

INFORME GALAPAGOS 2013-2014

BIODIVERSIDAD Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS

LA MIGRACIÓN DE LAS TORTUGAS GIGANTES DE GALÁPAGOS REQUIERE DE ESFUERZOS DE CONSERVACIÓN A ESCALA DE PAISAJE

Stephen Blake, Charles B. Yackulic, Martin Wikelski, Washington Tapia, James P. Gibbs, Sharon Deem, Fredy Villamar y Fredy Cabrera

Para citar este artículo

Blake S, CB Yackulic, M Wikelski, W Tapia, JP Gibbs, S Deem, F Villamar y F Cabrera. 2015. La migración de las tortugas gigantes de Galápagos requiere de esfuerzos de conservación a escala de paisaje. Pp. 144-150. En: Informe Galápagos 2013-2014. DPNG, CGREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.

Se debe citar la fuente en todos los casos. Fragmentos de este producto pueden ser traducidos y reproducidos sin permiso siempre que se indique la fuente.

El contenido y las opiniones expresadas en cada uno de los artículos es responsabilidad de los autores.

*La **Dirección del Parque Nacional Galápagos** tiene su sede principal en Puerto Ayora, isla Santa Cruz, Galapagos y es la institución del Gobierno del Ecuador responsable de la administración y manejo de las áreas protegidas de Galápagos.*

*El **Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos** tiene su sede principal en Puerto Baquerizo Moreno, isla San Cristóbal, y es el organismo del Gobierno del Ecuador responsable de la planificación y administración de la provincia.*

*La **Fundación Charles Darwin**, una organización no gubernamental registrada en Bélgica, opera la Estación Científica Charles Darwin en Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, Galápagos.*

***Galapagos Conservancy** tiene su sede en Fairfax, Virginia, EE.UU. y es la única organización en los EE.UU. sin fines de lucro enfocada exclusivamente en la protección a largo plazo del Archipiélago Galápagos.*



Foto: © Linda Cayot

La migración de las tortugas gigantes de Galápagos requiere de esfuerzos de conservación a escala de paisaje

Stephen Blake^{1,2,3,4,5,6}, Charles B. Yackulic⁷, Martin Wikelski¹, Washington Tapia⁸, James P. Gibbs^{4,5}, Sharon Deem⁶, Fredy Villamar⁵ y Fredy Cabrera⁵

¹Instituto Max Planck para la Ornitología, ²Centro Ecológico Mundial Whitney Harris, Universidad de Missouri en St. Louis, ³Departamento de Biología, Universidad de Washington, ⁴Universidad Estatal de Nueva York, Colegio de Ciencias Ambientales y Forestales, ⁵Fundación Charles Darwin, ⁶Instituto de Medicina para la Conservación, ⁷Centro de Monitoreo e Investigación Grand, ⁸Dirección del Parque Nacional Galápagos

Las tortugas de Galápagos (*Chelonoidis spp.*) están entre los animales más icónicos de la Tierra, inspirando asombro ante el mundo natural en todas partes del planeta. Ecológicamente, ellas juegan un rol importante en el ecosistema a través de la dispersión de semillas, herbivoría, en el pisoteo de la vegetación y construcción de caminos (Blake *et al.*, 2013; Gibbs *et al.*, 2008; Gibbs *et al.*, 2010). También son uno de los atractivos principales para los turistas en las islas Galápagos, convirtiéndolas en un pilar para la economía local (Watkins & Oxford, 2009). Una conservación efectiva de estos animales es por ende, importante a muchos niveles para la sostenibilidad de Galápagos.

Las tortugas gigantes en la isla Santa Cruz llevan a cabo largas migraciones estacionales (Blake *et al.*, 2013), durante las cuales los individuos pueden viajar muchos kilómetros entre la zona costera y el área agrícola en la parte alta de la isla. Alrededor del mundo, las migraciones de larga distancia están desapareciendo rápidamente (Berger, 2004; Wilcove & Wikelski, 2008) debido a la excesiva cacería y pérdida de hábitat por la expansión agrícola, la colocación de cercas y otras barreras (Harris *et al.*, 2009). La perturbación de la migración puede ser catastrófica para las especies migratorias, que a menudo exhiben poca flexibilidad de comportamiento y ecológica con las cuales le hacen frente a las cambiantes dinámicas del paisaje (Holdo *et al.*, 2011a; Shuter *et al.*, 2012).

La conservación de especies migratorias frente al impacto humano es a menudo más difícil que para las especies sedentarias debido a la escala de sus requerimientos geográficos y su evidente falta de flexibilidad de comportamiento para adaptarse al cambio (Milner-Gulland *et al.*, 2011). La alteración de la migración puede tener consecuencias fatales para las especies migratorias y los ecosistemas (Holdo *et al.*, 2011b; Wilcove & Wikelski, 2008). La mayoría de las poblaciones de tortugas gigantes de Galápagos ya no están amenazadas por la cacería clandestina (Márquez *et al.*, 2007), pero la persistencia de las tortugas en las islas principales hace del mantenimiento de la conectividad para la migración un hecho de importancia a medida que avanza la intensificación del uso de la tierra en las islas pobladas. Aquí describimos brevemente los aspectos sobresalientes de la migración de las tortugas gigantes en la isla Santa Cruz y brindamos recomendaciones prácticas para su manejo que pudieran ser implementadas inmediatamente. Proponemos que el manejo y la ciencia deben evolucionar juntos de manera cercana en las próximas décadas para poder continuar recogiendo mejor información sobre

la geografía, ecología y extensión de la migración de las tortugas, y los correspondientes impactos de la actividad humana.

Metodología

Para entender los patrones migratorios de las tortugas, pusimos marcadores de GPS (Figura 1) a 25 tortugas adultas de las dos poblaciones de la isla Santa Cruz (*Chelonoidis porteri*). La población más grande ocurre en La Reserva, al sur-oeste, mientras que la segunda, más pequeña y que de acuerdo a un estudio genético que está en proceso sería una especie diferente, se encuentra cerca de Cerro Fatal en el flanco occidental de la isla (Figura 2). Doce marcadores de GPS (fabricados por e-obs GmbH, Munich, Alemania) fueron utilizados en Cerro Fatal (siete

hembras y cinco machos) y 13 en La Reserva (seis hembras y siete machos). Los marcadores registran la ubicación de las tortugas cada hora. Los resultados presentados aquí corresponden a las tortugas con más de un año de datos.

Las tortugas de ambas poblaciones mostraron una migración estacional de larga distancia hacia arriba y hacia abajo de los flancos de la isla. En La Reserva, las tortugas migraron en un rango de altitud entre el nivel del mar y los 400 m, mientras que en Cerro Fatal estuvieron entre 63 y 429 msnm. Diecinueve tortugas marcadas (76%) completaron migraciones altitudinales de más de 150 msnm (Figura 2). Las migraciones en La Reserva fueron más largas, de hasta >10 km, y más lineales que aquellas de Cerro Fatal. Seis individuos (24%) se mantuvieron sedentarios, ocupando elevaciones consistentes durante todo el año, cinco en la parte baja y una en la parte alta.



Figura 1. Una tortuga gigante macho de la población de La Reserva en la isla Santa Cruz con un marcador de GPS fabricado por e-obs GmbH, Munich, Alemania.

El patrón de la migración está en gran modo influenciado por la calidad del forrajeo (Figura 3). Durante la época seca o de garúa, la parte alta permanece húmeda debido a los prolongados períodos de una fina llovizna (garúa), mientras que la parte baja seca se hace progresivamente más árida. Por ende, la productividad de la vegetación es de manera relativa consistente durante el año en la parte alta, comparado con la muy variable parte baja. Durante la estación de garúa, las tortugas ocurren predominantemente en la parte alta de donde toman ventaja de la abundante vegetación. A medida que incrementa la lluvia en enero, la parte baja “reverdece” [como lo registra un satélite de la NASA en forma del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés), una medida del verdor y una estimación de la productividad de la vegetación]. Las tortugas entonces emigran cuesta abajo en donde

la productividad de la parte baja llega a su pico y permanecen en la zona seca hasta que ésta declina a niveles bajos, luego emigran de regreso a la parte alta. Probablemente las tortugas son atraídas por la vegetación de la zona baja durante la temporada húmeda porque el crecimiento rápido de las plantas nuevas significa que la cantidad de alimento es más alta y más fácil de digerir que la vegetación más vieja de la parte alta.

Que tan solo la cantidad y la calidad de la comida dirigen la migración de las tortugas es ciertamente una simplificación de lo que está sucediendo y se necesita más investigación. Por ejemplo, la reproducción es crítica para las dinámicas poblacionales, y las hembras anidan solo en las zonas áridas bajas, lo cual ayudaría a explicar la época en que se dan las migraciones y su comportamiento sedentario.

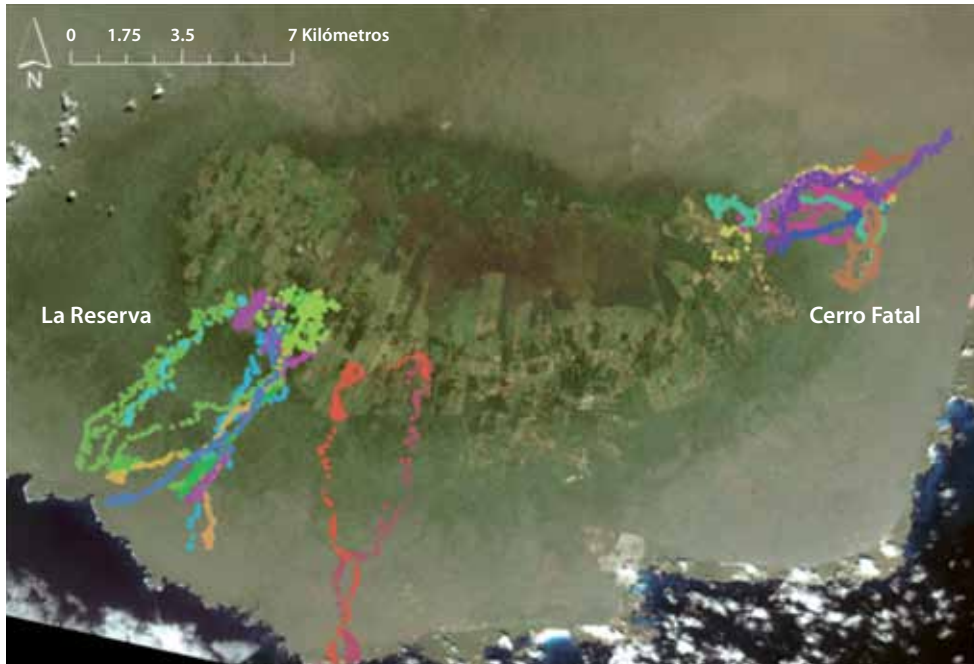


Figura 2. Rastros de movimiento de las tortugas gigantes en la isla Santa Cruz.

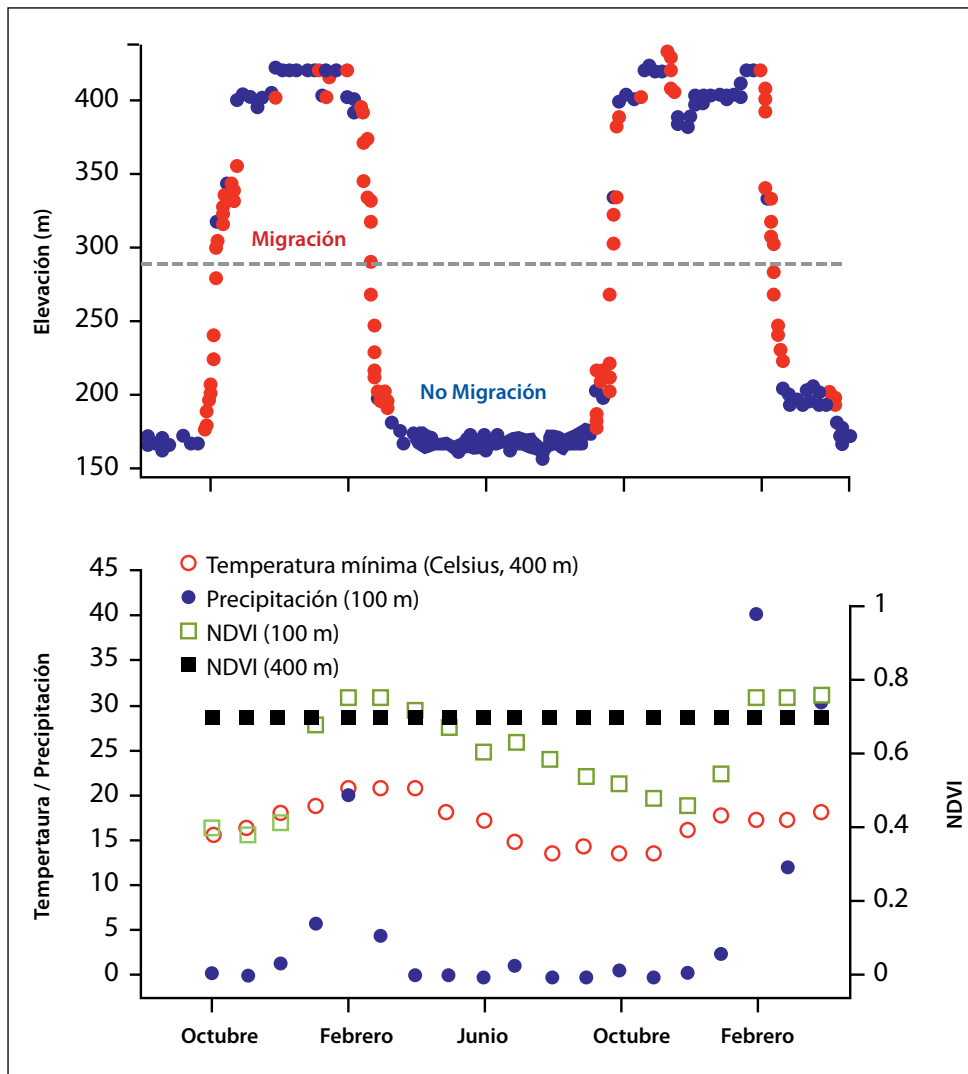
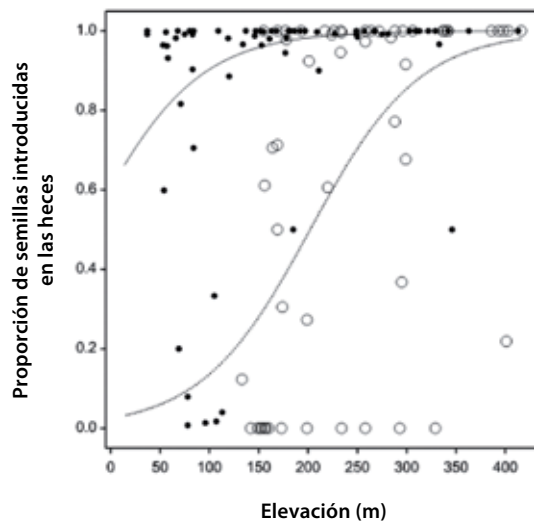
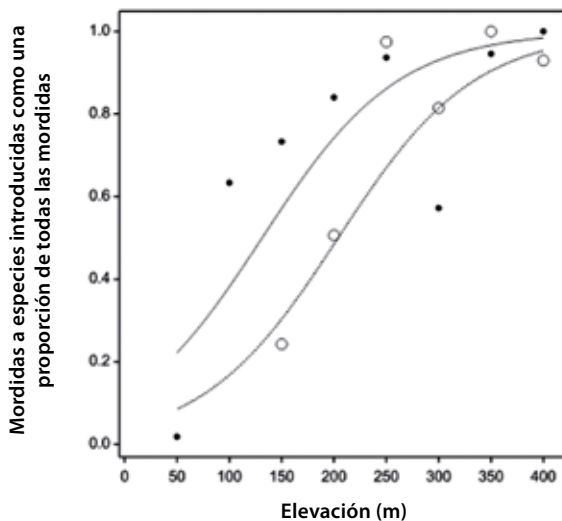


Figura 3. Un ejemplo de la migración (usando los rastros de la tortuga Helber) en relación a las variables ambientales, incluyendo elevación, precipitación, temperatura y productividad de la vegetación (NDVI, el Índice Normalizado de la Diferencia de Vegetación derivado de datos satelitales).

Migración de las tortugas y manejo del paisaje

La migración de las tortugas vincula importantes hábitats estacionales para estos animales: áreas de alimentación/anidación en las partes bajas y áreas de forrajeo en la parte alta. Los patrones de migración de las tortugas evolucionaron durante milenios, antes de que los humanos llegaran a Galápagos y transformaran los hábitats naturales de la parte alta de las islas habitadas en tierra para sembrío, llenándola de especies introducidas e invasoras, atravesada por caminos y cercas, y salpicada con casas. Los patrones naturales de migración dan como resultado que muchas tortugas se muevan adentro en la zona agrícola de Santa Cruz. Las tortugas marcadas en La Reserva pasan 33% de su tiempo total en la zona agrícola, en donde se alimentan abundantemente de hojas y frutos de especies introducidas (Figura 4). Datos preliminares indican que a las tortugas les va bien con

esta dieta, de acuerdo a los índices de la condición del cuerpo calculados a finales de 2013, usando una fórmula modificada de Flint *et al.* (2009). El índice de condición se calculó como $\text{peso} \div \text{largo}^{2,89}$; Flint *et al.* (2009) usaron un exponente de 3, mientras que nuestro exponente de 2,89 se basa en el logaritmo resultante de la curva de la relación entre el largo curvo del carapacho y la masa corporal, calculada a partir de una muestra de 100 tortugas adultas. Los conteos de los glóbulos rojos de la sangre y el contenido de proteína total fueron todos más altos para las tortugas de la parte alta que para las de la parte baja. Extensas áreas de la zona agrícola contienen especies que fueron introducidas específicamente por su alto valor nutritivo para el ganado, como el pasto *Paspalum conjugatum*, y para el consumo humano, como *Psidium guajava* y *Passiflora edulis*, cuyas frutas son atractivas para las tortugas.



Un serio problema que enfrentan las tortugas de Santa Cruz yace en mantener el acceso y la calidad de sus hábitats estacionales críticos dada la creciente expansión de las especies invasoras y el desarrollo de infraestructura. Dos especies de plantas introducidas particularmente agresivas, *Rubus niveus* (mora) y *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), crecen en extensos y densos matorrales que dejan fuera de competencia y eliminan a las especies nativas que sirven de alimento para las tortugas, inhiben sus movimientos y bloquean sus rutas migratorias.

En otros casos, los finqueros construyen cercas tupidas con árboles espaciados muy cercanamente uno del otro y atados con alambre de púa para mantener a las tortugas fuera de sus pastizales (Figura 5). Pequeñas áreas cercadas para proteger cultivos puede que no sean perjudiciales para las tortugas, pero si grandes áreas de la parte alta se bloquean con cercas, la habilidad de las tortugas para encontrar comida y mantener una buena condición

corporal durante la fase que pasan allá, puede verse comprometida. En 2011, una tortuga marcada con GPS y llamada Sebastián (Figura 5), que había migrado el año anterior, entró a una finca cercada, permaneció en la finca la mayor parte del año siguiente y no migró. No podemos estar seguros que Sebastián no haya sido capaz de hallar la forma de migrar como lo había hecho en el pasado, pero había muy pocas aberturas en la cerca, y nosotros sospechamos que él estuvo accidentalmente cautivo por la cerca hasta que logró encontrar la forma de salir de la finca para migrar.

De forma similar, existe muy poca duda de que el camino principal entre Puerto Ayora y Baltra sea una barrera formidable para el desplazamiento de las tortugas (Figura 6a). Por contraste, las tortugas usan frecuentemente senderos de tierra a pesar de que a menudo hay obstáculos a lo largo de la vía, que evitan que se muevan fuera del camino hacia la vegetación circundante (Figura 6b).

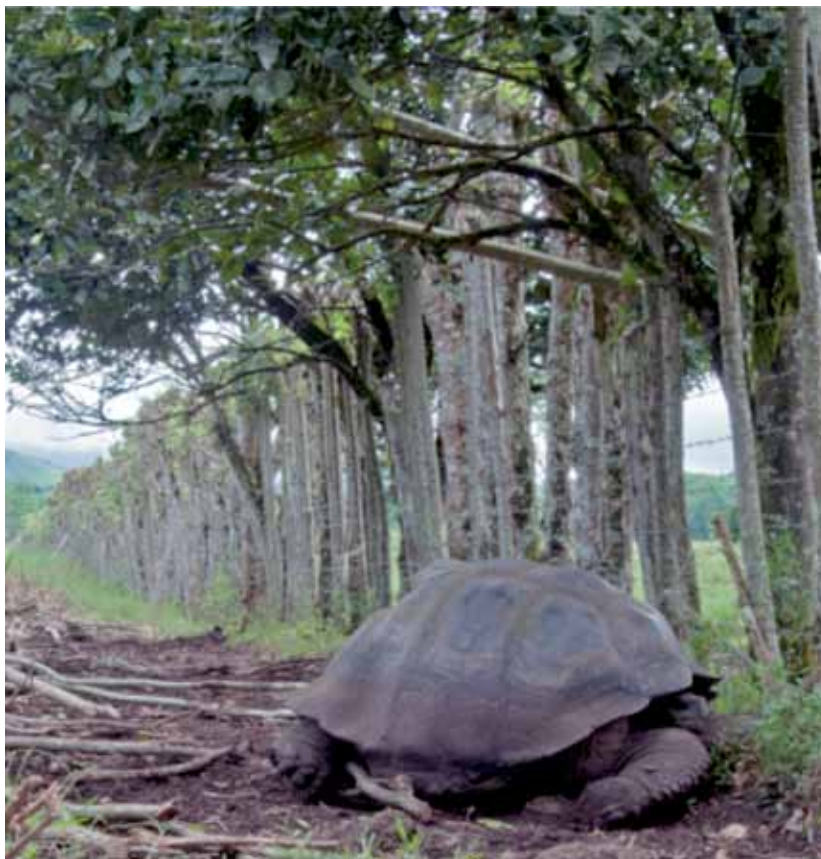


Figura 5. Una tortuga adulta llamada Sebastián, que aparentemente estuvo atrapada en una finca en la parte alta por un año debido a una cerca casi impenetrable, no fue capaz por ende de completar su migración estacional hacia la parte baja.



Figura 6. Impactos contrastantes que las vías ejercen sobre las tortugas; (a) el camino principal que divide a Santa Cruz es probablemente una barrera infranqueable para las tortugas, (b) senderos pequeños pueden ser conductos para su desplazamiento.

Conclusiones y recomendaciones

El manejo efectivo de las poblaciones de tortugas requiere un mejor conocimiento sobre su distribución y abundancia estacionales, la identificación de corredores de migración, una valoración cuantitativa de la geografía y la severidad de las amenazas actuales, y un análisis de probables problemas y oportunidades futuras. Un importante paso hacia adelante en Santa Cruz sería efectuar un censo cuantitativo y un ejercicio de mapeo del área de vida de las tortugas para: (a) proveer estimaciones precisas de su

abundancia, las cuales al momento no están disponibles; (b) identificar la distribución estacional de las tortugas por tipo de hábitat, incluyendo las áreas naturales versus las agrícolas y la proximidad a infraestructuras humanas, y (c) hacer un mapa de las especies invasoras dañinas y valorar su efectividad como barreras. Adicionalmente, los investigadores y manejadores de tortugas deberían trabajar con los departamentos de planificación del uso del suelo para determinar posibles escenarios de desarrollo y sus impactos potenciales sobre las tortugas para preparar medidas de mitigación.

Con los resultados pendientes de tal evaluación y un análisis más detallado de los movimientos de las tortugas en Santa Cruz, Alcedo y Española, que están en ejecución, se recomienda las siguientes acciones:

1. **Remoción y/o reducción de barreras que afectan a la migración.** Los finqueros que intentan proteger sus fincas de las tortugas deberían ser motivados para que sus pastizales sean accesibles a las tortugas, las cuales han dependido de esas áreas por milenios. Esto se puede conseguir manteniendo múltiples entradas dentro de cercas de otra manera densas, a través de las cuales las tortugas puedan pasar, pero que sean lo suficientemente pequeñas para evitar el paso del ganado. No existen métodos exitosos para la erradicación de la mora o el pasto elefante, los que representan dos barreras significativas para el desplazamiento de las tortugas y que también son catastróficos para las especies nativas. En vez de una erradicación efectiva, se deberían abrir caminos a través de los extensos matorrales de estas especies en áreas que son conocidas como rutas migratorias de tortugas.
2. **Mitigación de los impactos causados por las carreteras.** No estamos al tanto de planes presentes para el desarrollo de vías en la parte alta de Santa Cruz, pero a medida que la economía continúa creciendo, es muy probable el desarrollo de infraestructura. Idealmente, se debería evitar construir más caminos debido a la infinidad de impactos ecológicos negativos (Trombulak & Frissell, 2000), no solo para las migraciones de las tortugas. Si se diera el desarrollo de vías, la planificación debería incluir medidas de mitigación para las tortugas que se enfoquen en: (a) orientación desde la parte alta a la parte baja; (b) asegurando que la vegetación que crece a lado del camino permita el tránsito de las tortugas; (c) desarrollo e implementación de reglas estrictas para un mínimo desarrollo urbanístico en áreas que son usadas por las tortugas; (d) controlando el tráfico y (e) considerando el establecimiento de pasadizos elevados o subterráneos para tortugas en intersecciones críticas en donde las vías principales crucen con sus rutas migratorias.
3. **Mantenimiento de un hábitat de alta calidad en ambos extremos de la migración.** Las tortugas pueden ser incompatibles con la producción de vegetales y frutos de tamaño pequeño, dado que en áreas donde hay un gran número de tortugas, éstas pueden ocasionar daño y pérdidas económicas que conduzcan al fracaso de las cosechas. Sin embargo, tales cosechas tienden a requerir áreas pequeñas que rinden en un alto grado por lo cual la construcción de una cerca no debería representar un costo adicional mayor. Los árboles frutales y de nueces son compatibles con las tortugas siempre y cuando se mantenga vegetación baja a nivel de suelo. Es

necesaria una investigación aplicada para explorar las opciones de producción que sean compatibles con la conservación de las tortugas, que potencialmente involucre una matriz de pasto y bosque nativo/semi-nativo abierto. Otras cosechas como el café, cuya producción se está expandiendo rápidamente en Santa Cruz, pueden necesitar protección en su fase de establecimiento, por lo que hay que considerar de modo cuidadoso cómo proteger áreas de cultivo grandes sin crear barreras de importancia para el desplazamiento de las tortugas.

En resumen, las tortugas gigantes de Santa Cruz constituyen un enorme beneficio ecológico, cultural y socioeconómico para el archipiélago. El hecho de que las tortugas migren, las hace vulnerables a la modificación del hábitat a una escala paisajística. Si no se mantienen los hábitats críticos y la conectividad para la migración, esto podría resultar en serias consecuencias negativas para ambas poblaciones de tortugas de Santa Cruz. La planificación meticulosa del uso de la tierra, el refinamiento de nuestras recomendaciones mediante conversaciones con finqueros, ciudadanos, profesionales, manejadores y científicos, y la implementación en el corto plazo de medidas simples y efectivas para ayudar a que las tortugas continúen haciendo lo que han hecho por milenios, son los primeros pasos sólidos, prácticos y sensibles.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección del Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin por su fuerte apoyo a nuestro trabajo. Estamos enormemente agradecidos por el financiamiento recibido de la Fundación Nacional de los Estados Unidos para la Ciencia, la Sociedad Nacional Geographic, Amigos de Galápagos de Suiza, el Zoológico de Zúrich, Galapagos Conservation Trust, e-obs GmbH, el Fondo Woodspring y el Zoológico de San Diego. Steve Devine y muchos otros propietarios de fincas locales en Galápagos que nos permitieron acceso gratuito lo cual lo reconocemos efusivamente. Sebastián Cruz y Linda Cayot brindaron comentarios valiosos en una primera versión de este artículo.

Referencias

- Berger J. 2004. The last mile: How to sustain long-distance migration in mammals. *Conservation Biology* 18:320-331.
- Blake S, CB Yackulic, F Cabrera, W Tapia, JP Gibbs, F Kummeth & M Wikelski. 2013. Vegetation dynamics drive segregation by body size in Galapagos tortoises migrating across altitudinal gradients. *Journal of Animal Ecology* 82:310-321.
- Flint M, J Patterson-Kane, P Mills, CJ Limpus, TM Work, D Blair & PC Mills. 2009. Postmortem diagnostic investigation of disease in free-ranging marine turtle populations: A review of common pathologic findings and protocols. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 21:773-759.
- Gibbs JP, C Márquez & EJ Sterling. 2008. The role of endangered species reintroduction in ecosystem restoration: Tortoise-cactus interactions on Española island, Galapagos. *Restoration Ecology* 16:88-93.
- Gibbs JP, EJ Sterling & FJ Zabala. 2010. Giant tortoises as ecological engineers: A long-term quasi-experiment in the Galapagos Islands. *Biotropica* 42:208-214.
- Harris G, S Thirgood, J Grant, C Hopcraft, JPM Cromsigt & J Berger. 2009. Global decline in aggregated migrations of large terrestrial mammals. *Endangered Species Research* 7:55-76.
- Holdo RM, JM Fryxell, ARE Sinclair, A Dobson & RD Holt. 2011a. Predicted impact of barriers to migration on the Serengeti wildebeest population. *PLoS ONE* 6, e16370.
- Holdo RM, RD Holt, ARE Sinclair, BJ Godley & S Thirgood. 2011b. Migration impacts on communities and ecosystems: empirical evidence and theoretical insights. *Animal Migration: A Synthesis* (ed. by EJ Milner-Gulland, JM Fryxell & ARE Sinclair), pp. 131-143. Oxford University Press, Oxford, U.K.
- Márquez C, DA Wiedenfeld, S Landázuri & J Chávez. 2007. Human-caused and natural mortality of giant tortoises in the Galapagos Islands during 1995-2004. *Oryx* 41:337-342.
- Milner-Gulland EJ, JM Fryxell & ARE Sinclair. 2011. *Animal Migration: A Synthesis*. Oxford University Press, Oxford.
- Shuter JL, AC Broderick, D Agnew, J Jonzén, BJ Godley, EJ Milner-Gulland & S Thirgood. 2012. Conservation and management of migratory species. *Animal Migration: A Synthesis* (ed. by EJ Milner-Gulland, JM Fryxell & ARE Sinclair), pp. 172-206. Oxford University Press, New York.
- Trombulak SC & CA Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.
- Watkins G & P Oxford. 2009. *The two sides of the coin*. Parque Nacional Galápagos & Fundación Charles Darwin. Puerto Ayora, Galapagos, Ecuador.
- Wilcove DS & M Wikelski. 2008. Going, going, gone: Is animal migration disappearing? *Plos Biology* 6:1361-1364.