge, B. "The Distribution and Status of World Crocodilians", en Grahame, J. W. *et al.* 1987. *Wildlife Management: Crocodiles and Alligators*. Surrey Beatty y Sons. Sidney.
- Hedrick, P. 2000. *Genetics of Populations*. Jones and Bartlett Publishers. Massachusetts.
- Joanen, T. y L. McNease. "A telemetric study of adult male alligators on Rockefeller Refuge, Louisiana", en *Proceedings of the Southeastern Association Game Fish Committee* 26, 1972.
- Konuma, A. *et al.* "Estimation of gene flow in the tropical-rainforest tree *Neobalanocarpus heimii* (Dipterocarpaceae), inferred from paternity analysis", en *Molecular Ecology* 9, 2000.
- Kushlan, J. A. y F. J. Mazzotti. (1989a) "Historic and Present Distribution of the American Crocodile in Florida", en *Journal of Herpetology* 23, 1989.
- Kushlan, J. A. y F. J. Mazzotti. (1989b) "Population Biology of the American Crocodile" en *Journal of Herpetology* 23, 1989.
- McDermott, J. M. y B. A. McDonald. "Gene flow in plant pathosystems", en *Annual Review of Phytopathology* 31, 1993.
- Motte, M. 1994. *Abundancia, distribución e impacto de predación del cocodrilo (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807) sobre el ganado vacuno en las fincas aledañas al río Grande de Tárcoles, Costa Rica*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Nei, M. "Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals", en *Genetics* 89, 1978.
- Nei, M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press. New York.
- Piedra, L. 2000. *Estado de las poblaciones de cocodrilos (*Crocodylus acutus*) (Reptilia: Crocodylidae) en tres ríos del Pacífico Central de Costa Rica*. Tesis de Licenciatura en Biología Marina con énfasis en acuicultura, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Porrás, L. P. 2003. *Evaluación de la translocación del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) como técnica de manejo de sus poblaciones silvestres*. Tesis de Licenciatura en Biología Tropical con énfasis en manejo de recursos naturales, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Porrás, L. P. 2004. *Situación actual del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) en los ríos Jesús María, Tárcoles y Tusubres: estructura poblacional e intercambio genético*. Tesis de Magister Scientiae, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Ross, J. P. 1998. *Crocodiles: Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN. Gland.

Sánchez, J., J. Bolaños y L. Piedra. "Población de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en dos ríos de Costa Rica", en *Revista de Biología Tropical* 44, 1996.

Sasa, M. y G. Chaves. "Tamaño, estructura y distribución de una población de *Crocodylus acutus* (Crocodylia: Crocodylidae) en Costa Rica", en *Revista de Biología Tropical* 40, 1992.

Thorbjarnarson, J. B. "Ecology of American Crocodile, *Crocodylus acutus*", en International Union for the Conservation of Nature. 1989. *Crocodyles: Their ecology, management and conservation*. UICN. Gland.

Tucker A. D. et al. "Movements and Home Ranges of *Crocodylus johnstoni* in the Lynd River, Queensland", en *Wildlife Research* 24, 1997.

UICN, 1999. *Listas de Fauna de Importancia para la Conservación en Centroamérica y México*. Sistema de Integración Centroamericana. San José.

Webb, G. y H. Messel. "Movement and Dispersal Patterns of *Crocodylus porosus* in some Rivers of Arnhem Land, Northern Australia", en *Australian Wildlife Research* 5, 1978.

Webb, G., R. Buckworth y C. Manolis. "*Crocodylus johnstoni* in the McKinlay River Area, N.T. IV. A Demonstration of Homing", en *Australian Wildlife Research* 10, 1983.

Yeh, F. "Population Genetics", en Young, A., D. Boshier y T. Boyle. 2000. *Forest Conservation Genetics, Principles and Practice*. CSIRO Publishing. Australia.



Cocodrilos

Eric Gay

