

**Distribución potencial de *Oxysternon conspicillatum* (Weber, 1801) en diferentes escenarios de cambio climático en Colombia**

**Potential distribution of *Oxysternon conspicillatum* (Weber, 1801) in different climate change scenarios in Colombia**

Bedir Germán Martínez-Quintero<sup>1</sup>, Alejandro Echeverri-Rubio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biólogo, línea de investigación en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales, [sbedirge@gmail.com](mailto:sbedirge@gmail.com) (autor de correspondencia)

<sup>2</sup> Profesor Instructor Universidad de Manizales, Centro de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo. Doctorando, Universidad Nacional de Colombia. Msc en Administración, Universidad Nacional de Colombia; Administrador de Empresas, Universidad Nacional de Colombia. [aecheverri@umanizales.edu.co](mailto:aecheverri@umanizales.edu.co)

**RESUMEN**

Los escenarios de cambio climático son herramientas útiles para la evaluación de impactos, iniciativas de adaptación y mitigación, y creación de modelos climáticos; éstos se proyectan en el tiempo para predecir la unidad de hábitat en que se encuentran las especies.

Adicionalmente, los modelos de distribución de especies estiman el área de ocupación de un organismo bioindicador, como los escarabajos coprófagos, entre ellos la especie *Oxysternon conspicillatum* con amplia distribución geográfica en Colombia. El propósito de este trabajo fue determinar la distribución potencial de *O. conspicillatum* en diferentes escenarios (A2 y B1) de cambio climático en Colombia en los años 2050 y 2080. Para el desarrollo del modelo se recolectó información publicada y/o depositada en diferentes colecciones del país, de manera tal que se obtuvieron 427 registros, distribuidos en 11

fuentes de información. La especie se registró en 18 departamentos, el eje cafetero tiene mayor disponibilidad de datos geográficos. Se encontró que la probabilidad de ocupación de *O. conspicillatum* en la Cordillera Oriental disminuye drásticamente para estos dos años. Este resultado concuerda con lo observado en otros grupos bioindicadores como las plantas y las mariposas.

**Palabras clave:** área de ocupación, cambio climático, modelación, MaxEnt, bioindicador.

## **ABSTRACT**

Climate change scenarios are useful tools for impact assessment, adaptation and mitigation initiatives, and climate modeling. These are projected over time to predict the unit of habitat in which the species are. In addition, species distribution models estimate the area of occupation of a bioindicator organism, such as the dung beetles, including the species *Oxysternon conspicillatum* with a wide geographic distribution in Colombia. The purpose of this work was to determine the potential distribution of *O. conspicillatum* in different scenarios (A2 and B1) of climate change in Colombia in the years 2050 and 2080. For the development of the model, data was collected and / or deposited in different collections of the country. 427 records were obtained, distributed in 11 sources of information. The species was recorded in 18 departments, and the Eje Cafetero has greater availability of geographic data. It was found that the probability of occupation of *O. conspicillatum* in the Cordillera Oriental decreases drastically for these two years. This result agrees with what was observed in other bioindicator groups such as plants and butterflies.

**Key words:** occupying area, climate change, modelling, MaxEnt, bioindicator.

## INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países más mega-diversos del mundo, sin embargo de acuerdo al índice de vulnerabilidad al cambio climático para la región de América Latina y el Caribe se encuentra en una categoría de riesgo alto (CAF, 2014). El cambio climático, sus efectos sobre el ciclo del agua y la pérdida de hábitat están estrechamente ligados a la reducción de la biodiversidad, es altamente probable que la transformación en los regímenes de precipitación e incremento de la temperatura, incidan directamente en el tamaño, fisiología, estructura, abundancia y distribución de un amplio espectro de organismos (BÖHNING *et al.*, 2008.). Estos factores suponen un cambio en las interacciones entre las especies, distribución misma de los ecosistemas entre otros (IPCC, 2007). El resultado de la coacción de dichos factores, tiene repercusiones en la calidad de los servicios ambientales suministrados por los ecosistemas (IPCC, 2007).

Por otra parte la respuesta biótica al cambio climático ha sido estudiada sobre varios niveles de organización, desde fenología de organismos hasta rangos de poblaciones y ensamblajes de comunidades, considerando al cambio climático como factor importante en la extinción de especies (PARMESAN & YOHE 2003; WILSON *et al.*, 2007). Estos estudios se restringen a países del hemisferio norte y por lo general son a largo plazo o monitoreos, por lo cual no existen datos en el planeta que permitan pronosticar las respuestas de los organismos, asimismo son escasas las investigaciones basadas en la distribución actual de mismos al cambio climático (WILSON *et al.*, 2007). Por consiguiente, conocer la distribución de las especies y sus causas, proporciona argumentos sólidos en la apuesta por la conservación de la biodiversidad (BROWN, 1995).

La relación entre los patrones de distribución y los factores ambientales utilizando grupos bioindicadores, se ha convertido en una herramienta fundamental en las propuestas de conservación y biodiversidad dentro de escenarios de cambio climático, apoyando la toma de decisiones sobre estrategias a seguir a largo plazo. Los escarabajos coprófagos (Scarabaeinae), son un grupo de insectos con varias características ecológicas que los hacen importantes como bioindicadores (HALFFTER & MATTHEWS, 1966; HANSKI & CAMBEFORT, 1991, VULINEC, 2000; CULTID *et al.*, 2012), entre ellas, son sensibles a la perturbación debido a que son afectados directamente por los cambios en las variables micro climáticas, temperatura, humedad o características del suelo (NICHOLS *et al.*, 2007). Por lo tanto, los escarabajos coprófagos un excelente grupo indicador de salud de los ecosistemas (VULINEC, 2000).

El papel de los coprófagos va más allá de la bioindicación; aportan en diferentes servicios ecosistémicos tales como reciclaje de nutrientes, aireación del suelo, dispersión secundaria de semillas, entre otros (NICHOLS *et al.*, 2007), pero es poco lo que se conoce acerca de la respuesta de los coprófagos a la heterogeneidad espacial de los paisajes y al cambio climático (SPECTOR, 2006; NICHOLS *et al.*, 2007).

Para establecer efecto del cambio climático se han desarrollado herramientas predictivas denominadas escenarios de cambio basadas en las emisiones de gases de efecto invernadero a largo plazo, que son un conjunto de imágenes sobre lo que podría suceder en el futuro, útiles para evaluar la manera cómo podrían contribuir las fuerzas determinantes tanto sociales como naturales en las emisiones futuras (IPCC, 2000). La información que se

produce es apropiada para la proyección de modelos del clima, la valoración de los impactos y para las estrategias de adaptación y mitigación (IPCC 2000, 2002).

Actualmente, la implementación de modelos para predecir la respuesta de las especies, ecosistemas y paisajes, son una tendencia en estudios de ecología y conservación. Dentro de estos modelos se encuentra el software gratuito MaxEnt (método de máxima entropía), empleado para realizar predicciones o inferencias a partir de información incompleta (VALDERRAMA, 2013). Este modelo de distribución de especies esencialmente es una caracterización de las condiciones ambientales indicadas para estas especies, y permite identificar donde están espacialmente ubicados los sitios aptos para el desarrollo de la especie investigada, por lo cual este método puede utilizado en numerosas áreas dentro de abundantes problemáticas, entre sus variadas aplicaciones se encuentran la restauración ecológica, priorización de zonas para iniciativas de conservación biológica, la evaluación de patrones de propagación de especies invasivas y modelaciones de efectos del cambio climático sobre los ecosistemas (MORALES, 2012).

Después de evidenciar que el cambio climático tiene una afectación sobre la diversidad y que grupos bioindicadores como los escarabajos coprófagos son excelente evaluadores de la salud de un ecosistema, en este trabajo tiene por objetivo determinar la distribución potencial de una especie de escarabajo coprófago (*Oxysternon conspicillatum*) en diferentes escenarios de cambio climático en Colombia, en dos épocas diferentes en el futuro, en los años 2050 y 2080.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de distribución potencial de *O. conspicillatum*, se realizó con un número representativo de datos de registro de presencia en las diferentes regiones del país, así mismo se garantiza que la toma de datos provienen de fuentes de información confiables depositada en colecciones. Posteriormente las variables analizadas fueron llevadas a una escala de observación de los datos de forma precisa y con una cobertura considerada pertinente por los autores del presente documento. Finalmente, para establecer la confiabilidad del modelo es necesario tener conocimientos básicos de la biología, ecología, información bibliográfica de la especie y de la fauna asociada a la misma, que permitió comparar la realidad de los datos actuales con los posibles modelos.

Los criterios bajo los cuales se seleccionó *O. conspicillatum* (Figura 1 y 2) como especie para modelar su ocupación en el tiempo y evaluar su respuesta de distribución frente al cambio climático en Colombia se divide en tres aspectos, i) potencial indicador de perturbación, ii) amplia distribución geográfica y iii) taxonomía bien definida.

Para este análisis, se usaron todos los registros de *O. conspicillatum*, depositados en el portal de datos del Sistema de Información de Biodiversidad de Colombia (SIB) y aquellos registros encontrados en trabajos publicados en el país. Se tabularon en el software Excel, fueron depurados y se utilizaron los que estaban correctamente georreferenciados, es decir los de alta confiabilidad, dada por aquellos registros donde las coordenadas de latitud y longitud eran veraces y se ubicaban en las zonas indicadas, esto se corroboró en el portal Google Earth.



Figura 1. Especie de *O. conspicillatum*, hembra y macho (tomada de CULTID *et al.*, 2012)

#### **Determinación de la distribución potencial actual**

La distribución potencial de *O. conspicillatum* se realizó empleando MaxEnt (Maximum Entropy Modelling of Species Geographic Distributions), el cual aplica el principio de la máxima entropía para calcular la distribución de especies más probable y más uniforme posible para un taxón (VALDERRAMA, 2013). El resultado es un valor de idoneidad de hábitat en función de las características ambientales de los puntos de presencia que se introduzcan en el modelo (PHILLIPS, *et al.*, 2006, PHILLIPS & DUDÍK, 2008) MaxEnt realiza la aproximación al nicho ecológico de los taxones estudiados, a partir del modelo climático global WorldClim el cual se basa en 19 variables climáticas más altitud (Tabla 1), derivadas de la temperatura y la precipitación, para identificar los valores abióticos que limitan su distribución (AUSTIN 2002).

## **Modelación de la distribución futura de *O. conspicillatum* bajo un escenario de cambio climático**

Para los modelos predictivos se utilizaron los datos de BioClim con una resolución 2.5 minutos, implementados con el modelo MRI-CGCM3 el cual reproduce el clima medio global, incluyendo la variación estacional en diversos aspectos de la atmósfera y los océanos, considera el clima simulado evaluando, el fenómeno del Niño y la Oscilación del Sur y el Ártico y del Antártico (YUKIMOTO *et al*, 2012). Los escenarios utilizados fueron A2 y B1 (Tabla 2), extremos para el cambio climático global, siendo el A2 el pesimista, donde el planeta está fragmentado y no sustentable con concentraciones de gases efecto de invernadero mayor. El escenario B1 es un escenario optimista donde el planeta es integrado y sustentable con mayor uso de energías renovables y menor concentración de gases efecto invernadero (RASKIN *et al.*, 2005).

Se realizaron mapas de distribución potencial actual (2016) y futura (2050 y 2080), en los diferentes escenarios para conocer los cambios en las áreas potenciales de distribución de *O. conspicillatum* bajo cada modelo escenario. Estos fueron utilizados para análisis descriptivo y en el programa ArMap 8.2. Se establecieron diferencias en el tamaño de distribución y las regiones más afectadas. Finalmente, para determinar la pérdida o ganancia de área entre años y escenarios, se tomó como referencia el 80% de la probabilidad de ocurrencia de *O. conspicillatum* en el país (mayor idoneidad de hábitat); donde todos los valores iguales o por encima del límite del 80%, fueron los utilizados para calcular el área.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de *O. conspicillatum* se encontraron registrados en 11 fuentes de información, entre seis artículos científicos (MEDINA & KATTAN, 1996; HUERTAS *et al.*, 2003; EDMONDS & ZIDEK, 2004; GARCIA & PARDO, 2004; ESPARZA & AMAT, 2007; CONCHA *et al.*, 2010) en cuatro colecciones de proyectos que aún no están publicadas (CR-EC 2004; CR-S 2007; CRCUT 1 2008; ESCOBAR-IAvH-cham) y en el portal del Sistema de Información Biológica (SIB).

Se obtuvieron un total de 427 registros de *O. conspicillatum* con datos de georreferenciación correctos para Colombia, distribuidos en 18 departamentos del país. Amazonas es el departamento con mayor número de registros con un total de 140, sin embargo, la región del eje cafetero es la zona donde se presentan mayor número registros en distintas localidades. Estos valores soportan la alta distribución geográfica de la especie en el país. En términos generales, esta especie es ubicua en Colombia, tiene alta presencia en las tres cordilleras Andinas y en la Amazonía, de manera tal que se encuentra en un rango entre los 0 m a los 3000 m de altitud como lo registra EDMONDS & ZÍDEK (2004), por lo que puede estar afectada por los factores de cambio climático que se presenten en el territorio nacional. *O. conspicillatum* presenta la particularidad de estar presente en zonas abiertas (fuera de los bosques) en la región andina y restringida a zonas boscosas en la región de la Amazonía, esto hace que sea una especie de distribución geográfica y requerimientos ecológicos amplios (especie generalista).

La distribución potencial actual de *O. conspicillatum*, presenta un modelo bien ajustado y confiable, con un AUC de 0,985 (Figura 3). Las variables ambientales que influyen

directamente sobre el modelo de distribución actual son la isotérmica (bio 3) con un 30,4% y la estacionalidad de la temperatura (bio 4) con un 20,9%, ambas variables derivan de la temperatura de las zonas en que se ha registrado esta especie. Además, los datos ecológicos obtenidos en campo sustentan la idea de que la temperatura es la variable que presenta mayor peso en la actividad diaria de las poblaciones de *O. conspicillatum*, lo que posiblemente pueda generar una presión en la distribución de esta especie en el tiempo.

De acuerdo a las distribuciones potenciales obtenidas, *O. conspicillatum* posee zonas climáticamente favorables en gran parte del territorio colombiano, asociada altitudes entre los 1000 m y 2500 m. El número de celdas de estas distribuciones potenciales con respecto al número de localidades donde existen presencias conocidas pueden ser superiores a las 100 veces. Asimismo, en otros grupos de insectos, en países donde la tradición taxonómica es menor y donde hay una menor diversidad entomológica (ROCCHINI *et al.*, 2011), es muy probable que los registros de *O. conspicillatum* presenten evidentes sesgos ambientales y espaciales, de modo que la distribución “real” de esta especie sea mucho más amplia que la conocida.

Las zonas potenciales detectadas con el modelo deben considerarse como territorios de interés, no obstante, es importante tener en cuenta que posiblemente existan limitantes de dispersión, distribución y otros factores que tienen la capacidad de limitar las localidades que supuestamente son favorables climáticamente (WILLIAMS *et al.*, 2009).

Las mediciones potenciales donde podría registrarse *O. conspicillatum*, tanto en la actualidad como en un futuro, indican que actualmente, esta especie ocupa mayor área en las tres cordilleras con respecto al resto del país (Figura 2). Mientras que para un escenario

de cambio climático A2 y B1, para los años 2050 y 2080, se encontró que, en las cordilleras oriental y central disminuye representativamente con respecto a la cordillera Occidental en la que aumenta (Figura 3 y 4).

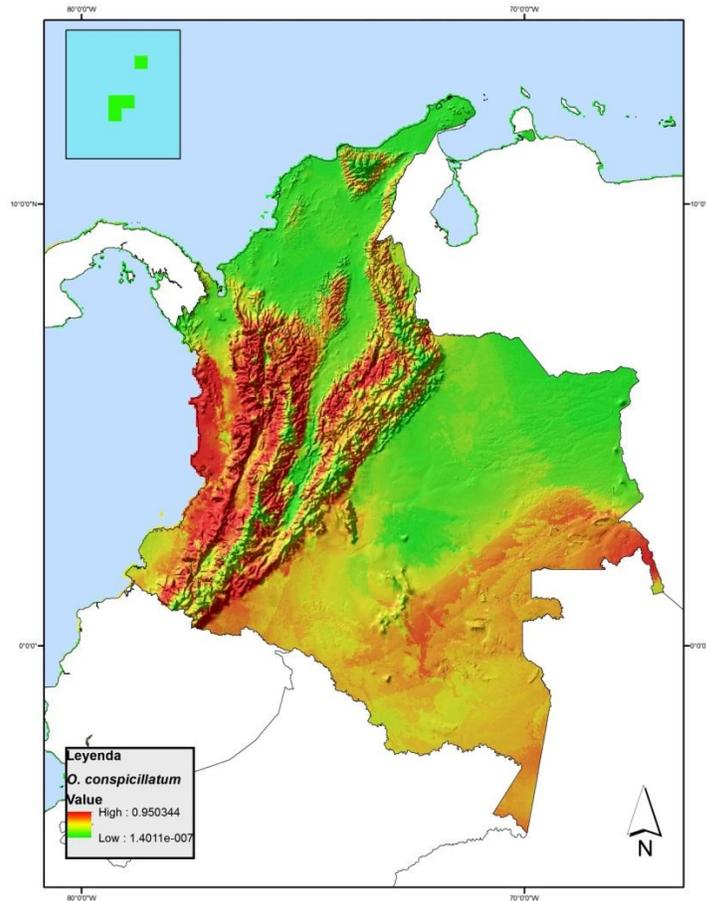


Figura 2. Distribución geográfica potencial de *O. conspicillatum* en la actualidad.

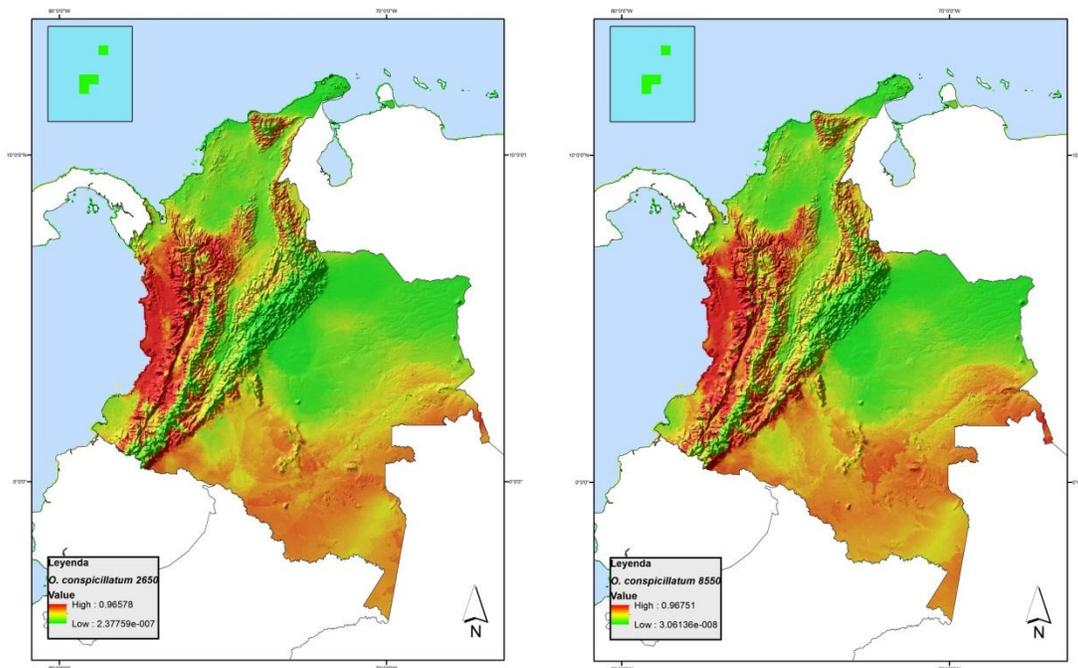


Figura 3. Distribución potencial de *O. conspicillatum* bajo un escenario A2 (izquierda) y B1 (derecha) en el año 2050.

Estos datos concuerdan con lo reportado por otros autores en diferentes grupos bioindicadores, se ha encontrado que varias especies de plantas disminuyen su área de ocupación bajo el mismo escenario de cambio climático, siendo la cordillera oriental la más afectada en cuanto a riqueza de especies y reducción del área de ocupación (TRIVIÑO, datos no publicados). Además, TRIVIÑO y colaboradores en un trabajo no publicado, encontraron que la población de mariposas se ve mayormente afectada en la cordillera oriental bajo un escenario A2 en el año 2050, por consiguiente este grupo se va a ver limitado en esta zona del país.

Esta simulación permite establecer que independientemente el cambio climático tendrá una alta influencia en la distribución de *O. conspicillatum* en un futuro, debido a que esta

especie va a estar ausente en gran parte del territorio nacional, afectando posiblemente el equilibrio ecológico por la pérdida del servicio ecosistémico prestado por la misma. Por otra parte se proyecta que para el 2080, hay un pequeño incremento en la probabilidad de ocurrencia de esta especie en el Caribe colombiano. No obstante la presencia en esa zona puede estar limitada por factores de competencia la especie *Digitonthophagus gazella*, especie introducida que habita en la región del Caribe (NORIEGA *et al.*, 2012).

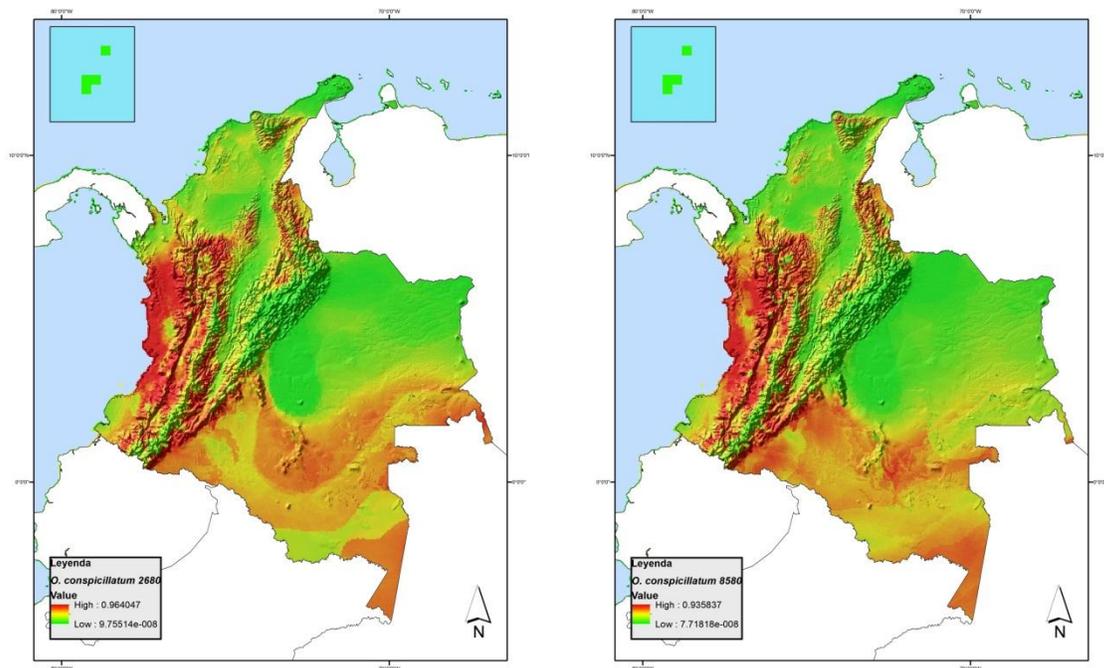


Figura 4. Distribución potencial de *O. conspicillatum* bajo un escenario A2 (izquierda) y B1 (derecha) en el año 2080.

Es alarmante el efecto de la usencia de *O. conspicillatum* como especie generalista en cuanto a la perdida de servicios ecosistémicos, debido a sus características ecológicas, puede suponerse resiliente a cualquier perturbación ambiental, lo que hace necesario

investigaciones enfocadas a encontrar cual es la tendencia de diversos organismos en respuesta al cambio climático.

Estos resultados conllevan a proponer como estrategias de conservación a corto, mediano y largo plazo, el monitoreo de paisajes inmersos en la cordillera Oriental y generar planes de manejo que permitan mitigar los efectos del cambio climático esta cordillera.

Adicionalmente, determinar la distribución potencial de una especie indicadora como *O. conspicillatum* permitirá complementar los datos registrados en términos de variables ambientales a futuro y suministrar herramientas para determinar zonas de protección, y manejo especial para afrontar los cambios en el clima por lo menos en un periodo de 60 años.

Esta herramienta de predicción, genera nichos ecológicos fundamentales, que aún falta analizar a fondo otros aspectos ecológicos y/o antrópicos como: relación con otras especies (mutualismo), modelación de cambios de usos del suelo, lo que podría modificar los arreglos de los elementos del paisaje donde se encuentra *O. conspicillatum* y así alterar posibles rutas de desplazamiento para responder a los cambios futuros.

En cuanto al área afectada en términos de ocurrencia de la especie en estudio, se deduce que con una probabilidad superior al 80 % de registro en un lugar en específico en Colombia, el área que cubriría es cerca de 93.500 km<sup>2</sup> que corresponden al 8,2 % del territorio nacional (Tabla 3, Figura 5). Pese a que este porcentaje es bajo, para una especie con restricciones fisiológicas de temperatura, humedad, altitud entre otras, la idoneidad del hábitat donde se puede registrar es alta. Restringiéndose principalmente a las cordilleras y en pequeñas proporciones del Amazonas.

Además, a nivel nacional el porcentaje de desaparición de la especie en el corte del 80 % no pasa el 1 %, lo que posiblemente explique la alta presencia de esta especie en gran parte del territorio nacional.

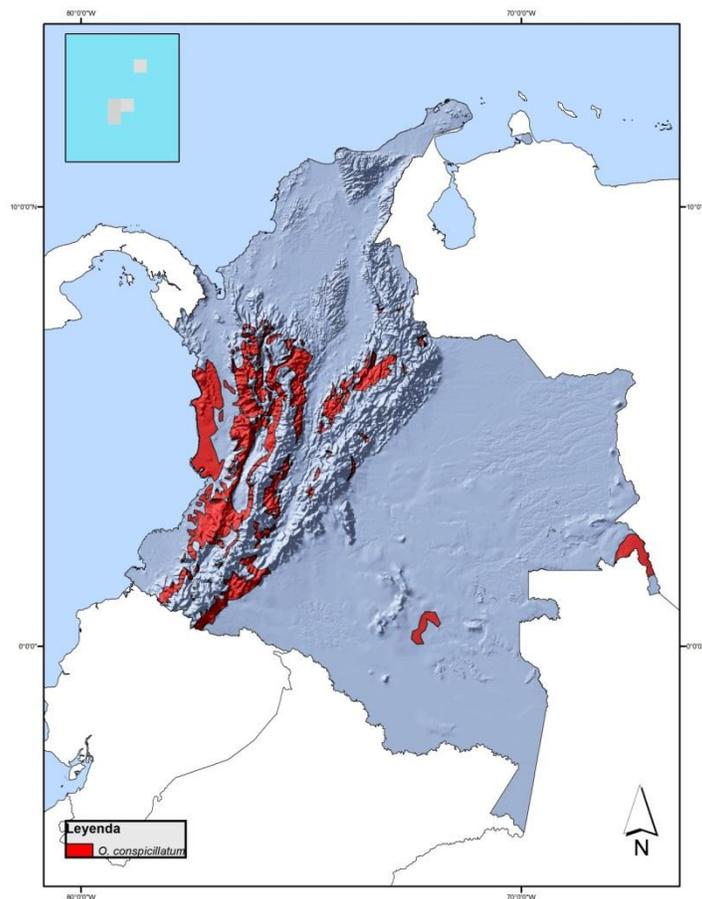


Figura 5. Distribución geográfica potencial de *O. conspicillatum* en la actualidad con una probabilidad de ocurrencia superior al 80 %.

Al encontrar que los hábitats idóneos para la ocurrencia de *O. conspicillatum* son las tres cordilleras, se revisó puntualmente el área de pérdida o ganancia en cada cordillera y así se definió si hay o no ganancias en los diferentes escenarios durante el cambio climático en los periodos de 2050 y 2080. Encontrándose en los mapas, que la Cordillera Oriental será la

que presente mayor afectación sobre los hábitats donde hay mayor probabilidad de ocurrencia de este escarabajo, asimismo se en un escenario A2 en 2050 disminuirá el área en 84 % aproximadamente y en 2080 para este mismo escenario será una disminución del 52 % (Tabla 4). Además, para el escenario B1 en esta misma cordillera, en 2050 se verá una pérdida de área en aproximadamente 60 %, pero para el año 2080 esta será casi igual a la del escenario A2, con cerca del 52 % del área perdida para este año (Figuras 6 y 7).

En la Cordillera Occidental se observa que bajo los escenarios A2 y B1 en el año 2050 el área de ocurrencia superior al 80 % se mantiene estable para el escenario menos traumático (B1) y para el escenario donde hay mayor afectación por el cambio climático (A2) se observa que hay mayor área de probabilidad de aparición de la especie. Este valor sugiere que el área perdida en la Cordillera Oriental, de alguna manera es compensada en esta cordillera y existiría un reemplazamiento de área entre cordilleras. También, es importante aclarar que la zona de la Cordillera Occidental posee mayor área boscosa conservada después de la Amazonía, lo que soportaría unas condiciones ambientales que puedan albergar las poblaciones de esta especie.

La Cordillera Central tendrá una afectación en promedio del 40 % de pérdida de área bajo los dos escenarios en los dos años propuestos para la modelación (Figuras 5, 6, 7). En esta cordillera y es donde hay mayor explosión demográfica y desarrollo urbano del país, a esto se podría atribuir la pérdida de hábitat idóneo para esta especie y por ende para otras especies que dependan exclusivamente de un paisaje heterogéneo donde dominen las áreas de bosque, tal como lo sustenta LIN (2013) quien estimó que el 8% de las especies están en

peligro debido al incremento en el desarrollo urbano, lo cual produce cambios en las comunidades naturales y deben enfrentarse a la pérdida de biodiversidad a nivel local.

Al revisar los posibles efectos del cambio climático en el tiempo, es claro que la fragmentación y transformación del hábitat reduce significativamente la dispersión y la conectividad funcional entre las poblaciones, alterando la conducta y composición de especies (SWENSON & FRANKLIN, 2000; VANDERGAST *et. al.*, 2007). A escala del paisaje NICHOLS *et. al.*, (2013), explica que los fragmentos operan como mecanismos de aislamiento de poblaciones así los parches estén relativamente cercanos dentro de la matriz del paisaje, haciendo que desaparezcan gremios funcionales, en fragmentos grandes y pequeños (KATTAN & NARANJO, 2008). Además los parches de bosque resultantes presentan bordes abruptos dependiendo de la matriz circundante y la configuración de los elementos que los rodean (KATTAN & NARANJO, 2008), lo que posiblemente hace que las especies como *O. conspicillatum* tengan menor probabilidad de permanencia en el tiempo.

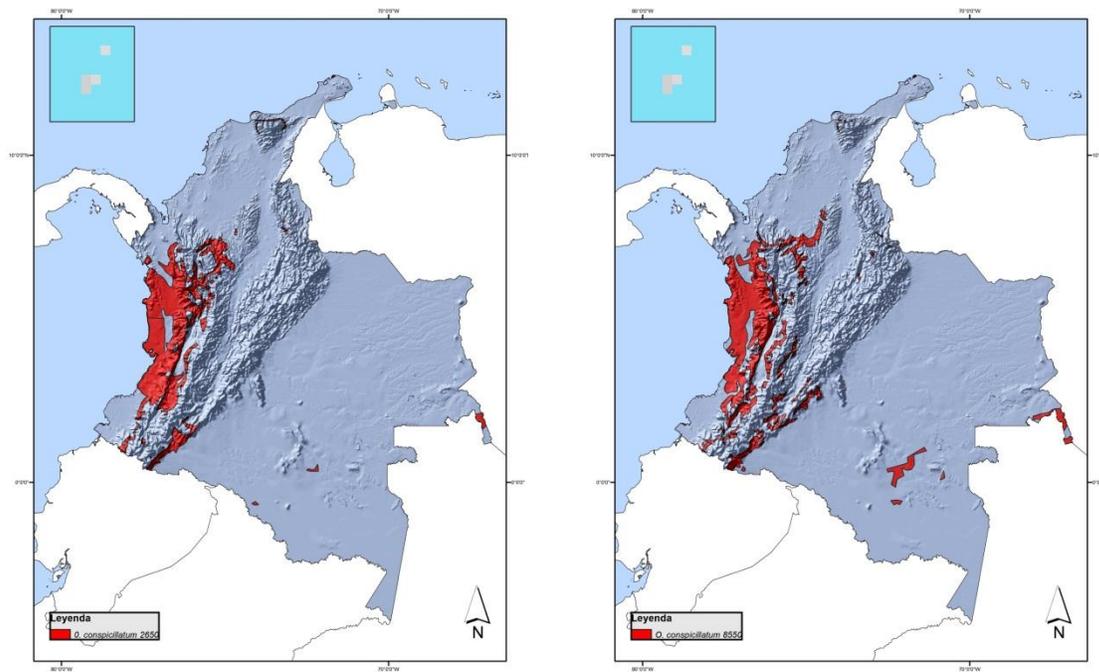


Figura 6. Distribución geográfica potencial de *O. conspicillatum* en bajo un escenario de cambio climático A2 y B1 en el año 2050, con una probabilidad de ocurrencia superior al 80 %.

Los resultados obtenidos en la distribución de *O. conspicillatum* bajo los diferentes escenarios de cambio climático, reflejan los procesos por los cuales se han enfrentado las áreas de la zona oriental del país; hoy por hoy un tercio de la superficie terrestre de esta parte del territorio, está cubierta por zonas agrícolas (HOUGHTON, 1994; BROVKIN *et. al.*, 2006). Es por esto, que el cambio en el uso del suelo, especialmente en el incremento de la ganadería ha contribuido entre el 15 -20% a las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial (IPCC, 2000) y a la pérdida de la diversidad biológica y fragmentación de hábitats (DURAIAPPAH *et. al.* 2005; DE CHAZAL & ROUNSEVELL; 2009). Es allí donde predecir la distribución de esta especie toma valor, debido a que su servicio en el

ecosistema está fuertemente relacionado con la disgregación de la materia orgánica, en este caso sería el excremento bovino y así poder disminuir las emisiones de dióxido de carbono (PENTILÄ, *et al.*, 2013).

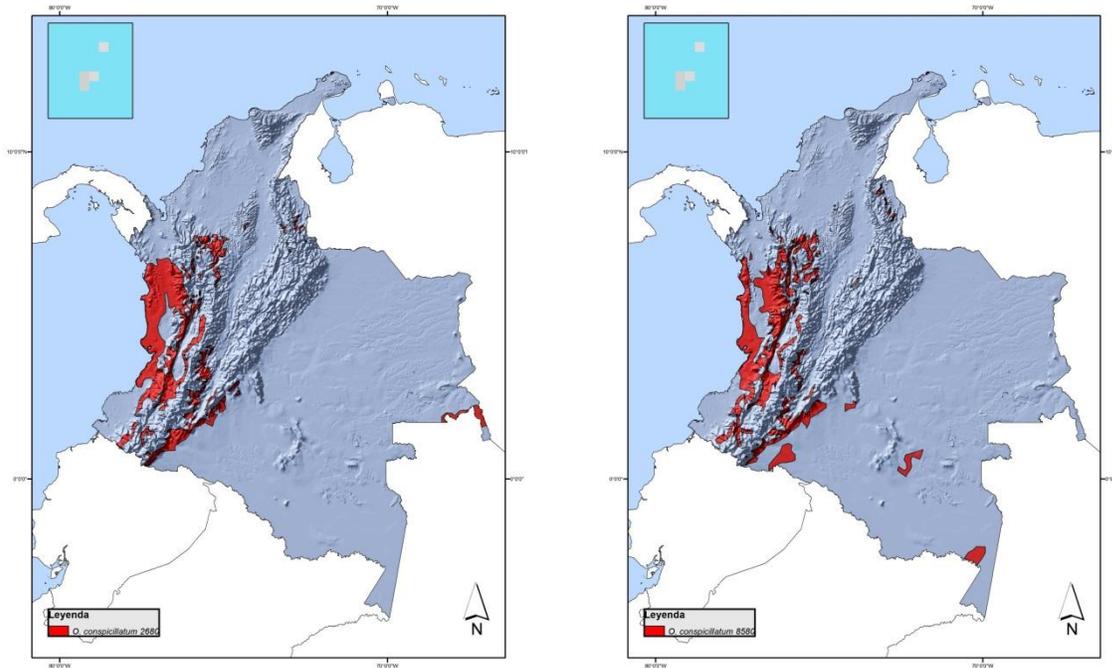


Figura 7. Distribución geográfica potencial de *O. conspicillatum* bajo un escenario de cambio climático A2 y B1 en el año 2080, con una probabilidad de ocurrencia superior al 80 %.

A partir de estos resultados se pueden implementar planes de conservación de ecosistemas como el monitoreo de especies (caso *O. conspicillatum*), y demuestra las ventajas e importancia que tienen registros geográficos de las especies e incentiva su uso.

Adicionalmente, se pueden lanzar hipótesis espaciales en diferentes escenarios a escala temporal y espacial, no obstante es importante mencionar que estos modelos tienen limitaciones que no permiten incorporar variables de interacciones bióticas, procesos

históricos, historia natural, capacidad de dispersión y barreras biogeográficas de las especies.

## **CONCLUSIONES**

Actualmente *O. conspicillatum* es una especie ampliamente distribuida en Colombia, sin embargo, en el año 2050 y 2080 bajo dos escenarios de cambio climático (A2 y B1) presentará una disminución considerable de su presencia a nivel nacional. Bajo cualquiera de los escenarios planteados (A2 y B1) en los dos años modelados (2050 y 2080), a nivel nacional existirán afectaciones en el área de uso de esta especie. No obstante, a escala de las cordilleras, la que más afectación tendrá por el cambio climático será la Cordillera Oriental que disminuirá en más del 80 % su idoneidad de hábitat para *O. conspicillatum*.

Es inevitable que ocurra el nuevo cambio climático como consecuencia de diferentes factores, entre ellos las actividades antrópicas y que a su vez están afectando inminentemente la biodiversidad, exponiendo la reducción de las poblaciones de especies importantes y sensibles (*O. conspicillatum*) que proporcionan servicios ambientales a la sociedad. Además, las herramientas predictivas como MaxEnt, no incorporan todos los factores que prescriban el establecimiento y distribución de las especies biológicas, son de gran aplicabilidad para los planes de conservación a futuro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a WCS/Programa Colombia por permitir el acceso a la información de *O. conspicillatum*. Especial agradecimiento al Biólogo, Especialista en SIG Fabián G.

Gaviria–Ortiz por su valiosa ayuda en la elaboración de los modelos; al doctor Carlos A. Cultid–Medina por suministrar información de esta especie y a la bióloga Patricia E. Jiménez–Pérez por su ayuda en la edición del documento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- AUSTIN, M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecol.Model.*, 157:101-118
- BÖHNING, G.K., JETZ, W. & SCHAEFER, H.C. 2008. Impact of climate change on migratory birds: community reassembly versus. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 17 (1) 38-49.
- BROWN, J.H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago
- BROVKIN, V., CLAUSSEN, M., DRIESSCHAERT, E., FICHEFET, T., KICKLIGHTER, D., LOUTRE, M. F & SOKOLOV, A., 2006. Biogeophysical effects of historical land cover changes simulated by six Earth system models of intermediate complexity. *Climate Dynamics*, 26(6): 587-600.
- CONCHA, C., GALLEGO, M. C. & PARDO L. C., 2010. Fragmentación de ecosistemas montanos e impactos estructurales y poblacionales sobre la comunidad de escarabajos coprófagos (Col. Scarabaeinae) en el alto río Cauca, Popayán, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas.*,14: 43 – 55

- CULTID, A.C., MEDINA, C.A., MARTÍNEZ, B.G., ESCOBAR, A.F., CONSTANTINO, L.M. & BETANCUR, N. 2012. *Escarabajos Coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: Guía para el estudio Ecológico*. WCS Cali. Colombia.
- DE CHAZAL, J. & ROUNSEVELL, M., 2009. Land-use and climate change within assessments of biodiversity change: A review. *Glob. Environ. Chang.*, 19 306–315.
- DURAIAPPAH, A., NAEEM, S., AGARDI, T., ASH, N., COOPER, D., DÍAZ, S. & OTHERS eds., 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- EDMONDS, W. D. & J. ZÍDEK., 2004.- Revision of the Neotropical dung beetle genus *Oxysternon* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Phanaeini). *Folia Heyrovskyana, Supplementum.*, 11: 1-58.
- ESPARZA, A. C. & AMAT G. 2007. Composición y riqueza de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal de selva húmeda tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo – Barí (Norte de Santander), Colombia. *Actual Biol.*, 29: 181 – 192
- GARCÍA, J. C. & L. PARDO. 2004. Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los Andes Occidentales Colombianos. *Ecol. apl.*, 3(2): 59-63.
- HALFFTER, G. & MATHEWS, G., 1966. The Natural History of Dung Beetles of the Subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeinae). *Fol. Entomol. Mex.*, 12-14: 1 - 312.

HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y., 1991. *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

HUERTAS B., ARIAS, J., & PARDO, L.C., 2003. Estudio preliminar de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la Serranía de Los Churumbelos, Cauca (Expedición Colombia 1998). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas.*, 7, 215-218.

HOUGHTON, R. A., 1994. The worldwide extent of land-use change, *Bioscience*, 44, 305–313.

IPCC-INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, & WORKING GROUP III. 2000. *Escenario de emisiones: resumen para responsables de políticas*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

IPCC- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, & WORKING GROUP. 2002. *Cambio climático y biodiversidad*. Gitay, H; Suárez, A; Watson, RT. y Dokken, DJ. eds.

IPCC-INTERGOVERNMENTAL PANEL ON 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 Geneva, Switzerland.

KATTAN, G. & NARANJO, L.G., 2008. Regiones biodiversas, herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas. WCS Colombia, Fundación EcoAndina, WWF Colombia.

- LIN, B. 2013. Creating Sustainable Cities – What can we learn from each other? Urban land use change and human-environmental well-being. *Research Scientist.*, 09 August 2013.
- MEDINA, C.A. & KATTAN, G., 1996. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en la Reserva Forestal de Escalerete. *Cespedecia.*, 21(68): 89-102.
- MORALES, N.A.R.K.I.S., 2012. Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en Conservación. *Rev. Cons. Amb.*, 2(1).
- NICHOLS, E., LARSEN, T., SPECTOR, S., DAVIS, A. L., ESCOBAR, F., DAVILA, M., VULINEC, K., 2007. The Scarabainae Research Network. Global dung beetles response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biol Cons.*, 137: 1 – 19.
- NICHOLS, E., URIARTE, M., BUNKER, D.E., FAVILA, M.E., SLADE, E.M., VULINEC, K., & SPECTOR, S.H. (2013). Trait-dependent response of dung beetle populations to tropical forest conversion at local and regional scales. *Ecology.*, 94(1), 180-189.
- NORIEGA, J. A., MORENO, J., OTAVO, S. & CASTAÑO, E. 2012. New departmental records for *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. *Acta biol. Colomb.*, 17 (1): 201-204.
- PARMESAN, C. & YOHE, G., 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature.*, 421(6918): 37-42.

- PENTILÄ, A., SLADE, E.M., SIMOJOKI, A., RIUTTA, T., MINKKINEN, K., ROSLIN, T., 2013. Quantifying Beetle – Mediated Effects on Gas Fluxes From Dung Pats. *PLoS ONE*. 8: 71454.
- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P. & SCHAPIRE, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.*, 190: 231-259.
- PHILLIPS, S. & DUDÍK, M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography.*, 31; 161-175.
- RASKIN, P., MONKS, F., RIBEIRO, T., VUUREN, D.V & ZUREK, M., 2005. Global Scenarios in Historical Perspective: 35 - 44. Cap.2. (in) “*Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*”.
- ROCCHINI, D., LOBO, J.M., JIME, A., BACARO, G. & CHIARUCCI, A. 2011. Accounting for uncertainty when mapping species distributions: the need for maps of ignorance. *Prog. in Phys. Geogr.*, 35, 211–226
- SWENSON, J.J. & FRANKLIN, J., 2000. The effects of future urban development on habitat fragmentation in the Santa Monica Mountains. *Landscape Ecol.*, **15**: 713–730.
- VALDERRAMA, W. 2013. Modelo de Nicho Ecológico mediante el método de máxima entropía (MaxEnt) para distribución de rabia silvestre en animales, transmitida por el murciélago *Desmodus rotundus* en Perú. Boletín Epidemiológico SENASA/., Mes 10, semanas 40-44.

VANDERGAST, A. G., BOHONAK, A. J., WEISSMAN, D. B., & FISHER, R. N. 2007.

Understanding the genetic effects of recent habitat fragmentation in the context of evolutionary history: phylogeography and landscape genetics of a southern California endemic Jerusalem cricket (Orthoptera: Stenopelmatidae: *Stenopelmatus*). *Molecular Ecology*, 16(5): 977-992.

VULINEC K., 2000. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), monkeys, and conservation in Amazonia. *Fla. Entomol.*, 83(3): 229 – 241.

WILSON R.D, TRUEMAN J.W.H, WILLIAMS, S.E & YEATE, DK., 2007. Altitudinally restricted communities of Schizophoran flies in Queensland's Wet Tropics: vulnerability to climate change. *Biodivers. Conserv.*, 16 (11): 3163-3177.

YUKIMOTO, S., ADACHI, Y., HOSAKA, M., SAKAMI, T., YOSHIMURA, H., HIRABARA, M., TANAKA, T.Y., SHINDO, E., TSUJINO, H., DEUSHI, M., MIZUTA R., YABU, S., OBATA, A., NAKANO, H., KOSHIRO, T., OSE, T & KITO, A., 2012. A new global climate model of Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3—model description and basic performance. *J Meteorol Soc Jpn.*, 90A: 23–64.

WILLIAMS, J.N., C. SEO, J., THORNE, J.K., NELSON, S., ERWIN, J.M., O'BRIEN & SCHWARTZ, M.W., 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Div. Dist.*, 15: 565-576.

## TABLAS

Tabla 1. Variables extraídas de WorldClim.

Variables Climáticas	
bio1= Temperatura media anual	bio11= T° media del trimestre más caliente
bio2= Rango T° media diurna (Tmax-Tmin)	bio12= Precipitación total anual
bio3= Isotermalidad $(bio1/bio7) \times 100$	bio13= Precipitación del mes más húmedo
bio4= Estacionalidad de T° $(DS \times 100)$	bio14= Precipitación del mes más seco
bio5= T° máxima del mes más caliente	bio15= Estacionalidad de la precipitación
bio6= T° mínima del mes más frío	bio16= Precipitación trimestre más húmedo
bio7= Rango de T° anual $(bio5-bio6)$	bio17= Precipitación del trimestre más seco
bio8= T° media del trimestre más húmedo	bio18= Precipitación del trimestre más caliente
bio9= T° media del trimestre más seco	bio19= Precipitación del trimestre más caliente
bio10= T° media del trimestre más frío	alt= Altitud

Tabla 2. Descripción de los escenarios de cambio climático. Tomado del IPCC 2000.

Escenario	Características distintivas
A2: Describe un mundo heterogéneo	<p><i>La autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento.</i></p> <p><i>El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.</i></p>
B1: Describe un mundo convergente	<p><i>Tiene una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de</i></p>

---

*tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.*

---

Tabla 3. Áreas de probabilidad superior al 80% de ocurrencia de *O. conspicillatum* en Colombia. Porcentajes del área de idoneidad de hábitat en vs área total de Colombia y área total de probabilidad actual. Todos los valores bajo los dos escenarios de cambio climático en los años 2050 y 2080.

Escenarios-año	Área Hábitat Idóneo (km <sup>2</sup> )	Presencia vs Total (%)	Presencia vs Actual (%)
Actual	93470.35	8.2	
A2 2050	81161.85	7.1	86.8
A2 2080	78836.31	6.9	84.3
B1 2050	88450.01	7.8	94.6

---

Tabla 4. Áreas de probabilidad superior al 80% de ocurrencia de *O. conspicillatum* en cada cordillera. Porcentajes del área de idoneidad de hábitat en cada cordillera bajo los dos escenarios de cambio climático en los años 2050 y 2080.

Escenarios-año	Cordillera Occidental		Cordillera Central		Cordillera Oriental	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área(km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Actual	2076.17		1785.37		1116.38	
A2 2050	2297.66	110.67	1051.12	58.87	179.20	16.05
A2 2080	1460.91	70.37	1122.98	62.90	531.26	47.59
B1 2050	2093.45	100.83	1093.90	61.27	438.42	39.27
B1 2080	1928.14	92.87	1036.33	58.05	537.12	48.11