

INDICADOR DE VULNERABILIDAD DE ESPECIE ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, VENEZUELA

CLIMATE CHANGE VULNERABILITY INDICATOR FOR SPECIES
IN PROTECTED NATURAL AREAS, VENEZUELA

TELVA CARANTOÑA Y DENISE HERNÁNDEZ

RESUMEN

Los efectos del fenómeno cambio climático (CC) sobre la diversidad biológica, principalmente a nivel de la categoría de especie, pueden tener consecuencias negativas en función de ciertos rasgos biológicos, que tienden a ser susceptibles a las variaciones del clima. Consecuentemente, especies en peligro de extinción y con este tipo de características, puede esperarse que tiendan a ser aún más vulnerables. Por lo tanto, se estructuró un indicador de vulnerabilidad de especie ante el cambio climático (IVECC), basado en características biológicas, con la finalidad de estimar esta sensibilidad y la capacidad de adaptación, en combinación con la magnitud de exposición ante estos efectos negativos. Este indicador está estructurado en cuatro categorías: (1) *Especies en peligro de extinción*, y los componentes de la vulnerabilidad: (2) *Sensibilidad*, (3) *Capacidad adaptativa* y (4) *Exposición*. El estado de conservación de las especies fue incorporado con la finalidad de incluir las categorías de riesgos de amenazas actuales. La *sensibilidad* fue agregada mediante criterios que evalúan las especies en función de características biológicas que pueden limitar su sobrevivencia. La *capacidad adaptativa* se basó en restricciones intrínsecas y extrínsecas de dispersión, aunado con las respuestas evolutivas de las especies ante este fenómeno. La *exposición* se estableció mediante la identificación de la magnitud de las variables de temperatura, precipitación y aumento del nivel del mar. Este tipo de indicador permitir priorizar las especies en peligro de extinción y susceptibles al

CC en una área natural protegida, así como también la información generada puede sustentar el desarrollo de estrategias de mitigación y adaptación.

Palabras clave: Cambio climático, especies, indicador, biología, extinción, áreas naturales protegidas.

ABSTRACT

The effects of climate change phenomenon (CC) on biological diversity, mainly at the species level, may have negative consequences depending on certain biological traits, which tend to be susceptible to climate variations. As a result, endangered species with such characteristics may be expected to tend to be even more vulnerable. Therefore, a Species Vulnerability Indicator for Climate Change (due to its initials in Spanish IVECC), based on biological characteristics, was structured in order to estimate this sensitivity and adaptability, combined with the magnitude of exposure to these negative effects. This indicator is structured into four categories: (1) *Endangered species*, and components of vulnerability: (2) *Sensitivity*, (3) *Adaptive ability* and (4) *Exposure*. The state of conservation of the species was incorporated in order to include the categories of current threat risks. *Sensitivity* was aggregated using criteria that evaluate species based on biological characteristics that may limit their survival. The *adaptive capacity* was based on intrinsic and extrinsic restrictions of dispersion, together with the evolutionary responses of the species to this phenomenon. The *exposure* was established by identifying the magnitude of the variables of temperature, precipitation and sea level rise. This type of indicator can prioritize endangered species susceptible to the Climate Change in a protected natural area, as well as the information generated can support the development of mitigation and adaptation strategies.

Keywords: Climate change, species, indicator, biology, extinction, protected natural areas.

INTRODUCCIÓN

Evaluaciones de las amenazas sobre la diversidad biológica han sido ampliamente analizadas y discutidas en diferentes investigaciones a nivel mundial. Principalmente, se ha expuesto que el fenómeno del cambio climático (CC), la pérdida y degradación de hábitats (Ministerio del Poder Popular del Ambiente: MPPA, 2012; Magrin *et al.*, 2014), contaminación, usos no sustentable (MPPA, 2012) y especies invasoras (Erwin, 2009; MPPA, 2012; Berry *et al.*, 2013; Romanelli *et al.*, 2015; Böhm *et al.*, 2016), han sido los grandes factores que han llevado a la destrucción paulatina de la diversidad biológica (Rodríguez y Rojas-Suarez, 2008; MPPA, 2012).

El Panel Intergubernamental ante el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, siglas en inglés; 2014a) informó que algunos riesgos provocados por este fenómeno son considerables; principalmente a incrementos de temperatura de 1 o 2 °C, un riesgo entre alto y muy alto con un aumento de la temperatura media global de 4 °C. Esto puede llevar a impactos graves y generalizados, en sistemas únicos y amenazados, inclusive generar importantes extinciones locales de especies. Por lo tanto, las consecuencias son desfavorables, principalmente para aquellos grupos taxonómicos que no serán capaces de relocalizarse o adaptarse a las condiciones cambiantes futuras, y como consecuencia tenderán a un mayor riesgo de extinción (Reece y Noss, 2014; Bagne *et al.*, 2011). Adicionalmente, este fenómeno se caracteriza porque puede actuar de forma aislada o combinada con presiones ya existentes. Esto podría constituirse en un nuevo peligro para muchas especies que ya se encuentran amenazadas.

Los rasgos biológicos particulares de algunas especies, combinados con las barreras de dispersión, podrán limitar su capacidad para adaptarse a variaciones de un clima futuro, por lo tanto es de esperarse que algunos grupos taxonómicos tenderán a ser más vulnerables al CC (Berry *et al.*, 2013) en comparación con otros. El gran número de especies en riesgo y la incertidumbre de las condiciones por venir; conllevan a que las acciones para la conservación de la diversidad biológica dependan en gran medida de la habilidad y destreza en la identificación de las especies vulnerables y la disponibilidad de recursos (Bagne *et al.*, 2011). Esta información es fundamental para el diseño e implementación de programas de mitigación, con la finalidad de incorporar estrategias de reducción de fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero, y de adaptación con el objetivo de desarrollar la capacidad para contener y disminuir los impactos adversos (IPCC, 2014b).

Las áreas protegidas están siendo reconocidas como uno de los principales instrumentos, para atenuar o minimizar los impactos negativos del CC y por lo tanto están siendo consideradas como refugios de resiliencia para las especies de interés

para la conservación. Estas áreas han recobrado importancia para la protección de la heterogeneidad de los hábitats y la diversidad genética de las especies, que contribuye a la capacidad de adaptarse a estos cambios (Bellard *et al.*, 2012). Esto resulta relevante, porque precisamente son en estos espacios geográficos, donde se localizan superficies importantes de ambientes prístinos, que tienden a albergar especies endémicas y/o en peligro de extinción. Recientemente diversos autores (Johnston *et al.*, 2013; Hewson *et al.*, 2008) han mencionado que el CC puede generar modificaciones en la composición de las especies dentro de las áreas protegidas, e incluso han discutido la incertidumbre sobre la capacidad que pueden tener de albergar y conservar los componentes de la diversidad biológica ante un clima incierto.

Los efectos del CC en Venezuela han sido reportados recientemente por el IPCC (2014a) en su Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Estos efectos se basan en pronósticos del Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados 3 (CMIP3, siglas en inglés) que predicen que al norte de Venezuela, se espera una reducción importante en la precipitación y un calentamiento general con incremento en la evaporación. Adicionalmente, Magrin *et al.*, (2014) informaron de reducciones en la humedad del suelo para todo el territorio venezolano durante las estaciones de lluvia y sequía para finales del siglo 21 (cuadro 1).

Cuadro 1.

Proyecciones de temperatura y precipitación en Venezuela, según modelos y escenarios reportados por diferentes autores

Variable	Referencia	Modelos y escenarios	Cambios Proyectados
Temperatura promedio del aire, 2075 - 2100	Aguilar <i>et al.</i> (2009)	20 km MRI-AGCM3.1S model, A1B	+2.2 °C hasta +3.3 °C
Precipitación y temperatura, 2079	Kitoh <i>et al.</i> (2011) Hall <i>et al.</i> (2013)	20 km MRI-AGCM3.1S model, A1B	-10 % hasta +10 % 2.5 °C hasta +3.5 °C
Precipitación y temperatura 2071 - 2100	Campbell <i>et al.</i> (2011)	PRECIS forced with HadAM3, A2	- 25 % hasta -50 %, +3 °C hasta +6 °C
Precipitación en el interior del país, 2071 - 2100	Marengo <i>et al.</i> (2011)	Eta forced with HadCM3, A1B	-10 % hasta - 20 %;

Fuente: Magrin *et al.*, (2014)

De forma similar, Martelo (2004) demostró un futuro del clima más seco desde junio hasta febrero, en toda la franja central de país, incluyendo los Andes, los Llanos Occidentales y Centrales hasta los Llanos Orientales y norte del estado Bolívar. Este autor basó sus proyecciones en la simulación de Modelos del Servicio Meteorológico del Reino Unido (UKTR, siglas en inglés) y del Centro Canadiense para la Modelación y Análisis del Clima (CCC-EQ, siglas en inglés), correspondiente a tres lapsos futuros de 30 años cada uno: 2005-2035; 2025-2055 y 2045-2075 y tres escenarios climático: Optimista (1,5 °C), Intermedio (2,5 °C) y Pesimista (4,5 °C).

Las áreas protegidas de Venezuela presentan un reto importante, debido a que su estructuración y reglamentación no fueron diseñadas en función de un clima impredecible (Medina, 2011). Por lo tanto, al igual que otras áreas protegidas del mundo, el grado de fragilidad a los efectos del CC es incierto. No obstante, es posible que los impactos negativos dependan de la localización, la superficie que ocupan, sensibilidad de los componentes de los ecosistemas, condiciones actuales y la presencia de estresores no climáticos (Wilson *et al.*, 2010).

En Venezuela, las áreas protegidas están reglamentadas por la figura legal de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), promulgada por la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio del año 1983. Estas áreas están definidas en función de conceptos de conservación, manejo y aprovechamiento de recursos naturales. Por lo tanto, conforman un abanico heterogéneo de categorías con fines de ordenamiento del territorio que guardan diferencias entre sí, en lo que respecta a los objetivos primarios de promulgación (García y Silva, 2014). Consecuentemente, existen ABRAE que tienen objetivos que se apartan de las categorías de conservación, casos particulares, las Áreas Especiales de Seguridad y Defensa; y las Áreas Terrestres y Marítimas con Alto Potencial Energético y Minero. Por lo tanto, se asumió en esta investigación la denominación de Áreas Naturales Protegidas (ANPs), utilizada por Medina (2011), que incluye en este tipo ABRAE, aquellas áreas que tienen objetivos de protección y conservación exclusiva, las zonas protectoras, las reservas de fauna silvestre y las reservas de biosfera.

En las últimas décadas se han desarrollado una serie de métodos y herramientas para la estimación de la vulnerabilidad al CC a diferentes niveles o ámbitos (Johnson, 2014), incluyendo evaluaciones de ANPs. Faraco *et al.*, (2010) propuso una metodología para evaluar la vulnerabilidad de un sistema socio-ecológico de manglares y pescadores al CC. Este autor analizó las variables de exposición al nivel del mar, sensibilidad y capacidad de adaptación, y los impactos de las políticas de conservación sobre ANPs costeras al sur de Brasil.

En el caso de Magness *et al.*, (2011) realizaron una estimación de la vulnerabilidad ante el CC, en el Sistema Nacional de Refugios de Fauna Silvestre en Estados Unidos.

Esto mediante la utilización de variables agregadas a un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando la sobreposición de capas temáticas. Esto les permitió analizar los refugios mediante la incorporación de medidas basadas en la exposición (variaciones en la tasa histórica de la temperatura), sensibilidad (hábitats críticos para especies amenazadas y en peligro de extinción), y capacidad de adaptación (rango de elevación y nivel de protección).

Los análisis de la vulnerabilidad al CC y la capacidad de resiliencia pueden ser un reto importante cuando los espacios geográficos, ecológicos y socioeconómicos locales varían ampliamente dentro de una determinada área de interés (Batista, 2014). Esto es particularmente relevante en las ANPs en Venezuela donde existe una alta heterogeneidad en los ecosistemas presentes, hábitats complejos y presencia importante de especies endémicas.

En consecuencia, con la finalidad de poder estimar el grado de incertidumbre en torno a proyecciones y los efectos sobre las especies (Tuberville *et al.*, 2015), ha surgido recientemente un nuevo enfoque alternativo que implica la evaluación de los rasgos biológicos intrínsecos, que pueden predisponer a las especies a un mayor riesgo de extinción (Böhm *et al.*, 2016). Este tipo de evaluaciones a grupo taxonómicos, generalmente se clasifican en enfoques denominados “filtros gruesos” que utilizan índices o indicadores para desarrollar una clasificación cualitativa de la vulnerabilidad. Los enfoques “filtro fino” utilizan modelos, a menudo espacialmente explícitos, para determinar dónde y cómo las especies pueden ser vulnerables al CC (Glick y Stein, 2011).

Existen diferentes fuentes de información para la priorización de especies, mediante la utilización de los “filtros gruesos” para la evaluación de la susceptibilidad al CC (Foden *et al.* 2008, Foden *et al.*, 2013; Foden y Young, 2016) y metodologías de clasificación para priorizar la vulnerabilidad relativa de las especies en peligro y amenazadas por este fenómeno (Durham University, 2015; Bagne *et al.*, 2011; Galbraith y Price 2009). Recientemente Foden y Young (2016), desarrollaron una guía para la estimación de la vulnerabilidad, con base en las combinaciones de rasgos biológicos con la finalidad de analizar la sensibilidad y la capacidad de adaptación, en combinación con las estimaciones de la magnitud de la exposición, como consecuencias de las variaciones del clima.

Este tipo de método involucra la selección de rasgos relacionadas con la susceptibilidad (especialización ecológica y relaciones inter-específicas), adaptación (capacidad de dispersión, y adaptación fenotípica y genética) y la valoración de acuerdo a las observaciones u opiniones de expertos. Las organizaciones e instituciones gubernamentales destinadas al manejo y la conservación de las ANPs, frecuentemente usan estos tipos de enfoques porque permiten analizar y priorizar de

forma relativamente rápida, la vulnerabilidad de múltiples especies al CC en espacios protegidos (Young *et al.*, 2011; Mawdsley y Lamb, 2013; Faraco *et al.*, (2010).

El Índice de Vulnerabilidad del Cambio Climático (CCIV, siglas en inglés) propuesto por Young *et al.*, (2011), es probablemente una de las herramientas más utilizadas; presenta un sistema de puntuación que integra a nivel de especie, la exposición al CC en un área de evaluación determinada. Se estructura en tres factores de sensibilidad asociados a este fenómeno: (1) Exposición indirecta al CC; (2) Factores específicos de cada especie (capacidad de dispersión, y sensibilidad a la temperatura y precipitación); y (3) respuestas documentadas de las especies a este fenómeno. Esta herramienta fue aplicada por Mawdsley y Lamb (2013), con la finalidad de priorizar especies de la fauna silvestre en Navajo al suroeste de los Estados Unidos, basado en nueve categorías: barreras antropogénicas, capacidad de dispersión, temperatura, precipitación, requerimientos de hábitat, relaciones inter-específicas, dieta, tamaño poblacional, características genéticas e interacciones humanas.

El caso particular del Sistema para Evaluar la Vulnerabilidad de las Especies (SAVS, siglas en inglés), se basa en la identificación de la susceptibilidad relativa de vertebrados terrestres al CC. El SAVS es una herramienta que incorpora un cuestionario de 22 criterios predictivos para generar puntuaciones de vulnerabilidad (Bagne *et al.*, 2011). De forma similar, la metodología desarrollada por Galbraith y Price, (2009) se compone de una estructura dividida en cuatro módulos: (1) categoriza la vulnerabilidad con base en la extinción o a una reducción importante de la población de una especie; (2) puntuación de la probable vulnerabilidad de una especie a un clima futuro y (3) combina los resultados de los módulos 1 y 2, en una matriz para producir una valoración global de la vulnerabilidad. El Módulo 4, es una determinación cualitativa de la incertidumbre, basada en las evaluaciones de falta de información de cada uno de los tres primeros módulos.

Las estimaciones de la susceptibilidad al CC, complementadas e integradas con las evaluaciones de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, siglas en inglés) sobre el riesgo de extinción, sirven de “alerta” para realizar monitoreo y diseñar posibles acciones de conservación para las especies susceptibles (Foden *et al.*, 2008). Esta información es fundamental con la finalidad de priorizar las estrategias de conservación y la implementación de programas de mitigación y adaptación, particularmente en ANPs.

En Venezuela, la Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica 2010-2020 y su Plan de Acción Nacional (2012) establecen diversas líneas de acción que incluye: (1) Evaluar los espacios con potencial para el seguimiento del efecto del cambio climático sobre la Diversidad Biológica y (2) Creación de la red nacional de laboratorios y estaciones para monitorear el impacto del cambio

climático sobre la Diversidad Biológica, y (3) Generar indicadores nacionales que permitan estimar la vulnerabilidad de los componentes de la Diversidad Biológica al efecto del cambio climático y el potencial de las medidas de mitigación.

En este estudio se realizó un análisis de las herramientas y los enfoques de la vulnerabilidad de las especies, utilizando rasgos biológicos sensibles al CC, capacidad adaptativa ante este fenómeno y grado de exposición. Por lo tanto, se identificaron y analizaron instrumentos de evaluación con la finalidad de adaptarlos y modificarlos a las condiciones específicas de los grupos taxonómicos venezolanos. Esta información generada podrá ser utilizada para la priorización de las ANPs en función de las especies en peligro de extinción vulnerable al CC y sus hábitats.

Metodología empleada

En este estudio se analizaron los métodos a nivel de especies, del tipo enfoque “filtro grueso”, el cual se basa principalmente en atributos biológicos de las especies, y por lo tanto no involucra directamente el uso de modelos simulados.

El indicador de vulnerabilidad de especie fue desarrollado principalmente para la estimación de grupos taxonómicos de vertebrados terrestres venezolanos, en *peligro de extinción*, y con características o rasgos biológicos susceptibles al CC. Esto con la finalidad de realizar una aproximación sintetizada de proyecciones climáticas complejas en un set simple de predicciones. En consecuencia, se estructuró una herramienta con una aproximación de un enfoque previamente desarrollado por diferentes autores (Foden *et al.*, 2013; Carr *et al.*, 2014; Reece y Noss, 2014 y Böhm *et al.*, 2016) que diseñaron instrumentos para evaluar la vulnerabilidad de las especies en tres dimensiones: sensibilidad, capacidad adaptativa (Foden *et al.*, 2013) y exposición (Böhm *et al.*, 2016). Por lo tanto la vulnerabilidad se puede expresar de la siguiente forma:

Vulnerabilidad (sensibilidad + capacidad adaptativa + exposición)

La definición de la vulnerabilidad y sus componentes (cuadro 2) se basó en los conceptos propuestos por Dawson *et al.*, (2011); Steel *et al.*, (2011), Carr *et al.*, (2014) y Böhm *et al.*, (2016):

Cuadro 2.**Concepto y componentes de la vulnerabilidad de las especies al cambio climático**

Vulnerabilidad	Es la medida en que una especie o población se ve amenazada por la reducción de la capacidad física, pérdida genética o extinción debido al CC. Presenta tres componentes: sensibilidad, capacidad adaptativa y exposición.
Sensibilidad	Es el grado en que la sobrevivencia, persistencia, capacidad, rendimiento o regeneración de una especie o población dependen del clima prevaleciente, particularmente a los cambios en las variables climáticas en un futuro próximo. Es probable que las especies más sensibles muestren mayor capacidad de sobrevivencia o fecundidad a menores cambios en estas variables. La sensibilidad depende de una variedad de factores, que incluye ecofisiología, historia de vida y preferencias de microhábitat.
Capacidad adaptativa	Es la capacidad de una especie o de poblaciones para hacer frente al CC in situ, mediante la dispersión a microhábitats locales más adecuados, o mediante la migración a regiones más propicias. La capacidad adaptativa depende de una variedad de factores intrínsecos, plasticidad, diversidad genética, tasas evolutivas, rasgos de historia de vida y capacidad de dispersión y colonización.
Exposición	Depende de la tasa y magnitud del CC (temperatura, precipitación, aumento del nivel del mar, frecuencia, otros) en hábitats y regiones ocupadas por la especie. La mayoría de las evaluaciones de exposición futura al CC se basan en proyecciones de escenarios de MCG, frecuentemente se refiere a la magnitud del CC que probablemente experimentará una especie o localidad.

Fuente: Dawson *et al.*, (2011)

Adicionalmente, diferentes autores (IPCC, 2007; Foden *et al.*, 2008; Glick y Stein, 2011) informaron que las respuestas de las especies a este fenómeno, pueden ser proyectadas con base en una serie de características fisiológicas. Bagne, *et al.*, (2011) definieron los rasgos de susceptibilidad a nivel de especies como las características que pueden generar una disminución en la sobrevivencia y la reproducción. Similarmente, Steel *et al.*, (2011) señalaron la importancia de la historia de vida de las especies e incluso las respuestas que estas pueden tener ante diferentes amenazas, las cuales pueden ser utilizadas para determinar la sensibilidad a presiones conocidas.

Indicador de Vulnerabilidad de Especies ante el Cambio Climático (IVECC)

Este indicador está conformado por cuatro sets de categorías (componentes): (1) *Especies en peligro de extinción* (estado de conservación de la especie), y los componentes de la vulnerabilidad: (2) *Sensibilidad*, (3) *Capacidad adaptativa* y (4) *Exposición*. A continuación se definen cada uno de estos criterios y el sistema ponderación o valoración de la vulnerabilidad de las especies en peligro de extinción al CC.

1. Categoría Especies en Peligro de Extinción

El estado de conservación de las especies fue incorporado en el sistema de evaluación, con la finalidad de incluir las categorías de riesgos de amenazas presentes o actuales. Esto con el objetivo de evaluar especies en riesgos, por presiones no climáticas (fragmentación de hábitats, cacerías, contaminación), combinada con la vulnerabilidad que pueden desarrollar las especies ante este fenómeno.

En consecuencia, las especies que podrán ser evaluadas, serán aquellas que están presentes dentro de una ANP seleccionada, y que se encuentran en una de las categorías de riesgos como resultado de presiones actuales (no climáticas) categorizadas en el Libro Rojo de la Fauna Silvestre (Rodríguez y Rojas-Suarez, 2008), y/o en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión para la Conservación de la Naturaleza (IUCN siglas en inglés, 2016). Este riesgo de extinción se basa en un conjunto de criterios cuantitativos que incluye la distribución geográfica, tamaño y tendencia poblacional, y número y tipo de amenazas (Rodríguez y Rojas-Suarez, 2008).

La información anteriormente mencionada podrá ser recopilada mediante literatura existente, inventario de fauna silvestre, opinión de especialistas e investigadores, listado de presencia-ausencia de especies en un área, entre otras. Por lo tanto, con la finalidad de facilitar la comparación de las prioridades de conservación, se estableció un sistema de puntuación para cada una de las categorías en función de los riesgos de extinción (cuadro 3).

Cuadro 3.
Categorías según el estado de conservación de las especies

Criterio 1	Evalúa la especie según los sistemas de clasificación de las categorías de amenaza en que se encuentra clasificada según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana y la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN. Si existen diferencias en la categoría en los sistemas de clasificación para una especie en particular, se asumirá la clasificación de mayor amenaza.
Categoría o clasificación	Valor
En peligro crítico (ER)	3
En peligro (EN)	2
Vulnerable (VU)	1
Casi amenazado (NT), preocupación menor (LC), datos insuficiente (DD), no evaluado (NE)	0

Componentes de la Vulnerabilidad

Estos componentes fueron incorporados en un sistema de puntaje basado en una serie de criterios relacionados con el riesgo de sobrevivencia de las especies, como consecuencias de variaciones climáticas o factores relacionados con el clima. A continuación se describen cada uno de estos criterios de evaluación:

2. Criterio de Sensibilidad

2.1 Dependencia de un hábitat y/o un microhábitat especializado

A medida que se desarrollan las modificaciones en los hábitats, como consecuencia del CC, es probable que especies que sean menos dependientes o con escasa vinculación a condiciones específicas, tenderán a ser más resistentes (Foden *et al.*, 2008; Foden *et al.*, 2013). De forma similar, especies generalistas podrán adaptarse a los escenarios cambiantes, debido a que tendrán mayor disponibilidad de opciones de hábitats adecuados (Böhm *et al.*, 2016). En el caso particular de los reptiles que tienden a ubicarse en microhábitats específicos, con requerimientos de humedad y temperatura (procesos metabólicos y de reproducción), serán altamente sensibles (Tuberville *et al.*, 2015). El cuadro 4 muestra la ponderación para la evaluación de las especies con requerimientos de hábitats específicos.

Cuadro 4.
Dependencia de un hábitat y/o un micro hábitat especializado

Criterio 2.1	Esta dependencia puede estar relacionada con: 1) Rango altitudinal estrecho y altas elevaciones; 2) Distribución restringida a hábitats susceptible al CC; 3) Alto grado de dependencia de un hábitat especializado; 4) Dependencia a un microhábitat en particular.	
Grado de Dependencia		Valor
Alto	Altamente especializada: especie encontrada en un único hábitat o microhábitat	3
Moderado	Moderadamente especializada: especie encontrada en dos (2) a tres (3) hábitats o microhábitat	2
Bajo	Poco especializada: especie encontrada en más de cuatro (4) hábitats o microhábitat	1
Ninguno/No aplica	Especie menos especializada o generalista que presenta un nicho ecológico amplio, con pocas exigencias ambientales.	0

2.2 Tolerancias o umbrales ambientales

Estos umbrales pueden ser excedidos en algunas especies, particularmente en una o varias etapas de su ciclo de vida. Por lo tanto, aquellas con tolerancias fisiológicas estrechas y dependientes a condiciones ambientales específicas (regímenes de temperatura o precipitación, pH del agua o niveles de oxígeno) serán particularmente sensibles al CC. Actualmente, existen especies cerca de los límites de tolerancia fisiológica con respecto a la temperatura y la humedad (Foden, *et al.*, 2008; Foden *et al.*, 2013; Böhm *et al.*, 2016). Las condiciones proyectadas pueden provocar la declinación de poblaciones a medida que los hábitats sean menos apropiados para su sobrevivencia (Bagne *et al.*, 2011). El cuadro 5 muestra la ponderación para la evaluación de las especies en función de estos umbrales.

Cuadro 5.
Reducida tolerancia o umbrales ambientales muy estrechos

Criterio 2.2	Tolerancias a la temperatura global es probable que sean sobrepasadas en alguna etapa de su ciclo de vida. Las larvas particularmente susceptibles al estrés por calor. Sensibilidad al incremento de sedimentos.	
Grado de Susceptibilidad		Valor
Alto	Alta vulnerabilidad fisiológica a una o más variables climáticas	3
Moderado	Moderada vulnerabilidad fisiológica a una o más variables climáticas	2
Bajo	Baja vulnerabilidad fisiológica a una o más variables climática	1
Ninguno/No aplica	No presenta vulnerabilidad fisiológica a las variables climáticas	0

2.3 Dependencia de desencadenantes ambientales que probablemente serán interrumpidos o modificados por el CC.

Diversas especies dependen de señales ambientales para iniciar etapas de vida (migración, cría, desove, germinación, hibernación), algunos eventos relacionados con la duración del día y los ciclos lunares posiblemente no serán afectados (Foden *et al.*, 2013). No obstante, situación diferente podrá ocurrir con las estaciones del año, donde la duración y magnitud pueden experimentar importantes alteraciones (Foden, *et al.*, 2008; Foden *et al.*, 2013, Foden y Young, 2016). El cuadro 6 muestra la ponderación para las especies con dependencia de factores ambientales.

Cuadro 6.
Dependencia de factores desencadenantes o señales

Criterio 2.3	Especies que se caracterizan por presentar una dependencia de desencadenantes ambientales para la migración, cría, puesta de huevos, hibernación y procesos esenciales. Algunas señales como la precipitación y la temperatura (incluyendo su interacción y efectos acumulados) serán impactadas por el CC.	
Grado de dependencia		Valor
Alto	Alta dependencia a factores ambientales	3
Moderado	Moderada dependencia a factores ambientales	2
Bajo	Baja dependencia a factores ambientales	1
Ninguno/No aplica	No existe dependencia a factores ambientales	0

2.4 Dependencia de interacciones inter-específicas susceptibles de sufrir perturbaciones.

Las alteraciones provocadas por el CC, pueden generar modificaciones en los rangos de distribución de las especies, fenología y abundancias relativas. Por lo tanto, disminuciones en las poblaciones presas (Foden *et al.*, 2013). Es probable que las especies que son particularmente dependientes de una o pocas especies, tenderán a verse afectadas por la poca probabilidad de localizar nuevas especies sustitutas. Foden, *et al.*, (2008); Foden *et al.*, (2013); Böhm *et al.*, (2016) señalaron que las especies con dieta especializada serán más propensas a ser impactadas negativamente, como resultado en las reducciones de poblaciones de presas susceptibles a este fenómeno. Consecuentemente, grupo taxonómicos cuya dinámica poblacional depende de interacciones inter-específicas serán más vulnerables por los cambios de abundancia y distribución de las poblaciones. El cuadro 7 muestra la ponderación para las especies con dependencia de interacciones inter-específicas.

Cuadro 7.
Dependencia de interacciones inter-específicas

Criterio 2.4	Dependencias de interacciones entre especies (relación depredador-presa, polinizador-planta), las cuales se pueden ver afectadas por interrupciones generadas por el CC. Esto puede provocar la disminución o pérdida de un recurso o alterar la sincronización en la fenología de algunas especies.	
Grado de dependencia		
Alto	Alta dependencia de interacción	3
Moderado	Moderada dependencia de interacción	2
Bajo	Baja dependencia de interacción	1
Ninguno/No aplica	No existe dependencia	0

2.5 Especies raras o endémicas.

La sensibilidad inherente a especies con poblaciones pequeñas y propensas a los efectos de *Allee* y sucesos catastróficos; aunado a una reducida capacidad de recuperación a eventos de extinción locales, tenderán a serlo más ante el CC (Foden *et al.*, 2008; Foden *et al.*, 2013). Este grupo incluye también a las especies endémicas, que se esperan estarán afectadas, principalmente aquellas localizadas a altitudes mayores, donde es posible que se produzca un cambio importante en los gradientes altitudinales. El cuadro 8 muestra la ponderación para especies con poblaciones pequeñas o endémicas.

Cuadro 8.
Especies raras o endémicas

Criterio 2.5	Especie con poblaciones pequeñas y distribución limitada, aisladas o fragmentadas. Especies endémicas adaptadas a rangos específicos de condiciones ambientales (temperatura, precipitación y humedad) relativamente uniformes y umbrales estrechos.	
Grado de susceptibilidad		Valor
Alto	Alta susceptibilidad	3
Moderado	Moderada susceptibilidad	2
Bajo	Baja susceptibilidad	1
Ninguno/No aplica	No existe susceptibilidad	0

3. Criterio capacidad de adaptación

Capacidad de dispersión

3.1 Limitaciones intrínsecas de dispersión:

Especies con bajo potencial de dispersión a grandes distancias tenderán a una limitada capacidad de adaptación, debido a que será poco probable que sean capaces de movilizarse en función de un clima cambiante (Foden *et al.*, 2013; Böhm *et al.*, 2016). Especies con una alta movilidad podrán dispersarse a nuevos espacios, por lo tanto son consideradas más resilientes a modificaciones en los hábitats (Bagne *et al.*, 2011; Steel *et al.*, 2011). El cuadro 9 muestra la ponderación para la evaluación de especies con niveles de dispersión.

Cuadro 9.

Limitada capacidad intrínseca de dispersión

Criterio 2.6	Especies con poca capacidad de dispersión o colonización de nuevas áreas o rangos adecuados. Caso particular de condiciones ambientales que se desplazarán hacia mayores altitudes. Las especies con bajas tasas de dispersión o de movimientos, son poco probable que logren migrar con suficiente rapidez la colonización de nuevos hábitats.	
Grado de dispersión		Valor
Baja	Muy limitada capacidad de dispersión	3
Moderada	Moderada capacidad de dispersión	2
Alta	Alta capacidad de dispersión	1
Ninguno/No aplica	Muy alta capacidad	0

3.2 Limitaciones extrínsecas de dispersión:

Incluso cuando las especies son intrínsecamente capaces de una dispersión rápida y de larga distancia, el movimiento y/o la colonización exitosa pueden estar reducidos por la baja permeabilidad o la presencia de barreras físicas a lo largo de las rutas de propagación. Estos incluyen barreras naturales, antropogénicas y hábitats con condiciones inadecuadas (Bagne *et al.*, 2011; Foden *et al.*, 2013; Böhm *et al.*, 2016). El cuadro 10 presenta la ponderación para la capacidad extrínseca de dispersión

Cuadro 10.
Limitada capacidad extrínseca de dispersión

Criterio 2.7	Especies que se encuentran aisladas por la presencia de barreras extrínsecas estarán más limitadas su sobrevivencias como consecuencia del CC	
Grado de dispersión extrínseca		Valor
Baja	Muy limitada capacidad de dispersión	3
Moderada	Moderada capacidad de dispersión	2
Alta	Alta capacidad de dispersión	1
Ninguno/No aplica	Muy alta capacidad	0

3.3 Baja capacidad evolutiva

El potencial en las modificaciones genéticas de las especies determinará si la adaptación evolutiva puede resultar a un ritmo lo suficientemente expedito, como para que ocurra la adaptación a modificaciones impulsadas por el CC. Por lo tanto, la baja diversidad genética tiende a mostrar menores variaciones tanto fenotípicas como genotípicas; como resultado estas especies tenderán a carecer de características nuevas que podrían facilitar la adaptación a las nuevas condiciones climáticas (Foden *et al.*, 2013). El cuadro 11 presenta la ponderación para la capacidad evolutiva.

Cuadro 11.
Capacidad Evolutiva

Criterio 2.7	Especies con tiempo generacional corto, diversidad genética baja, potencial de heredabilidad de rasgos, mayor tamaño de población o múltiples poblaciones con conectividad entre ellas permitirá el flujo genético y por lo tanto, presentaran mayor capacidad de adaptación	
Grado de capacidad evolutiva		Valor
Baja	Muy limitada capacidad	3
Moderada	Limitada capacidad	2
Alta	Moderada capacidad	1
Ninguno/No aplica	Alta capacidad	0

4. Criterio de Exposición

4.1 Exposición en incremento del nivel del mar:

Las especies asociadas o localizadas en tipos de hábitats costeros que están expuestos a inundaciones por incremento de los niveles del mar (Böhm *et al.*, 2016) serán más susceptibles a modificaciones en los hábitats. Naveda (2010), concluyó que en el caso particular de la costa de Venezuela, las localidades con mayor amenaza como consecuencia del aumento en el nivel del mar, son las costas llanas con unidades geomorfológicas de deltas, lagunas costeras e islas pequeñas.

Adicionalmente, este mismo autor mencionó que existen 8 zonas de “alto riesgo”, como son: 1) las planicies inundables por presencias de geomorfologías deltaicas, lagunas costeras y zonas de subsidencia del Lago de Maracaibo; 2) la planicie de los Médanos de Coro; 3) la zona de Cuare-Morrocoy y Golfo Triste; 4) las costas de Borburata y Catia La Mar; 5) la planicie costera de la Laguna de Tacarigua y su alrededores; 6) la llanura de Aragua de Barcelona; 7) las llanuras deltaicas de Tucupita, y; 8) las planicies costeras alrededor de la isla de Margarita (sección oriental). El cuadro 12 presenta la ponderación para la exposición como consecuencia del aumento del nivel del mar.

Cuadro 12.
Exposición al incremento del nivel medio del mar

Criterio 2.6	Hábitats costeros que actualmente se encuentran expuestos a inundaciones por el mar, podrán ser aún más afectados debido a un aumento en estos niveles.	
Grado de exposición		Valor
Alta	Alta exposición	3
Moderada	Moderada exposición	2
Baja	Baja exposición	1
Ninguno/No aplica	No exposición	0

4.2 Exposición a variaciones de temperatura y precipitación

La exposición de las especies a las variaciones del clima pueden ser establecidas a través de los modelos de circulación global, siendo los parámetros de temperatura y precipitación los más confiables en diferentes escenarios de emisión (Berry *et al.*, 2013; IPCC, 2014). Estos escenarios están relacionados con la orientación tecnológica basada en la utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), de fuentes de energía de origen no fósil (A1T), y uso equilibrado de todo tipo de fuentes (A1B). La exposición puede ser estimada a través de modelos basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG) o interfaces amigables de proyecciones climáticas disponibles en la web (Foden *et al.*, 2013), caso particular *climate wizard* (nombre en inglés, <http://www.climatewizard.org/>).

La ponderación para la temperatura y precipitación fue establecida utilizando la metodología propuesta por Berry *et al.*, (2013) quienes construyeron límites arbitrarios para estas dos variables (cuadro 13) en función de los objetivos establecidos por el IPCC (2014a) de 2 °C como límite máximo tolerable para muchos ecosistemas. Por lo tanto, valores menores a 2 °C son considerados como de baja exposición, por encima de este valor con algunos efectos adversos y por encima de 4 °C con posibles efectos en la sobrevivencia dependiendo de las especies. Situación similar se estructuró para variable de precipitación, por lo tanto valores de $\pm 5\%$, entre 5 y 10 %, $\pm 10\%$ se considera como de exposición baja, media y alta respectivamente.

Cuadro 13.
Exposición a variaciones de temperatura y precipitación

Incremento de la temperatura media anual (°C)	Categoría de Exposición	Valor
Menor a 2 °C	Baja	1
2 - 4 °C	Media	2
Mayor a 4 °C	Alta	3
Cambio en la precipitación anual (%)		
Entre -5 hasta +5	Baja	1
Entre >5 o <10 descenso o aumentos	Media	2
Más de 10 descenso o aumentos	Alta	3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron un total de 12 criterios predictivos para la evaluación de la vulnerabilidad de las especies al CC, aunque no son exhaustivos, permiten realizar una inferencia sobre el riesgo que pueden presentar las especies venezolanas en peligro de extinción ante un clima incierto.

El Indicador de Vulnerabilidad de Especies al Cambio Climático (IVECC) está conformado por un sistema de puntuación basado en la integración de cuatro categorías: (1) *Especies en peligro de extinción* (estado de conservación de la especie), y los componentes de la vulnerabilidad: (2) *Sensibilidad*, (3) *Capacidad adaptativa* y (4) *Exposición*. La sensibilidad fue la categoría a la que se le otorgó mayor preponderancia, conformada por un total de cinco criterios, en comparación con la capacidad adaptativa y la exposición a las que se les asignaron tres. A cada uno de los criterios se le otorgó igual peso de ponderación y la valoración máxima que puede obtener una especie analizada es de 36 puntos. Toda la información puede ser registrada en una planilla de evaluación (ver Apéndice) Por lo tanto, este indicador permite estimar y priorizar las especies localizadas en una ANPs en función de la combinación de criterios establecidos para las categorías de *Especies en peligro de extinción*, *Sensibilidad*, *Capacidad adaptativa* y *Exposición*.

El estado de conservación fue el único criterio de evaluación no relacionado directamente con las presiones ejercidas por las variaciones del clima. Sin embargo, se incorporó como criterio mediante la ponderación de las clasificaciones *en peligro crítico*, *en peligro* y *vulnerable* según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana y la Lista Roja de la UICN. De forma similar Reece y Noss (2014) estructuraron un Índice Estandarizado de Evaluación de la Vulnerabilidad y Valor (SIVVA, siglas en inglés) que permite conocer la susceptibilidad de forma integral, debido a que incorpora evaluaciones existentes que incluye Lista Roja de la IUCN, y el Índice de Vulnerabilidad al CC de *NatureServe* (Young *et al.* 2011).

La *sensibilidad* fue estructurada en función de una serie de rasgos biológicos de las especies, que tienden a generar una mayor susceptibilidad al CC. Por lo tanto, se utilizaron estas características como criterios de evaluación con la finalidad de incorporar estos atributos: (1) Dependencia de un hábitat especializado; (2) Tolerancia Ambiental; (3) Dependencia a Detonantes Ambientales; (4) Dependencias a Interacciones Inter-específicas; (5) Rareza.

La *capacidad adaptativa* se basó en limitaciones intrínsecas y extrínsecas de dispersión, aunada con las respuestas evolutivas de las especies a los cambios en el clima. Esto con la finalidad de poder integrar el potencial o la capacidad de una

determinada especie para adaptarse a estas variaciones o contener o minimizar los posibles efectos.

Por último, la *exposición* se estableció mediante la identificación de la magnitud de las variables de temperatura y precipitación proyectadas para los posibles rangos de distribución de las especies. Las proyecciones para Venezuela pueden ser conocidas mediante el promedio de un conjunto de modelos de la página web interactiva asistente climático (www.climatewizard.org). Este asistente utiliza el modelo general de circulación (MCG, en inglés) para cualquier escenario de emisión. No obstante, es conveniente utilizar el *Esemble Average* (nombre en inglés) con un escenario Medium A1B (nombre en inglés, utilización equilibrada de todo tipo de fuentes). Esto debido a que realiza un análisis en conjunto, mediante la combinación de múltiples modelos y cuantificación de las variaciones de temperatura y precipitación con diferentes escenarios de emisiones. Esto resulta relevante con la finalidad de disminuir la incertidumbre generada en los resultados que pueden ser disímiles entre diferentes modelos pero permiten obtener datos robustos para los análisis (Malcolm *et al.*, 2006).

Adicionalmente, se incorporó el riesgo que puede presentar los hábitats localizados en las zonas costeras como consecuencia del incremento del nivel de mar. La mayoría de las evaluaciones existentes sobre la vulnerabilidad de las especies al CC, ignoran o evalúan escasamente este efecto. En varias regiones costeras, este efecto puede suponer una amenaza aún mayor que, inclusive, los efectos producidos por cambios en la temperatura o precipitación, o el cambio en el uso de la tierra (Reece y Noss, 2014).

En Venezuela han sido pocos los trabajos de investigación desarrollados con la finalidad de poder conocer los efectos que podrá tener un clima futuro diferente sobre las especies nativas, principalmente las que actualmente se encuentran en riesgo de extinción. No obstante, Foden *et al.* (2013) identificaron una alta concentración de especies amenazadas y con rasgo de sensibilidad al CC y baja capacidad de adaptación en América del Sur, específicamente en la cuenca del Amazonas y la región de los Andes, los grupos taxonómicos identificados en este estudio fueron anfibios y aves. De forma similar, Böhm *et al.*, (2016) concluyeron que la mayor concentración de especies reptiles, con características biológicas susceptibles al CC se localizaron en la cuenca del Amazonas y al Noroeste de América Sur, en ambos estudios se incluye de forma parcial el territorio venezolano.

Las ventajas de este tipo de herramienta es que permiten su aplicación en cualquier grupo taxonómico, independientemente del tamaño de la distribución geográfica. Sin embargo, puede presentar limitaciones importantes en función de la

disponibilidad de información con respecto a la distribución y los rasgos biológicos inherentes de cada una de las especies. Adicionalmente, existe poco consenso entre los expertos y especialistas sobre cómo la información de los diferentes rasgos biológicos debe ser evaluada y ponderada. Esto dificulta la comparación de diferentes tipos de enfoques (Willis *et al.*, 2015), generando un importante sesgo en los resultados.

CONCLUSIONES

El Indicador de Vulnerabilidad de Especie ante el Cambio Climático (IVECC) es un sistema que se estructuró en cuatro categorías: (1) *Especies en peligro de extinción* los componentes de la vulnerabilidad: (2) *Sensibilidad*, (3) *Capacidad adaptativa* y (4) *Exposición*.

Este indicador permite realizar estimaciones subjetivas de la vulnerabilidad de las especies al CC, combinado con las categorías de la Lista Roja de la IUCN y el Libro Rojo de la Fauna Venezolana; lo que posibilita inferir parcialmente sobre riesgos actuales, asociados con nuevas amenazas futuras de un clima cambiante.

Las herramientas estandarizadas de evaluación de los efectos del CC para las especies, desarrolladas a nivel mundial pueden generar limitaciones y restricciones en su aplicación, principalmente en las ANPs de Venezuela; donde existen ecosistemas únicos y complejos, que a su vez, contienen y albergan una cantidad importante de especies endémicas y/o en peligro de extinción.

La carencia de información actualizada sobre el riesgo de vulnerabilidad a nuevas presiones, particularmente al CC, puede producir importantes sesgos en el momento de la aplicación de herramientas o instrumento de evaluación.

Los nuevos rasgos biológicos que se han identificado en investigaciones publicadas recientemente, podrán ser incorporados al indicador con la finalidad de fortalecer la herramienta de análisis.

Es importante que para investigaciones futuras se incorporen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), con la finalidad de evaluar y analizar la sensibilidad de los ecosistemas venezolanos ante este fenómeno y las consecuencias a nivel de especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNE, K., FRIGGENS, M. y FINCH, D. (2011). *A System for assessing vulnerability of species (SAVS) to climate change*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-257. Fort Collins, CO. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- BELLARD, C., BERTELSMEIER, C., LEADLEY, P., THUILLER, W. y COURCHAMP, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 10:1111.
- BERRY, P., OGAWA-ONISHI, Y. y MCVEY, A. (2013). The vulnerability of threatened species: adaptive capability and adaptation opportunity. *Biology*, 2: 872-893.
- BÖHM, M., COOK, D., MA, DAVIDSON, H. GARCÍA A. *et al*, (2016) Hot and bothered: using trait-based approaches to assess climate change vulnerability in reptiles, *Biological Conservation*, 2016.06.002.
- ERWIN, K. (2009). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecol Manage*, 17:71–84.
- DAWSON, T., JACKSON, S., HOUSE, J., PRENTICE, I. y MACE G. (2011). Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332, 53–58.
- FARACO, L., ANDRIGUETTO-FILHO, J. y LANA. P. (2010). A methodology for assessing the vulnerability of mangroves and fisherfolk to climate change. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(2): 205-223.
- FODEN, W., MACE, G., VIE, J.-C., ANGULO, A., BUTCHART, S., *et al*, (2008). *Species susceptibility to climate change impacts*. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Gland, Switzerland.
- FODEN W., BUTCHART S., STUART S., VIE' J-C., AKC, AKAYA H., *et al*. (2013) *Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals*. PLoS ONE, 8(6).

- FODEN, W. & YOUNG, B. (eds.) (2016). *IUCN SSC guidelines for assessing species' vulnerability to climate change*. Version 1.0. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 59. Cambridge, UK and Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission. 114pp.
- GALBRAITH, H. y PRICE, J. (2009). *A Framework for categorizing the relative vulnerability of threatened and endangered species to climate change (External Review Draft)*. National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. US. Disponible: [Documento en Línea]. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=203743>. Consultado 15-05-2016.
- GARCÍA, E. y M. SILVA. (2014). Las ABRAE versus las áreas protegidas en Venezuela. *Revista COPÉRNICO*, Año X. N° 19.
- GLICK, P., STEIN B. y N. EDELSON, (eds.) (2011). *Scanning the conservation horizon: a guide to climate change vulnerability assessment*. National Wildlife Federation, D.C, US.
- HEWSON, J., ASHKENAZI, E., ANDELMAN, S. y STEININGER, M. (2008). Projected impacts of climate change on protected areas. *Biodiversity*, 9(3):100-105.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2014a). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2014b): *Anexo II: Glosario* [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza, 127-141 pp.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (2016). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2016-2. Documento en Línea. Disponible: <http://www.iucnredlist.org>. [Consultado 06 -11- 2016].

- JOHNSON, K. (2014). *Climate change vulnerability assessment for natural resources management: toolbox of methods with case studies version 2.0*. U.S. Fish and Wildlife Service Arlington, Virginia, United State, 51 pp.
- JOHNSTON, A., AUSDEN, M., DODD, A., BRADBURY, R., CHAMBERLAIN D., *et al*, (2013). Observed and predicted effects of climate change on species abundance in protected areas. *Nat. Clim. Change*, 3:1055–1061.
- MAGNESS, D., MORTON, J., HUETTMANN, F., CHAPIN, S. y MCGUIRE. A. (2011). A climate change adaptation framework to reduce continental-scale vulnerability across conservation reserves. *Ecosphere*, 2: art 112.
- MAGRIN, G., MARENGO, J-A., BOULANGER, J-P., BUCKERIDGE, P., CASTELLANOS E. *et al*, (2014). *Central and South America. In: Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1499-1566 pp.
- MAWDSELY J. y LAMB, R. (2013). *Climate-Change Vulnerability Assessment for Priority Wildlife Species prepared for the Navajo*. Nation Department of Fish and Wildlife in partnership with the H. John Heinz, USA, 204 pp.
- MEDINA, R., (2011). *Las Áreas Naturales Protegidas de Venezuela ante el Cambio Global Diagnóstico y Futuro*. (tesis de maestría). Universidad Internacional De Andalucía, España, 76 pp.
- MINISTERIO DE PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE (MPPA). (2012). *Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica 2010-2020 y su Plan de Acción Nacional*. Caracas, Venezuela, 123 pp.
- REECE, J. y NOSS, R. (2014). Prioritizing species by conservation value and vulnerability: a new index applied to species threatened by sea-level rise and other risks in Florida. *Natural Areas Journal*. 34: 31-45.
- REPÚBLICA DE VENEZUELA (1983). *Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio*. Gaceta Oficial de la. N°3.238 (Extraordinaria) Agosto 11, 1983.

- RODRÍGUEZ, J. y ROJAS-SUÁREZ, F. (eds.) (2008). *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Tercera Edición. Provita & Shell Venezuela, Caracas, Venezuela, 263 pp.
- ROMANELLI, C.; COOPER, D.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; MAIERO, M.; KARESH, W. *et al.* (2015) *Connecting global priorities: biodiversity and human health: a state of knowledge review*. WHO/CBD. ISBN 978 92 4 150853 7. 344 pp.
- STEEL, Z., WILKERSON, L., GROF-TISZA, P. y SULZNER, K. (2011). *Assessing species and area vulnerability to climate change for the Oregon Conservation Strategy: Willamette Valley Ecoregion*. Conservation Management Program, University of California, Davis, USA.
- TUBERVILLE, T., ANDREWS, K., SPERRY, J., GROSSE, A., (2015). Use of the NatureServe climate change vulnerability index as an assessment tool for reptiles and amphibians: lessons learned. *Environ. Manag.*, 56, 822–834.
- WILLIS, S., FODEN, W., BAKER, D., BELLE, E., BURGESS, N. *et al.* (2015). Integrating climate change vulnerability assessments from species distribution models and trait-based approaches. *Biological Conservation*, 190:167–178.
- WILSON, L., ASTBURY, S., BHOGAL, A. y MCCALL, R. (2010). *Climate vulnerability assessment of designated sites in wales*. CCW Science Report No. 942. Countryside Council for Wales, Bangor.
- YOUNG, B., BYERS, E., GRAVUER, K., HAMMERSON, G. y REDDER, A. (2011). *Guidelines for using the NatureServe Climate Change Vulnerability Index Release 2.1*. NatureServe, Arlington, Virginia, USA.

TELVA M. CARANTOÑA. Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Venezuela. Magister en Manejo de Fauna Silvestre y Acuática, Venezuela, Universidad Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Venezuela, Especialización en Sistema de Información Geográfica, Centennial College, Canadá. Profesora Asistente de la Escuela Venezolana de Planificación de los Cursos de Sistemas de Información Geográfica Nivel Básico e Intermedio; Herramientas e Instrumentos de Información Territorial (Posgrado), Geomática Aplicada a las Áreas Naturales Protegidas y Diversidad Biológica. Investigadora en el área de Áreas Naturales Protegidas y Cambio Climático aplicando tecnologías de Sistemas de Información Geográfica.

telva.carantona@gmail.com

DENISE HERNÁNDEZ. Licenciada en Geografía, dedicada al área ambiental perteneciente a la Coordinación de Proyectos e Investigación en la Escuela Venezolana de Planificación con experiencia en la aplicación de Sistemas de Información Geográfica para el análisis espacial del territorio. Actualmente lleva a cabo líneas de investigación asociadas a procesos ambientales y cambio climático. Se ha desempeñado además en el procesamiento e interpretación de imágenes satelitales, estudios de impacto ambiental y cartografía náutica en el Servicio de Hidrografía y Navegación de las Fuerzas Armadas Bolivarianas, así como en diversos estudios de gestión territorial. Premio a la Investigación Edición 2008-2009, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela.

dns4crx@gmail.com

