

# UTILIZACIÓN DE UN ANÁLISIS DE DISCREPANCIAS (GAP ANALYSIS) PARA MODELAR LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL POTENCIAL DE ESPECIES ENDÉMICAS DE AVES EN DOS COMUNIDADES RURALES DE LA SIERRA DE MANANTLÁN Y SU APLICACIÓN EN LA GESTIÓN DEL TERRITORIO

**Oscar Gilberto Cárdenas Hernández**

Universidad de Guadalajara

*oscar.cardenas@cucsur.udg.mx*

**Sarahy Contreras Martínez**

Universidad de Guadalajara

**Carlos Armando Pacheco Contreras**

*Universidad Nacional Autónoma de México*

**Timothy C. Moermond**

University of Wisconsin-Madison

El propósito de este estudio es analizar el efecto de la deforestación en la distribución espacial potencial de las especies de aves endémicas reportadas para las dos comunidades rurales utilizando un análisis de discrepancias (GAP analysis), y evaluar la aplicabilidad de los resultados para la gestión del territorio de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. El estudio parte de las siguientes premisas: 1) la deforestación en la Sierra de Manantlán influye sobre la distribución espacial potencial de las especies de aves endémicas, y 2) la protección de hábitats para estas especies es inadecuada, lo que incrementa su vulnerabilidad a la extinción. Los resultados obtenidos nos muestran que ha habido un proceso de deforestación significativo en el área, particularmente antes del establecimiento oficial del área protegida (1987), lo que ha influido en la disponibilidad del hábitat de las especies de aves endémicas de la región y, por ende, en su distribución espacial potencial. Sin embargo, nuestros resultados muestran que las áreas con mayor riqueza de estos organismos se encuentran protegidas por una de las zonas núcleo de la reserva, por lo que su protección se encuentra asegurada, por lo menos a mediano plazo.

**Palabras Clave:** GAP, deforestación, endémica, SIG

## INTRODUCCIÓN:

La pérdida de especies de aves que habitan en bosques tropicales se aceleró en las últimas décadas después de la reducción acelerada de los bosques a nivel mundial (Lovejoy *et al.* 1986, Christiansen y Pitter 1997, Contreras-Martínez 1999). Las aves han sido uno de los grupos taxonómicos más estudiados con respecto al impacto que tienen sobre estos organismos procesos tales como la fragmentación (Turner 1996) y la deforestación (Brooks *et al.* 1997, Contreras-Martínez 1999). Sin embargo, existen pocos estudios sobre los efectos de la deforestación y el cambio de cobertura en las especies de aves que habitan los bosques tropicales del occidente de México, particularmente de las especies endémicas al área. Asimismo, la metodología utilizada en este trabajo ha sido muy poco utilizada como herramienta para la gestión del territorio en nuestro país.

En este trabajo utilizamos como casos de estudio dos comunidades rurales ubicadas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), el ejido<sup>1</sup> Ayotitlán y la Comunidad Indígena de Cuzalapa. Estas comunidades poseen varios tipos de vegetación en los que habita una gran riqueza de especies de aves, incluyendo muchas de las especies de aves endémicas, amenazadas y en peligro de extinción reportadas para México. Debido a su riqueza, esta área es importante para la conservación de aves a nivel local, nacional e internacional.

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de la deforestación y los cambios de cobertura sobre la distribución espacial potencial de las especies de aves endémicas, aplicando los resultados en el manejo y gestión del territorio de la RBSM, una de las áreas naturales protegidas más importantes en el occidente de México.

Los resultados obtenidos de este trabajo pueden ser utilizados para mejorar las prácticas de manejo de los recursos naturales en el área, así como también de reducir los riesgos de extinción no sólo de las especies de aves endémicas, sino también de otros organismos que ocurren en el área.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ejido Ayotitlán cuenta con un área de 37,986 ha y tiene un topografía muy irregular, con un rango altitudinal que va de los 800 a los 2,880 msnm y con pendientes pronunciadas en casi el 50% de su territorio. El 48% de la superficie del ejido se encuentra dentro de los límites del ejido (Cuadro 1, Fig. 1).

Cuadro 1. Distribución del territorio del ejido Ayotitlán y la comunidad indígena de Cuzalapa en los límites de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.

| Comunidad | Fuera de la RBSM |     | Dentro de zona de amortiguamiento |     | Dentro de zona núcleo |     | Superficie total (ha) |
|-----------|------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|
|           | ha               | %   | ha                                | %   | ha                    | %   |                       |
| Ayotitlán | 19,833.3         | 52% | 9,524.2                           | 25% | 8,628.5               | 23% | 37,985.9              |
| Cuzalapa  | 2,083.4          | 8%  | 17,156.0                          | 72% | 4,728.1               | 20% | 23,967.6              |

La comunidad indígena de Cuzalapa tiene una superficie de 23,967 ha y presenta también una topografía muy irregular, con un rango altitudinal y con pendientes pronunciadas similares a los de Ayotitlán. El 91% de la superficie de Cuzalapa se localiza dentro de los límites de la RBSM (Cuadro 1, Fig. 1).

<sup>1</sup> *Ejido* es un tipo de propiedad comunal reconocida por las leyes mexicanas. Es una creación de la Revolución Mexicana que les permite a grupos de personas solicitar accesos a recursos sobre los cuales no tenían derechos previos (Alcorn y Toledo, 1995).

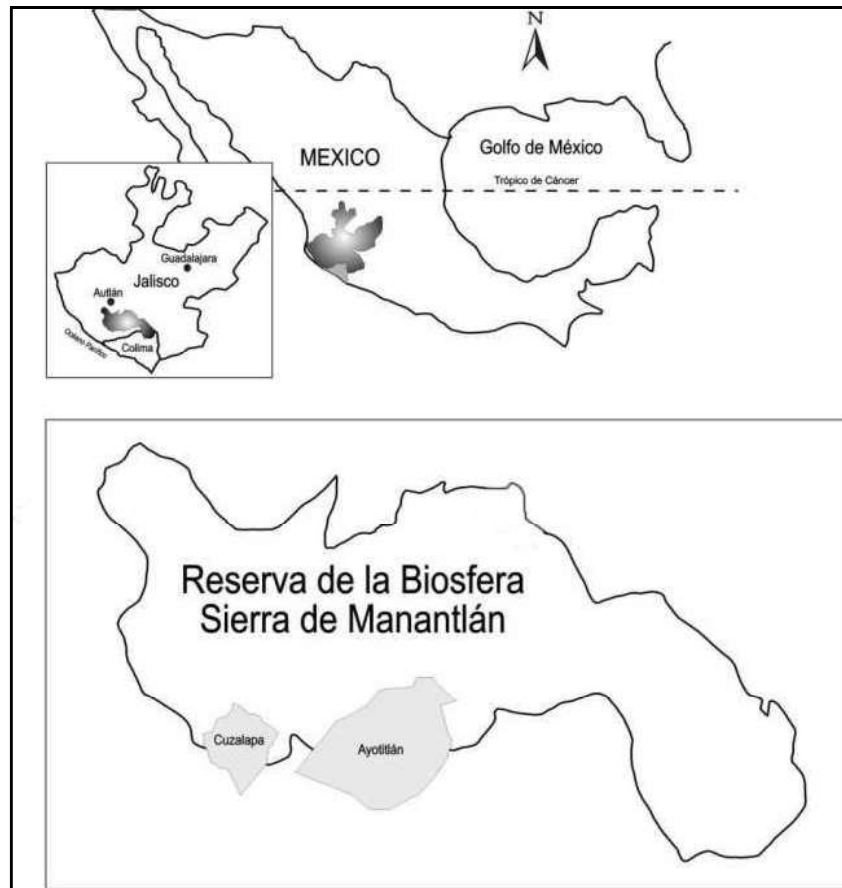


Figura 12. Ubicación geográfica del ejido Ayotitlán y la comunidad indígena de Cuzalapa.

## MÉTODOS

Primero se realizó un análisis de cambio de cobertura y deforestación en el área de estudio, para el cual utilizamos imágenes de satélite obtenidas en cuatro fechas diferentes: 1972, 1980, 1990 (imágenes LANDSAT Multispectral Scanner MSS1) y 2000 (imagen LANDSAT Thematic Mapper o TM2). También se incorporaron al análisis mapas de precipitación y temperatura promedio anuales. Asimismo, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (Digital Elevation Model o DEM) que cubría ambos municipios. Estos mapas fueron transformados a raster<sup>3</sup> en formato GRID<sup>4</sup>, con un tamaño de pixel<sup>5</sup> de 15 m.

Nuestra base de datos de especies de aves incluyó 47 especies de aves endémicas, las cuales han sido registradas mediante la observación y/o captura. Incluimos a este grupo de aves por su importancia para la conservación. Estas especies pertenecen a dos grupos de endemismo, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (Diario Oficial de la Federación 1994):

<sup>1</sup> El sensor remoto MSS es capaz de adquirir información espectral en 4 bandas, 2 en el espectro visible y dos en el espectro cercano al infrarrojo. Tiene un pixel de 80 m de tamaño.

<sup>2</sup> El sensor remoto TM es capaz de adquirir información en 7 bandas espectrales y su pixel tiene una resolución espacial de 30 m.

<sup>3</sup> El formato raster se refiere a la representación de una imagen referida en filas (*rows*) y columnas (*columns*).

<sup>4</sup> El formato grid se compone de una "malla" o rejilla de pixeles.

<sup>5</sup> Un pixel es un punto en particular en una imagen

- Endémicas a las montañas de México, esto es, especies restringidas al Eje Neovolcánico Transversal, la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur.
- Endémicas al occidente de México, esto es, especies restringidas a la planicie costera del Pacífico y la cuenca del río Balsas.

Para evaluar la deforestación y el cambio de cobertura en el área de estudio, clasificamos las imágenes de satélite en tres categorías principales de cobertura: Aéreas Abiertas (que incluyeron zonas agrícolas y ganaderas), Bosques Tropicales (que incluyeron bosques tropicales caducifolios y vegetación asociada) y Bosques Templados (que incluyeron bosque tropical subcaducifolio, bosque de encino, bosque de pino-encino y bosque mesófilo). Se seleccionaron estas categorías ya que, asociadas con otras variables como altitud, temperatura y precipitación, representan las condiciones de hábitat que las aves necesitan.

Para detectar cambios en la cobertura del área llevamos a cabo un análisis de detección de cambio utilizando el módulo CROSSTAB del programa IDRISI Kilimanjaro (Eastman 1999), que realiza dos operaciones básicas. La primera es una tabulación cruzada de las imágenes, en la que las categorías de una imagen son comparadas con las de una segunda imagen. La segunda operación es una sobreposición múltiple que muestra todas las combinaciones de la operación lógica “AND”. El resultado es una nueva imagen que muestra todas las combinaciones de las categorías de las imágenes originales.

La primera etapa para generar un mapa de distribución espacial potencial de una especie en particular es generar una base de datos de puntos de ocurrencia<sup>1</sup>. En este estudio utilizamos una base de datos de todas las aves reportadas para el sur de Jalisco generada por diferentes observadores (incluyendo investigadores, estudiantes y voluntarios). Todas las observaciones con datos de referencia geográfica (en coordenadas UTM) fueron geográficamente registradas con el programa ArcView 3.1. Los registros sin datos de referencia geográfica fueron excluidos del estudio. El segundo paso es generar mapas con información sobre los factores ambientales que influyen en la distribución de las aves, tales como vegetación, altitud, precipitación y temperatura.

Posteriormente llevamos a cabo un análisis de discrepancias (*GAP analysis*) utilizando el programa *Desktop GARP* desarrollado por Scachetti-Pereira (2001). El análisis se llevó a cabo utilizando la metodología descrita por Anderson *et al.* (2003), la cual permite obtener los mejores resultados (*best sub-sets*) y un balance del modelo, así como también todos los errores registrados. Para obtener mejores resultados programamos Desktop GARP para que llevara a cabo 20 ejecuciones con mil repeticiones para cada especie utilizando las variables mencionadas anteriormente. Utilizamos 20% de los puntos de ocurrencia como puntos de entrenamiento para las pruebas del programa.

En los mapas resultantes agrupamos a las especies en 5 categorías, las cuales representan el número de especies que se pueden encontrar potencialmente en un área en particular: (A) 1-5 especies, (B) 6-10 especies; (C) 11-15 especies; (D) 16-20 especies; (E) 21-25 especies; (F) 26-30 especies; (G) 31-35 especies. En este sentido la categoría (A) contiene hasta 5 especies, mientras que la categoría (G) puede tener hasta 35 especies.

En el paso final de nuestros análisis, y con los resultados sobre deforestación y cambios de cobertura, predecimos la distribución espacial potencial de 47 especies endémicas de aves. Para esto se realizó un análisis de discrepancias, que identifica “huecos” de diversidad en áreas con o sin prácticas de manejo, y predice la

---

<sup>1</sup> La base de datos de puntos de ocurrencia contiene todas las observaciones de una o varias especies en una ubicación geográfica definida.

distribución de vertebrados de acuerdo a variables espaciales y temporales (Scott *et al.* 1993, Machlis *et al.* 1994). Este análisis se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Contreras-Martínez (1999). La asociación de atributos (tipo de hábitat y elevación) con variables espaciales permite la creación de mapas de distribución potencial (Johnston 1998). Todos los mapas tenían el mismo tamaño de pixel (15 x 15 m) y el mismo número de filas y columnas. Finalmente se sobrepusieron los mapas de cada especie para generar los mapas de distribución general.

## RESULTADOS

El cambio de cobertura y uso del suelo, así como la fragmentación de los bosques, influyen en la distribución espacial potencial de aves (Dale *et al.* 1994, Contreras-Martínez 1999, Gillespie 2000). Nuestros resultados muestran que los cambios en la cobertura modificaron el área de distribución espacial potencial para todas las categorías utilizadas al agrupar las especies de aves endémicas.

En el caso de Ayotitlán, por ejemplo, aquellas áreas que potencialmente contienen pocas especies de aves (hasta 10 especies) se incrementaron durante el periodo comprendido entre 1972 y el año 2000, mientras que las áreas que potencialmente contienen más especies de aves endémicas (30-34 especies) se redujeron un 20% aproximadamente. Por otro lado, aquellas áreas que pueden contener hasta 25-29 especies tuvieron cambios significativos (Cuadro 2). Estas áreas están ubicadas en las partes altas del ejido, precisamente donde se presentaron menos cambios de cobertura. Las áreas que contienen potencialmente un buen número de especies (21-24 especies) fueron las más afectadas por los cambios de cobertura en Ayotitlán. Estas áreas están ubicadas precisamente en las partes donde el ejido sufrió cambios más drásticos durante el periodo comprendido entre 1970 y el año 2000 (Anexo 1).

Nuestros resultados en Cuzalapa muestran que las áreas con una distribución espacial potencial de 10 a 20 especies de aves disminuyeron durante el periodo 1970-2000. El cambio más significativo ocurrió en las áreas donde podríamos esperar encontrar 20-24 especies endémicas. Estas áreas disminuyeron un 20% de su tamaño original en 1970 y están localizadas en las áreas que sufrieron mayores cambios de cobertura en Cuzalapa (Anexo 2). Por otro lado, las áreas donde podríamos esperar encontrar de 25-29 especies se incrementaron tres veces durante 1970-2000, en áreas donde se presentaron menos cambios.

La distribución espacial de las especies es muy importante en términos de gestión del territorio, particularmente en la gestión de áreas naturales protegidas y áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. En este estudio encontramos que la distribución potencial y el número de especies de aves endémicas en Ayotitlán y Cuzalapa varían de acuerdo al rango altitudinal y la vegetación. La sobreposición de la ocurrencia de especies endémicas en ambas áreas muestra que aquellas áreas localizadas en rangos altitudinales medios y altos contienen potencialmente más especies de aves endémicas que aquellas ubicadas en altitudes bajas (Anexos 3 y 4), lo cual ejemplifica la afinidad de este grupo por los tipos de vegetación ubicados en un rango altitudinal de 1,000 a 1,800 msnm.

En Ayotitlán las áreas donde potencialmente se pueden encontrar más especies endémicas de aves se localizan dentro de las zonas núcleo y de amortiguamiento de la RBSM. En este sentido, dentro de la zona núcleo de la reserva se protege un mínimo de 75% de las áreas donde se pueden encontrar hasta 15 especies endémicas de aves, mientras que la zona de amortiguamiento protege hasta un 96% de dichas áreas (Anexo 3). En Cuzalapa

prácticamente la mayoría de las áreas donde se pueden encontrar hasta 15 especies endémicas de aves se localizan dentro del área núcleo de la reserva (Anexo 4).

## DISCUSIÓN

Entender la distribución espacial de los organismos, así como sus requerimientos de hábitat, es considerado como un elemento muy importante en términos de conservación (Fjeldsa y Rahbebek 1997) y de gestión del territorio, particularmente en las áreas naturales protegidas y en las áreas que las rodean.

Con el fin de conservar la biodiversidad en áreas como la RBSM, es necesario entender que la reserva no provee de protección completa y real a los organismos, ni asegura las prácticas de conservación de recursos en esta región fuera de sus límites. Además, los residentes del área continúan abriendo áreas boscosas para el establecimiento de pastizales para el ganado, y aunque existe un plan de manejo para el área, su implementación se vuelve difícil por todos los factores involucrados (tanto ambientales como socioeconómicos). Por estas razones se vuelve necesario seguir varios pasos antes de conservar efectivamente áreas con hábitats de interés especial para determinados tipos de organismos (especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción). Por ejemplo, se requiere dar un manejo adecuado y sustentable alrededor del área protegida, así como también brindar alternativas de uso de recursos naturales a los pobladores para reducir la presión sobre los recursos de la reserva.

Se requiere también rezonificar la RBSM basándose en objetivos sociales y ambientales, pero incorporando específicamente la conservación de especies endémicas como una de las variables más importantes. Un enfoque de modelaje sería muy útil para evaluar qué características de las especies son mejores para asegurar su supervivencia en áreas forestales fragmentadas o completamente deforestadas (Dale *et al.* 1994, Cuarón 2000). Por lo tanto se deberían tomar ventaja de los resultados obtenidos de sensores remotos y sistemas de información geográfica. Estas herramientas pueden ayudar en el manejo y conservación de bosques bajo manejo. Sin embargo, y más importante, el trabajo conjunto con los pobladores del área desde un enfoque participatorio podría, al mismo tiempo, ayudar a conservar la biodiversidad y alcanzar el uso sustentable de los recursos naturales en el área.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R.P., D Lew, and A.T. Peterson, 2003: Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecol. Mod.*, 162, 211–232.
- Brooks, T. M., S. L. Pimm and N. G. Collar. 1997. Deforestation Predicts the Number of Threatened Birds in Insular Southeast Asia. *Conservation Biology* 11(2):382-394.
- Christiansen, M. B. and E. Pitter. 1997. Species loss in a forest bird community near Lagoa Santa in southeastern Brazil. *Biological Conservation* 80:23-32.
- Contreras-Martínez, S. 1999. Preliminary Analysis of Endemic and Threatened Avifauna Distribution in Southern Jalisco, Mexico. Thesis. Master of Science, Conservation Biology and Sustainable Development Program, Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin-Madison.
- Cuarón, A. D. 2000. Effects of Land-cover Changes on Mammals in a Neotropical Region: A Modeling Approach. *Conservation Biology* 14(4):1676-1692.

- Dale, V. H., S. M. Pearson, H. L. Offerman and R. V. O'Neill. 1994. Relating Patterns of Land-use Change to Faunal Biodiversity in the Central Amazon. *Conservation Biology* 8(4):1027-1036.
- Diario Oficial de la Federación. 16 de mayo de 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. Pp: 2-60
- Eastman, J. R. 1999. *Guide to GIS and Image Processing, Vol. I.* Clark Labs, Clark University, MA. 193 p.
- Fjeldsa, J. and C. Rahbek. 1997. Species Richness and Endemism in South American Birds: Implications for the Design of Networks of Nature Reserves. In: Laurance, W. F. and R. O. Bierregaard (eds.) *Tropical Forests Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities.* University of Chicago Press, pp. 466-482.
- Gillespie, T. W. 2000. Rarity and Conservation of Forest Birds in the Tropical Dry Forest Region of Central America. *Biological Conservation* 96:161-168.
- Johnston, C. A. 1998. *Methods in Ecology: Geographic Information Systems.* Blackwell Science. 239 pp.
- Lovejoy, T., R. O. Bierregaard Jr., A. B. Rylands, C. E. Quintela, L. H. Harper, K. S. Brown Jr. and A. H. Powell. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. *Conservation Biology* 1986, pp. 257-285.
- Machlis, G. E., D. J. Forested and J.E. Mckendry. 1994. Gap Analysis and national parks: Adding the Socioeconomic Dimension. *Park Science*, winter: 6-10.
- Scachetti-Pereira, R., 2001: Desktop GARP. <http://beta.lifemapper.org/desktopgarp/>. 3 October, 2002.
- Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'Erchia, T. C. Edwards, Jr., J. Ulliman, and G. Wright. 1993. GAP analysis: A geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, no.123: 1-141.
- Turner, I. M. 1996. Species Loss in Fragments of Tropical Rain Forest: A Review of the Evidence. *Journal of Applied Ecology* 33:200-209.