

Informe final* del Proyecto JU010
Simposio: Cambio climático y sus efectos en las aves en México

Responsable: Dr. Gerardo Sánchez Rojas
Institución: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Dirección: Carretera a Pachuca-Tulancingo km 4.5 s/n, Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo, 42184 , México
Correo electrónico: juuu@uahgo
Teléfono/Fax: (01-771) 7172-000 ext. 6663; Fax: (01-771) 7172-112
Fecha de inicio: Agosto 15, 2010
Fecha de término: Abril 27, 2012
Principales resultados: Reunión académica, informe final,
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Sánchez, G., Feria, T. y R. Ortiz. 2012, Simposio: Cambio climático y sus efectos en las aves en México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. **Informe final, SNIB-CONABIO, proyecto No. JU010.** México, D. F.

Resumen:

El XI Congreso para el estudio y conservación de las aves en México (CECAM), es un evento nacional al que acuden la mayor parte de los investigadores, estudiantes, aficionados e interesados en el estudio de las aves, por lo que se presentará en dicho foro el "Simposio: Cambio climático y sus efectos en las aves en México". Los efectos del calentamiento global sobre la biodiversidad son diversos e incluyen modificaciones en los periodos de migración, reproducción, alteración en las relaciones simbióticas (p.e., polinizador-planta), así como cambios latitudinales, altitudinales, de expansión o de contracción de la distribución de las especies. Se estima que el calentamiento global se acelerará en los próximos años, y con ello los efectos negativos en la biota, incluyendo la extinción de las especies. Dada la magnitud del problema, es indispensable contar con información que permita proyectar los efectos del cambio climático en el mediano y largo plazo, con el fin de tomar decisiones y plantear programas de conservación viables. Este simposio es el primero en su tipo en presentar temas que involucran efectos del cambio climático sobre la distribución de las especies de aves en varias regiones biogeográficas de México, así como en diferentes tipos de hábitats.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME DEL PROYECTO J10

SIMPOSIO: CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LAS AVES EN MÉXICO

Responsables: **Dr. Gerardo Sánchez-Rojas** Investigador Titular B de tiempo completo Laboratorio de Ecología de la Conservación, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo A.p. 69, Pachuca, Hgo., 42001, México Tel.: (01-771) 7172-000 ext. 6663 Fax: (01-771) 7172-112 e mail gsanchez@uaeh.edu.mx

Dra. Teresa Patricia Feria Assistant Professor Laboratory of Landscape Ecology The University of Texas Pan American 1201 West University Drive Edinburg, Texas 78539 Office: (956) 292-7322 FAX: (956) 381-3657 e-mail: tpferia@utpa.edu

Dr. Raúl Ortiz-Pulido

Investigador Titular C de tiempo completo Laboratorio de Ecología de Poblaciones Centro de Investigaciones Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo A.p. 69, Pachuca, Hgo., 42001, México Tel.: (01-771) 7172-000 ext. 6676 Fax: (01-771) 7172-112.

INFORME

El simposio se llevo a cabo el día 6 de octubre del año 2011 en la Universidad Autónoma de Sinaloa en la ciudad de Mazatlán. En él se presentaron ocho ponencias que involucraron a 34 diferentes investigadores de 16 diferentes Instituciones Públicas de Investigación o de Educación Superior tanto de México como del extranjero (ANEXO 1).

Los objetivos de este simposio fueron (1) presentar información sobre los efectos actuales y futuros del calentamiento global en algunas especies de aves y sus hábitats en México, (2) presentar métodos de vanguardia utilizados por diferentes investigadores para proyectar los efectos actuales y futuros del calentamiento global, (3) plantear propuestas que permitan unificar criterios para el establecimiento de programas de monitoreo de los efectos del cambio climático en diferentes especies de aves y (4) elaborar una lista de recomendaciones del uso de los métodos presentados en el simposio para generar estrategias de conservación de las diferentes especies de aves estudiadas.

Todos y cada uno de estos objetivos fue cumplido a cabalidad durante el Simposio, ya que como se observa en las presentaciones, los trabajos abarcaron más de uno de estos objetivos, y en conjunto abarcaron todos los objetivos planteados. De hecho fue posible lograra un manuscrito (ANEXO 2) que ha sido sometido a la Revista Mexicana de Biodiversidad donde se plasman muchas de las reflexiones que se desarrollaron durante el mismo tanto en el día del simposio como posteriormente en un intercambio epistolar intenso entre los investigadores que asistieron al simposio.

Con el monto otorgado para la realización de 47,900 (Cuarenta y siete mil novecientos pesos 00/100 m.n) fue posible pagar el boleto de avión y el hospedaje de los investigadores

Octavio Rojas, Patricia Feria, Patricia Illoldi, Jessica Bravo, Raúl Ortiz, Carlos Lara, y Jorge Valencia.

En la sala se reunieron alrededor de 30 personas del simposio (número importante si se considera que la asistencia al congreso XI Congreso para el Estudio y Conservación de las Aves en México fue de 250 personas), las cuales retroalimentaron la sesión con preguntas y observaciones sumamente pertinentes, como la necesidad de compartir la información sobre estos posibles efectos del cambio climático con los miembros de CIPAMEX (Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C.) (Ver el ANEXO 3).

ANEXO 1

TRABAJOS PRESENTADOS EN EL SIMPOSIO

CAMBIO CLIMÁTICO Y AVIFAUNA EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO.

Bravo-Cadena Jessica^{1,3}, Ortiz-Pulido Raúl¹, Martínez-Morales Miguel Ángel², Zuria Iriana¹ y Sánchez-Rojas Gerardo¹. ¹ Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México. ² Colegio de la Frontera Sur. ³ jesybravo@yahoo.com.mx

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALGUNAS

ESPECIES DE AVES DEL OESTE DE MÉXICO. Feria-Arroyo, Teresa Patricia¹; Dale, Jon². ¹Department of Biology, University of Texas–Pan American, Texas, EUA. ²Department of Biology, Texas A&M University-Kingsville, Texas, EUA. tpferia@utpa.edu.

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN BÚHOS DEL ESTADO DE HIDALGO.

Valencia-Herverth, Jorge¹ y Ortiz-Pulido, Raúl. Laboratorio de ecología de poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, A. P. 69, Pachuca, Hidalgo, México, C.P. 42001. valencia_herverth@yahoo.com.mx.

AVES PRIORITARIAS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Calixto-Pérez Edith^{1,2}, Martínez-Meyer Enrique², Arrollo-Lambaer Denise², Koleff-Osorio Patricia¹, Altamirano Miguel Ángel³, Martínez Julia³. ¹ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ² Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. ³ Instituto Nacional de Ecología. ecalixto@conabio.gob.mx

CAPACITACIÓN PARA EL PERSONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN MEXICO PARA DETECTAR LOS IMPACTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN POBLACIONES DE LAS AVES Y SUS HÁBITATS.

Duberstein, Jennifer N.^{1,4}, Ballard, Grant², y Bustamante Moreno, Elva Ivonne³. ¹ Sonoran Joint Venture, Arizona USA, ² Grupo de Cambio Climático y Informática, PRBO Conservation Science, Petaluma, California USA. ³ Dirección de Evaluación y Seguimiento, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México D.F. ⁴ Jennie_Duberstein@fws.gov.

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN DE COLIBRÍES TROPICALES: UN ESTUDIO DE CASO CON ESPECIES DE LOS GÉNEROS *Amazilia* Y *Cyananthus*.

Carlos Lara^{1,16}, Teresa Patricia Feria-Arroyo^{2*}, Jon Dale³, Jesus Munoz⁴, María del Coro Arizmendi⁵, Juan Francisco Ornelas⁶, Raúl Ortíz-Pulido⁷, Claudia Isabel Rodríguez-Flores⁸, Román Díaz-Valenzuela⁹, Vanessa Martínez-García¹⁰, Anaid Díaz-Palacios¹¹, Ruth Partida¹², Paula Enríquez¹³, José Luis Rangel¹⁴ y Jorge Schondube¹⁵. ^{1,10} Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala-UNAM, Tlaxcala, México. ² Department of Biology, University of Texas–Pan American, Texas, USA. ³ Department of Biology, Texas A&M University-Kingsville, Texas, USA. ⁴ Real Jardín Botánico (CSI), Madrid, España & Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador. ^{5,8} Laboratorio de Ecología, UBIPRO, FES-Iztacala, Universidad Nacional

Autónoma de México, Estado de México, México. ⁶ Departamento de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología, AC, Veracruz, México. ^{7,9} Centro de Investigaciones Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México. ¹¹ University of Bristol, Bristol, UK. ^{12,13,14} El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México. ¹² Laboratorio de Ecología Funcional CIEco, UNAM, Morelia, México. ¹⁶ laracar@posgradouatx.com.mx

EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y DE LA DEFORESTACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES SELECTAS DE VERTEBRADOS Y DEL GÉNERO OPUNTIA INCLUIDAS EN LA NOM-059-SEMARNAT-2001 EN MÉXICO. Víctor Sánchez-Cordero, Patricia Illodli-Rangel & Miguel Linaje Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 70-153, México D. F 04510.

LAS AVES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA ANTE DIVERSOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO: PERSPECTIVAS E IMPLICACIONES Rojas-Soto, Octavio R. ¹ ¹Red de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. octavio.rojas@inecol.edu.mx

ANEXO 2

Estudio del cambio climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras ^a

Feria Arroyo, Teresa Patricia¹, Sánchez-Rojas Gerardo², Ortiz-Pulido, Raúl², Bravo-Cadena, Jessica², Calixto Pérez, Edith³, Dale M., Jon⁴, Duberstein, Jennifer N.⁵, Illoldi-Rangel, Patricia⁶, Lara, Carlos⁷, Valencia-Herverth, Jorge² y Rojas-Soto, Octavio R.⁸

¹Biology Department, The University of Texas-Pan American, 1201 West University Drive Edinburg, Texas 78539.

²Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, A.p. 69, Pachuca, Hgo., 42001, México.

³Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Av. Liga Periférico-Insurgentes Sur N. 4903, Col. Parques del pedregal, Delg. Tlalpan, México D.F. .

⁴Texas Environmental Studies and Analysis, LLC, Kingsville, TX, USA

⁵Sonoran Joint Venture, 738 North 5th Ave, Ste. 102, Tucson, Arizona 85705.

⁶ Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Instituto de Biología, UNAM. Circueto exterior s/n, Ciudad Universitaria. México, DF. 04500

⁷Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Km 10.5 Autopista Tlaxcala-San Martín Texmelucan, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala 90120, México.

⁸ Red de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología, A. C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz 91070, México.

^a *Manuscrito sometido a la Revista Mexicana de Biodiversidad el día 26 de marzo de 2012*

Resumen

En la tierra está ocurriendo un cambio que está modificando las condiciones climáticas en todo el planeta. Los estimados actuales indican que este cambio continuará en el futuro. Diversas especies de aves, por sus características biológicas, como especialización de hábitat o alimento, rápida capacidad de respuesta a los cambios ambientales y distribución geográfica limitada, son organismos que permiten estimar el efecto que las modificaciones en el clima podrían tener en diversos sistemas biológicos. Es por ello que en México diferentes grupos de investigación están trabajando sobre el tema. En este trabajo se exploran los enfoques usados en ocho grupos de investigación que analizan los efectos del cambio climático en la avifauna mexicana. El 87.5% de estos grupos han usado dos escenarios de cambio climático, uno optimista (el B2) y otro pesimista (A2); el 100% de ellos usan la base de datos de variables ambientales generados por el proyecto WorldClim; el 62.5% ocupan como modelos de circulación general los generados por el Canadian Center for Climate Modelling and Analysis y el Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, y el 87.5% utilizan el algoritmo MaxEnt como modelo para estimar la distribución de especies. Detectamos necesidades de resolución, de colaboración, de estudios básicos, de aplicación y de identificación de especies y áreas en mayor riesgo, que creemos pueden ser cubiertas con 31 acciones que proponemos. Como ocurre a nivel mundial, en el país estamos en un momento de modelado predictivo y falta desarrollar métodos para probar y aplicar las predicciones elaboradas a la fecha.

Actualmente nuestro planeta está siendo afectado por un acelerado cambio climático global (CCG). Este fenómeno comprende, entre otras cosas, un incremento sostenido en la temperatura, que a su vez modifica los patrones de precipitación a nivel mundial. Se ha registrado que la temperatura se ha incrementado en 0.74°C durante el período 1906-2005, y que este valor se duplica en las zonas polares (IPCC 2007). Por su parte la precipitación se ha incrementado significativamente en algunas regiones durante el periodo 1900-2005, por ejemplo en el norte y sur de América; mientras que las áreas afectadas por sequías se han incrementado a nivel mundial desde 1970, como ocurre en el centro de México (Sáenz-Romero *et al.* 2010). De continuar este calentamiento se prevé que la temperatura podría incrementarse entre 1.1 y 6.4°C para el año 2100 (IPCC 2007). Los efectos de estos cambios ya se están reportando en la flora y fauna presente en distintas partes del planeta (Parmesan 2006).

Entre los grupos de fauna que han sido más estudiados por su reacción rápida a un CCG están las aves (Crick 2004, Sekercioglu *et al.* 2008). Esto es debido a que, comparado con otros grupos de organismos, se ha acumulado gran cantidad de conocimiento sobre ellas en los últimos 300 años, su taxonomía alfa está relativamente bien establecida, hay muchos profesionales y aficionados a las aves (lo que proporciona datos confiables), su muestreo es relativamente fácil y poco costoso, y hay seguimiento de su distribución y abundancia por períodos relativamente largos.

Estas características han facilitado estudios que evidencian modificaciones en aspectos básicos de su biología posiblemente debido al cambio climático. Entre estos aspectos están sus períodos de migración y anidación, sus tamaños poblacionales, la distancia que migran y su distribución (e.g. Crick 2004, Parmesan 2006, Peterson *et al.* 2010). Además, existen predicciones que indican que, debido en parte al cambio climático, muchas especies de aves se podrían extinguir en las siguientes décadas (Sekercioglu *et al.* 2004, Thomas *et al.* 2004). Por todo ello muchas especies de aves pueden ser usadas como grupo focal (*sensu* Moreno *et al.* 2007), pues permiten monitorear el efecto de este fenómeno en ecosistemas naturales o con influencia humana.

Si las aves, como grupo, son perturbadas negativamente por el CCG, esto afectará a los humanos, directa o indirectamente. Esto es debido a que las aves realizan actividades en el ambiente que benefician a los humanos. Entre estas actividades están la polinización, la dispersión de semillas y el consumo de plagas. Se calcula que las aves que consumen néctar polinizan cerca del 15% de las plantas en muchos sitios de América (Buzato *et al.* 2000); que las aves consumidoras de frutos dispersan entre el 30 y 70% de las semillas de plantas leñosas en América y Australia (Willson *et al.* 1989), y; que las aves que consumen insectos podrían evitar cerca del 28% de la pérdida en cosechas y madera (Forbush 1929). Estos y otros procesos se verán afectados al resentir las aves el cambio climático.

El efecto del CCG sobre una especie de ave podría ser mejor entendido si se consideran escalas finas de resolución (Peterson *et al.* 2010). Al considerar escalas menores, por ejemplo, en unidades de análisis (grano) > 50 km, se asume que la modificación climática es homogénea en el paisaje y esto impide identificar microrefugios donde las especies pueden persistir a pesar de un clima regional cambiante (Ashcroft *et al.* 2009). En este sentido cobra relevancia el hacer estudios a escala fina a nivel país, ya que esta información podría ayudar a conservar mejor la avifauna y sus actividades ambientales a este nivel.

Se han publicado pocos estudios sobre el efecto del CCG en las aves en México. Sin embargo, algunos sugieren que algunas especies podrían extinguirse localmente o ampliar

su distribución dependiendo de sus capacidades de dispersión (Peterson *et al.* 2001), de su amplitud de nicho (Peterson *et al.* 2002) y de su distribución actual (Bravo-Cadena 2010). Según Peterson *et al.* (2002) el recambio de las especies en las comunidades de aves en México podría superar el 40% para el año 2055, ya que muchas especies desaparecerán o serán desplazadas por otras.

A pesar del esfuerzo hecho hasta la fecha en México, falta realizar estudios que, entre otras cosas, ayuden a determinar el efecto del cambio climático en grupos de aves en peligro, en zonas aun no estudiadas y en aves que realizan actividades ambientales que repercuten directamente en el bienestar humano. Los resultados de estos trabajos podrían permitir: planear mejor los esfuerzos de conservación, determinar que especies y sitios serían los más afectados, ubicar que lugares y que proyectos deberían recibir más atención para mitigar el efecto del cambio climático y asignar los pocos recursos económicos existentes de manera más eficiente. Para que los estudios futuros tuvieran mayor utilidad, estos deberían atacar puntos clave de nuestro desconocimiento sobre el tema. Sin embargo, a la fecha no se ha realizado un análisis sobre lo que se hace sobre el tema en el país, sobre lo que conocemos, ni del conocimiento que ya se puede aplicar prácticamente en la conservación.

El objetivo de este trabajo es prospectivo y propositivo, ya que buscamos describir algunos de los enfoques usados en México para entender el posible efecto del CCG en las especies de aves y reflexionar sobre las necesidades que se tienen y las acciones que se podrían realizar en el país para avanzar mejor en la obtención del conocimiento y la aplicación práctica del tema. Para poder cumplir nuestro objetivo hemos realizado una reunión científica enfocada sobre el tema (Ortiz-Pulido *et al.* 2011). La reunión se organizó en torno a la exposición de nueve ponencias en las que participaron 30 investigadores de 19 instituciones y cuatro países (Ortiz-Pulido *et al.* 2011). En estos trabajos se evidenció el efecto potencial del CCG en cerca de 300 especies de aves distribuidas en el país. Entre los temas se consideró el efecto del CCG en especies con alimentación especializada (colibríes y búhos), restringidas a ciertas zonas geográficas (oeste de México), especialistas de hábitat (bosque mesófilo de montaña de zonas tropicales) y consideradas bajo alguna categoría de riesgo (i.e. especies incluidas en la NOM-059-2010). Además se plantearon opciones para establecer sistemas de monitoreo que permitan documentar a escalas finas el CCG y determinar el efecto de incorporar a los análisis otras amenazas, como la deforestación. Una reflexión general nos permitió elaborar una lista consensuada de los enfoques usados a la fecha, así como otra de vacíos de información. El resultado y análisis de este ejercicio académico grupal se describe a continuación. Los porcentajes presentados consideran como unidad a los grupos, y no a investigadores individuales.

Nuestro análisis consideró a los ocho grupos de investigación que asistieron a la reunión científica indicada arriba. Las instituciones donde están los grupos considerados se ubican principalmente en el centro de México (Cuadro 1). Estos grupos ocupan cinco escenarios climáticos del Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), siendo el más usados el A2 (el 87.5% de los grupos lo usan) y el B2 (el 75% lo usan; Cuadro 1). En cuanto a variables ambientales el 100% de los grupos usan las facilitadas por WorldClim (Hijmans *et al.* 2005). Los grupos de investigadores han utilizado ocho modelos de circulación general, siendo dos los más usados (62.5% de los grupos los usan) el CCCMA (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis, por sus siglas en inglés) y el CSIRO (Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research

Organisation, por sus siglas en inglés), y utilizan más frecuentemente MaxEnt (87.5% de los grupos lo usan) como algoritmo para estimar la distribución de especies, aunque GARP es también comúnmente usado (50% de los grupos) (Cuadro 1).

El modelado de la distribución de las aves habitando en México se ha hecho considerando cuatro años, ubicados entre 2020 y 2080. El año más modelado es el año 2050 (87.5% de los grupos lo modelan; Cuadro 1), aunque los años 2020 y 2080 son también comúnmente usados (en ambos casos 50% de los grupos los usan). Las especies de aves más estudiadas son las prioritarias para su conservación (50% de los grupos las estudian) aunque también las endémicas son relativamente estudiadas (37.5% las estudian); Cuadro 1). Los temas abordados son los de distribución (75% de los grupos lo estudian) y conservación (50% de los grupos; Cuadro 1).

Nuestro análisis de necesidades (Cuadro 2) sobre el tema nos permite decir que en México: 1) deben realizarse trabajos con una mayor resolución, para determinar el efecto de las modificaciones climáticas a una escala más fina; 2) es necesario iniciar colaboraciones entre los distintos grupos, para alcanzar conclusiones generales; 3) es conveniente identificar especies y áreas en mayor riesgo, para enfocar esfuerzos y; 4) se deben realizar más estudios básicos y de aplicación directa, que permitan obtener mayor experiencia en el tema (Cuadro 2). Ubicamos 31 acciones que pueden cubrir estas necesidades en el país (Cuadro 2). Las necesidades de estudios y de aplicación son las que agrupan un mayor número de acciones propuestas (nueve cada una; Cuadro 2).

El análisis de los resultados de nuestro trabajo nos indica que los grupos de investigación estudiando el efecto del CCG en las aves en México usan prácticamente los mismos escenarios climáticos, variables ambientales, algoritmos para estimar la distribución de las especies y años de modelación (Cuadro 1). El análisis también nos permite entender que en México se están siguiendo pautas mundiales (Crick 2004), pues estamos en un momento de modelado predictivo y nos falta desarrollar métodos para probar las predicciones elaboradas a la fecha. Aun cuando no es factible probar que pasará en, por ejemplo, el año 2080, hasta que lleguemos a ese año, se podría empezar a probar experimentalmente la tolerancia de las especies a las condiciones predichas en los modelos. En este sentido las necesidades detectadas y las acciones propuestas podrían ayudarnos a planear mejor las estrategias a seguir en el futuro, sobre todo si queremos ser más eficientes en la conservación de las aves.

Además de tener enfoques similares para estudiar el CCG, los grupos de investigación considerados utilizan las mismas herramientas. Esto tiene ventajas y desventajas. Es bueno porque, a corto plazo, los patrones detectados por los diferentes grupos estarán razonablemente estandarizados y, por lo tanto, serán comparables. Es malo porque, a largo plazo, esta homogeneidad limita la exploración y contrastación de modelos alternativos que, para algunas especies y sitios, podrían reflejar mejor el efecto del cambio climático. Por ello creemos que es conveniente continuar explorando otras opciones de escenarios climáticos, variables ambientales y modelos de circulación general. En este sentido para México hay opciones con un énfasis más local. Este es el caso de las bases de datos climáticas desarrolladas por Sáens-Romero *et al.* (2010) y Tellez *et al.* (2010), que podrían presentar menor incertidumbre que la de Worldclim (Hijmans *et al.* 2005) debido a que se basan en datos de estaciones climáticas distribuidas en Norteamérica. Es conveniente explorar esta y otras opciones.

Asimismo, detectamos que la mayoría de los grupos en México son usuarios de las técnicas de modelado, pero aun no se ha pasado a realizar investigaciones que ponga a

prueba sus resultados tanto experimentalmente en el campo o laboratorio (con excepción de Feria 2007). Esta falta de validación debe de ser revertida, pues muchos de los resultados de estas investigaciones se están utilizando como base para plantear estrategias de conservación. También detectamos que pocos grupos de investigación aplican prácticamente los conocimientos adquiridos directamente en la conservación de las aves. Tanto la falta de validación como de aplicación es una constante a nivel mundial (Crick 2004), pues hay un desligue entre el conocimiento adquirido y su aplicación. Por ejemplo, hasta la fecha los resultados obtenidos en aves en el país no han tenido un efecto en la legislación ambiental en México. Aplicar los conocimientos adquiridos podría ser vital para la conservación de varias especies de aves, pues es posible que varias especies residentes o especialistas de hábitat estén sufriendo la desaparición de las condiciones ambientales en las que idealmente se distribuyen. En el futuro sería conveniente considerar estos resultados en, por ejemplo, la revisión de las categorías que tienen las especies de aves en la NOM-059-ECOL (SEMARNAT 2010), en el diseño de redes de Áreas Naturales protegidas (ANP's) y de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) (Arizmendi & Valdelamar 1999) y en el establecimiento de estrategias de manejo sustentable de los recursos naturales. Estas y otras necesidades de aplicación se señalan en el Cuadro 2.

Aun cuando todas las acciones propuestas son relevantes de llevar a cabo, creemos que las planteadas en las necesidades de colaboración y aplicación son prioritarias. Esto es porque, a través de la colaboración se podría avanzar de manera colegiada y adquirir y contrastar el conocimiento más rápidamente. Por su parte, a través de la aplicación se podría reducir la brecha entre los creadores del conocimiento, los tomadores de decisiones y los que aplican este conocimiento. Al considerar el efecto del CCG en las aves, un mecanismo de transferencia de información que contemple colaboración y aplicación podría resultar en acciones puntuales que permitan la conservación de las aves en México; además de que retroalimentaría a los participantes, al plantear nuevas interrogantes y necesidades.

En síntesis. En este escrito presentamos los enfoques que se usan para el estudio del efecto del CCG en la distribución de las aves, así como las necesidades y acciones que nos permitirían conocer y aplicar más lo que sabemos sobre el efecto de este fenómeno en especies de aves habitando en México. A través de un análisis colegiado concluimos que existen cinco tipos de necesidades que podrían ser cubiertas con 31 acciones. Creemos que, si los estudios y trabajos futuros en el país se enfocan a desarrollar las acciones indicadas aquí, a corto plazo podríamos estar aplicando nuestro conocimiento para enfrentar de mejor manera los efectos del cambio climático en la avifauna mexicana.

Agradecemos el apoyo económico de la CONABIO, así como a CIPAMEX y a la Universidad Autónoma de Sinaloa por la ayuda logística prestada, para realizar nuestra reunión en el XI Congreso para el estudio y conservación de las aves habitando en México. De manera particular cada autor agradece a su institución (CONABIO, CICB-UAT, Instituto de Ecología A.C., Sonoran Joint Venture, Texas Environmental Studies and Analysis, UAEH, UNAM, Universidad de Texas y The University of Texas-Pan American) el apoyo recibido que permitió recabar el conocimiento y experiencia presentados en este documento. A CUMEX, Universidad de Quintana Roo y UAEH por apoyar una estancia académica de ROP durante la cual desarrolló versiones iniciales de este escrito.

Cuadro 1. Relación de grupos que realizan investigación sobre el efecto del cambio climático en aves presentes en México. Se indican datos relevantes para cada grupo sobre el tema y como lo hacen. Se consideran sólo profesionales involucrados con aves. El orden en que se presentan los grupos es alfabético, usando para ello el apellido del encargado principal.

Grupo	Encargado	Lo más usado				Asuntos principales tratados	
		Escenarios de CCG	Modelos de circulación general [#]	Modelos de distribución de especies ^{\$}	Año de modelación	Aves	Temas
CONABIO	Edith Calixto Pérez	A1	ECHAM5/M	Bioclim,	2030	Prioritarias	Distribución
		B1	PIUKHADG	GARP,	2050		
		A2	EM	Envelope			
		B2	GFDL CM 2.01	Score, Support Vector Machine			
Sonora Join Venture/PRBO Conservation Science	Dra. Jennifer N. Duberstein/ Dr. Gran Ballart	A2	Por definir	MaxEnt	2050	Prioritarias	Conservación
		B1					
University of Texas	Dra. Teresa Patricia Feria	A2	CCCMA	MaxEnt	2020	Migratorias y endémicas	Distribución y Conservación
		A1b	CSIRO		2050		
		B2	HADLEY		2080		
IBUNAM, Lab. de Sistemas de Información Geográfica	Dra. Patricia Illoldi	A2	IPCC	MaxEnt	2020	Endémicas	Distribución, conservación
		B2			2050		
CICB-UAT	Dr. Carlos	A1b	CCCMA	MaxEnt	2050	Colibríes	Distribución

UAEH-Aves	Lara Dr. Raúl Ortiz-Pulido	A2 B2	CSIRO CCCMA HADCM3 CSIRO	GARP, MaxEnt	2020 2050 2080	Colibríes, búhos, prioritarias	Distribución, Hidalgo, conservación, análisis de modelos
Instituto de Ecología A.C.	Dr. Octavio Rojas-Soto	A2 B2	CCCMA SCIRO HAD3	GARP, MaxEnt	¿?	Endémicas	Bosque mesófilo de montaña
UAEH- Conservación	Dr. Gerardo Sánchez Rojas	A2 B2	CCCMA HADCM3 CSIRO HADLEY	GARP, MaxEnt	2020 2050 2080	Prioritarias	Distribución, selección de áreas prioritarias, Métodos de modelación

HADLEY, Hadley Centre usando la segunda versión del UK Met. Office's Unified Model; ECHAM, German Climate Research Center /Hamburg Model #4; GFDL, US Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; CCCMA, Canadian Center for Climate Modelling and Analysis; HADCM3, Hadley Centre para la predicción climática e investigación de Inglaterra, y; CSIRO, Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

§ GARP, Algoritmo Genético de Producción de Conjuntos de reglas; MaxEnt, método de máxima entropía; sensu Phillips *et al.* (2006).

Cuadro 2. Resumen de necesidades y satisfactores a estas necesidades detectadas por los autores en cuanto a estudios relacionados con el cambio climático y la avifauna que habita en México. El orden de los temas indicados en cada columna no está en función de algún tipo de prioridad, siendo el orden sólo de carácter enunciativo.

Necesidades	Acciones
Resolución	<p>Elaborar nuevos mapas climáticos con resolución más fina (grano < 1 km²) Crear mapas de uso actual y futuro del suelo con resolución más fina (grano < 1 km²)</p>
Colaboración	<p>Promover trabajo conjunto de especialistas Compartir datos de campo georeferenciados Crear sitio público para guardar y compartir datos o usar plataformas ya existentes (e.g. e-bird, Avian knowledge network) Fomentar-facilitar interacción entre diferentes campos del conocimiento (e.g. evolución, ecología de poblaciones, interacciones ecológicas, genética, fenología, ecología del paisaje, biodiversidad) Buscar que los datos se compartan entre individuos y grupos a través de publicaciones conjuntas</p>
Identificación de áreas y especies en mayor riesgo	<p>Llevar a cabo análisis considerando: hábitat, regiones, provincias, ecoregiones, estados y municipios Definir sitios prioritarios para monitoreo, restauración y protección Determinar a nivel nacional las áreas con cambios más bruscos en clima, hábitat y comunidades de aves, dentro y fuera de ANP's Evaluar efecto en aves en peligro de extinción Determinar el efecto del cambio climático en aves que habitan zonas de montaña, poniendo especial cuidado en sus cambios de distribución altitudinal. Elaborar lista que indique que especies ganarán y perderán (i.e. en hábitat, interacciones, distribución, etc.) con el cambio climático</p>
Estudios básicos	<p>Correlacionar cambios a nivel tipo de vegetación con fenómenos observados a nivel de especie Determinar el efecto del desarrollo urbano, rural y agrícola Evaluar el efecto tiene considerar la resolución espacial de los datos al determinar la vulnerabilidad de una especie Poner a prueba predicciones a través de trabajo experimental</p>

Aplicación	<p>Determinar, para especies relevantes, el grado de respuesta y sintonía con su ambiente (apropiada vs. inapropiada) en un contexto de cambio climático.</p> <p>Evaluar cual podría ser el efecto de la evolución y la plasticidad en la permanencia de las especies frente al cambio climático</p> <p>Determinar los factores intrínsecos (e.g. adaptabilidad fenotípica y genotípica, habilidad de dispersión, especialización ecológica, tamaño poblacional) y extrínsecos (e.g. incremento en la frecuencia de eventos extremos, pérdida de hábitat o calidad del hábitat, cambios en el rango de otras especies) que podrían inhibir una respuesta adecuada de la especie al cambio climático</p> <p>Evaluar como se modificaran las relaciones interespecificas entre aves y sus interactuantes, y cual podría ser el efecto de esto en la distribución futura de las especies</p> <p>Definir los modelos de circulación general más representativos</p> <p>Emplear el conocimiento en restauración de hábitat, protección de gradientes altitudinales en montañas y manejo de ANP's en gradientes</p> <p>Incorporar resultados a la normatividad vigentes (e.g. en la NOM-059-ECOL)</p> <p>Ubicar micro refugios para especies</p> <p>Evaluar factibilidad de ANP's en la conservación futura</p> <p>Planear estrategias que faciliten adaptación ecológica de las especies</p> <p>Incluir hallazgos en planes de estudio de licenciatura y posgrado</p> <p>Incorporar los efectos esperados del cambio climático en las estrategias de manejo en ANP's.</p> <p>Hacer accesibles a los usuarios finales (e.g. directores de reservas, tomadores de decisiones, políticos, ONG's) los resultados de las predicciones</p> <p>Considerar los hallazgos en la implementación de nuevas ANP's y construcción de desarrollos industriales (como campos eólicos y de generación de energía solar).</p>
------------	---

Literatura citada

- ARIZMENDI, M. D. C., and L. M. VALDELAMAR. 1999. Áreas de importancia para la conservación de las aves en México. CIPAMEX, CONABIO, México, D.F.
- ASHCROFT, M. B., L. A. CHISHOLM, and K. O. FRENCH. 2009. Climate change at the landscape scale: predicting fine-grained spatial heterogeneity in warming and potential refugia for vegetation. *Global Change Biology* 15: 656-667.
- BRAVO-CADENA, J. 2010. Cambio climático global: efecto en algunas especies de aves en peligro en el estado de Hidalgo, México. PhD Dissertation. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hgo., México.
- BUZATO, S., M. SAZIMA, and I. SAZIMA. 2000. Hummingbird-pollinated floras at three atlantic forest sites. *Biotropica* 32: 824-841.
- CRICK, H. Q. P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis* 146: 48-56.
- FERIA, T. P. 2007. Understanding the geographic distribution of species: an evaluation of different methods for modeling species distributions and a test of the niche characteristics hypotheses. PhD Dissertation. University of Missouri-St. Louis, St. Louis, Missouri.
- FORBUSH, E. H. 1929. Birds of Massachusetts and other New England states. Arno Press.
- HJIMANS, R. J., S. E. CAMERON, J. L. PARRA, P. G. JONES, and A. JARVIS. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* 25: 1965-1978.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.
- MORENO, C. E., G. SÁNCHEZ-ROJAS, E. PINEDA, and F. ESCOBAR. 2007. Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. *International Journal of Environment and Health* 1: 71-86.
- ORTIZ-PULIDO, R., G. SANCHEZ-ROJAS, and T. P. FERIA-ARROYO. 2011. Simposium: Perspectivas y oportunidades al considerar el cambio climático y su efecto en las aves en México. Libro de resúmenes del XI Congreso para el estudio y conservación de las aves en México, p. 41. CIPAMEX, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa, México.
- PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 637-669.
- PETERSON, A. T., S. MENON, and X. LI. 2010. Recent advances in the climate change biology literature: describing the whole elephant.
- PETERSON, A. T., M. A. ORTEGA-HUERTA, J. BARTLEY, V. SÁNCHEZ-CORDERO, J. SOBERÓN, R. H. BUDDEMEIER, and D. R. B. STOCKWELL. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.
- PETERSON, A. T., V. SÁNCHEZ-CORDERO, J. SOBERÓN, J. BARTLEY, R. W. BUDDEMEIER, and A. G. NAVARRO-SIGÜENZA. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144: 21-30.
- PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON, and R. E. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- SÁENZ-ROMERO, C., G. E. REHFELDT, N. L. CROOKSTON, P. DUVAL, R. ST-AMANT, J. BEAULIEU, and B. A. RICHARDSON. 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic change* 102: 595-623.
- SEKERCIOGLU, C. H., G. C. DAILY, and P. R. EHRLICH. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 18042.
- SEKERCIOGLU, C. H., S. H. SCHNEIDER, J. P. FAY, and S. R. LOARIE. 2008. Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology* 22: 140-150.

- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM—059—ECOL—2010. Protección ambiental — Especies nativas de México de flora y fauna silvestres — Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio — Lista de especies en riesgo. *In* S. d. M. A. y. R. Naturales (Ed.), p. 40 pp. Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- TELLEZ, O., M. A. HUTCHINSON, H. A. NIX, and P. JONES. 2010. Desarrollo de coberturas digitales climáticas para México. *In* G. Sánchez, C. Ballesteros and N. P. Paván (Eds.). Cambio climático: aproximaciones para el estudio de su efecto sobre la biodiversidad, pp. 15-23. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, Mexico.
- THOMAS, C. D., A. CAMERON, R. E. GREEN, M. BAKKENES, L. J. BEAUMONT, Y. C. COLLINGHAM, B. F. N. ERASMUS, M. F. DE SIQUEIRA, A. GRAINGER, and L. HANNAH. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- WILLSON, M. F., A. K. IRVINE, and N. G. WALSH. 1989. Vertebrate dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparisons. *Biotropica*: 133-147.

ANEXO 3

Figura 1. Presentación del Simposio por la Dra. Patricia teresa feria Arroyo

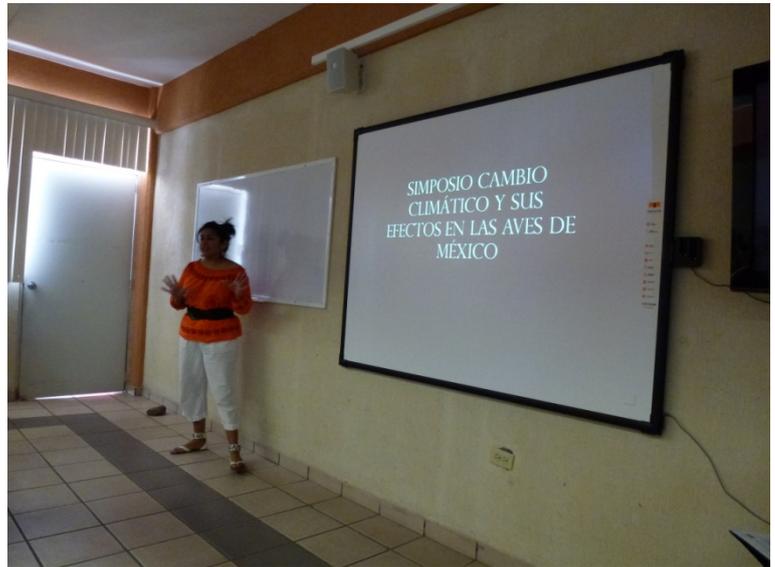


Figura 2. Vistas del público congregado durante el Simposio de cambio climático y las aves de México.