

***Diversidad y conservación de hongos en tres  
humedales cubanos***

**Programa “Uso sostenible de los componentes de la  
Diversidad Biológica en Cuba”**

**P211LH005-024**

**INFORME CIENTÍFICO**

**Instituto de Ecología y Sistemática, AMA-CITMA**

**2018**

## Resumen

En las tres áreas de estudio se identificaron un total de 264 especies de hongos y mixomicetes pertenecientes a 137 géneros. De estos hongos: uno constituye una nueva especie para la ciencia; 11 son nuevos registros para Cuba y 138 son nuevos para las localidades. Todas las especies halladas en los Refugios de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo” y “Golfo de Batabanó” constituyeron nuevos registros para las localidades de estudio. La diversidad de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), como grupo funcional, en los sectores de San Lázaro y Santo Tomás se evidencia en las 34 especies o morfoespecies determinadas pertenecientes a 11 géneros distintos. Se evaluaron, según los criterios de la UICN, 68 especies seleccionadas previamente y se confeccionaron mapas de ocho especies con categorías de anemaza. A partir de las especies categorizadas y las incluidas en la primera lista roja de los hongos y mixomicetes de Cuba, se conformó una nueva versión con 134 especies (67 ascomicetes y estados asexuales, 46 basidiomicetes y 21 mixomicetes). La lista contempla 38 especies en Peligro Crítico (CR), 35 en Peligro (EN), 39 Vulnerable (VU), 12 Casi Amenazada (NT) y 10 Datos Insuficientes (DD). Se obtuvieron modelos predictivos de la distribución potencial de 11 especies de la clase Myxomycetes en diferentes escenarios climáticos y se determinó la contribución de las variables bioclimáticas a la distribución potencial de las especies. Se depositaron un total de 920 ejemplares en las colecciones (916 muestras muertas y 4 cultivos puros) lo que representó un 2.39% de incremento. Se promovió el debate científico y el conocimiento público sobre diversidad y conservación fúngica a través de la realización de talleres, participación en eventos científicos, publicación de artículos divulgativos, organización de exposiciones y concursos y el trabajo educativo en escuelas de educación primaria y especial.

## Introducción

Los hongos a pesar de su diversidad e importancia han sido poco estudiados. Algunos autores como Hawksworth (1991, 2001) y Blackwell (2011) consideran que en el mundo deben existir aproximadamente entre 1.5 y 5.1 millones de especies. Sin embargo, Hawksworth (2012) en un cálculo más reciente sitúa esta cifra en unos 3 millones de hongos, de los que sólo se conocen alrededor de 100 000, lo que representa solo el 3.3 % del total estimado.

Realmente el número de especies fúngicas en el mundo es considerable, pero difícil de precisar con exactitud. Muchos de estos organismos son microscópicos y requieren de un examen cuidadoso o del cultivo en medios artificiales usando protocolos especializados para su identificación. Como resultado de su habilidad para ocupar y explotar un amplio rango de sustratos los hongos pueden ser encontrados prácticamente en cualquier tipo de materia orgánica, no obstante la mayoría de ellos no se han muestreados extensivamente.

En la actualidad, el conocimiento de la diversidad fúngica es especialmente importante como punto de partida para el monitoreo de estos organismos y sobre todo para su conservación y uso racional, sobre todo si tenemos en cuenta que los hongos ocupan el segundo lugar en número entre todos los organismos vivos, solo superados por los insectos.

Según datos de la *Estrategia para la Conservación de la Diversidad Fúngica en Cuba* (Mena *et al.*, 2003), que constituye una de las estrategias sectoriales de la *Estrategia Nacional de Biodiversidad*, el estado de conocimiento de los hongos se encuentra en un "punto crítico", lo cual también se expone en el reporte sobre la *Diversidad biológica cubana*, donde se refiere la existencia de 5844 taxones del Reino Fungi (CENBIO, 2009). No obstante, esta cifra incluye la sinonimia por lo que se calcula que debemos conocer entre 4500-5000 especies lo que representa un poco más del 9% del total de las 48240 especies de hongos que se estima habitan en el archipiélago cubano (Vales *et al.*, 1998).

En el archipiélago cubano, la diversidad biológica y el desarrollo de los ecosistemas terrestres aparece de forma natural en ecosistemas de montaña y llanuras; predominando estos últimos. Por su especificidad y relevancia para la conservación, suelen además distinguirse ecosistemas como los humedales, los cuales se encuentran entre los escenarios nacionales de mayor fragilidad y vulnerabilidad por la presencia del carso en gran parte de ellos como sistema natural dinámico y cuya integridad es en extremo dependiente de la relación entre el agua, las rocas, la vegetación, los suelos y las variables climáticas. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) identifica como ecosistemas cársicos mejor representados dentro del humedal los pastos marinos y los manglares. Reconoce además la inclusión explícitamente de otros ecosistemas afines como herbazal de ciénaga, bosque de ciénaga y bosque semideciduo con humedad fluctuante (CNAP, 2002, 2009).

Capote *et al.* (2005) señalan las áreas principales de vegetación actual relacionadas con zonas de humedales, costas y montañas, vegetación secundaria, cultivos y

pastos. Las que aún conservan los principales recursos bióticos naturales, con ecosistemas y paisajes de alta naturalidad y representatividad.

Los humedales son ecosistemas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres donde las aguas poco profundas reposan o se mueven sobre la superficie del suelo (Ramírez-Viga *et al.*, 2018). De acuerdo con estos autores estos ecosistemas incluyen diferentes hábitats que van desde pantanos, cenagales y humedales estacionales con estanques estacionales y corrientes que son lo suficientemente grandes para influir sobre el crecimiento vegetal.

Los mismos pueden o no estar sujetos a mareas, pueden presentar agua dulce o salada y consisten por lo general de especies leñosas o herbáceas o sencillamente carecen de ellas (Kent, 2001). Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más importantes del planeta en términos de biodiversidad productividad y exportación de carbono hacia los ecosistemas adyacentes, además de ocupar aproximadamente el 6% de la superficie terrestre y se consideran sistemas en constante transformación (Moore, 2006).

La *Estrategia para la Conservación de la Diversidad Fúngica en Cuba*, (Mena *et al.*, 2003) incluye entre sus metas y objetivos el estudio de la micobiota en los ecosistemas donde se desarrollan los hongos, con prioridad en las zonas ecológicamente sensibles y amenazadas y en áreas incluidas en el SNAP, así como considerar la información micológica disponible en áreas de interés para incidir en el completamiento y fortalecimiento de dicho sistema. También se menciona la necesidad de elevar el conocimiento sobre la diversidad fúngica y la necesidad de su conservación entre el personal de las áreas protegidas. En este sentido, entre las 71 acciones que contiene la estrategia, se mencionan algunas referidas a completar los estudios micológicos en ecosistemas frágiles, realizar estudios de la diversidad fúngica para apoyar la fundamentación e implementación de los planes de manejo en estos ecosistemas, así como en localidades incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

En esta propuesta, inicialmente, se escogieron los humedales de los Refugios de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo” y “Río Máximo” para la realización de los inventarios porque en el Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020 el primero aparece sin información sobre hongos y en el segundo solo hay registradas 6 especies (CNAP, 2013). En sustitución del Refugio de Fauna “Río Máximo”, se seleccionó el Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”, área protegida sin información de la micobiota.

## **Metodología empleada**

### **1. Inventarios actualizados de grupos taxonómicos y funcionales de hongos**

Las características más relevantes de las áreas protegidas donde se encuentran estos humedales y las localidades de recolecta se relacionan a continuación:

Área Protegida de Recursos Manejados y Reserva de la Biosfera “Península de Zapata”. Se halla en el sur de la provincia de Matanzas. Es el humedal de mayor extensión (628 171 ha) e importancia de Cuba y del Caribe insular. En la parte

terrestre se han encontrado hasta 16 formaciones terrestres, alguna se encuentran en las zonas secas del territorio y otras en la inundadas y canales. En la parte seca predomina el bosque semideciduo, el bosque de ciénaga y el herbazal de ciénaga.

Se realizaron dos recolectas durante la ejecución del proyecto, las localidades de recolecta de hongos y mixomicetes fueron:

1. Buenaventura, Puesto de Guardafrontera, sector San Lázaro.
2. Camino a los Hondones, Mera.
3. Carretera a Soplillar, camino a la laguna de Facundo.
4. Carretera de Pálpite a Playa Larga, entrada a Mario López, bosque camino al aserrío.
5. Carretera de Playa Larga a Playa Girón, Campismo Popular.
6. Carretera de Playa Larga a Playa Girón, línea de costa al lado del Campismo Popular.
7. El Roble, ojo de agua.
8. Laguna de Facundo.
9. Pálpite, bosque frente al órgano del CITMA.
10. Pálpite, Camino a los Veneros.

Refugio de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo”. Tiene una extensión de 55 970 ha (40 250 ha marinas y 15 720 ha terrestres), está ubicado en la cayería noroeste de la provincia de Villa Clara. La mayor diversidad está presente en los bosques semideciduos y en la manigua costera. Estos valores naturales están contenidos en tres ecosistemas: manglar, pasto marino y arrecifes, cuya conectividad e interrelación tienen una gran significación en el necesario equilibrio del complejo sistema marino-costero, que constantemente es impactado por el hombre.

Se realizaron 4 recolectas en esta área protegida, las localidades de recolecta de hongos y mixomicetes fueron:

1. Balboa (bosque de yana, *Leptocereus*, majagua de costa).
2. Balboa, cultivo de arroz.
3. Balboa, palmar, (palma real, roble, júcaro, lianas).
4. Cayo La Yana, al este, Cayo Ingenito (Ligenito).
5. Cayo La Yana, costa Este, entre 5-15 m después de la línea de costa.
6. Cayo La Yana, costa Norte, Centro del Cayo.
7. Cayo La Yana, costa Norte, entre 5-15 m después de la línea de costa.
8. Cayo La Yana, costa Sur, hasta 5 m de la línea de costa.
9. Cayo La Yana, costa Sureste, hasta 5 m de la línea de costa.
10. Curva de Ascuy.
11. Estación Biológica Flamenco Rosado, Refugio de Fauna
12. Estación Biológica Flamenco Rosado, el espigón o atracadero.
13. La Carbonera.
14. La Playita.
15. Los Pájaros.
16. Plantación de casuarina.
17. Punta Gorda (bosque de yana).
18. Punta Gorda, línea de costa (mangle rojo).

Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”. Tiene una extensión de 82 650 ha (80 602.24 ha marinas y 2 047.76 ha terrestres), abarca la zona litoral occidental del municipio de Batabanó, en la provincia de Mayabeque. La zona costera está considerada como humedal, resaltando los ecosistemas de manglar y herbazal de ciénaga. Están presentes los bosques perennifolios altos, bajos y achaparrados con las cuatro especies de mangle que existen en Cuba, además de la presencia de especies herbáceas.

Se realizó una recolecta que tributó al proyecto, las localidades de recolecta de hongos y mixomicetes fueron:

1. Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”, cementerio de barco.
2. Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”, palmar.
3. Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”, camino de la Estación Biológica al palmar, bosque a la orilla del canal.
4. Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”, Dique Sur, Aliviadero 1.
5. Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”, costa sur, entre 3-5 m de la línea de costa.

En el estudio taxonómico de los hongos recolectados se emplearon los métodos más usuales en Micología, variando en cada caso sus particularidades de acuerdo al grupo específico estudiado. En general la metodología más frecuente a utilizar incluye los siguientes aspectos esenciales: a) muestreo b) procesamiento del material, c) estudio macroscópico y microscópico d) identificación e) realización de ilustraciones y fotografías.

-La identificación taxonómica de las especies de los diferentes grupos estudiados se hará, en todos los casos, mediante el uso de monografías y claves de identificación, la revisión de las descripciones originales de las especies que aparecen en la literatura micológica y la comparación con el material depositado en las colecciones de referencia.

Para actualizar la nomenclatura de las especies de hongos identificadas durante la realización del proyecto se revisaron los sitios web Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>) y Mycobank (<http://www.mycobank.org>), pero para los mixomicetes se consultó el sitio [nomen.eumycetozoa.com](http://nomen.eumycetozoa.com) (Lado, 2005-2018).

Por su especificidad como grupo funcional, se ofrece a continuación los detalles de la metodología usada para el análisis de la diversidad de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA).

### **Diversidad de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA)**

#### **-Ecosistemas Estudiados**

Los sitios estudiados se nombran La Castilla, Los Planes y El Rocosito, todos dentro del sector Santo Tomás. La Castilla constituye un bosque de ciénaga mientras los Planes y El Rocosito constituyen un bosque semideciduo con humedad fluctuante; los dos primeros sitios se hallan cercanos a la Estación Ecológica de la Ciénaga de Zapata y el último se halla más alejado de dicha estación. Igualmente se estudió la zona conocida como San Lázaro, donde la vegetación es un bosque semideciduo con humedad fluctuante.

#### - Recolecta de muestras

En los ecosistemas estudiados fueron seleccionadas tres parcelas de 50 x 25 metros donde fueron tomadas 5 sub-muestras de suelo 10x10x15 cm de profundidad. Las cinco sub-muestras fueron unidas para conformar una muestra compuesta, por lo que finalmente se obtienen tres muestras por cada ecosistema estudiado. El suelo con las raicillas es envasado en bolsas de polietileno y trasladado al laboratorio, donde se coloca a temperatura ambiente extendido sobre papel con vistas a evitar que el exceso de humedad del suelo provoque la germinación de las esporas y las mismas sean atacadas por otros microorganismos patógenos del suelo.

#### - Procesamiento de suelo para aislamiento de esporas

Una vez seco el suelo a temperatura ambiente, se cortan bien las raicillas de las cuales se desprende todo el suelo rizosférico y se procede a tamizar el mismo por un tamiz de malla de 2mm. Del suelo ya tamizado se toman 100 g para efectuar el proceso conocido como tamizado de una suspensión de suelo en agua de Gerdemann y Nicolson (1963) seguido de la centrifugación en sacarosa 2M (Sieverding, 1991).

#### a) Montaje de plantas trampas

Con el objetivo de reproducir las especies de HMA que pudieran mostrar presencia de esporas en el campo se establecieron los correspondientes cultivos trampas, además de cumplir con el objetivo de aislar y purificar cepas para la Colección Cubana de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (CCHMA). Para ello se esterilizó una mezcla de suelo del Instituto de Ecología y Sistemática y arena sílice en proporción 3:1. Este suelo constituye un suelo ferralítico rojo amarillento con concreciones sobre caliza profundo y arcilloso (pH=7,0 y 6,8 --H<sub>2</sub>O y KCl, respectivamente--; P=12 ppm -Olsen-; N=0,2%; K= 326,5 ppm; Na=20,93 ppm; M.O.=1,48%). En cada maceta se adicionaron las 2/3 partes de esta mezcla estéril, seguido de una capa del suelo del campo, y encima otra capa de la mezcla estéril, después de lo cual se sembraron entre 3 y 5 semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), se regó con abundante agua y se dejaron crecer las plantas por 4 meses en casa de vegetación.

#### - Identificación de especies y/o morfoespecies

Las esporas de hongos MA son extraídas de los tamices y montadas en vidrio reloj con agua. Posteriormente las esporas sanas, con contenido lipídico evidente al estereomicroscopio y colores brillantes son montadas en polivinil alcohol-lactoglicerina (PVLG) (Omar *et al.*, 1979) y PVLG-Melzer (1:1, v/v) para estudiar todos sus atributos. La observación se realiza en un microscopio Zeiss Axioskop con contraste de interferencia diferencial de Nomarski (DIC, differential interference contrast, por sus siglas en inglés). La toma de fotografías se realiza empleando una cámara AxioCam y el programa Axiovision (software v. 3.1 y 1300 x 1030 dpi). Para la clasificación de las especies de HMA se utilizan las descripciones taxonómicas disponibles compiladas por Schenck y Pérez (1990), la página web del INVAM (Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Arbusculares): <http://invam.caf.wvu.edu>, la página del Dr. Janusz Blaszkowski: <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski> y los ejemplares de herbario de la Colección Cubana de Hongos Micorrizógenos (CCHMA) radicada en el IES-CITMA.

## 2. Estatus de conservación de especies de diferentes grupos de hongos de acuerdo a los criterios de la UICN

Para el análisis del estado de conservación se seleccionaron 67 especies de hongos y protozoos análogos a hongos presentes en Cuba (14 Myxomycota, 40 estados asexuales de Ascomycota y 13 Basidiomycota) (Anexo 3). En la selección influyó la composición de los investigadores que participaron en el proyecto por la importancia que tiene en el proceso de categorización el criterio de los especialistas.

Se evaluó el estatus de conservación de las especies siguiendo las categorías y criterios propuestos por la IUCN (2001), de acuerdo a los últimos estándares establecidos para su uso por la IUCN (2010).

La evaluación en su primera etapa comprendió la recopilación de la información sobre la distribución geográfica y estado de las poblaciones de cada especie existente en la base de datos "Hongos de Cuba" (Camino *et al.*, 2006) y en la bibliografía micológica. Posteriormente, se discutió en un taller las propuestas de categorización y a partir de los resultados obtenidos se conformó una nueva versión de la Lista Roja de Hongos de Cuba.

Para la confección de los mapas con las distribución de especies con alguna categoría de amenaza se corroboró y completó la información por especie con la base de Datos Hongos de Cuba (Camino *et al.*, 2006), en formato mdb, usando el Sistema Gestor de Bases de Datos Microsoft Office Access 2003. Se seleccionaron ocho especies en representación de las especies evaluadas por grupo taxonómico (Anexo 4).

Para digitalizar y editar los mapas se utilizó el software Mapinfo Profesional versión 10.0. La proyección cartográfica utilizada fue la Cónica Conforme de Lambert: Cuba Norte.

## 3. Predicción de los efectos del cambio climático sobre especies fúngicas seleccionadas en diferentes escenarios.

Para la realización del estudio se utilizaron 363 registros de 21 especies de mixomicetes distribuidas de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Especies y número de registro de presencias utilizados para la confección de los modelos de distribución potencial de mixomicetes en Cuba

Especie	Nº de registros
<i>Arcyriacinerea</i>	42
<i>Arcyriadenudata</i>	41
<i>Arcyriaincarnata</i>	17
<i>Arcyriaobvelata</i>	4
<i>Cribrariaviolacea</i>	4
<i>Dictydiaethaliumplumbeum</i>	3
<i>Hemitrichiacalyculata</i>	60

<i>Hemitrichiaserpula</i>	37
<i>Lamprodermaarcyronema</i>	7
<i>Lycogalaepidendrum</i>	17
<i>Metatrichia horrida</i>	21
<i>Physarumalbum</i>	6
<i>Perichaenachrysosperma</i>	7
<i>Perichaenadepressa</i>	13
<i>Physarummelleum</i>	6
<i>Physarella oblonga</i>	4
<i>Stemonitisaxifera</i>	15
<i>Stemonitis fusca</i>	21
<i>Stemonaria longa</i>	6
<i>Stemonitissplendens</i>	26
<i>Tubuliferamicrosperma</i>	6
<b>Total</b>	<b>363</b>

Para la modelación de la distribución potencial se utilizó en programa Maxent (Phillips *et al.*, 2006), que utiliza el algoritmo de máxima entropía para predecir la distribución espacial de las especies. Para la caracterización del nicho ecológico se utilizaron 19 variables bioclimáticas obtenidas de la base Wordclim (<http://www.worldclim.org/>), con una resolución espacial de 0.75 km<sup>2</sup> por pixel (Tabla 2).

Tabla 2. Variables bioclimáticas empleadas para la modelación del nicho ecológico ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org/)).

Variables bioclimáticas	
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango de Temperatura diurna promedio (Tmax-Tmin)
BIO3	Isotermalidad (BIO1/BIO7*100)
BIO4	Estacionalidad de la temperatura
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más frío
BIO11	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de las precipitaciones
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío
ALT	Altitud

Teniendo en cuenta la gran dependencia de estos organismos de la humedad ambiental, de los modelos de Circulación General de la Atmósfera (GCM), disponibles, seleccionamos tres, que corresponden a valores altos medios y bajos de la variación de las precipitaciones con relación a las observadas, de acuerdo con el estudio realiza por Yoo&Cho (2018). Estos son el MIROC5, el MRI-CGCM3 y el IPSL-CM5A respectivamente.

Para cada modelo se emplearon los valores extremos de forzamiento radiativo (FR) propuestos por el IPCC: 2,6 W/m<sup>2</sup> (escenario de mitigación) y 8,5 W/m<sup>2</sup> (escenario pesimista) (Weyant *et al.*, 2009).

#### **4. Enriquecimiento de las colecciones micológicas de las instituciones participantes en el proyecto.**

Se realizaron los procedimientos de rutina para incorporar los ejemplares y cultivos puros a las colecciones herborizadas y ceparios de las diferentes instituciones participantes. Los métodos de preservación dependieron del grupo de hongos en cuestión. En el caso de los hongos MA los métodos de aislamiento y conservación se basaron en la inoculación de las esporas previamente seleccionadas del suelo a las raíces de plántulas recién germinadas de sorgo sobre un substrato estéril.

Las principales colecciones herborizadas y ceparios de las instituciones participantes donde fueron depositados los ejemplares herborizados y cultivos puros son:

- Colección Micológica del Herbario del Instituto de Ecología y Sistemática (HAC).
- Colección Cubana de Hongos Micorrizógenos Arbusculares (CCHMA), Instituto de Ecología y Sistemática.
- Colección Micológica del Herbario "Prof. Dr. Johannes Bisse" (HAJB), Jardín Botánico Nacional.

#### **5. Educación ciudadana acerca de la diversidad fúngica y su conservación.**

La capacitación y educación se realizó a través de la discusión en talleres, seminarios y mesas redondas en eventos científicos y mediante el trabajo con alumnos de educación primaria y educación especial. La divulgación se hizo mediante la conformación de diferentes materiales además de la organización de exposiciones de hongos. También se usaron los sitios web de las instituciones participantes y de Cybertruffle (<http://www.cybertruffle.org.uk/>), donde existe información sobre los hongos de Cuba, la estrategia de conservación y proyectos relacionados con la temática.

### **Resultados y Discusión**

#### **1. Inventarios actualizados de grupos taxonómicos y funcionales de hongos.**

En total se identificaron 264 especies de hongos y mixomicetes pertenecientes a 137 géneros (Anexo 5). De estos hongos: uno constituye una nueva especie para la ciencia; 11 son nuevos registros para Cuba y 138 son nuevos para las localidades.

Se debe resaltar que todas las especies halladas en las Refugios de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo y Golfo de Batabanó” constituyeron nuevos registros para las localidades ya que hasta la realización de este trabajo no existía información sobre hongos en estas áreas.

### **Inventario de hongos en la Reserva de la Biosfera “Península de Zapata”**

En la Ciénaga de Zapata se identificaron 167 especies de 101 géneros de hongos y mixomixetes (Anexo 6). De estos taxones, uno constituye una nueva especie para la ciencia; 11 son nuevos registros para Cuba y 20 son nuevos para la localidad. Estos aportes se resumen por grupo taxonómico en la Tabla 3. Se aprecia que los grupos que acumulan más nuevos registros son los representantes de Ascomycota y Glomeromycota, en esta última división fúngica se incluye la especie que se propone como nueva para la ciencia.

Tabla 3. Número de nuevos taxones y registros por categoría y por grupo taxonómico en la Ciénaga de Zapata.

<b>División o Phylum</b>	<b>Ciencia</b>	<b>Cuba</b>	<b>Localidad</b>	<b>Total</b>
Ascomycota	-	4	14	<b>18</b>
Basidiomycota	-	-	1	<b>1</b>
Glomeromycota	1	7	5	<b>13</b>
Myxomycota	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>32</b>

#### Comentarios sobre algunas especies interesantes

##### *Saculospora* sp. nov. (Fig. 1)

En el género *Saculospora* (Glomeromycota), hasta el presente, solo existen dos especies descritas, *S. baltica* (Błaszcz., Madej & Tadych) Oehl, Palenz., Sánchez-Castro, B.T. Goto, G.A. Silva & Sieverd., y *S. felinovii* A. Willis, Błaszcz., T. Prabhu, Chwat, Góralaska, Sashidhar, P. Harris, J. D'Souza, Vaing. & Adholeya. *Saculospora felinovii* presenta un manto hifal que cubre las esporas, las cuales poseen dos paredes, la primera de las cuales está compuesta por tres capas, con pequeñas verrugas distribuidas por toda la superficie de la primera capa o capa más externa, de 1.0–4.0 µm de ancho en la base por 1.8–3.3 µm de alto (Willis *et al.*, 2016). Similar característica se observa en *S. baltica* donde se describen igualmente en la misma capa verrugas de 1.1 a 1.7 µm de ancho, por 0.6-0.8 µm de alto (Błaszczowski *et al.*, 1998). En el ejemplar de *Saculospora* encontrado en el presente proyecto, se observa un manto hifal compuesto por hifas gruesas, de hialinas a blancas, con numerosa materia orgánica adherida, pero en la primera capa de la pared no se observan las ornamentaciones descritas en *S. baltica* y *S. felinovii* por lo que se considera una especie diferente a las ya descritas previamente. Este hongo además de proponerse como un nuevo taxón para la ciencia constituye una familia, género y especie nueva para Zapata, Cuba y el Caribe.

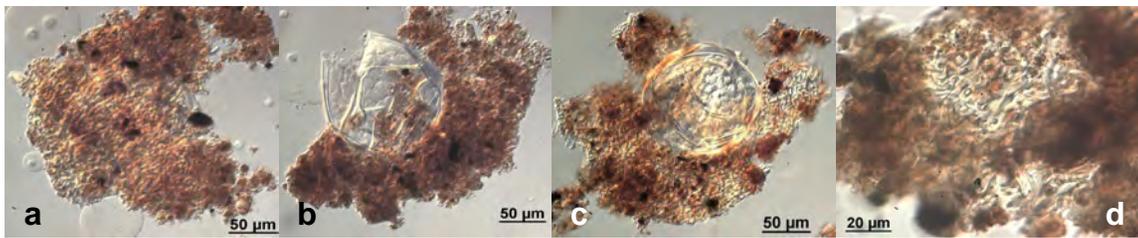


Fig. 1. Caracteres morfológicos del género *Sacculospora*. a) Detalles del manto hifal recubriendo la espora, b y c) Esporas liberadas del manto de hifas mostrando las características de sus paredes, d) detalle de la sinuosidad de las hifas que recubren a la espora como parte del manto hifal.

*Sclerocystistaiwanensis* C.G. Wu & Z.C. Chen, *Trans. Mycol. Soc. Rep. China* 2(2): 78 (1987) (Fig. 2)

Esta especie de la división Glomeromycota fue aislada originalmente de la rizosfera de la especie *Crassocephalum rabens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore y *Colocasia formosana* Hayata y como esporocarpos hipogeos en la rizosfera de coberturas del suelo que crecen en la vegetación de bambú (*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Leh.) en el Bosque Experimental NTU, Chi-tou, Nan-tou, en la Universidad Nacional de Taiwan (Wu y Chen, 1987).

Posteriormente se halló en Brasil (Goto y Maia, 2005) y en la India (Gupta *et al.*, 2014). Su hallazgo en Playa Máquina en la Ciénaga de Zapata constituye no solo un nuevo registro para la microbiota cubana sino también el cuarto a nivel mundial y el segundo en el hemisferio occidental. La muestra fue recolectada durante la ejecución del proyecto anterior, pero la especie se determinó durante este proyecto.

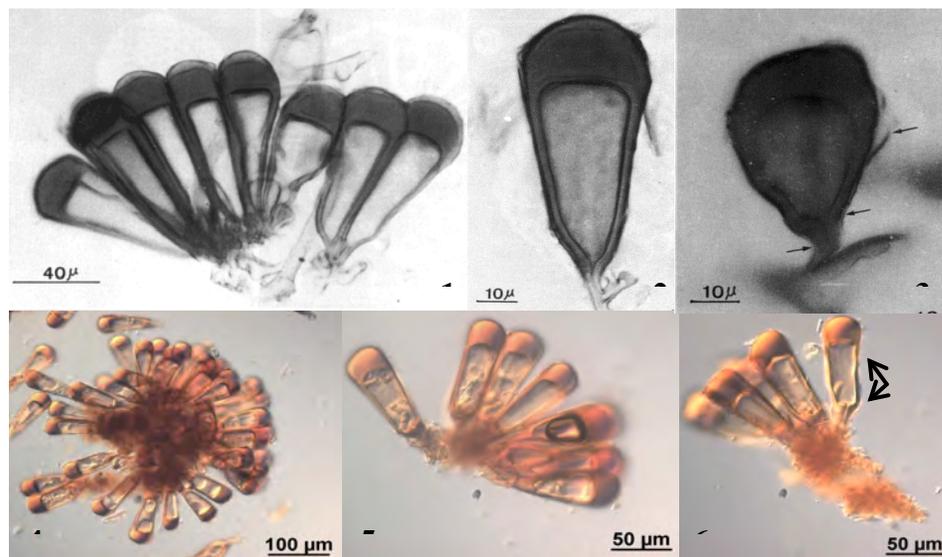


Fig.2. *Sclerocystistaiwanensis*. 1. Porción del esporocarpo. 2. La pared de la espora engrosada en el ápice se va engrosando gradualmente hasta diferenciarse en dos capas. 3. Esporas con capa externa separable hialina, indicado por las flechas (1, 2).

3, de la publicación original del Dr. Wu en 1987). 4. Esporocarpo encontrado en en Playa Máquina, Ciénaga de Zapata. 5. Esporas separadas del esporocarpo 6. Detalles de la capa externa separable (flechas)

*Dictyosporiumtoruloides*(Corda) Guég., *Bull. Soc. mycol. Fr.* 21: 101 (1905)

Estehifomicete (estado asexual de Ascomycota) es frecuente en Europa y Norteamérica (incluyendo México) sobre madera, tallos herbáceos y hojas caídas pero también registrada en países de otras regiones como: China, España (Islas Canarias), Guatemala, Hong Kong, India, Nueva Zelandia, Paquistán, Perú y la antigua URSS (Ellis, 1971; Révay, 1985; Borowska, 1979; Hughes, 1978; Kirk, 1981; Matsushima, 1993; Gohet *et al.*, 1999; Mena-Portales *et al.* 2015; Arias *et al.*, 2018; <http://cybertruffle.org.uk/>; <https://www.gbif.org/dataset/>; <http://nzfungi.landcareresearch.co.nz/>; <http://nt.ars-grin.gov/fungalatabases/>). Este registro sobre el peciolo de hojas muertas de *Sabalparviflora*Becc. en la Ciénaga de Zapata constituye un nuevo hallazgo para la micobiota cubana.

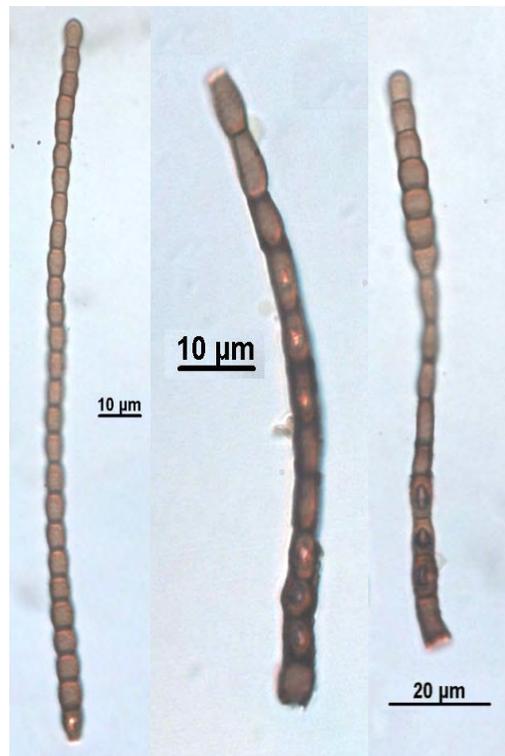


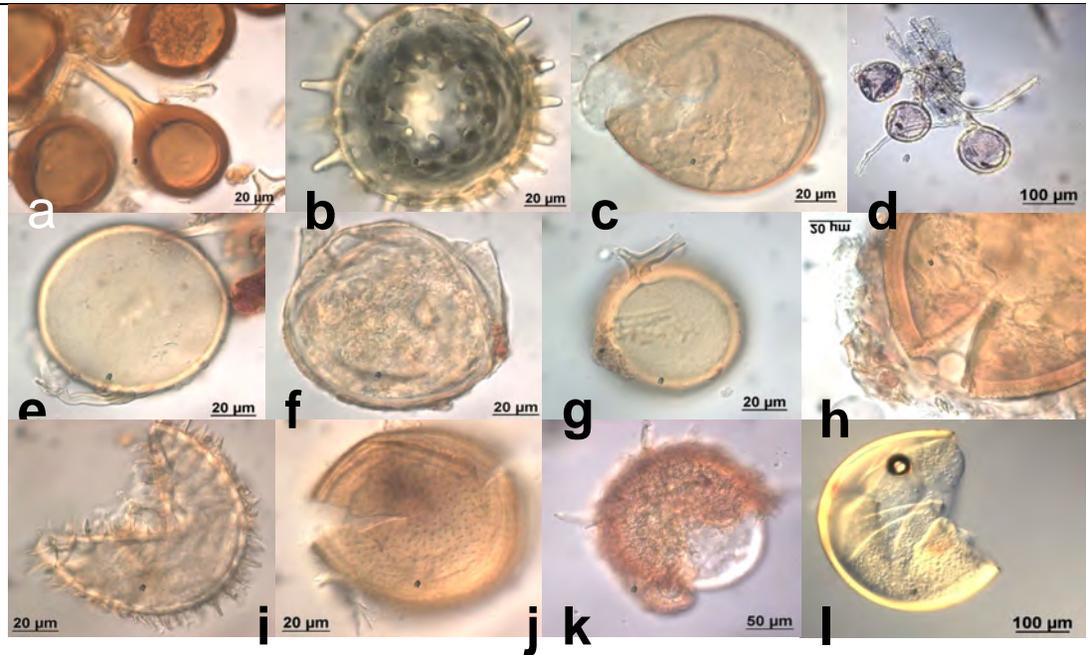
Fig. 3. *Repetophragma moniliforme*. Conidióforos y conidios.

*Repetophragma moniliforme*(Matsush.) R.F. Castañeda, McKenzie & K.D. Hyde, in Castañeda-Ruiz *et al.*, *Mycosphere*2(3): 276 (2011) (Fig. 3)

Esta especie de hifomicete (estado asexual de Ascomycota) fue descrita originalmente sobre hojarasca y peciolo podridos de palmas en Perú (Matushima,

No.	Especies	ST	SL
1.	<i>Acaulospora delicata</i> Walker, Pfeiffer & Bloss		X
2.	<i>Acaulospora</i> sp. 1	X	
3.	<i>Acaulospora</i> sp. 2	X	
4.	<i>Funneliformis halonatum</i> (S.L. Rose & Trappe) Oehl, G.A. Silva & Sieverd.	X	
5.	<i>Gigaspora decipiens</i> Hall & Abbott		X
6.	<i>Glomus microcarpum</i> Tul. & C. Tul.	X	
7.	<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck	X	X
8.	<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & B.K. Bakshi) R.T. Almeida & N.C. Schenck	X	
9.	<i>Glomus</i> sp.1	X	
10.	<i>Glomus</i> sp.2	X	
11.	<i>Glomus</i> sp.3	X	
12.	<i>Glomus</i> sp.4	X	
13.	<i>Glomus</i> sp.5	X	
14.	<i>Glomus</i> sp.6	X	
15.	<i>Glomus</i> sp.7	X	
16.	<i>Glomus</i> sp.8	X	
17.	<i>Glomus</i> sp.9		X
18.	<i>Glomus</i> sp.10		X
19.	<i>Glomus</i> sp. 11		X
20.	<i>Glomus</i> sp. 1 2		X
21.	<i>Glomus</i> sp. 1 3		X
22.	<i>Glomus</i> sp.14		X
23.	<i>Glomus</i> sp.15		X
24.	<i>Glomus</i> sp.16		X
25.	<i>Glomus spinuliferum</i> Oehl		X
26.	<i>Glomus tortuosum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.	X	X

1993), antes de este hallazgo en Cuba solo existían unos pocos registros en Asia del



#### Kuklosporake

Fig. 4. Especies y/o morfoespecies observadas en La Castilla, Los Planes y El Rocosito a) *Glomus rubiforme*, b) *Acaulospora* sp. 1 c) *Glomus* sp. 4, d) *Glomus* sp. 2, e) *Rhizoglomus aggregatum*, f) *Glomus* sp. 1 g) *Glomus microcarpum*, h) *Funneliformis halonatum*, i) *Acaulospora* sp. 2, j) *Kuklosporakentinensis*, k) *Glomus tortuosum*, l) *Racocetra alborosea*.

La riqueza de especies observada en estos ecosistemas fue mayor que la encontrada por Seerangan y Thangavelu (2014) quienes solo observaron entre 4 y 8 esporas por 100 g de suelo en un estudio realizado en 8 plantas hidrófitas y 50 plantas de humedales de cuatro sitios del sur de la India, y muy superiores a los reportados por Saint-Etienne *et al.* (2006), quienes no observaron esporas de HMA al estudiar el potencial de inóculo de los hongos MA en suelos cenagosos de un bosque monoespecífico de la leguminosa arbórea de humedales *Pterocarpus officinalis* (Jacq.) en la isla de Guadalupe, Antillas Menores.

Por otra parte, el número de especies y/o morfoespecies de HMA reportado dentro del sector de Santo Tomás fue igual al observado por Choudhury *et al.* (2010) al estudiar los suelos rizosféricos de 25 especies vegetales en los pantanales y vegetación de las orillas de Assam, India, igualmente con un predominio de especies del género *Glomus* seguido por *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora*.

En relación con el género *Sacculospora* (Fig. 1) este se caracteriza por no formar esporocarpos, las esporas son del tipo entrophosporoide (espora formada dentro de una hifa por hinchamiento de la misma la cual al madurar deja sobre su superficie dos cicatrices la proximal y la distal), originándose a partir de sáculo esporífero que ocurre aislado en el suelo cubierto por un manto hifal. Las esporas son por lo general globosas a subglobosas, raramente ovoides. El manto hifal es amarillo parduzco, compuesto por hifas gruesas, fuertemente entrecruzadas, derechas o retorcidas con numerosas ramificaciones inclinadas en diferentes ángulos. La estructura de la pared de la espora consiste de dos paredes, ambas con varias capas. El sáculo esporífero posee por lo

general tres capas, la primera de las cuales es continua con la pared de la espora. Hasta el momento en este género no se ha observado escudo de germinación. Las esporas y el manto hifal no reaccionan en presencia del reactivo de Melzer.

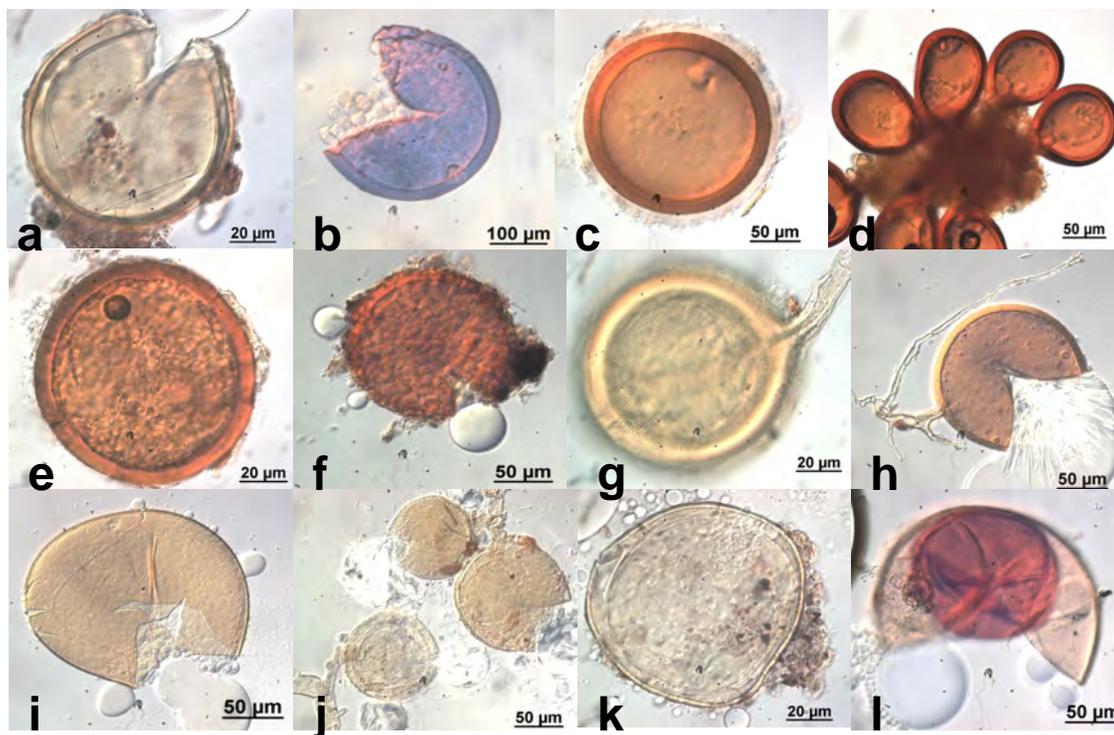


Fig. 5. Esporas observadas en el sector de San Lázaro. a) *Acaulospora delicata*, b) *Gigaspora decipiens*, c) *Funneliformis halonatum*, d) *Glomus rubiforme*, e) *Glomus* sp. 10, f) *Glomus* sp. 11, g) *Glomus pinuliferum*, h) *Glomus* sp. 13, i) *Glomus* sp. 14, j) *Viscospora viscosa*, k) *Glomus* sp. 15, l) *Scutellospora* sp.

Este género había sido observado originalmente en dunas arenosas del mar Báltico, en Polonia (Błaszowski *et al.*, 1998) e igualmente en un sistema de dunas de la costa de Goa, en la India (Willis *et al.*, 2016). De acuerdo con estos autores las especies de este género son muy difíciles de obtener en cultivo puro, lo que ha dificultado realizar estudios ontogenéticos sobre la formación de estas esporas. Sin *ntinensis* (C.G. Wo & Y.S. Lio) Oehl & Sieverd

28.	<i>Pacispora</i> sp. 1		X
29.	<i>Pacispora</i> sp. 2		X
30.	<i>Racocetra alborosea</i> (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. Souza & Sieverd.	X	X
31.	<i>Rhizoglomus aggregatum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	X	
32.	<i>Sacculospora</i> sp. nov.		X
33.	<i>Scutellospora</i> sp.		X
34.	<i>Viscospora viscosa</i> (T.H. Nicolson) Sieverd., Oehl & G.A. Silva		X
	Total	18	19

Sur, Australia y Polonia (Czeczuga *et al.*, 2007; <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>). Durante esta investigación se recolectó en una sola localidad sobre raquis de hojas muestras de una palma no identificada.

## **Diversidad de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) en sitios de la Ciénaga de Zapata.**

En los estudios correspondientes a este grupo funcional en los sectores de San Lázaro y Santo Tomás fueron observadas 34 especies o morfoespecies de hongos micorrizógenos arbusculares pertenecientes a 11 géneros distintos (Figs. 4 y 5), distribuidas de la siguiente forma: *Acaulospora* 3 especies, *Funneliformis* 1 especie, *Gigaspora* 1 especie, *Glomus* 21 especies, *Kuklospora* 1 especie, *Pacispora* 2 especies, *Racocetra* 1 especie, *Rhizoglomus* 1 especie, *Sacculospora* 1 especie, *Scutellospora* 1 especie y *Viscospora* 1 especie. Resalta que solo tres especies (*Glomus rubiforme*, *Glomus tortuosum*, *Racocetra alborosea*) se encontraron en los dos sectores estudiados (Tabla 4).

Tabla 4. Especies de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA) halladas en La Castilla, Los Planes y El Rocoso, dentro del sector Santo Tomás (ST) y en el sector San Lázaro (SL). embargo, de acuerdo con estos últimos autores este debe ser un género presente en distintas regiones del Mundo, pues ya fue observado también en dunas interiores del desierto de Błędowska y en los Montes Tatra, ambos en Polonia, pero a 600 and 700 km del mar, respectivamente (Zubek et al. 2008; Błazkowski 2012), así como en los Alpes suizos y en ecosistemas forestales del sur de Chile (Sieverding y Oehl 2006; Oehl et al. 2011).

Se observó un claro predominio del género *Glomus*, el cual cuenta ya con más de 100 especies descritas en la actualidad y fue recientemente escindido en los géneros *Funneliformis* C. Walker y A. Schüßler, *Rhizophagus* P.A. Dang. y *Claroideoglomus* C. Walker y A. Schüßler por Schüßler y Walker (2010). El predominio de las especies de *Glomus* en el ecosistema objeto de nuestro estudio puede deberse al hecho de que las especies de este género son las más comúnmente aisladas a través de todo el mundo, como plantean igualmente Shief *al.* (2007) para el caso de los ecosistemas áridos. Igualmente se conoce que las esporas de estos hongos sobreviven más fácil en ecosistemas perturbados por ser menos sensibles a la ruptura de la red micelial en el suelo por actividad mecánica como plantean de la Providencia *et al.* (2005, 2007).

Llama la atención el hecho de que varias de las especies y/o morfoespecies de HMA presentes en estos ecosistemas (*Glomus rubiforme*, *Glomus spinuliferum*, *Glomus tortuosum*, *Acaulospora* sp. 1, *Acaulospora* sp. 2, *Sacculospora* sp., etc.) presentan su superficie cubierta por algún tipo de protección ya sea un manto hifal, ornamentaciones espinosas, un mucílago o sencillamente la presencia de un esporocarpo, además de colores pardo rojizos a pardo oscuros, lo cual pudiera constituir un mecanismo de protección contra el ataque de bacterias y otros patógenos del suelo en un medio con tanta acumulación de humedad y materia orgánica que facilita la acción de estos microorganismos.

### **Inventario de hongos en el Refugio de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo”**

En el Refugio de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo” se identificaron 78 especies de 51 géneros (Anexo 7). La división que acumula más especies identificadas es

Basidiomycota con 39, seguida de Ascomycota con 20 y Myxomycota con 19. Todas las especies se registran por primera vez para la localidad.

### **Inventario de hongos en el Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó”**

En el Refugio de Fauna “Golfo de Batabanó” se identificaron 55 especies pertenecientes a 47 géneros (Anexo 8). En esta área el grupo con más número de especies es Basidiomycota con 29, seguido por Ascomycota con 18 y Myxomycota con 8. Al igual que en Las Picúas-Cayo Cristo, todas las especies se reportan por primera vez para la localidad.

### **2. Evaluación del estatus de conservación de especies de diferentes grupos de hongo de acuerdo a los criterios de la UICN.**

Como resultado del proceso de evaluación de las 68 especies seleccionadas, 37 especies (15 estados asexuales de ascomicetes, 12 basidiomicetes y 10 mixomicetes) se evaluaron por primera vez y otras 31 especies fueron reevaluadas (25 estados asexuales de ascomicetes, 2 basidiomicetes y 4 mixomicetes) (Tabla. 5).

Tabla 5. Número de especies evaluadas y reevaluadas por grupo taxonómico.

División o Filum	Evaluadas	Reevaluadas	Total
Ascomycota (Estados sexuales)	15	25	40
Basidiomycota	12	2	14
Myxomycota	10	4	14
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>68</b>

La información detallada del resultado de la evaluación en cada especie se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Especies de hongos y mixomicetes evaluadas según los criterios de la UICN durante la ejecución del proyecto.

No	Especies	Familia/Orden	Categoría UICN anterior	Categoría UICN actual	Criterio
<b>ASCOMYCOTA (ESTADOS ASEXUALES)</b>					
1.	<i>Acrophragmis coronata</i> Kiffer & Reisinger	Incertae sedis, Incertae sedis.	CR	CR	B1a; B2a
2.	<i>Ampullifera foliicola</i> Deighton	Incertae sedis, Incertae sedis	DD	CR	B1a; B2a
3.	<i>Arthrimum spegazzinii</i> Subram.	Apiosporaceae, Incerta esedis	VU	EN	B1a; B2a
4.	<i>Bactrodesmium longisporum</i> M.B. Ellis	Incertae sedis, Incertae sedis	DD	EN	B2a

5.	<i>Cacumisporium sigmoideum</i> Mercado & R.F. Castañeda	Incerta esedis, Incerta esedis	CR	CR	B1a; B2a
6.	<i>Canalisporium pulchrum</i> Nawawi & Kuthub.	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	VU	B2a
7.	<i>Ceratosporella ponapensis</i> Matsush.	Incerta esedis, Incerta esedis		CR	B1a; B2a
8.	<i>Cheiromycoceopsis echinulata</i> Mercado & J. Mena	Incerta esedis, Incerta esedis	EN	EN	B2a
9.	<i>Chloridium codinaeoides</i> Piroz.	Incerta esedis, Incerta esedis		VU	B2a
10.	<i>Chloridiumob claviforme</i> J. Mena & Mercado	Chaetosphaeriaceae, Chaetosphaeriales	VU	EN	B2a
11.	<i>Chloridiumphaeo sporum</i> W. Gams & Hol.-Jech.	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	EN	B2a
12.	<i>Circinotrichum britannicum</i> P.M. Kirk	Xylariaceae, Xylariales Estado asexual	CR	CR	B1a; B2a
13.	<i>Corynesporopsis isabelicae</i> Hol.-Jech.	Incerta esedis, Incertaesedis	CR	CR	B1a; B2a
14.	<i>Craspedodidymum cubense</i> J. Mena & Mercado	Chaetosphaeriaceae, Chaetosphaeriales	CR	CR	B1a; B2a
15.	<i>Cryptophialoidea ramosa</i> Delgado, J. Mena & Gené	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	CR	B1a; B2a
16.	<i>Cylindrotrichum fasciculatum</i> Mercado	Chaetosphaeriaceae, Chaetosphaeriales	CR	CR	B1a; B2a
17.	<i>Dactylaria zapatensis</i> R.F. Castañeda	Incerta esedis, Incerta esedis		VU	B2a
18.	<i>Deightoniella rosariensis</i> Mercado	Magnaporthaceae, Magnaporthales	CR	CR	B1a; B2a
19.	<i>Dendryphiella vinosa</i> (Berk. & M. A. Curtis) Reisinger	Torulaceae, Incerta esedis		LC	
20.	<i>Dendryphonc omosum</i> Wallr.	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	EN	B2a
21.	<i>Didymobotryum rigidum</i> (Berk. & Broome) Sacc.	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	CR	B1a; B2a
22.	<i>Distoseptispora martini</i> (J.L. Crane & Dumont) J.W. Xia & X.G. Zhang	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B2a
23.	<i>Drumopama girisa</i> Subram.	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	VU	B2a
24.	<i>Duosporium cyperi</i> K.S. Thind & Rawla	Incerta esedis, Incerta esedis	CR	CR	B1a; B2a
25.	<i>Edmundmasoniav illosa</i> Hol.-Jech.	Incerta esedis, Sordariales	CR	CR	B1a; B2a
26.	<i>Ellisembia brachypus</i> (Ellis & Everh.) Subram.	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B2a
27.	<i>Endocalyx collantesis</i> J. Mena & Mercado	Apiosporaceae, Incertaesedis	EN	EN	B1a; B2a
28.	<i>Gyrothrixinops</i> (Berlese) Pirozynski	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B2a
29.	<i>Helminthosporium palmigenum</i> Matsush.	Incerta esedis, Incerta esedis		LC	
30.	<i>Korunomyces zapatensis</i> Hol.-Jech. & R.F. Castañeda	Incerta esedis, Incerta esedis		CR	B1a, B2a
31.	<i>Monilochaete slaeënsis</i> (Matsush.) Réblová, W. Gams & Seifert	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	VU	B2a

32.	<i>Paradischloridium chaffrei</i> (Bhat & Sutton)	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	CR	B1a; B2a
33.	<i>Phaeoisaria infrafertilis</i> B. Sutton & Hodges	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B2a
34.	<i>Phragmospathulella matsushimae</i> J. Mena & Mercado	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B1a; B2a
35.	<i>Pseudoacrodictys deightonii</i> (M.B. Ellis) W.A. Baker & Morgan-Jones	Incerta esedis, Incerta esedis	DD	EN	B1a; B2a
36.	<i>Repetophragma moniliforme</i> (Matsush.) R.F. Castañeda, McKenzie & K.D. Hyde	Incerta esedis, Incerta esedis		CR	B1a; B2a
37.	<i>Stanjehughesia fasciculata</i> J. Mena, Delgado & Guarro	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B2a
38.	<i>Synnemacrodictys stilboidea</i> (J. Mena & Mercado) W.A. Baker & Morgan-Jones	Incerta esedis, Incerta esedis	VU	EN	B1a; B2a
39.	<i>Tetraploa ellisii</i> Cooke	Incerta esedis, Incerta esedis		EN	B2a
40.	<i>Zygosporium gibbum</i> (Sacc., M. Rousseau & E. Bommer) S. Hughes	Incerta esedis, Incerta esedis		LC	
<b>BASIDIOMYCOTA</b>					
1.	<i>Amaurodermas prucei</i> (Pat.) Torrend	Ganodermataceae, Polyporales		CR	B1a; B2a
2.	<i>Auricularia mesenterica</i> (Dicks.) Fr.	Auriculariaceae, Auriculariales		LC	
3.	<i>Cymatoderma dendriticum</i> (Pers.) Reid D.A.	Meruliaceae, Polyporales	NT	VU	B2a
4.	<i>Earliella scabrosa</i> Gilbertson (Persoon) & Ryvar den	Polyporaceae, Polyporales		LC	
5.	<i>Flavodon flavus</i> (Kalchbr.) Ryv.	Meruliaceae, Polyporales		VU	B2a
6.	<i>Fulvifomes fastuosus</i> (Léveillé) Bondartseva & S. Herrera	Hymenochaetaceae, Hymenochaetales		LC	
7.	<i>Gloeophyllum striatum</i> (Swartz : Fries) Murrill	Gloeophyllaceae, Gloeophyllales		LC	
8.	<i>Lenzites elegans</i> (Spreng.) Patouillard	Polyporaceae, Polyporales		LC	
9.	<i>Phellinus calcitratus</i> (Berk. & M. A. Curtis) Ryv.	Hymenochaetaceae, Hymenochaetales		LC	
10.	<i>Phellinus linteus</i> (Berk. & M.A. Curtis) Teng	Hymenochaetaceae, Hymenochaetales		LC	
11.	<i>Phylloporia chrysites</i> (Berk.) Ryvar den	Hymenochaetaceae, Hymenochaetales		LC	
12.	<i>Phylloporia fruticum</i> (Berk. & M.A. Curtis) Ryvar den	Hymenochaetaceae, Hymenochaetales		CR	B2a, D
13.	<i>Phylloporia pectinata</i> (Klotzsch) Ryvar den	Hymenochaetaceae, Hymenochaetales	NT	VU	B2a, D
14.	<i>Trichaptum sprucei</i> (Berk.) Rajchenb. & Bianchin	Polyporaceae, Polyporales		LC	
<b>MYXOMYCOTA (PROTOZOOS ANÁLOGOS A HONGOS)</b>					
1.	<i>Arcyriain signis</i> Kalchbr. & Cooke	Arcyriaceae, Trichiales	LC	EN	B2a; D
2.	<i>Arcyriaob velata</i> (Oeder) Onsberg	Arcyriaceae, Trichiales		EN	B2a; D

3.	<i>Craterium paraguayense</i> (Speg.) G. Lister	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2b; D
4.	<i>Dictydiaethalium plumbeum</i> (Schumach) Rostaf.	Dictydiaethaliaceae, Liceales	EN	CR	B2a; D
5.	<i>Diderma spumarioides</i> (Fr.) Fr.	Didymiaceae, Physarales	CR	CR	B1a; B2a; D
6.	<i>Didymium difforme</i> (Pers.) Gray	Didymiaceae, Physarales		CR	B1a; B2a
7.	<i>Lycogala conicum</i> Pers.	Tubiferaceae, Liceales	EN	CR	B1a; B2a; D
8.	<i>Physarum bivalve</i> Pers.	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2a; D
9.	<i>Physarum decipiens</i> M.A. Curtis	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2a; D
10.	<i>Physarum flavicomum</i> Berk.	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2a; D
11.	<i>Physarum gyrosum</i> Rostaf.	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2a; D
12.	<i>Physarum melleum</i> (Berk. & Broome) Masee	Physaraceae, Physarales		NT	
13.	<i>Physarum nicaraguense</i> T. Macbr.	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2a; D
14.	<i>Physarum roseum</i> Berk. & Broome	Physaraceae, Physarales		CR	B1a; B2a; D

El número de especies de acuerdo a las categorías fue el siguiente: 29 en Peligro Crítico (16 estados asexuales de ascomicetes, 2 basidiomicetes y 11 mixomicetes), 18 en Peligro (16 estados asexuales de ascomicetes y 2 mixomicetes), 8 Vulnerable (5 estados asexuales de ascomicetes y 3 basidiomicetes), 4 Casi Amenazado (3 estados asexuales de ascomicetes y 1 mixomicete) y 9 especies de basidiomicetes fueron considerados como Preocupación Menor. La división o phylum que incluyó más especies evaluadas fue Ascomycota con 40, todos estados asexuales (Tabla 7).

Tabla 7. Número de especies evaluadas por grupo taxonómico y categoría de la UICN

División o Filum	CR	EN	VU	NT	LC	Total
Ascomycota (Estados asexuales)	16	16	5	3		40
Basidiomycota	2		3		9	14
Myxomycota	11	2		1		14
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>68</b>

Para la confección de los mapas de las ocho especies amenazadas (Anexo 9) que fueron seleccionadas previamente, se completó la información de las localidades de recolecta y se georeferenciaron.

A partir de las especies categorizadas durante este proyecto y las restantes incluidas en la primera lista se conformó una nueva versión de la lista roja de los hongos y mixomicetes de Cuba con 134 especies (67 ascomicetes y estados asexuales, 46 basidiomicetes y 21 mixomicetes)(Anexo10). La lista esta ordenada taxonómicamente por división o phylum fúngico, en cada una de ella aparecen las especies en orden alfabético, la familia y el orden al que pertenecen, la categoría según la IUCN y el criterio que fundamenta las diferentes categorías de amenazas. En el caso de las categorías Datos Insuficientes y Casi Amenazados no aparecen los criterios por no constituir categorías de amenaza. Sin embargo, las especies con estas categorías son incluidas en la lista roja porque son especies necesitadas de atención o por considerarse que aunque en el presente no hay datos suficientes para categorizarlas pudieran en un futuro estar amenazadas.

En la Tabla8, se ofrece el número de especies por categoría de amenaza y por división o phylum. Se aprecia que la división con el mayor número de especies categorizadas es la de Ascomycota con 67, de las cuales 38 son estados asexuales y la que menos especies presenta es Myxomycota con 21. También se puede resaltar que la categoría de amenaza que mayor número de especies acumula es la de Vulnerable (39), aunque las categorías en Peligro Crítico (38) y en Peligro (35) tienen valores muy cercanos. Las especies evaluadas como Casi Amenazadas y Datos Insuficientes, sumaron 12 y 10 respectivamente.

Tabla 8. Número de especies incluidas en la lista roja por categoría de amenaza y por división fúngica (En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT) y Datos Insuficientes (DD)).

División o Filum	CR	EN	VU	NT	DD	Total
Ascomycota / Estados asexuales)	18/16	26/16	17/5	4/1	2//0	67/38
Basidiomycota	10	5	22	6	3	46
Myxomycota	10	4		2	5	21
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>134</b>

Se debe señalar que esta nueva versión de la lista roja de los hongos de Cuba incrementa el número de especies en 26 con respecto a la anterior y continúa siendo la primera que se realiza en el área del Caribe y posiblemente de Latinoamérica. La mayoría de las listas rojas de esos organismos se han realizado en países desarrollados, fundamentalmente de Europa. También es significativo el número de especies con cierta categoría de amenaza que se incluyen, las cuales exceden del centenar de especies.

### **3. Predicción de los efectos del cambio climático sobre especies fúngicas seleccionadas en diferentes escenarios**

De las 21 especies presentes en la base de datos utilizada, sólo 11 contaban con más de 10 registros y fueron las modeladas, teniendo en cuenta que para un número pequeño de registros la fiabilidad de las predicciones es baja. En los casos modelados, los valores del área bajo la curva (AOC) para los datos de entrenamiento

utilizados en el análisis ROC (receiver operating characteristic), (de acuerdo con Fawcett, 2003), se encuentran entre 0.729 para *Lycogala epidendrum* y 0.938 para *Metatrichia horrida*, en todos los casos bien por encima de una distribución aleatoria (AOC=0.5).

En la tabla 9 se muestra la contribución de las variables bioclimáticas a la distribución potencial de las especies, en cada caso se muestran solo aquellas variables que contribuyen con más del 10%.

Tabla 9. Contribución de las variables bioclimáticas en la modelación de la distribución potencial de las especies estudiadas. [ALT-Altitud, BIO1-Temperatura media anual, BIO3-Isotermalidad (BIO1/BIO7\*100), BIO4-Estacionalidad de la temperatura, BIO6-Temperatura mínima del mes más frío, BIO7-Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6), BIO9-Temperatura media del trimestre más seco, BIO10-Temperatura media del trimestre más frío, BIO11-Temperatura media del trimestre más cálido, BIO15-Estacionalidad de las precipitaciones, BIO17-Precipitación del trimestre más seco, BIO18-Precipitación del trimestre más cálido, BIO19-Precipitación del trimestre más frío].

<i>Arcyriacinerea</i>		<i>Metatrichia horrida</i>	
Variable	Contribución porcentual	Variable	Contribución porcentual
BIO1	35.8	BIO18	40.4
BIO9	12.4	ALT	27
BIO10	11.1	<i>Perichaenadepressa</i>	
BIO17	10.7	Variable	Contribución porcentual
<i>Arcyriadenudata</i>		BIO18	51.2
Variable	Contribución porcentual	BIO3	29.7
BIO18	30.3	ALT	14.8
BIO17	25.9	<i>Stemonitisaxifera</i>	
BIO11	18.6	Variable	Contribución porcentual
<i>Arcyriaincarnata</i>		altitud	28.8
Variable	Contribución porcentual	BIO18	23.4
BIO15	39.6	BIO3	19.1
BIO1	15.9	BIO11	19.1
<i>Hemitrichiacalyculata</i>		<i>Stemonitis fusca</i>	
Variable	Contribución porcentual	Variable	Contribución porcentual
BIO18	30.3	BIO18	35.9
ALT	23.2	BIO7	23.3
<i>Hemitrichiaserpula</i>		<i>Stemonitissplendens</i>	
Variable	Contribución porcentual	Variable	Contribución porcentual
BIO18	46.7	BIO19	26.4
BIO17	23.7	BIO1	21.4
BIO4	11.7	BIO6	13.5
<i>Lycogalaepidendrum</i>			
Variable	Contribución porcentual		
BIO17	54.9		
BIO18	44.7		

La variable más frecuente entre las de mayor contribución es Precipitación del trimestre más cálido (BIO18), (8 especies), seguida de la Precipitación del trimestre más seco (BIO17) y la altitud, ambas con cuatro especies. Estos resultados son

consistentes con las observaciones sobre el papel de la humedad ambiental en la distribución de estos organismos.

Los resultados de la modelación de la distribución potencial en el año 2070 en cinco especies seleccionadas por las recolectas y amplia distribución: *Arcyria cinerea*, *Arcyria denudata*, *Hemitrichia calyculata*, *Stemoniti saxifera* y *Stemonitis splendens*, para los tres modelos y los dos valores de forzamiento radiativo seleccionados se muestran en las Figuras (6-20). Las figuras con índice (a) representan la distribución de probabilidades de encontrar la especie en un sitio, mientras que el índice (b) nos muestra las áreas de mayor probabilidad (más de 80%). Para casi todas las especies, modelos y escenarios se obtiene una disminución de la distribución potencial de hacia el año 2070 con relación a la actualidad, como se puede apreciar para los caso de *A. cinerea*, *H. calyculata* y *S. splendens*.

Un caso particular muy interesante es el de *Arcyria denudata*, especie para la cual las predicciones de la distribución potencial para el año 2070 suponen un incremento significativo del área de presencia, para prácticamente todos los modelos y escenarios (Figs. 9-11). Esto podría estar ocasionado por el peso de la variable Temperatura media del trimestre más cálido (BIO11) en la distribución potencial de la especie en cuestión; es decir, la distribución de la especie está condicionada por las altas temperaturas en el verano, las cuales tenderán a aumentar en el país de acuerdo con todos los modelos de predicción existentes.

La otra especie donde BIO11 presenta un peso importante es *Stemoniti saxifera* y en esta caso los modelos también predicen una expansión de su hábitat probable, pero como la variable de más peso es la altitud (Tabla 3), esta expansión se observa alrededor de los principales macizos montañosos del país (Figs. 18-20).

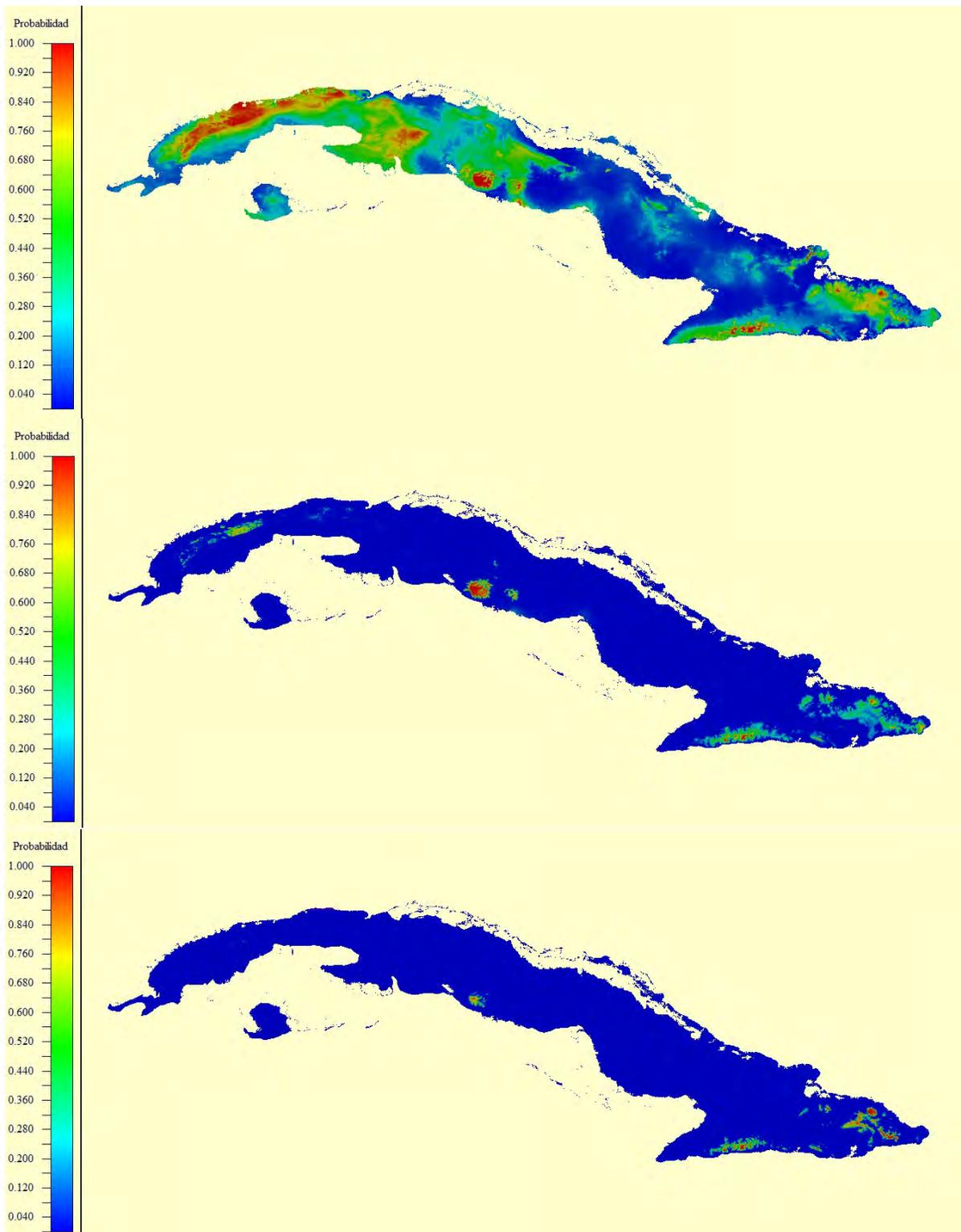


Fig 6a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Arcyria cinerea*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

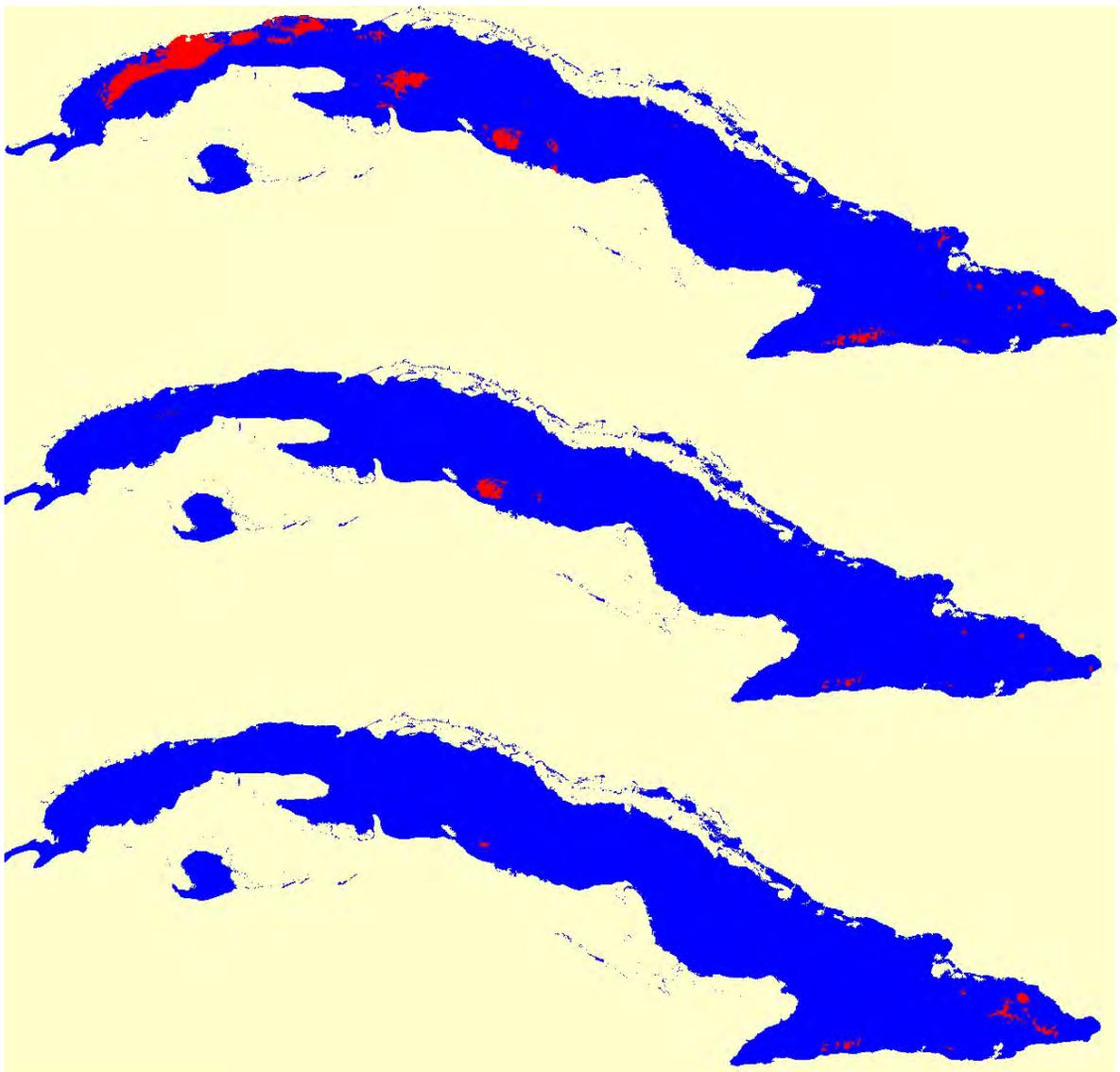


Fig 6b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Arcyria cinerea*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

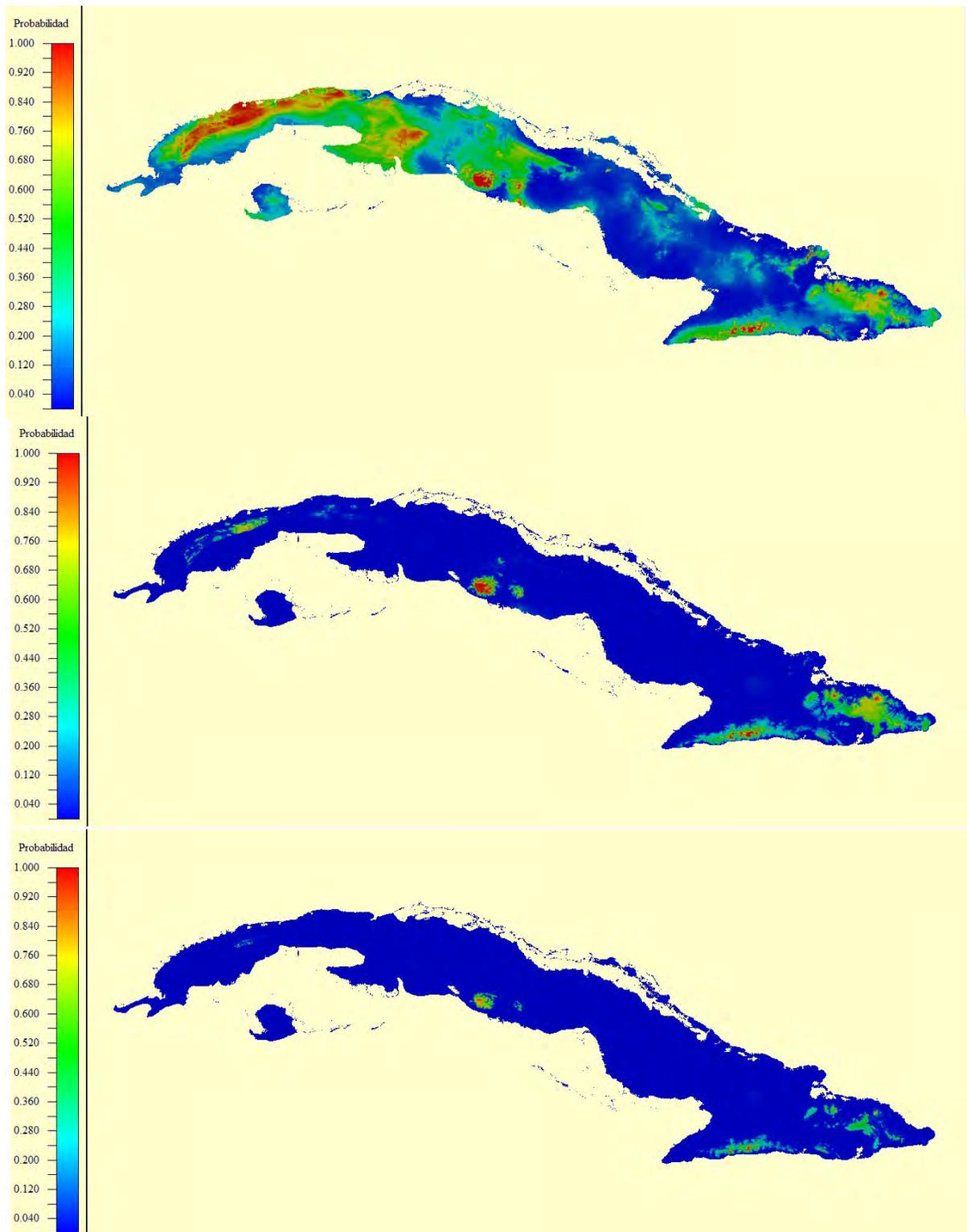


Fig 7a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Arcyria cinerea*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

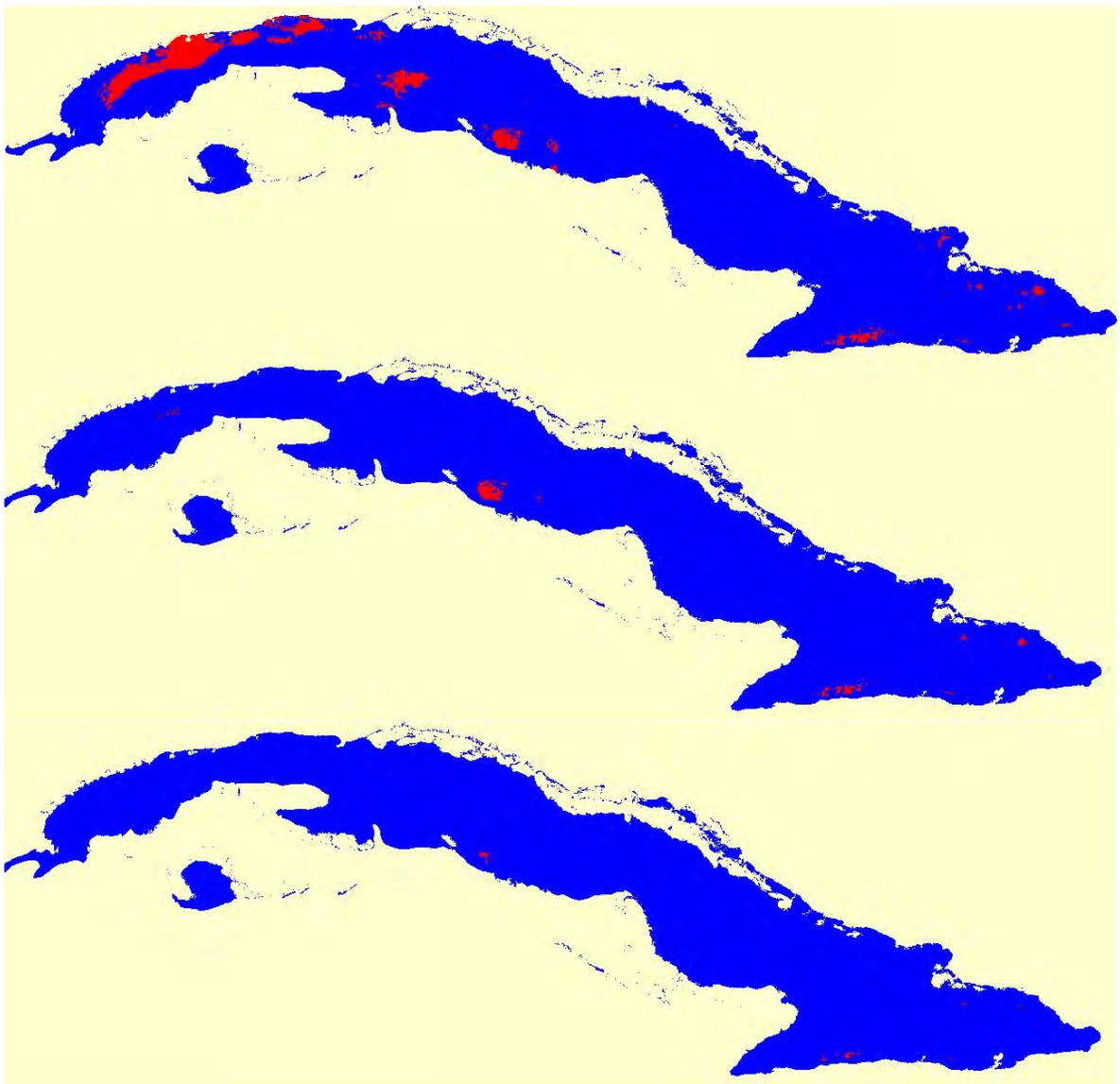


Fig 7b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Arcyria cinerea*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

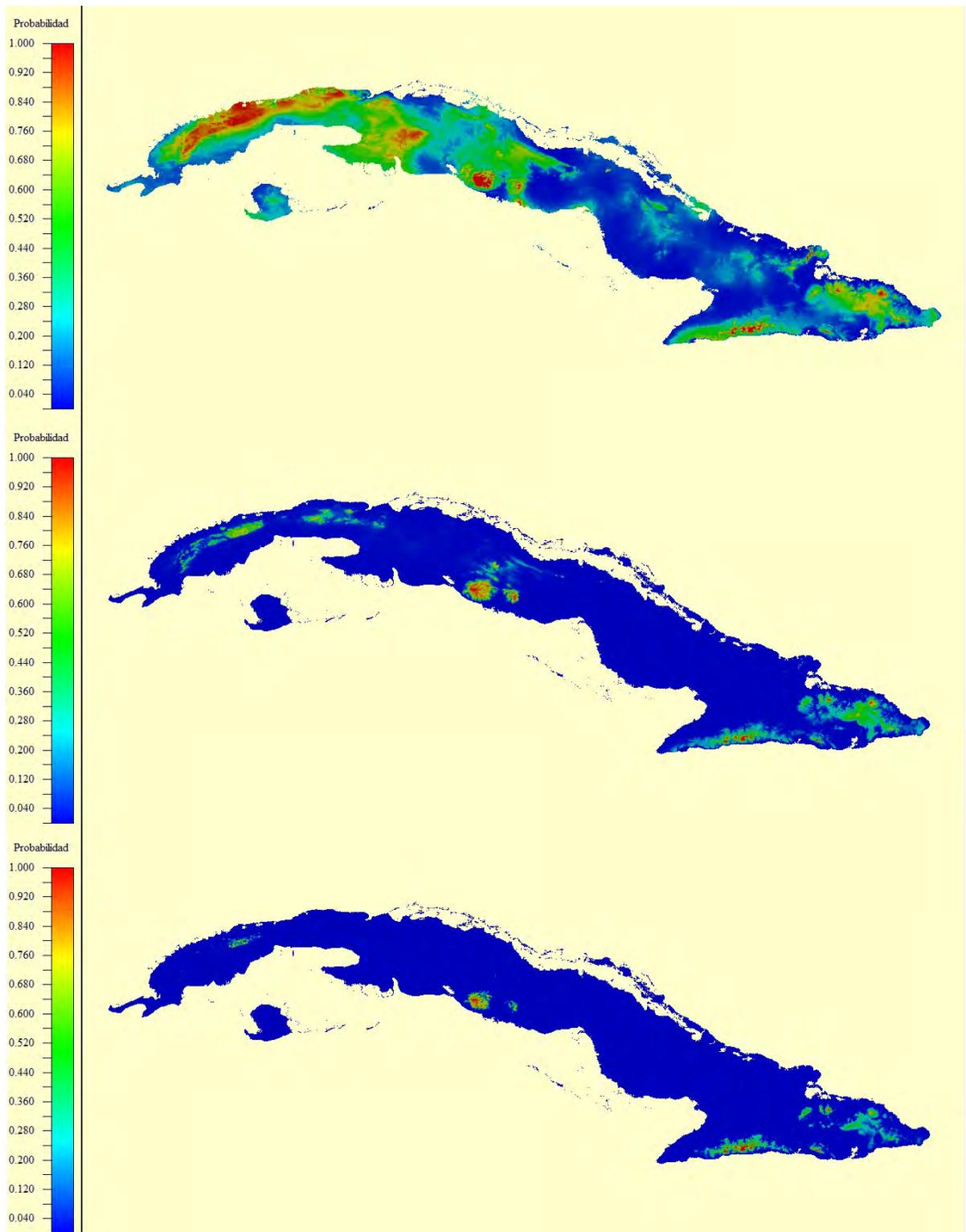


Fig 8a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Arcyria cinerea*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

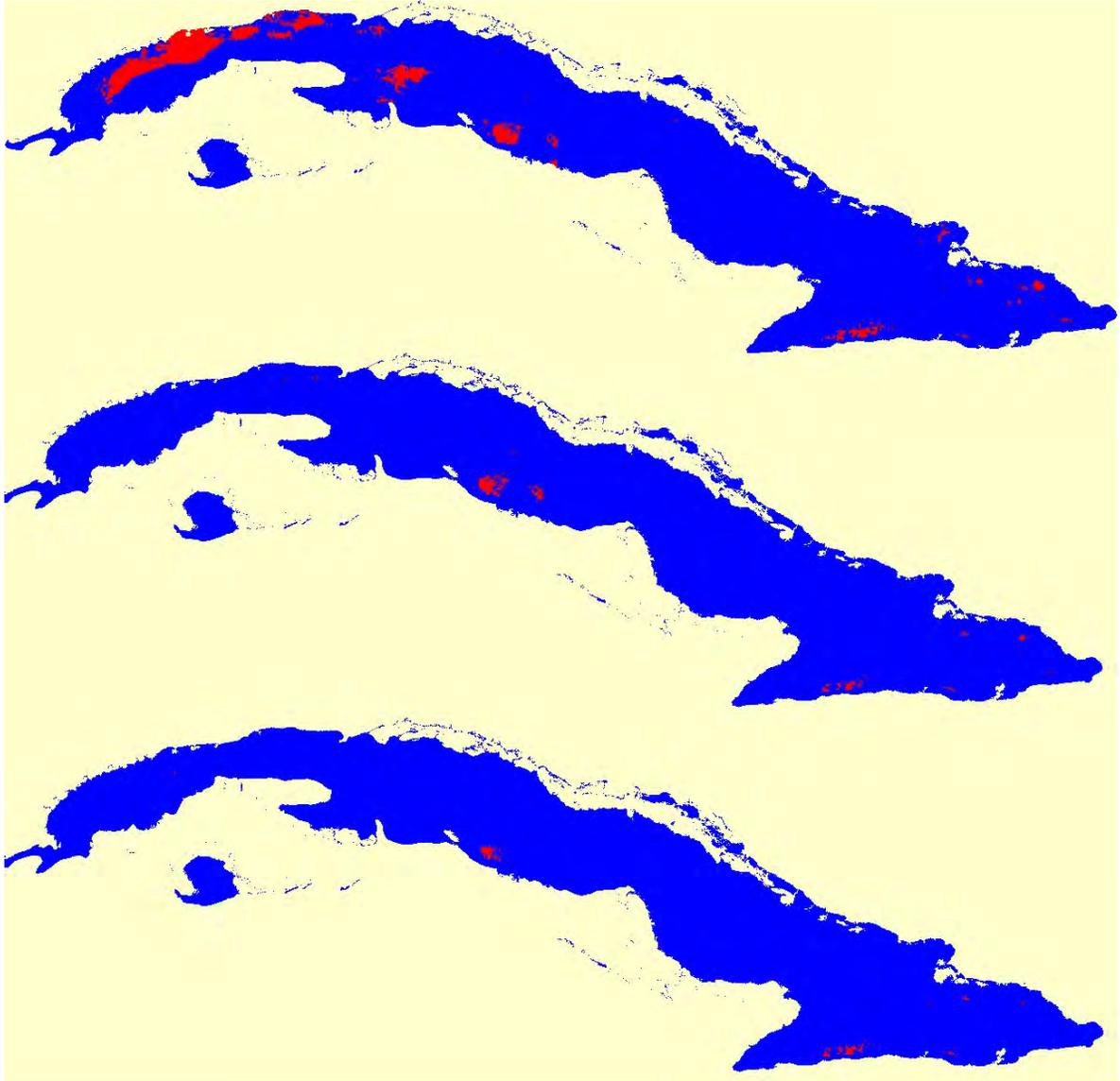


Fig 8b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Arcyria cinerea*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

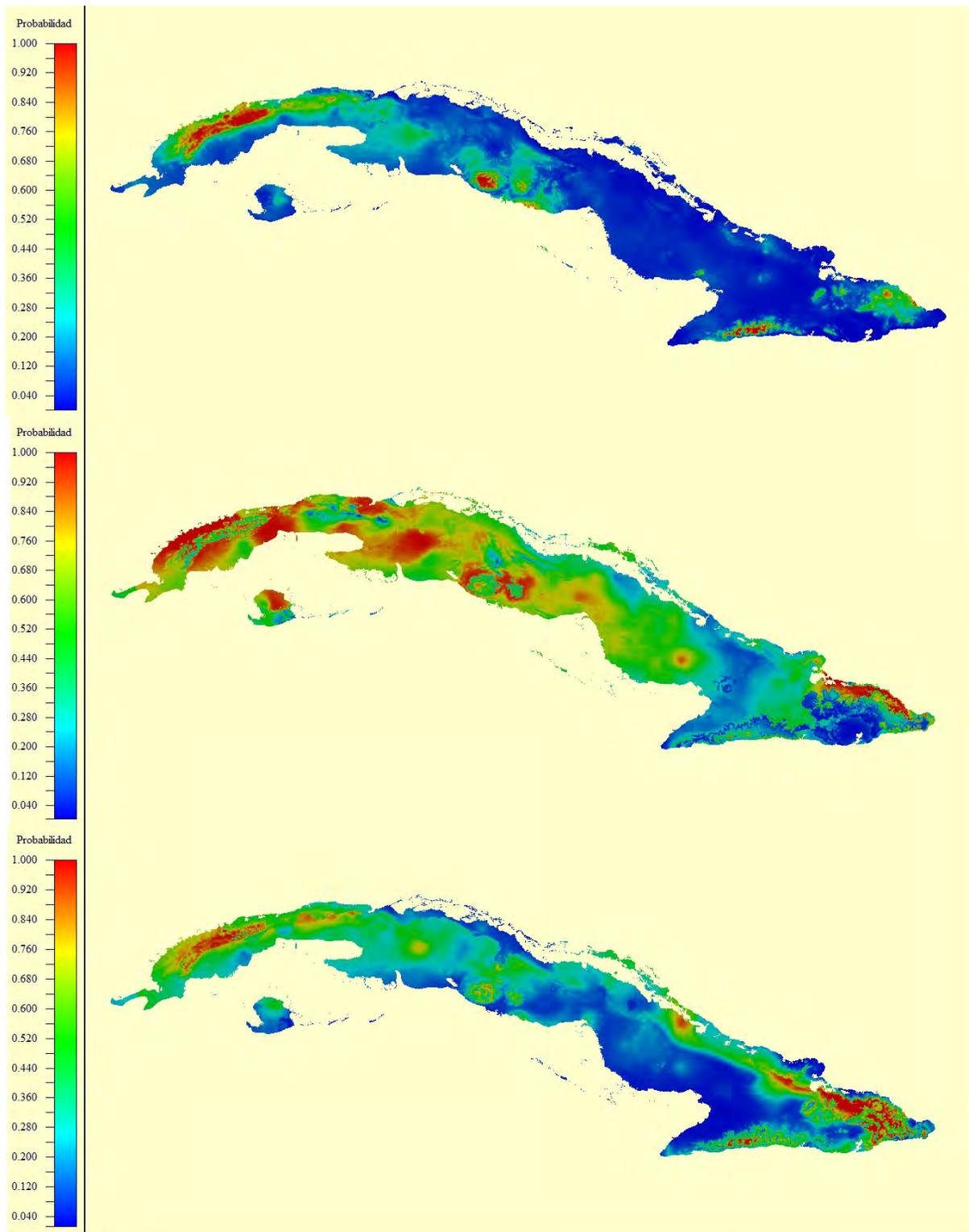


Fig 9a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Arcyria denudata*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

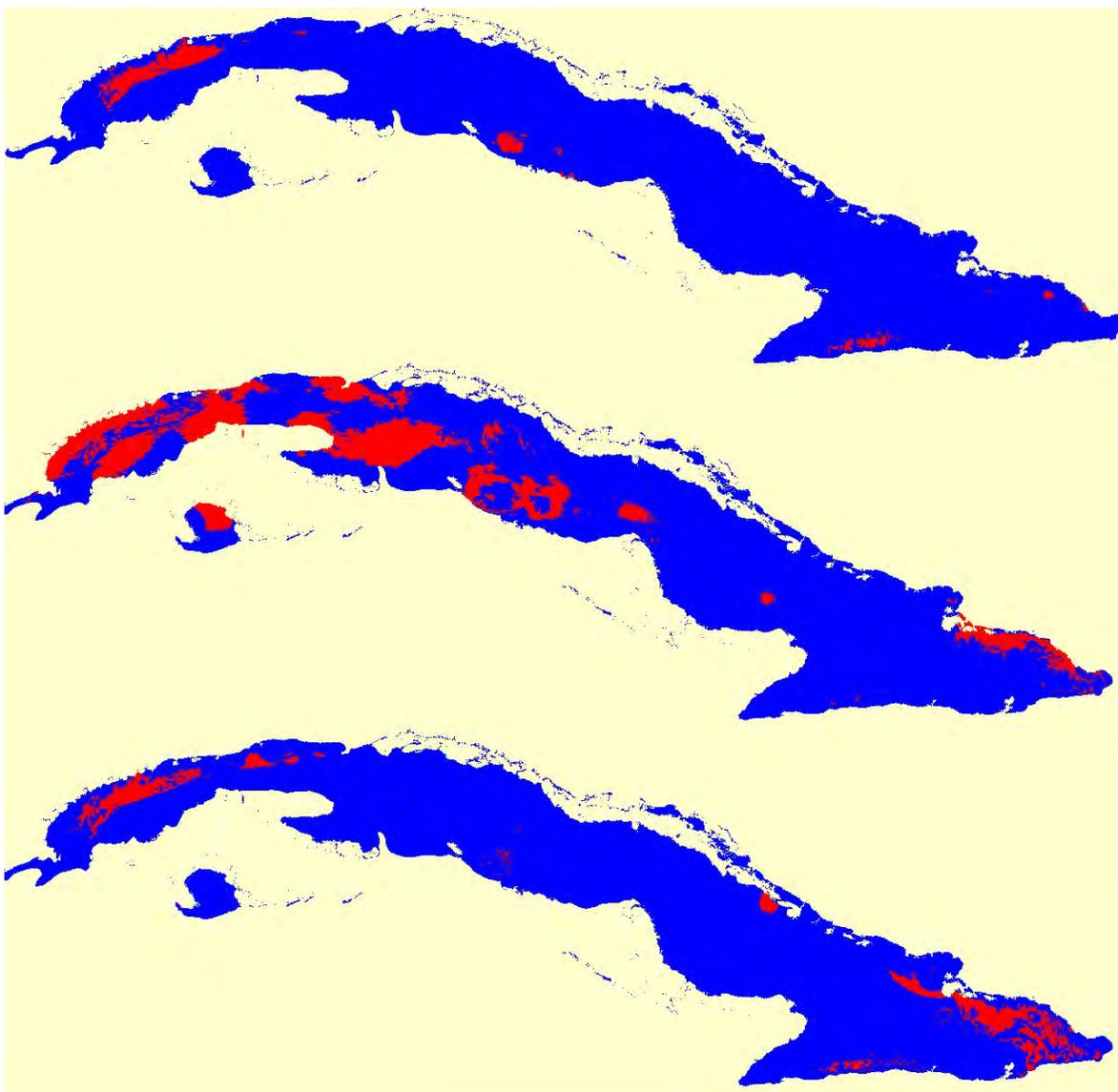


Fig 9b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Arcyria denudata*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

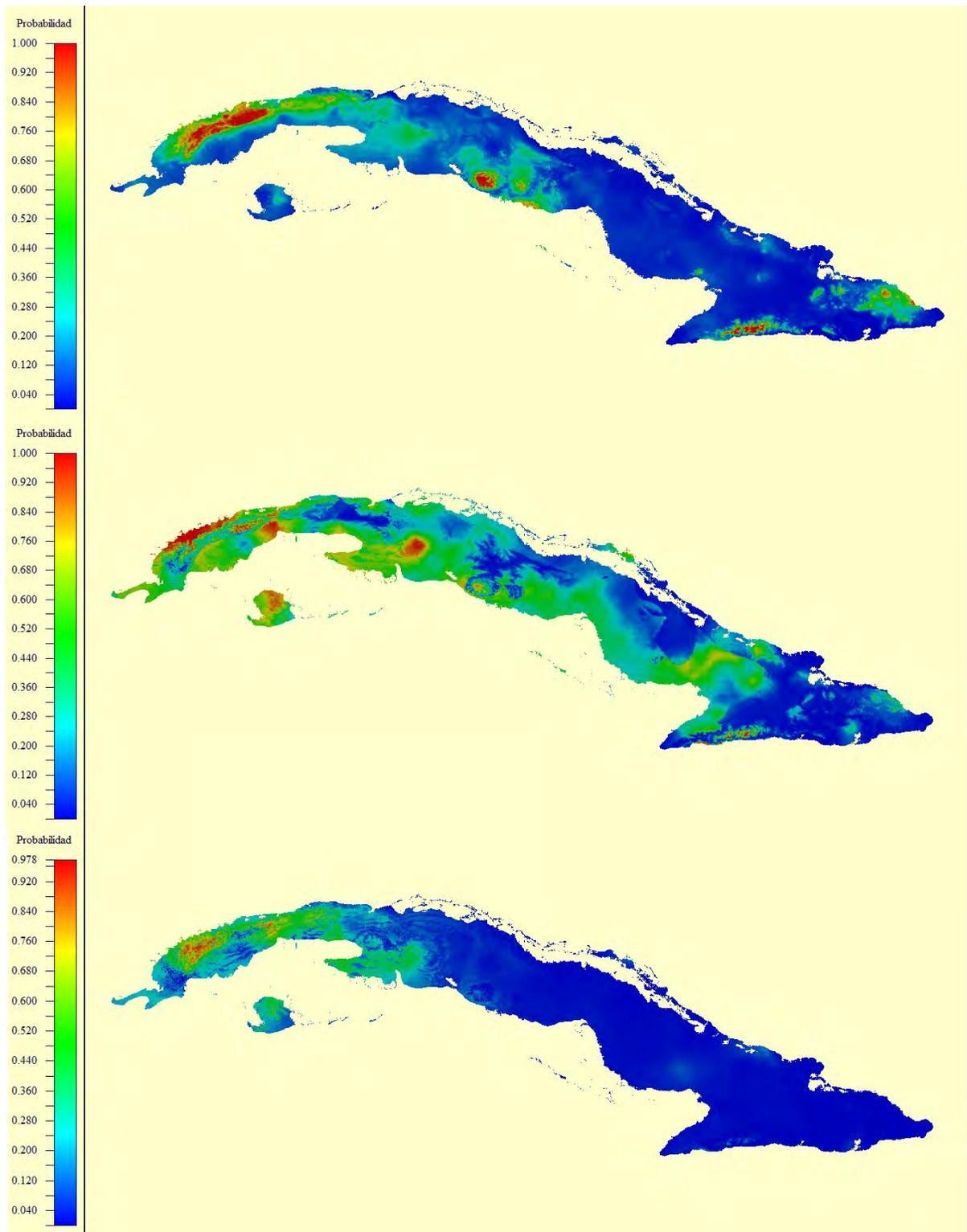


Fig 10a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Arcyria denudata*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m

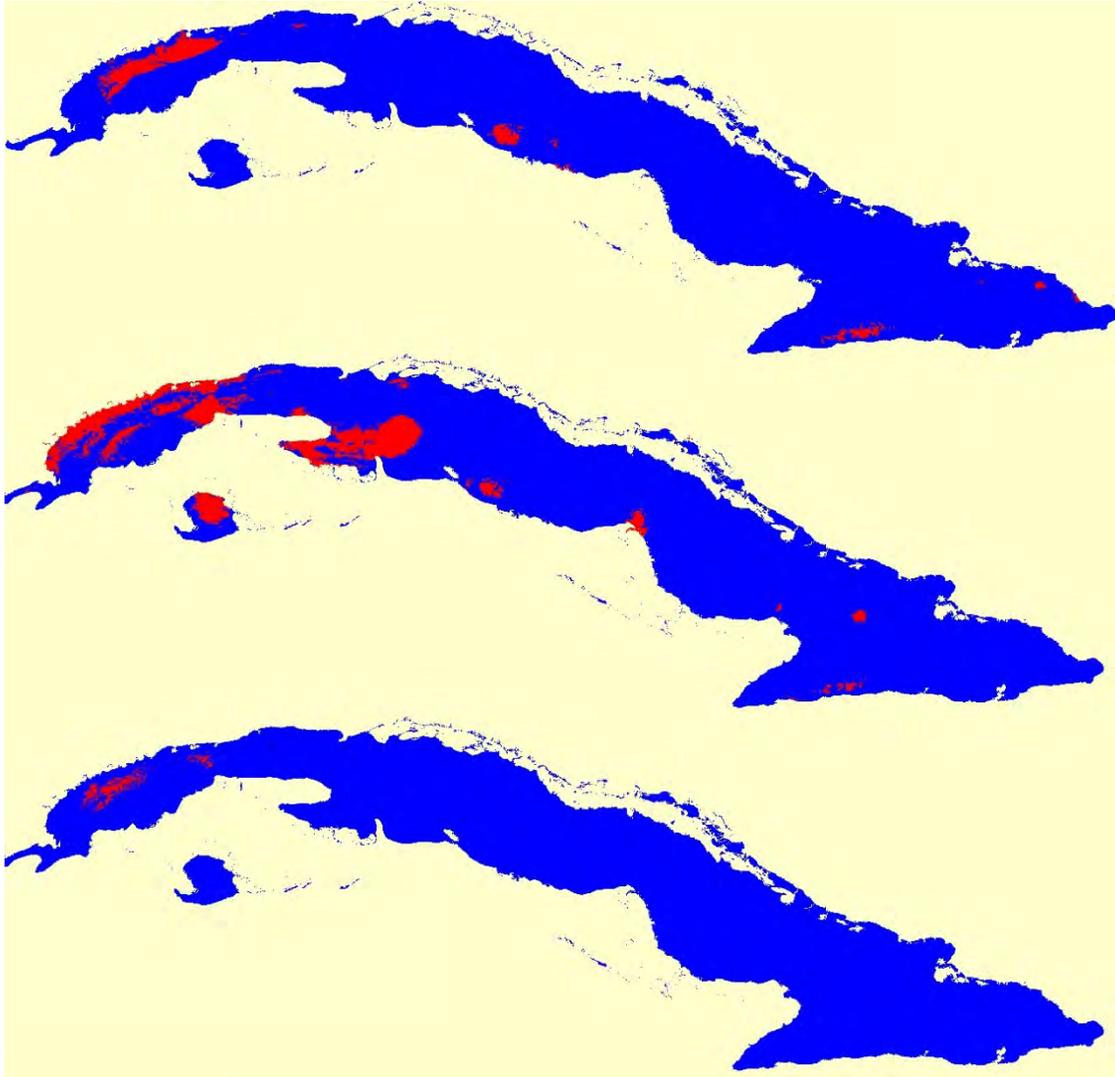


Fig 10b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Arcyria denudata*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

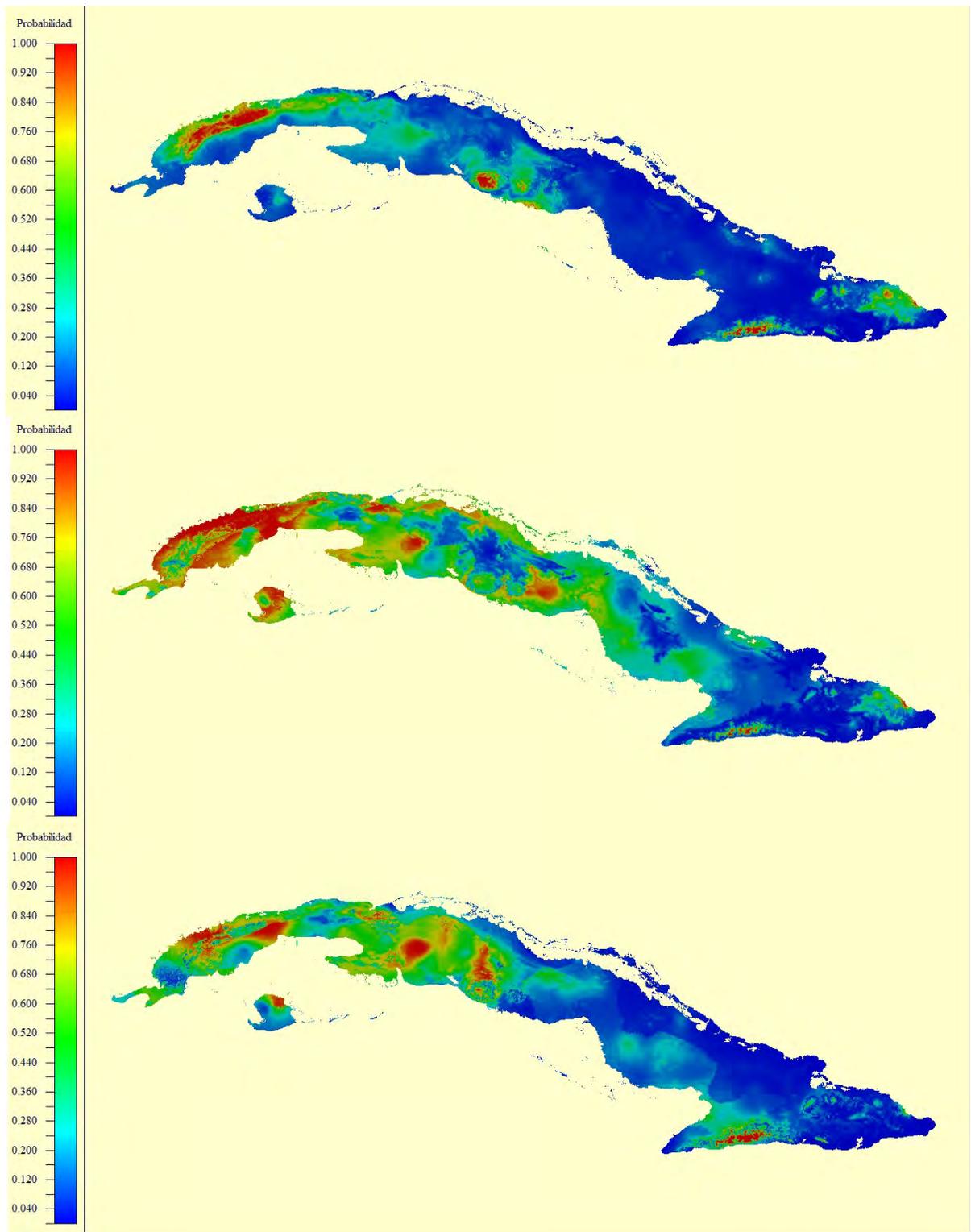


Fig 11a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Arcyria denudata*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

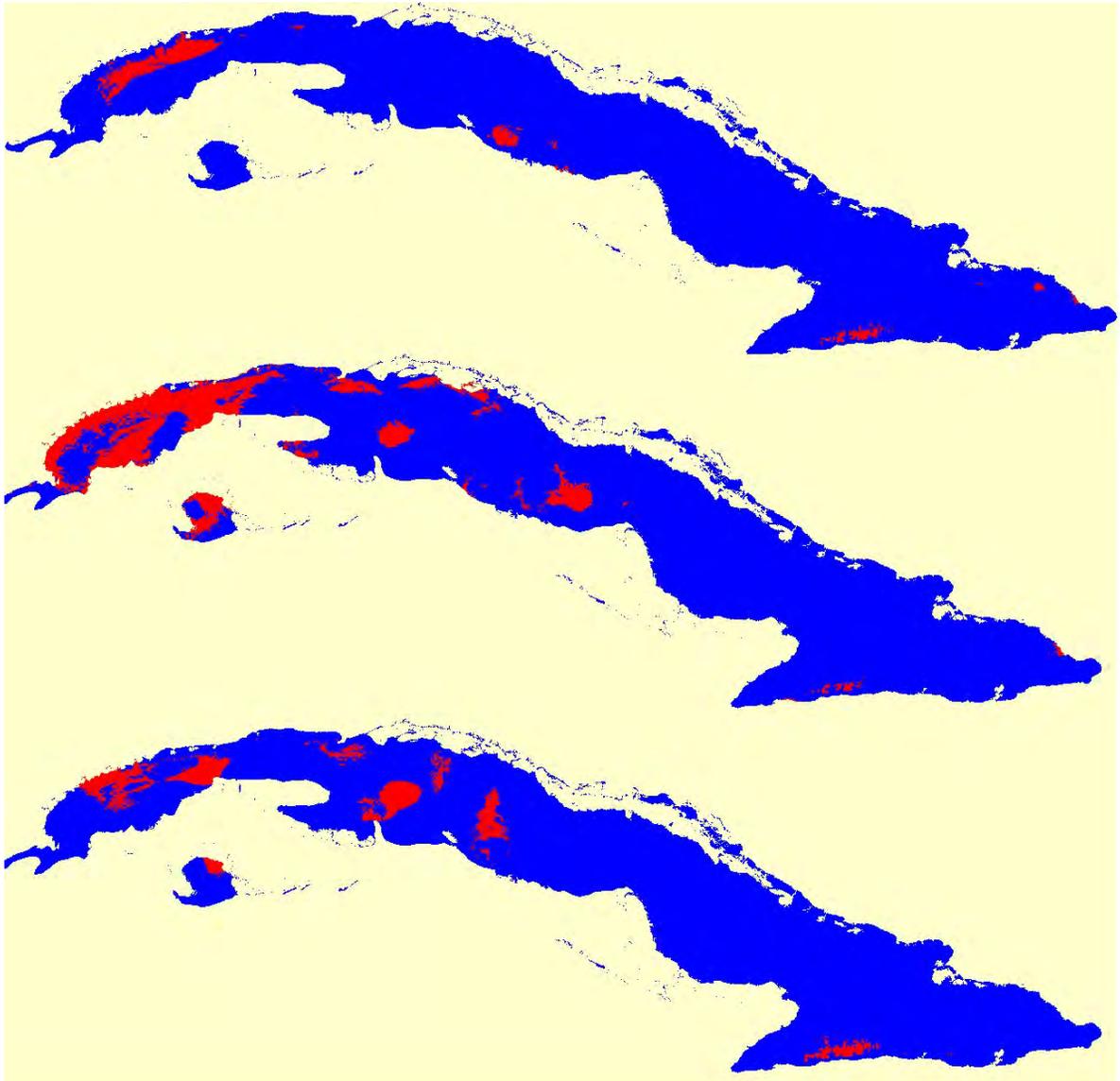


Fig 11b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Arcyria denudata*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

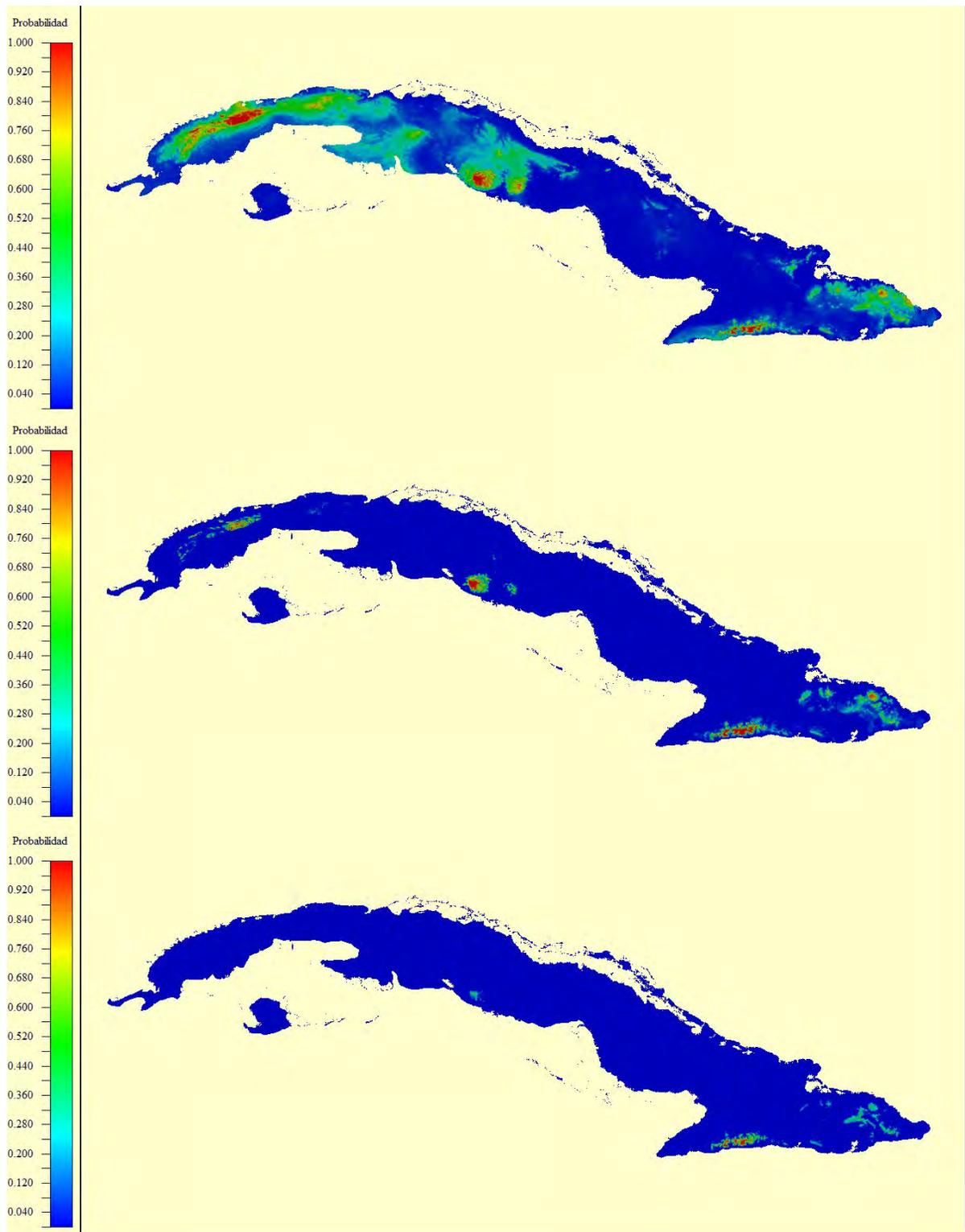


Fig 12a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Hemitrichia calyculata*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

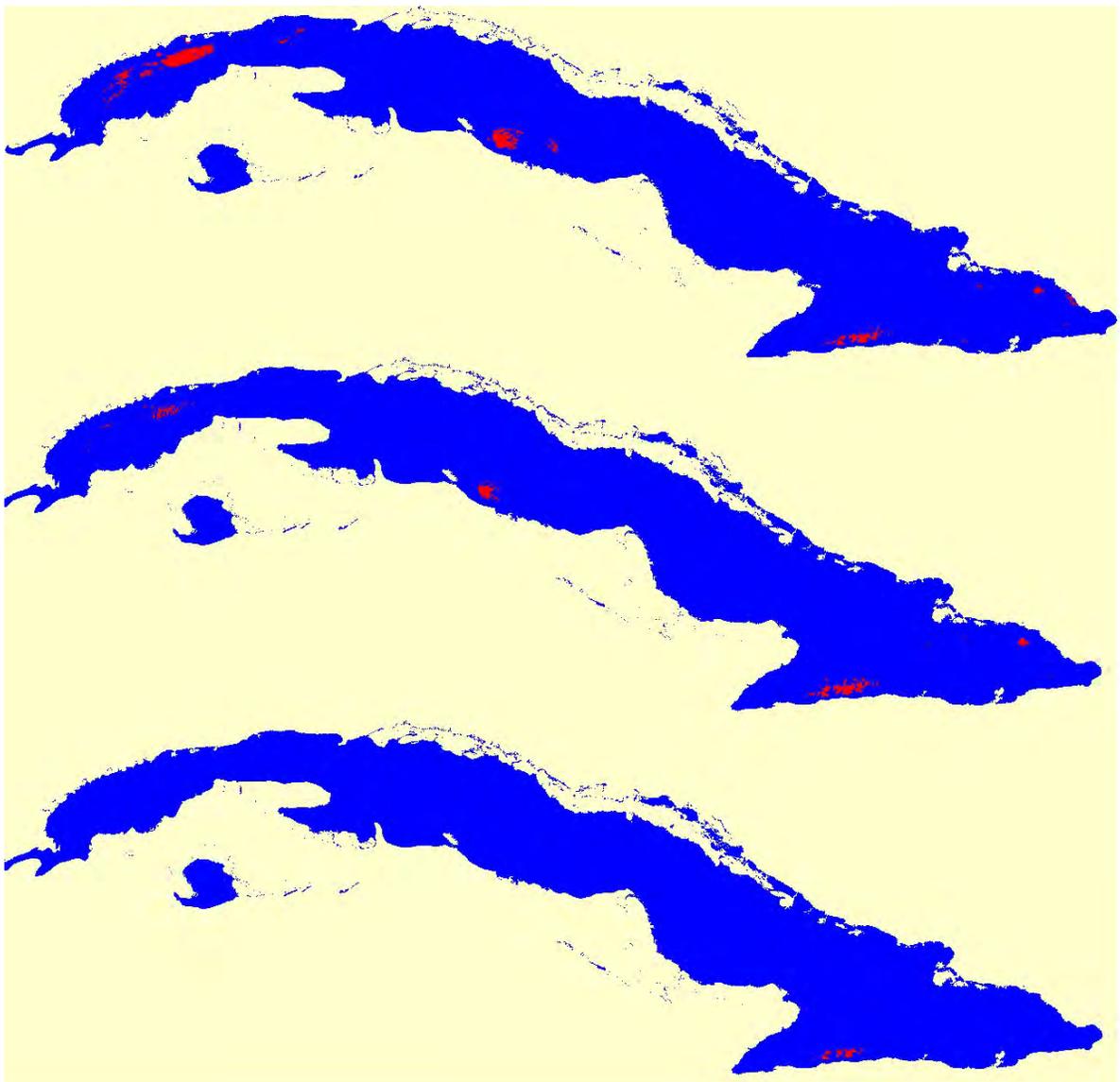


Fig 12b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Hemitrichia calyculata*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

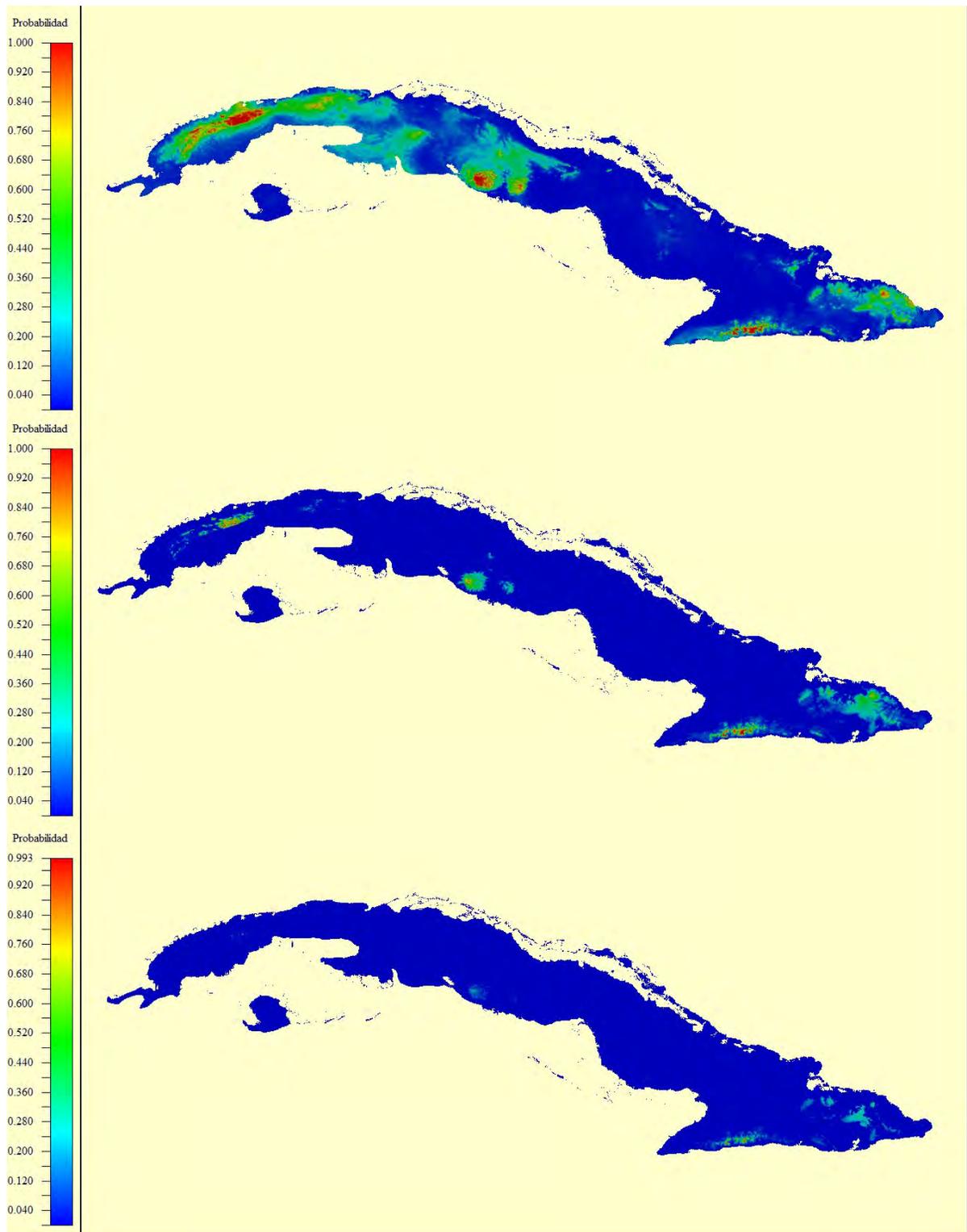


Fig 13a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Hemitrichia calyculata*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

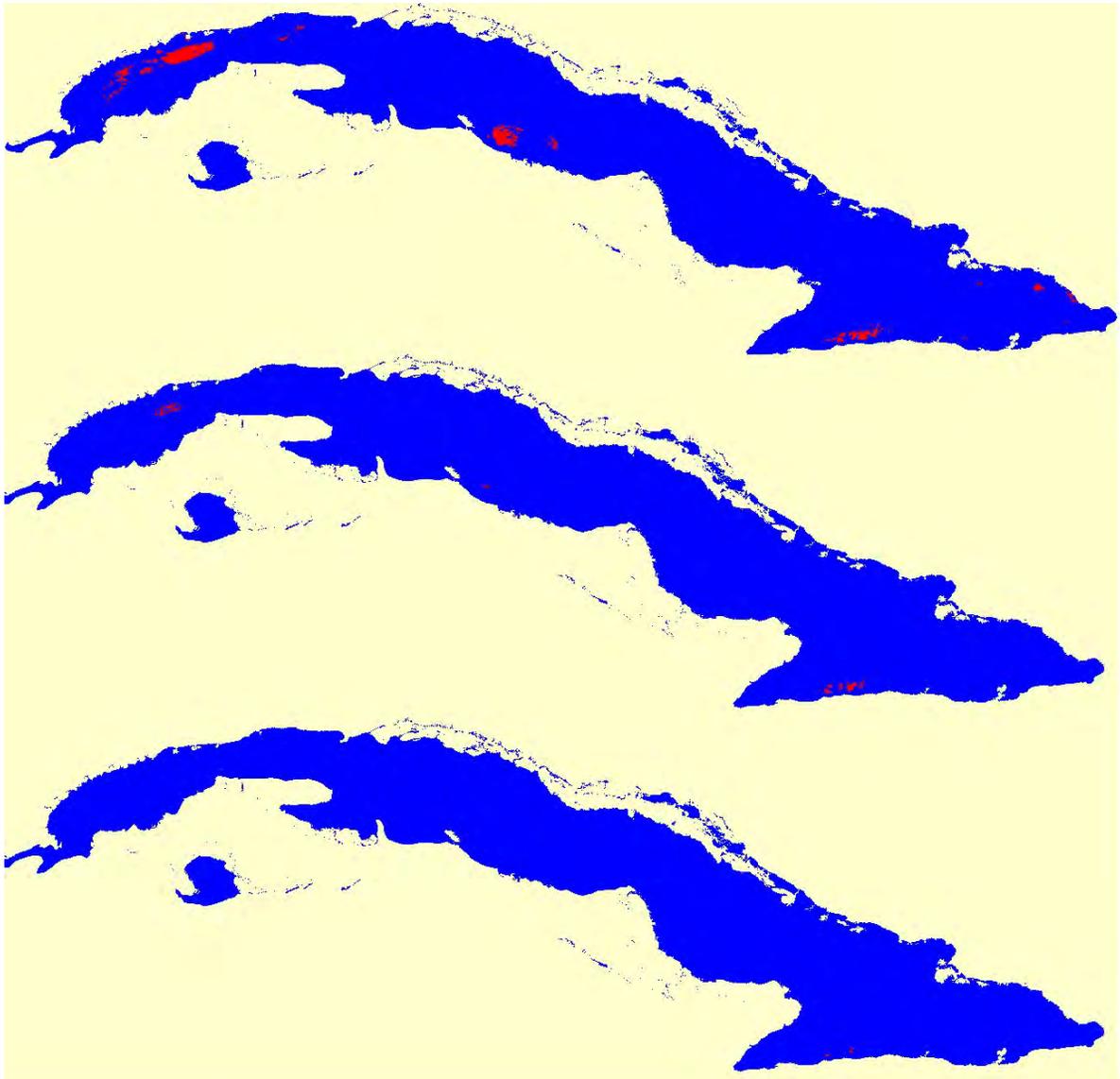


Fig 13b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Hemitrichia calyculata*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

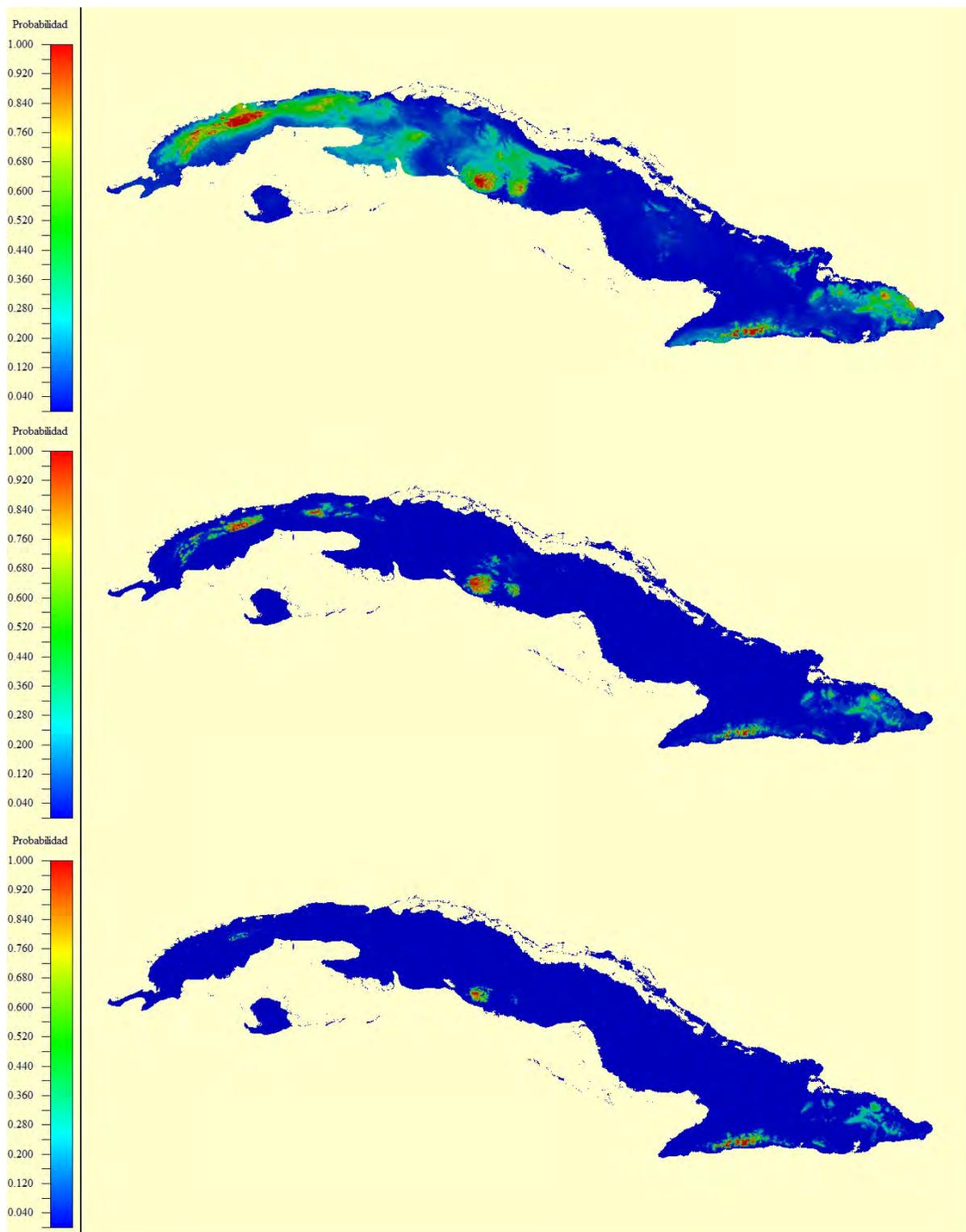


Fig 14a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Hemitrichia calyculata*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

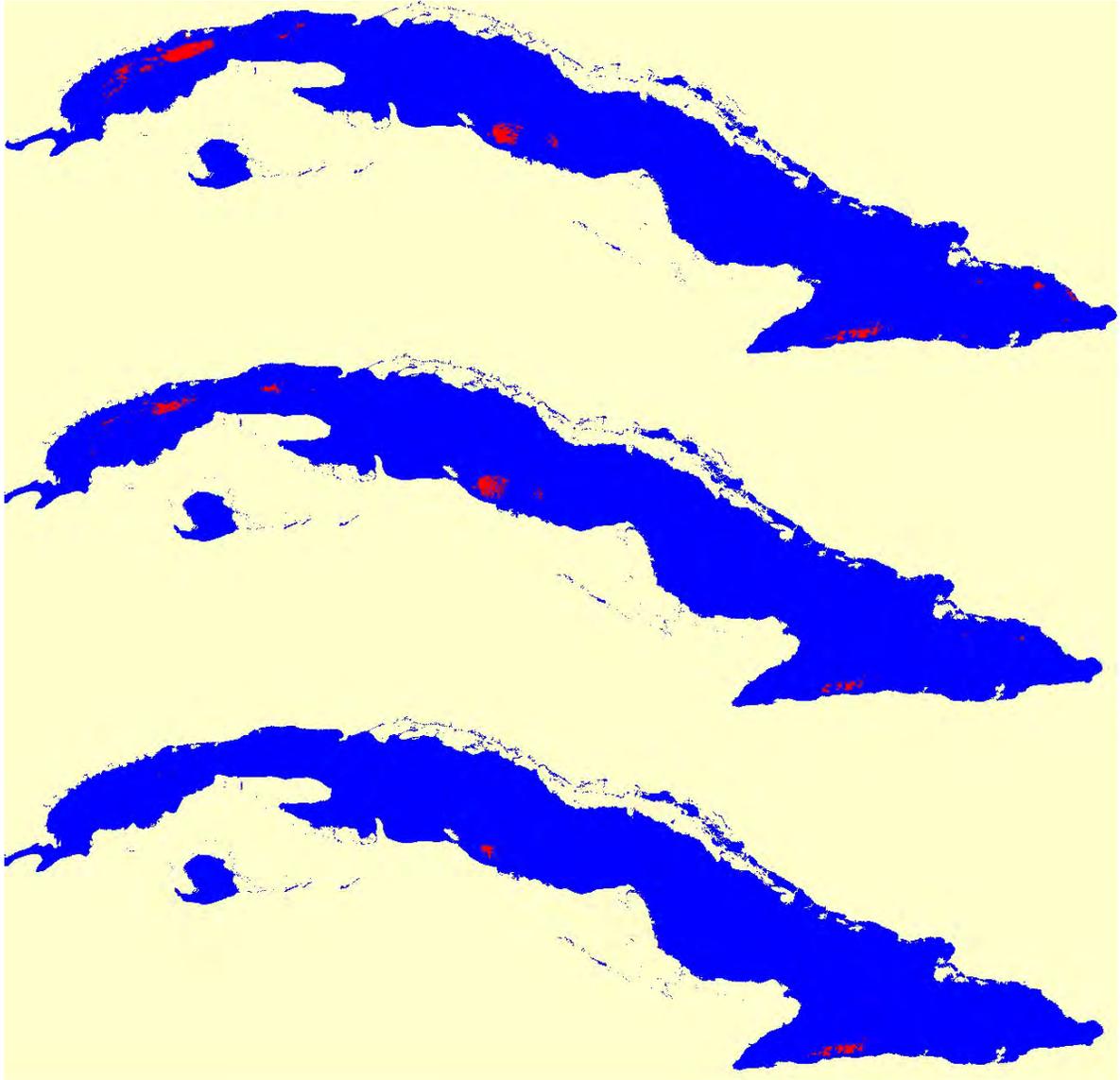


Fig 14b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Hemitrichia calyculata*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

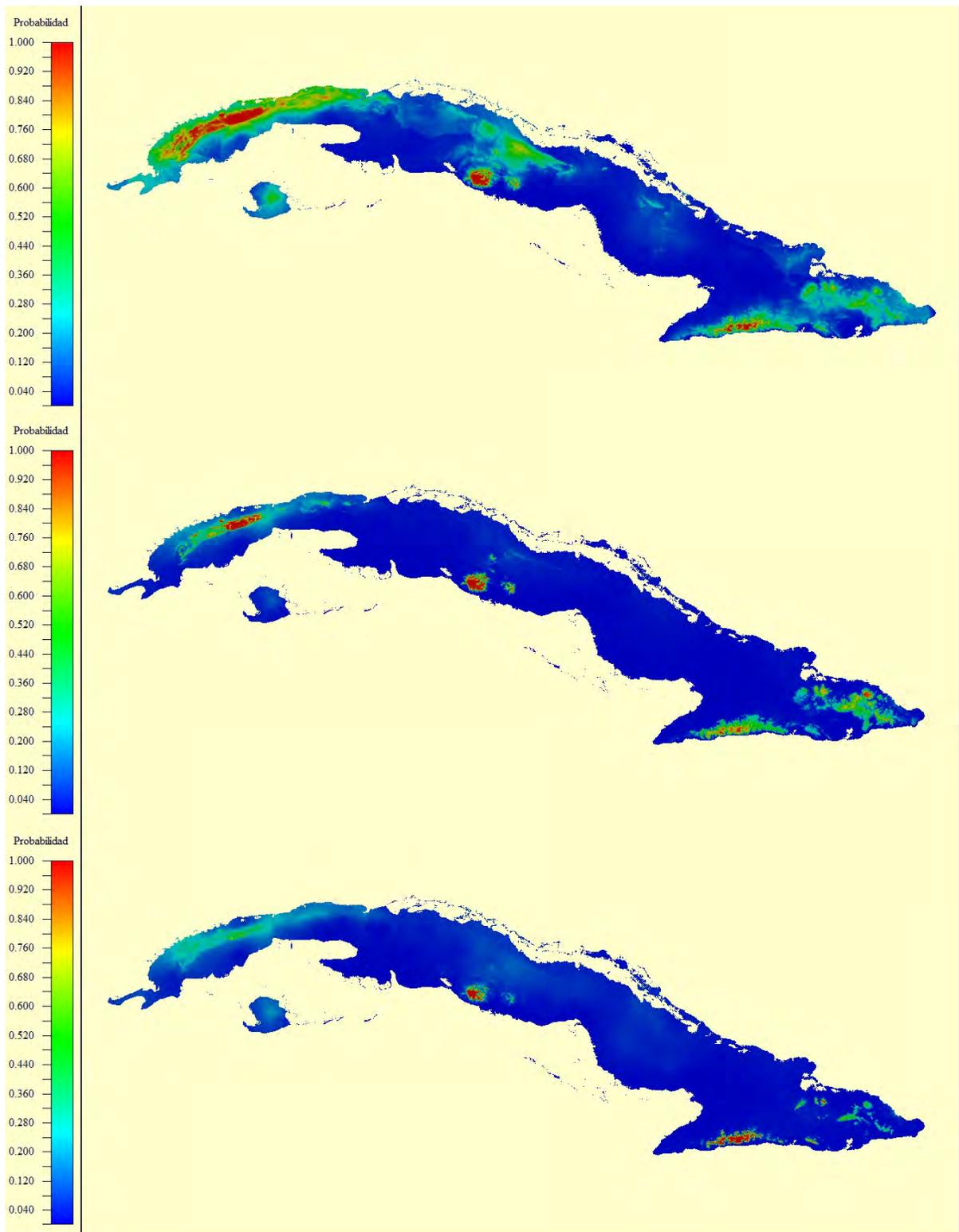


Fig 15a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Stemonitis splendens*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

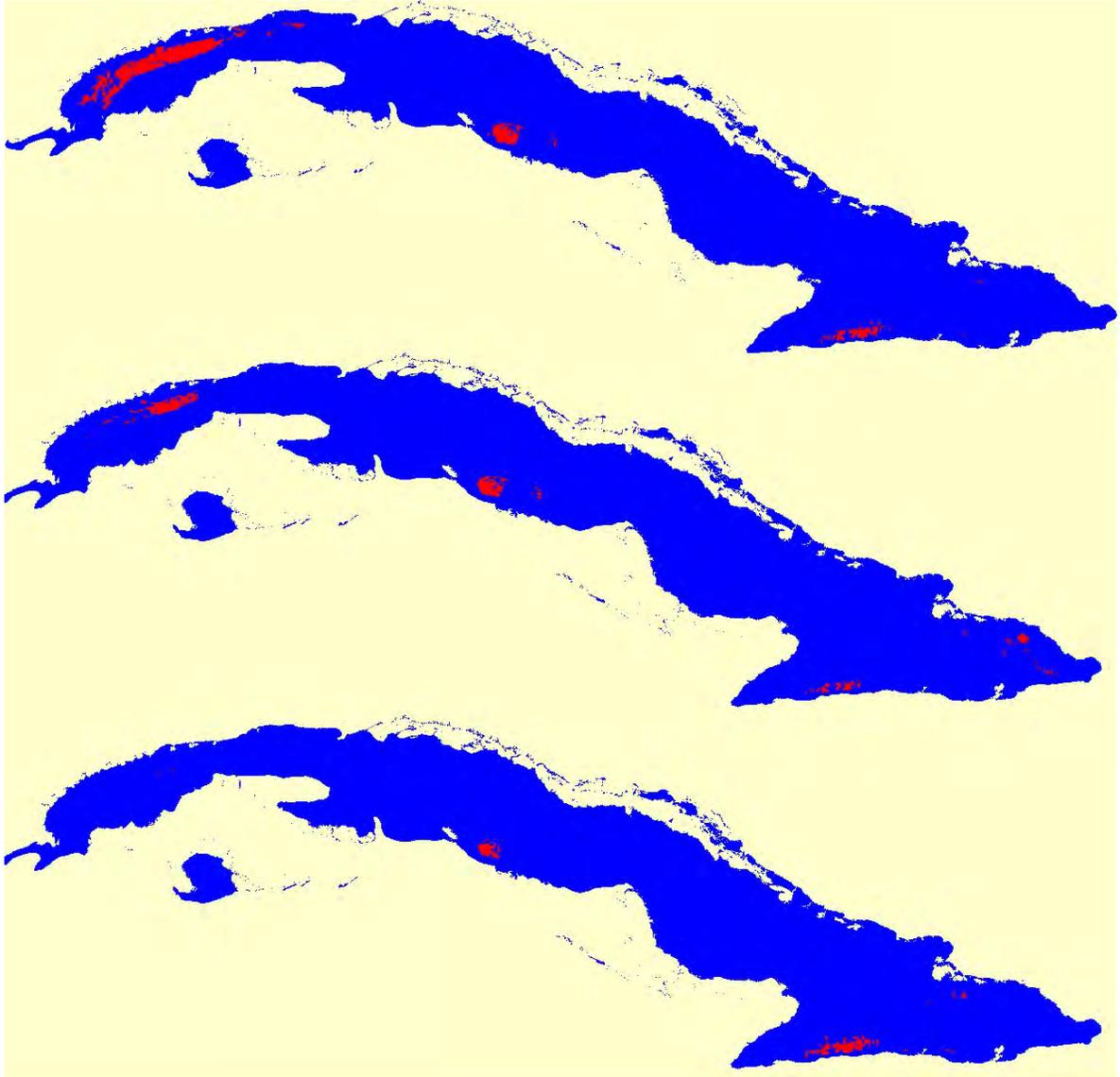


Fig 15b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Stemonitis splendens*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

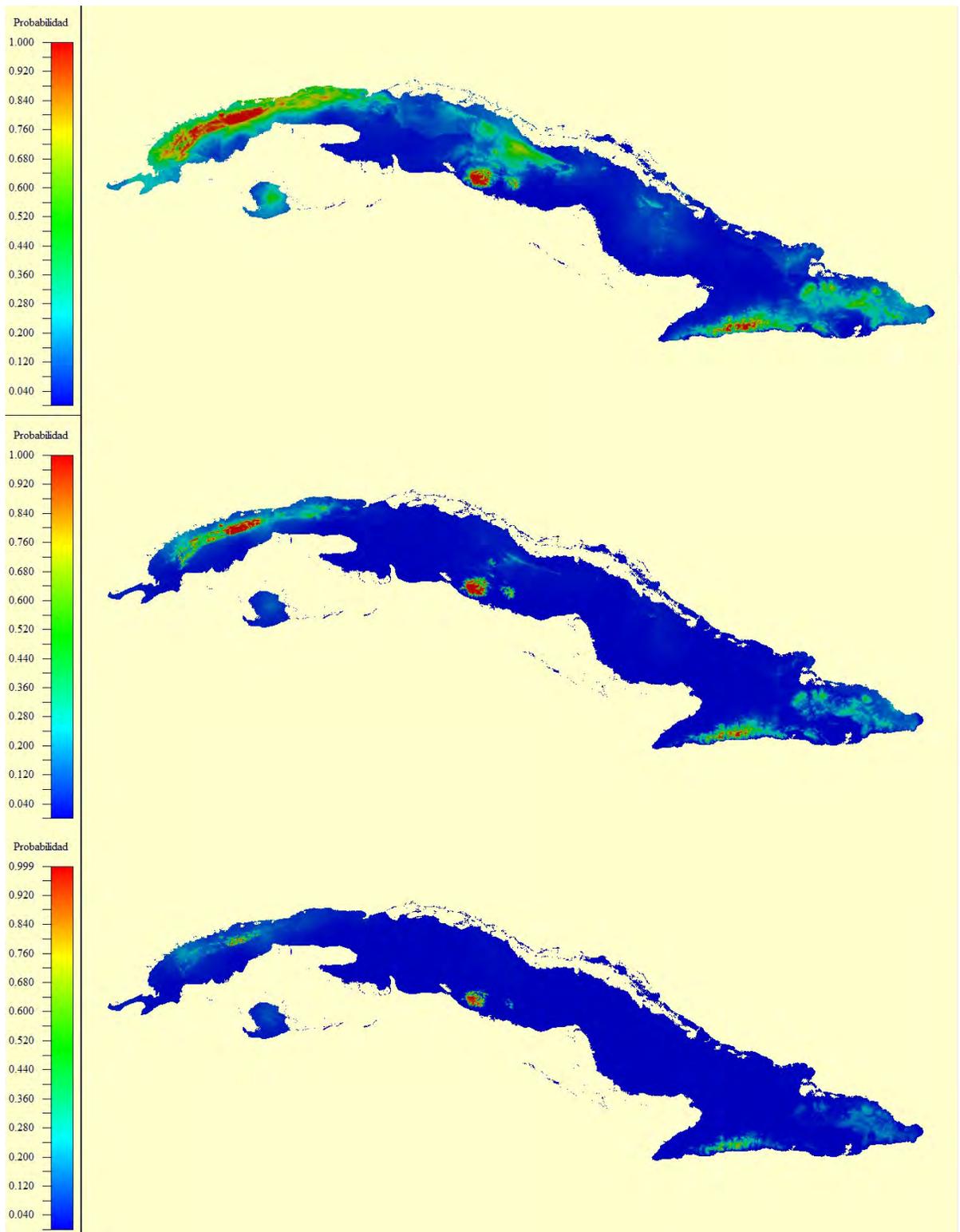


Fig 16a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Stemonitis splendens*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

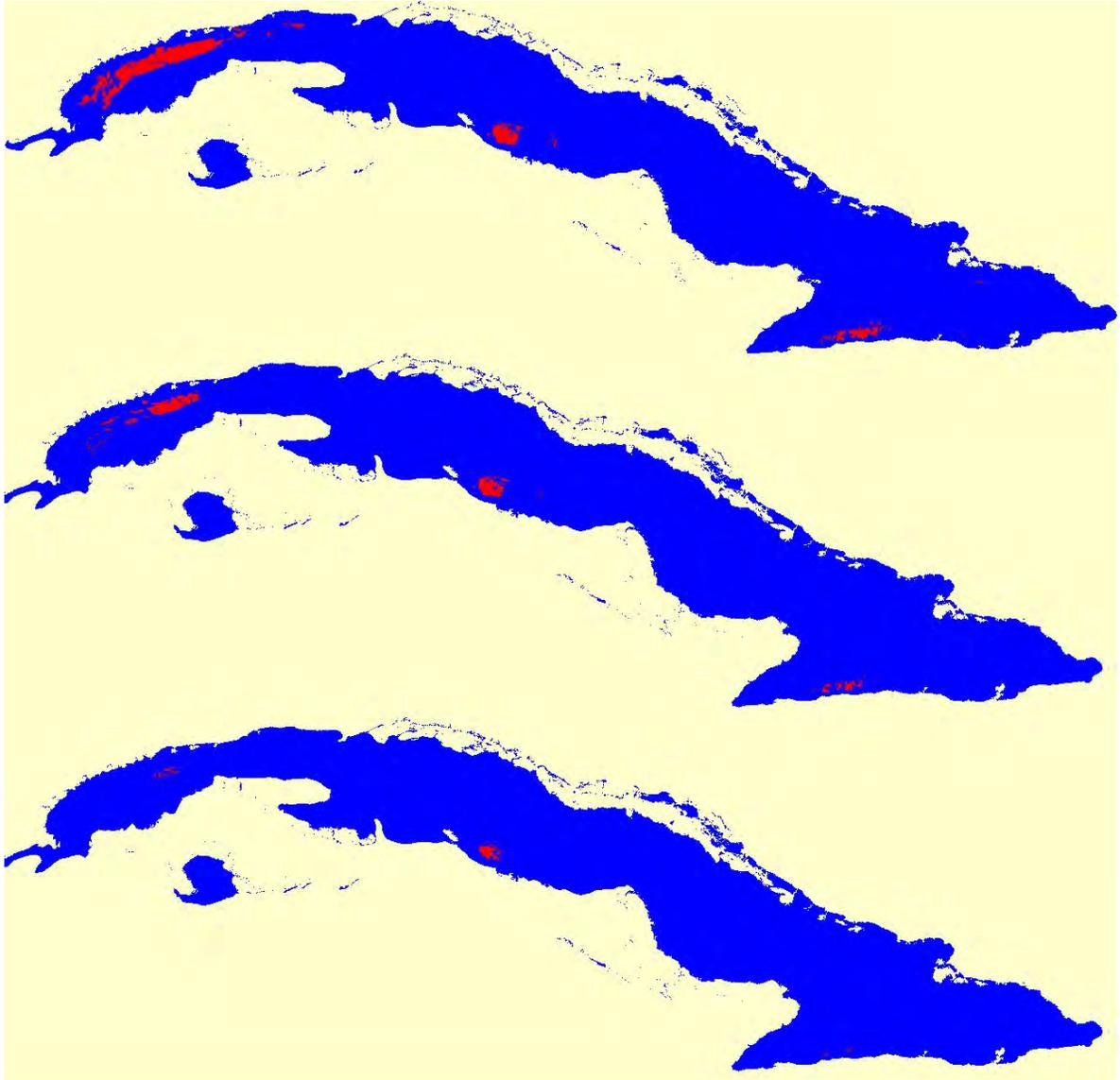


Fig 16b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Stemonitis splendens*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

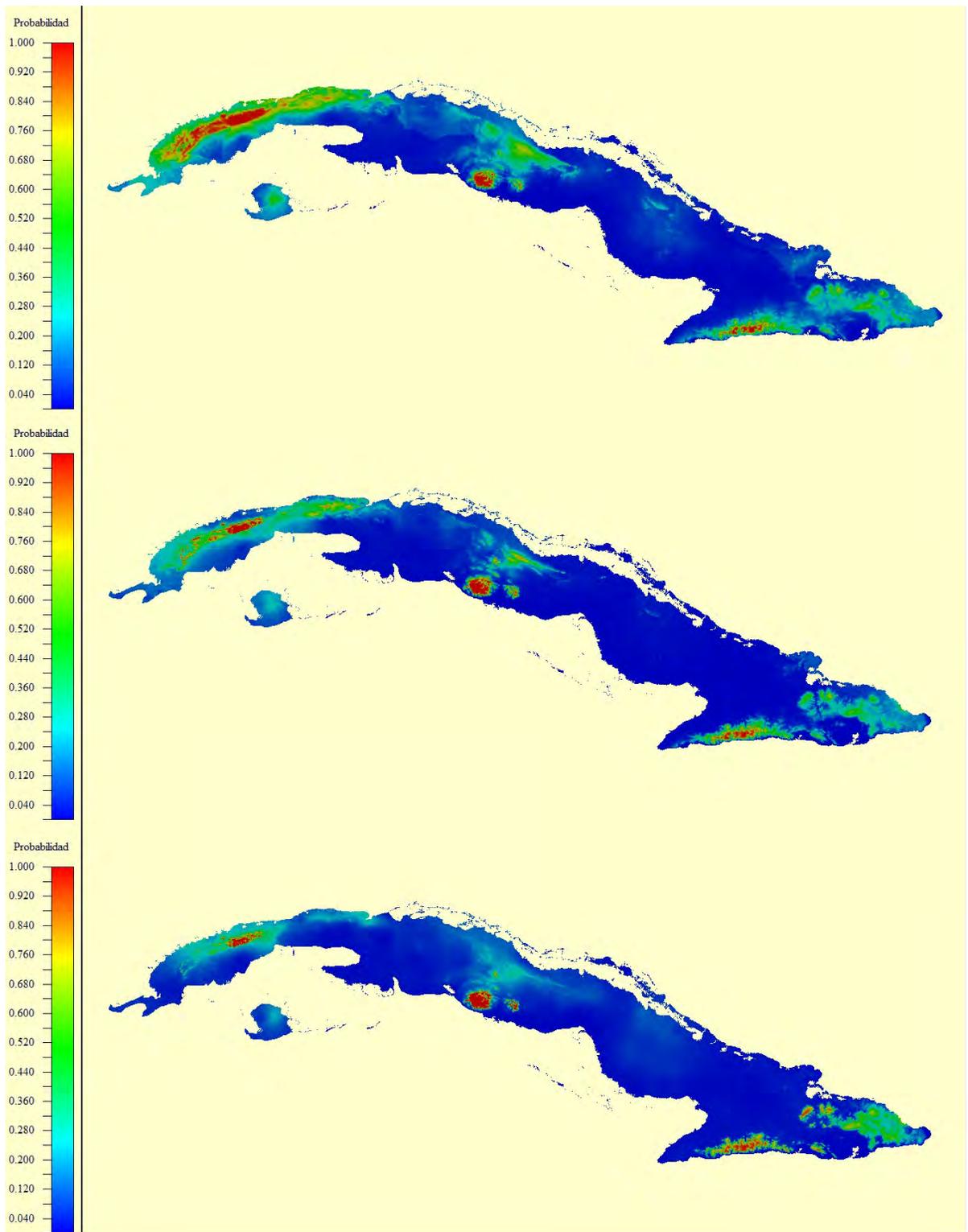


Fig 17a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Stemonitis splendens*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

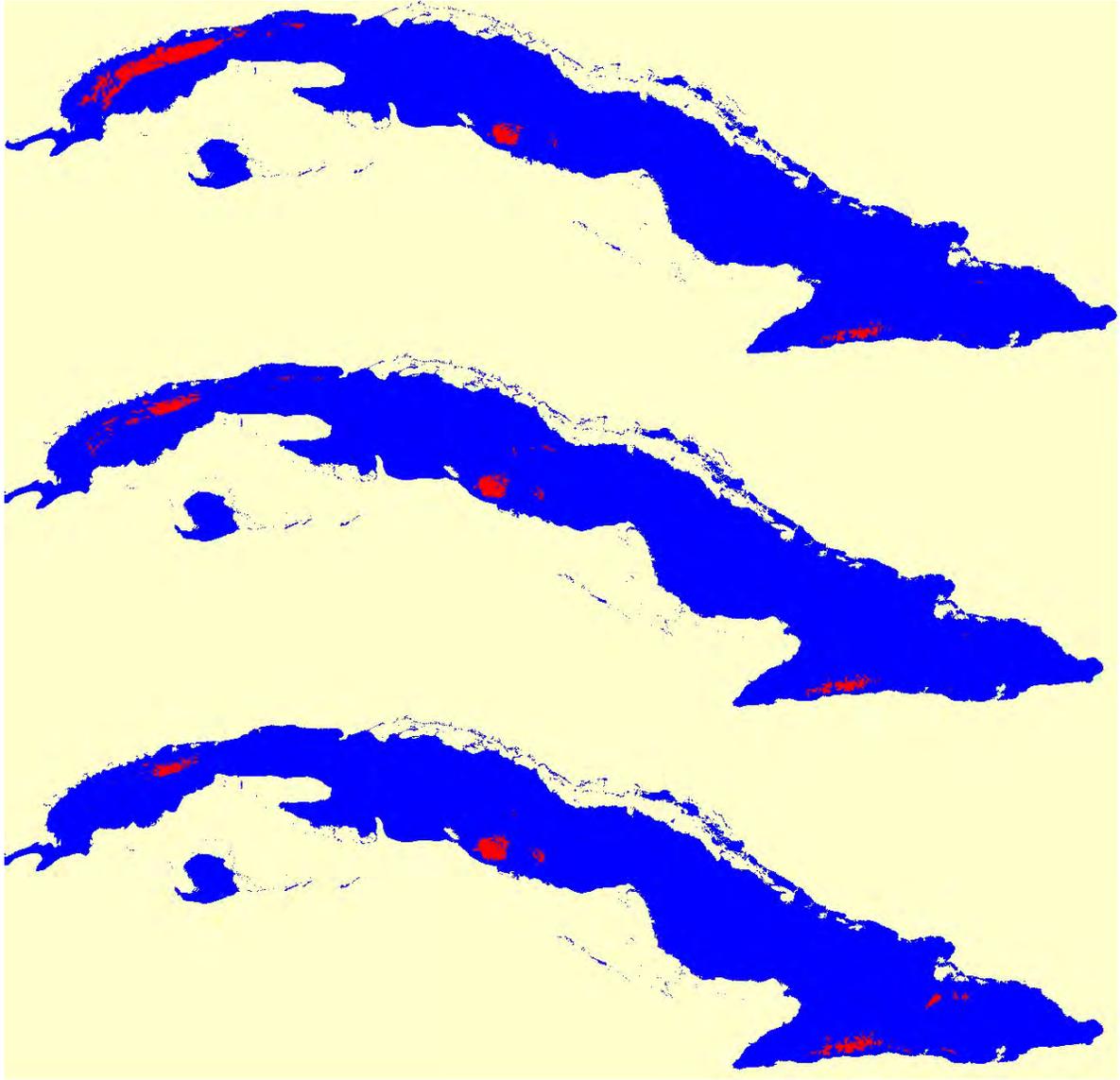


Fig 17b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Stemonitis splendens*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

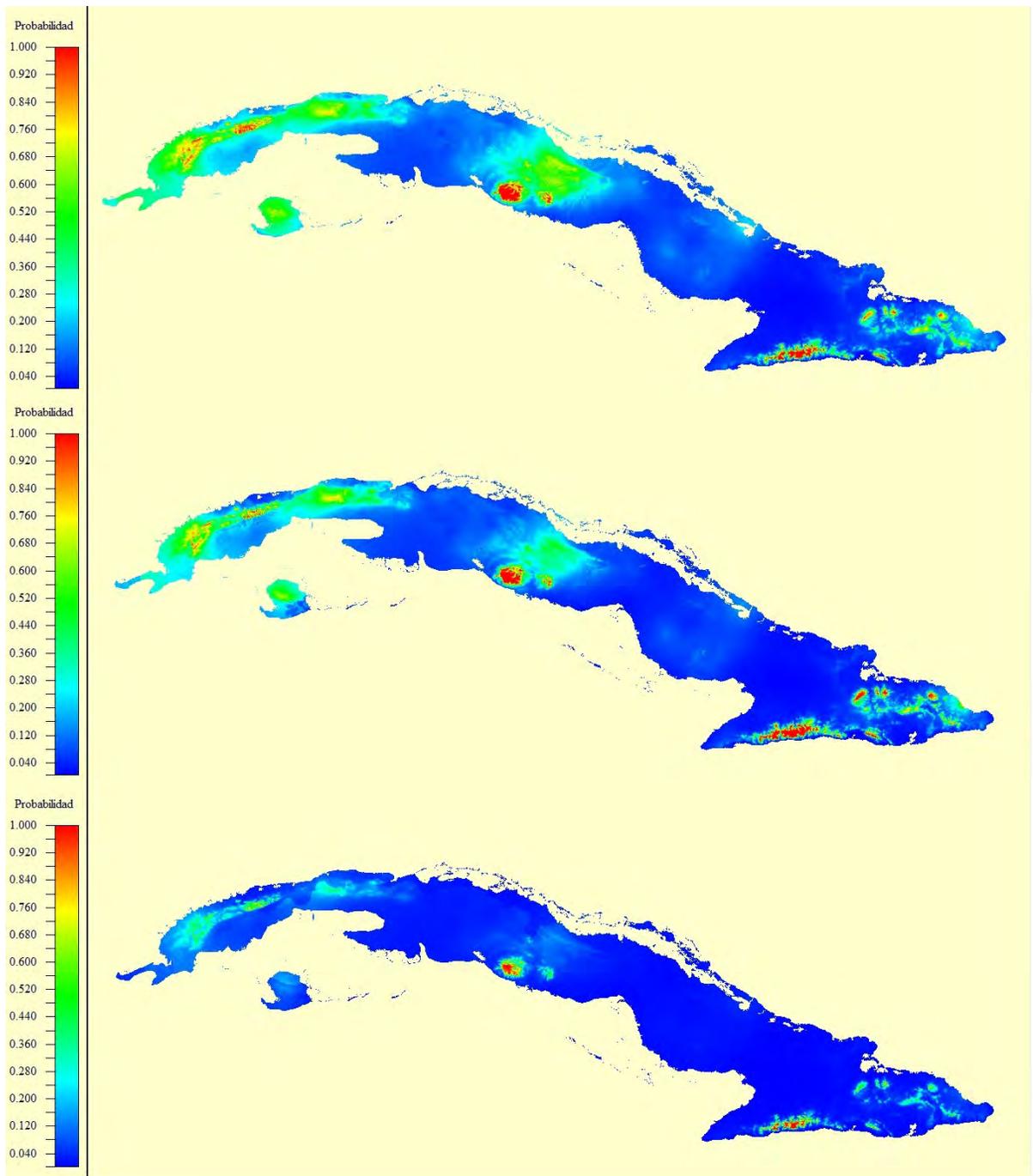


Fig 18a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Stemonitis axifera*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

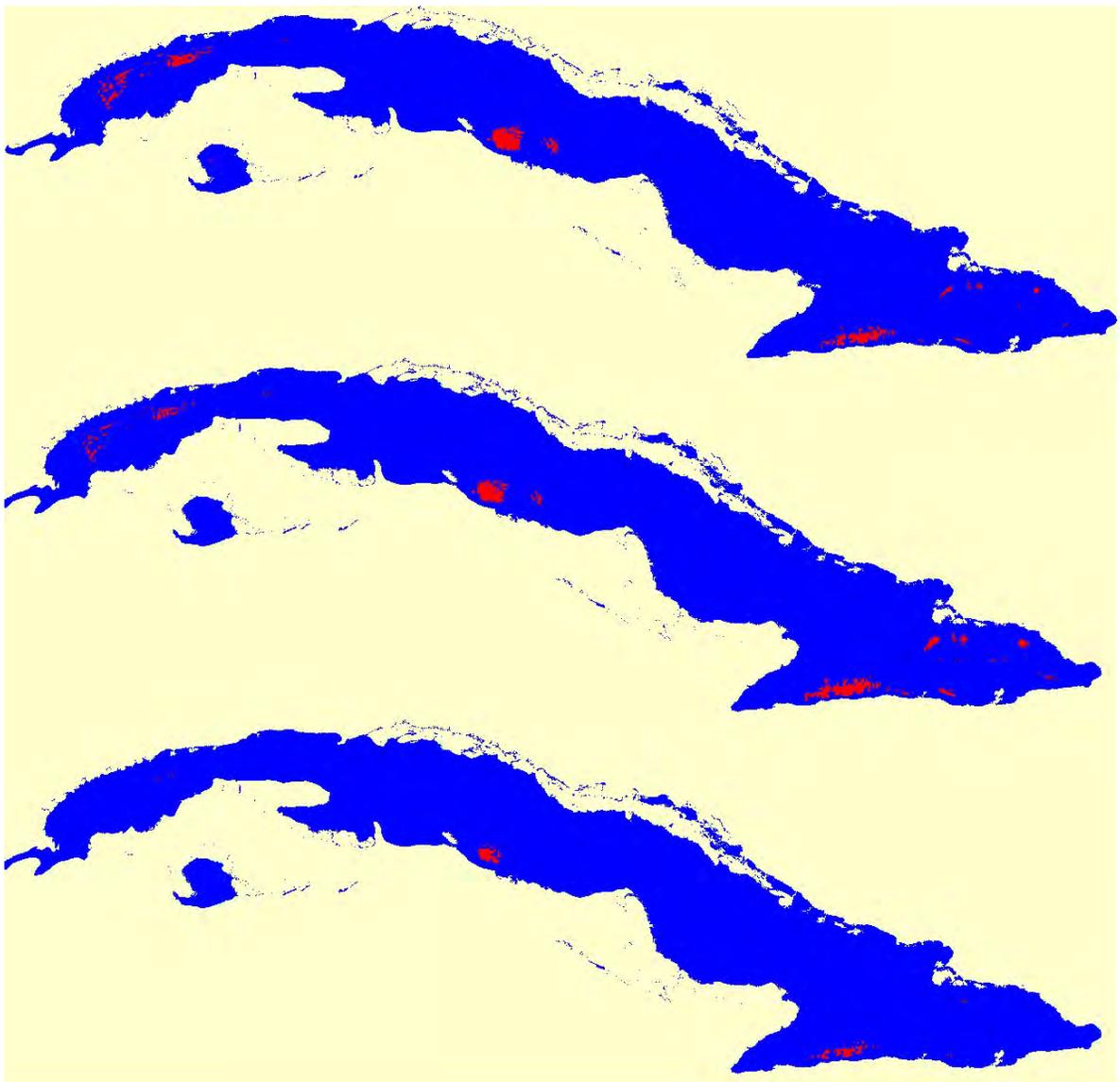


Fig 18b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo IPSL\_CM5A\_LR sobre la distribución potencial de *Stemonitis axifera*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

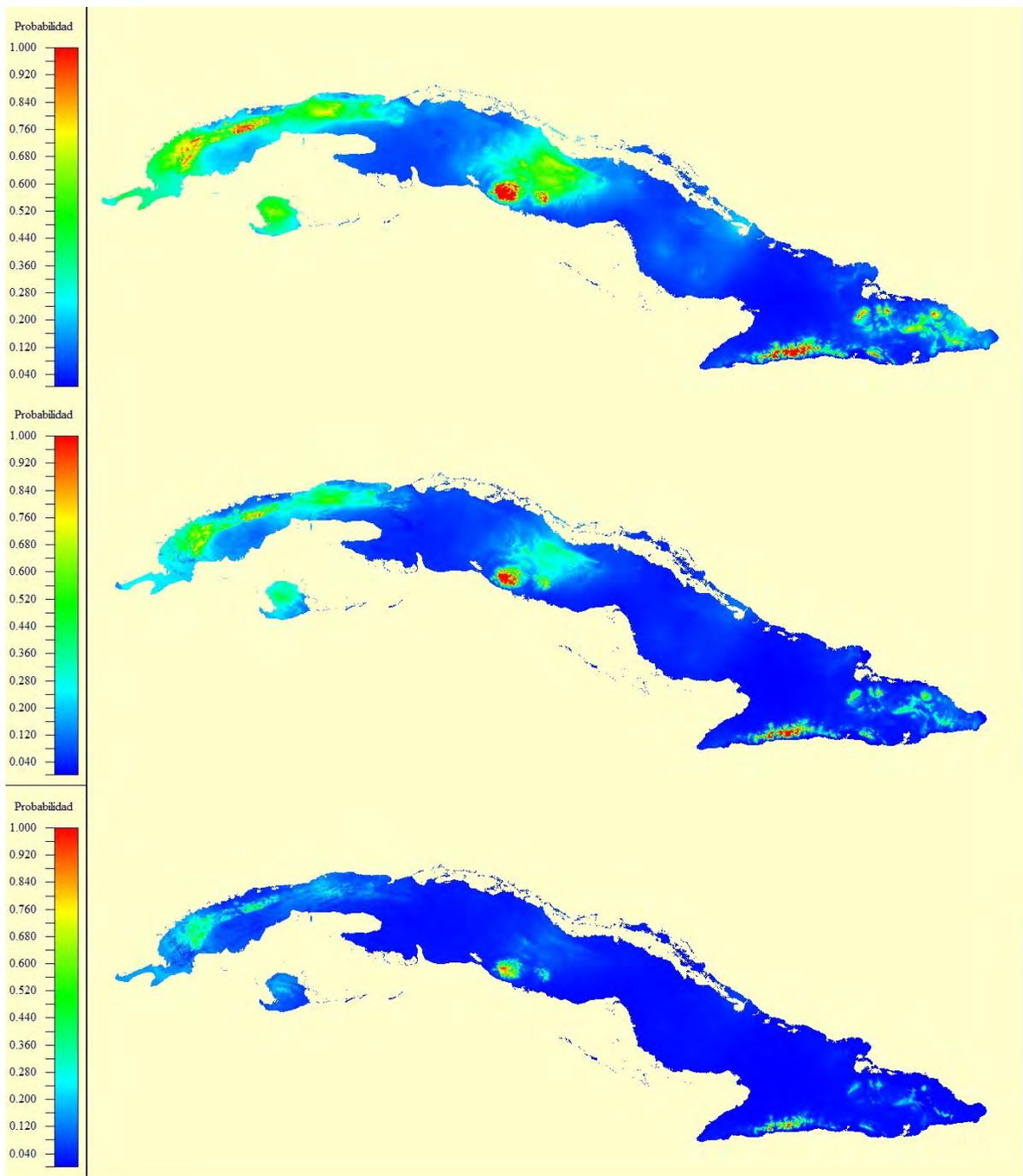


Fig 19a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Stemonitis axifera*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

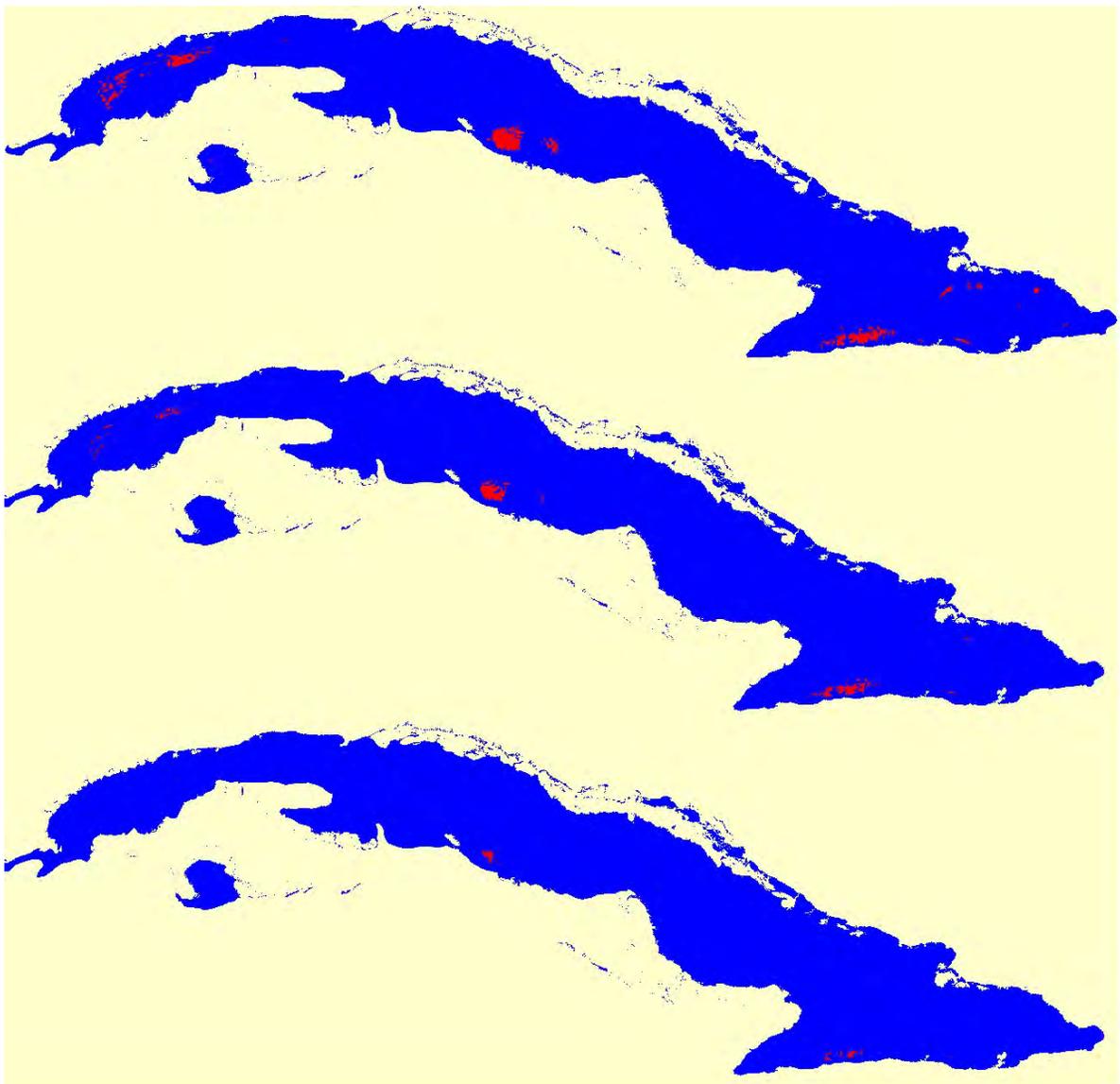


Fig 19b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MIROC5 sobre la distribución potencial de *Stemonitis axifera*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

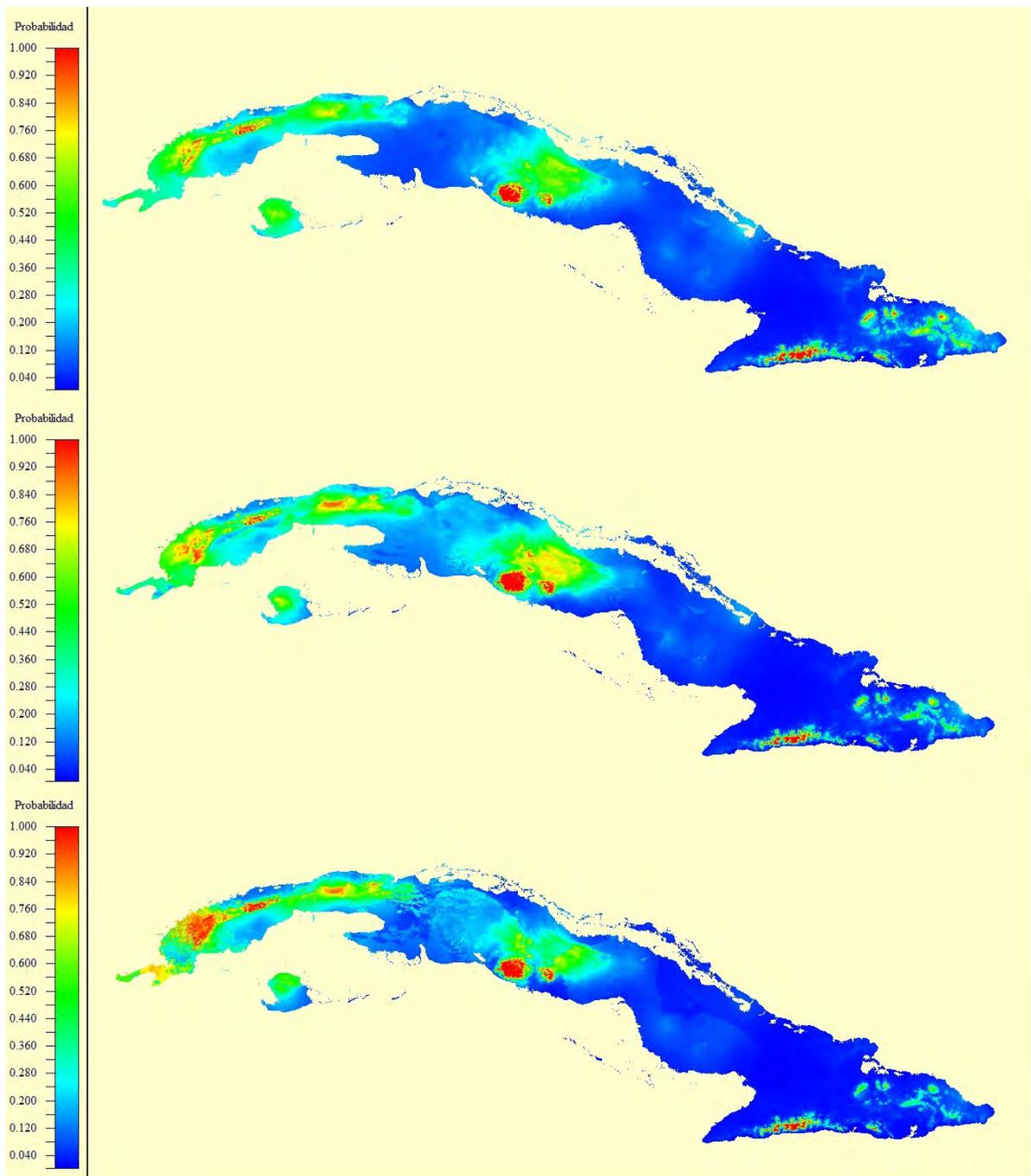


Fig 20a. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Stemonitis axifera*. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

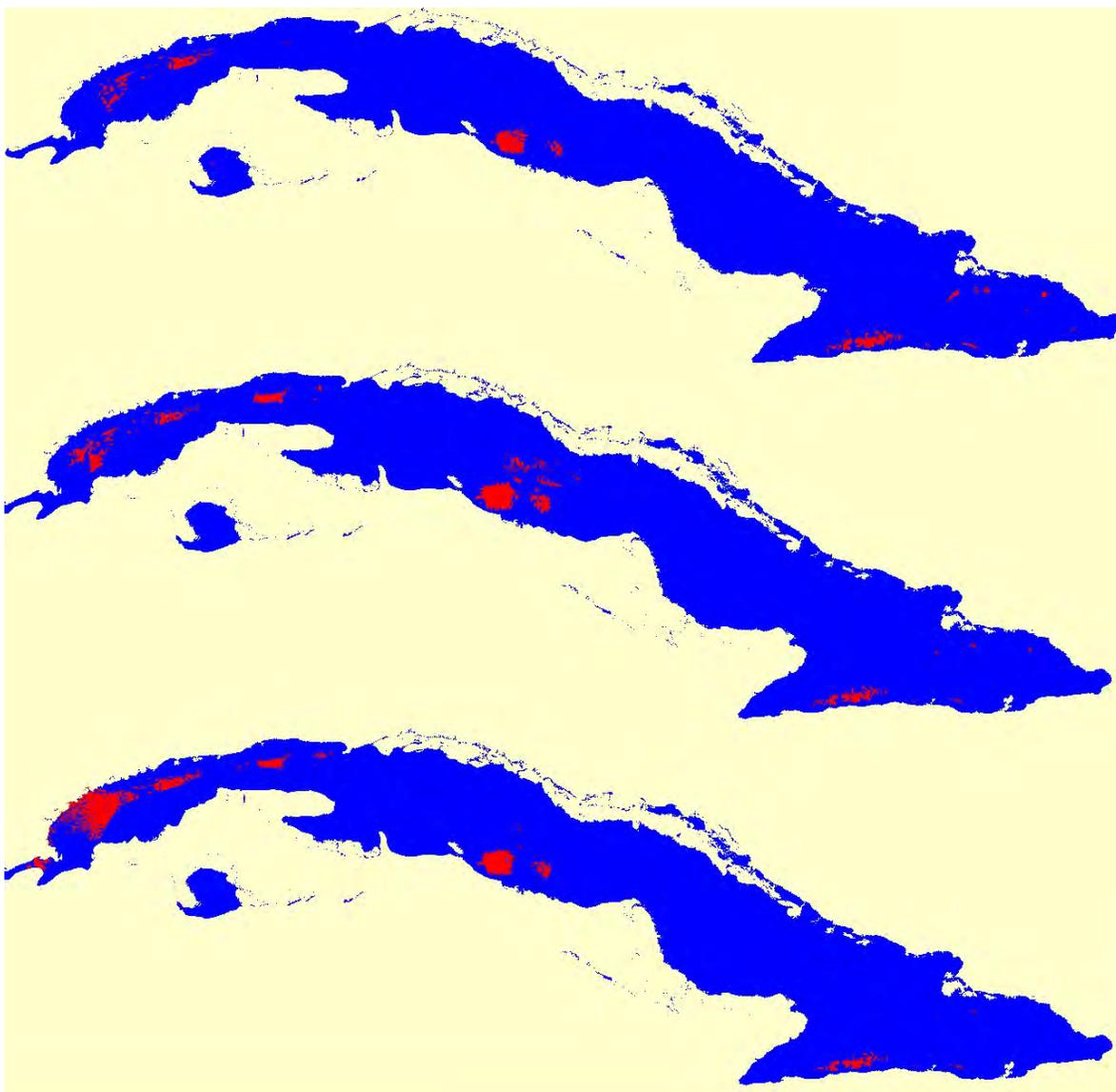


Fig 20b. Resultado de la modelación del efecto del Cambio Climático de acuerdo con el modelo MRI\_CGCM3 sobre la distribución potencial de *Stemonitis axifera*. El color rojo representa las áreas con probabilidades mayores al 80%. De arriba abajo: distribución potencial actual, distribución potencial para el año 2070 con FR de 2.6 W/m<sup>2</sup> y FR de 8.5 W/m<sup>2</sup>.

#### 4. Enriquecimiento de las colecciones micológicas de las instituciones participantes en el proyecto.

Durante la realización del proyecto se depositaron un total de 920 ejemplares en las colecciones muertas y ceparios de las instituciones participantes. Esta cifra representa un 2.39% de incremento total. De los 920 ejemplares, 916 son muestras muertas (muestras herborizadas y preparaciones permanentes) y 4 son cultivos puros. (Tabla 10). Además se incrementaron en 1163 las fotos de la colección de hongos micorrizogenos.

Tabla 10. Número de ejemplares depositados en las diferentes colecciones de las instituciones participantes y porcentaje de incremento

Institución	Acrónimo Herbario/ Colección	Total de ejemplares depositados	Ejemplares depositados en el proyecto	Incremento (%)
Jardín Botánico Nacional	HAJB	12450	346	2.7
Instituto de Ecología y Sistemática	HAC	24502	476	1.94
	CCHMA (Preparaciones permanentes)	1327	94	7.1
	CCHMA (Cepario)	117	4	3.41
<b>TOTAL</b>		<b>38396</b>	<b>920</b>	<b>2.39</b>

Como se aprecia en la Tabla, en todas las colecciones se incrementó el número de ejemplares en más de un 2%, con la excepción de la Colección Micológica del Herbario del Instituto de Ecología y Sistemática (HAC) donde a pesar de que se incorporaron 476 ejemplares solo se alcanzó un 1.94% de incremento pues esta colección micológica constituye la más grande del país y el número total de ejemplares excede los 24500. Sin embargo, las malas condiciones para la conservación de esta colección, han provocado afectaciones irreversibles en un gran número de ejemplares que deben ser dados de baja por deterioro.

En las instituciones participantes se incrementaron los registros de las bases de datos en la misma cantidad de ejemplares incorporados a las colecciones. Con los registros se conformó una base de datos que resume la información taxonómica y de recolecta de las especies identificadas en las áreas trabajadas.

#### 5. Educación ciudadana acerca de la diversidad fúngica y su conservación

Durante la ejecución del proyecto se han realizado las siguientes acciones:

-Participación en los XV y XVI Festivales Marino Costero (2016 y 2017), organizado por la Dirección del área protegida RF Las Picúas-Cayo Cristo en la comunidad de Carahatas, muy cercana al área protegida.

6. En ambos festivales se concibieron exposiciones de tejidos manuales alegóricos a los hongos, troncos con diferentes especies

Durante la ejecución del proyecto se han realizado las siguientes acciones:

-Participación en los XV y XVI Festivales Marino Costero (2016 y 2017), organizado por la Dirección del área protegida RF Las Picúas-Cayo Cristo en la comunidad de Carahatas, muy cercana al área protegida.

En ambos festivales se concibieron exposiciones de tejidos manuales alegóricos a los hongos, troncos con diferentes especies para apreciar la diversidad en tipos, formas y colores de estos organismos, así como concursos de dibujo infantil con tizas de colores.

Las actividades se dirigieron a todo tipo de público y propiciaron la aceptación de los visitantes.

En estos 2 años fue novedad la presentación de los hongos y los Myxomycetes ya que los Festivales se dedicaban a otros organismos. Por tal motivo se ofreció entrevista a periodista interesado de la provincia.

En el XV Festival participaron decisores de país por la importancia y trascendencia de estos Festivales: Ana María Mari Machado (Vice Presidenta de la Asamblea Nacional del Poder Popular), Marisol García Cabrera, (Secretaria de la Asamblea Provincial del Poder Popular en Villa Clara) y Olga Lidia Juvier Santos (Presidenta del Gobierno en Quemado de Güines).

- Entrega de poster a la Dirección del RF Las Picúas-Cayo Cristo como parte de los resultados obtenidos de los estudios sobre la micobiota en el área.

-Capacitación a especialistas del Área Protegida RF Golfo de Batabanó durante la recolecta de ejemplares de hongos y Myxomycetes en la expedición realizada, debido al desconocimiento sobre estos organismos por no haber sido tratados anteriormente. Se propició acercamiento e interés sobre los hongos y Myxomycetes por parte de la Dirección del área y del personal técnico, solicitando visitas posteriores.

- Rediseño e impresión del cuaderno instructivo infantil sobre los hongos “Juega y aprende” que se utilizó con éxito en las actividades educativas desarrolladas.

- Diseño de pegatinas alegóricas a los hongos y Myxomycetes con mensaje educativo.

- Diseño del Programa de estudio para círculo de interés para niños de 5to y 6to grado en la enseñanza regular “Los hongos: conocerlos, amarlos y conservarlos” Por interés de maestros y estudiantes de la enseñanza primaria y especial sobre los hongos, la Subdirección de Educación Ambiental y los micólogos de la Dirección de Investigaciones del Jardín Botánico Nacional, lograron insertar el tema de los hongos en programas de educación en los círculos de interés para escuelas primarias y en la enseñanza especial (Anexo 11).

- Se trabajó en 2 escuelas (primaria y con retraso mental):

1) Escuela Primaria “Juan Pedro Carbó” Municipio Centro Habana (enseñanza regular)

En los tres cursos (2015-2016, 2016-2017, 2017-2018) que incluye el proyecto, se trabajó con 143 estudiantes de la enseñanza regular.

Además de cumplir con los encuentros y objetivos del Programa del Circulo de interés, se realizaron visitas a áreas del JBN para recolectas de especímenes y al laboratorio de micología, así como a centros productivos donde se utiliza levaduras las diferentes líneas de elaboración. También se realizaron maquetas alegóricas a los hongos y un Taller sobre naturaleza preservada.

2) Escuela Especial “José Briñas” Municipio Arroyo Naranjo (enseñanza especial)

En los tres cursos (2015-2016, 2016-2017, 2017-2018) que incluye el proyecto, se trabajó con 65 alumnos de la enseñanza especial.

Se prepararon láminas para rompecabezas y una hoja de trabajo sobre los hongos, adecuada para las dificultades de aprendizaje de niños con retraso mental.

Para los maestros, los temas tratados han servido de superación y fortalecimiento en su preparación para impartir con mayor solidez los temas de las asignaturas: El Mundo en que Vivimos y Ciencias Naturales.

- Se redactaron dos artículos divulgativos sobre hongos microscópicos hallados en palmas en la Ciénaga de Zapata y sobre hongos en especies de plantas invasoras que están en proceso de revisión, a continuación se ofrecen los títulos y autores de estos trabajos:

Hongos en dos especies de plantas invasoras en Cuba.

Camino Vilaró, M., Castro Hernández, L., Abreu Herrera, Y, Mena Portales, J., Cantillo Pérez, T.

Hongos microscópicos curiosos hallados sobre palmas en la Ciénaga de Zapata.

Mena Portales, J., Cantillo Pérez, T., Jiménez Gómez, I.

### **Conclusiones Generales**

- Se identificaron un total de 264 especies de hongos y mixomicetes pertenecientes a 137 géneros en las tres áreas estudiadas. De estos hongos: uno constituye una nueva especie para la ciencia; 11 son nuevos registros para Cuba y 138 son nuevos para las localidades. Todas las especies halladas en las Refugios de Fauna “Las Picúas-Cayo Cristo y Golfo de Batabanó” constituyeron nuevos registros para la localidad.
- La diversidad de los Hongos Micorrizógenos Arbusculares (HMA), como grupo funcional, en los sectores de San Lázaro y Santo Tomás se evidencia en las 34 especies o morfoespecies determinadas pertenecientes a 11 géneros distintos.
- A partir de las especies categorizadas (68) y las incluidas en la primera lista roja de los hongos y mixomicetes de Cuba, se conformó una nueva versión con 134 especies (67 ascomicetes y estados asexuales, 46 basidiomicetes y 21 mixomicetes). La lista contempla 38 especies en Peligro Crítico (CR), 35 en Peligro (EN), 39 Vulnerable (VU), 12 Casi Amenazada (NT) y 10 Datos Insuficientes (DD). Esta nueva versión de la lista roja de los hongos de Cuba incrementa el número de especies en 26 con respecto a la anterior y continúa siendo la primera que se realiza en el área del Caribe y posiblemente de Latinoamérica.

- Se confeccionaron mapas de ocho especies con categorías de amenaza: en Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU).
- Se obtuvieron modelos predictivos de la distribución potencial de 11 especies de la clase Myxomycetes en diferentes escenarios climáticos y se determinó la contribución de las variables bioclimáticas a la distribución potencial de las especies.
- Se depositaron un total de 920 ejemplares en las colecciones muertas y ceparios (916 y 4 cultivos puros) lo que representó un 2.39% de incremento.
- Se promovió el debate científico y el conocimiento público sobre la temática a través de la realización de talleres, publicación de artículos divulgativos, diseño de materiales de divulgación, organización de exposiciones y concursos y el trabajo educativo en escuelas de educación primaria y especial.

### Recomendaciones

- Continuar el inventario e iniciar el monitoreo de diferentes grupos de hongos y mixomicetes en la Ciénaga de Zapata por ser un área muy sensible a los posibles impactos del cambio climático.
- Continuar con la evaluación de especies fúngicas de acuerdo a los criterios de la UICN para actualizar e incrementar la lista roja de hongos de Cuba.
- Aplicar los modelos usados a otros grupos de hongos para inferir los posibles efectos del cambio climático en la diversidad de esas especies.

### Referencias

- Arias, R.M., Heredia, G., Castañeda-Ruiz, R.F. 2018. Checklist of saprobic asexual microfungi from the tropical montane cloud forest of Veracruz, México. *Mycotaxon*. link page 132: 985. 48 pp. (<https://doi.org/10.5248/132.985>).
- Blackwell, M. 2011. The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *Am. J. Bot.* 98: 426-438.
- Błaszowski, J. 2012. *Glomeromycota*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- Błaszowski, J., Madej, T., Tadych, M. 1998. *Entrophospora baltica* sp. nov. and *Glomus fuegianum*, two species in the Glomales from Poland. *Mycotaxon* 68:165–184.
- Borowska, A. 1979. Dematiaceae aus der Umgebung von Görlitz (DDR). *Mykologisches Mitteilungsblatt*. 3: 108-111.
- Camino Vilaró M., Mena Portales J., Minter D.W. 2006. *Hongos de Cuba*. Versión 1.00. <http://www.cybertruffle.org.uk/cubafung/> (consultado en: octubre 2018).
- Capote, R. P., J. M. Guzmán, J. Camacho. 2005. Fragmentación de Vegetación en el Archipiélago Cubano: Conservación de Diversidad Biológica y Mitigación de

Cambios Globales en Áreas Protegidas. IV Congreso de Áreas Protegidas. V Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 24 pp. Cuba. CD ISBN 959-7164-93-0.

CENBIO. 2009. Diversidad biológica cubana. Página Web: <http://www.ecosis.cu/cenbio/diversidadbiotacubana.htm>.

Choudhury, B., Kalita, M.C., Azad P. 2010. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in marshy and shoreline vegetation of Deepar Beel Ramsar site of Assam, India. *World Journal Microbiology Biota* 26: 1965–1971.

CNAP. 2002. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Cuba. Plan 2003-2008. Escandón Impresores, España. 222 pp.

CNAP. 2009. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Cuba. Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2009-2013. La Habana, Cuba, 190 pp.

CNAP. 2013. Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba. 366 pp., ISBN: 978-959-287-049-9.

Czeczuga, B., Muszynska, E., Godlewska, A., Mazalsk, B. 2007. Aquatic fungi and straminipilous organisms on decomposing fragments of wetland plants. *Mycol. Balcan.* 4: 31-44.

de la Providencia, I. E., de Souza, F.A., Fernández, F., Séjalon Delmas, N., Declerck, S. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi reveal distinct patterns of anastomosis formation and hyphal healing mechanisms between different phylogenetic groups. *New Phytol.* 165: 261–271.

de la Providencia, I.E., Fernández, F., Declerck, S. 2007. Hyphal healing mechanism in the arbuscular mycorrhizal fungi *Scutellospora reticulata* and *Glomus clarum* differs in response to severe physical stress. *FEMS Microbiol. Lett.* 268: 120–125.

Ellis, M.B. 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.

Fawcett, T. 2003. ROC graphs: notes and practical considerations for data mining researchers. Technical Report HPL-2003-4, Palo Alto, CA: HP Laboratories.

Gerdemann, J.W., Nicolson, T.J. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. mycol. Soc.* 46: 235–244.

Goh, T.K., Hyde, K.D., Ho, W.H., Yanna. 1999. A revision of the genus *Dictyosporium*, with descriptions of three new species. *Fungal Diversity* 2: 65-100.

- Goto, B.T., Maia, L.C. 2005. Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), with a new report from Brazil. *Acta Bot. Bras.* 19(3) (<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062005000300025>)
- Gupta, M.M., Naqvi, N.S., Singh Vinay, K., Singh, N.N.S. 2014. The state of arbuscular mycorrhizal fungal diversity in India: An analysis. *Sydowia* 66(2): 265-288.
- Hawksworth, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycol. Res.* 95: 641-655.
- Hawksworth, D.L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revised. *Mycol. Res.* 105: 1422-1432.
- Hawksworth, D.L. 2012. Global species numbers of fungi: are tropical studies and molecular approaches contributing to a more robust estimate? *Biodivers. Conserv.* 21: 2425-2433.
- Hughes, S.J. 1978. New Zealand Fungi 25. Miscellaneous species. *New Zealand J. Bot.* 16: 311-370.
- IUCN 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. ii + 30pp.
- IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1 (<http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>).
- Kent, D.M. 2001. Applied wetlands science and technology 2nd ed. CRC Press LLC, Boca Ratón.
- Kirk, P.M. 1981. New or interesting microfungi III. A preliminary account of microfungi colonizing *Laurus nobilis* leaf litters. *Trans. Br. mycol. Soc.* 79: 457-473.
- Lado, C. (2005-2018). An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. <http://www.nomen.eumycetozoa.com> (consultado en: octubre 2018).
- Matsushima, T. 1993. *Matsushima Mycological Memories*. 7: 1-75.
- Mena-Portales, J., Guarro, J., Gené, J., Minter, D.W., Cantillo-Pérez, T. 2015. Taxonomy, distribution and conservation status of some interesting hyphomycetes (Anamorphic Fungi) from La Palma Biosphere Reserve, Canary Islands. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 39: 15-28.
- Mena Portales, J., Herrera Figueroa, S., Mercado Sierra, A., Minter, D., Iglesias Brito, H., Blanco Hernández, N., Ortiz Medina, J. L., Maldonado González, S., Recio Herrera, G., Rodríguez Hernández, M., Camino Vilaró, M. 2003. Estrategia

para la conservación de la diversidad fúngica en Cuba. En: Mem. IV Convención Internacional de Medioambiente y Desarrollo: 262-282. La Habana.

- Moore, P. 2006. *Biomes of the Earth wetlands*. Chelsea House, Hong Kong.
- Oehl, F., da Silva, G.A., Sánchez-Castro, I., Goto, B.T., Maia, L.C., Vieira, H.E.E., Barea, J.M., Sieverding, E., Palenzuela, J. 2011. Revision of Glomeromycetes with entrophosporoid and glomoid spore formation with three new genera. *Mycotaxon* 117: 297–316. doi:10.5248./117.297.
- Omar, M.B., Boland, L., Heather, W.S. 1979. Permanent mounting medium for fungi. *Bull. Br. mycol. Soc.* 13: 31–31
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190, 231-259.
- Ramírez-Viga, T.K., Aguilar, R., Castillo-Argüero, S., Chiappa-Carrara, X., Guadarrama, P., Ramos-Zapata, J. 2018. Wetland plant species improve performance when inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of experimental pot studies. *Mycorrhiza*. <https://doi.org/10.1007/s00572-018-0839-7>.
- Révay, Á. 1985. Dematiaceous hyphomycetes inhabiting forest debris in Hungary. I. *Studia bot hung.* 18: 65-71.
- Schüßler, A., Walker, C. 2010. The *Glomeromycota*. A species list with new families and new genera. The Royal Botanic Garden Edinburgh, The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University. Electronic version freely available online at [www.amf-phylogeny.com](http://www.amf-phylogeny.com). 59 pp.
- Seerangan, K., Thangavelu, M. 2014. Arbuscular Mycorrhizal and Dark Septate Endophyte Fungal Associations in South Indian Aquatic and Wetland Macrophytes. *Journal of Botany*, Volume 2014, Article ID 173125. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/173125>.
- Shi, Z.Y., Zhang, L.Y., Li, X.L., Feng, G., Tian, C.Y., Christie, P. 2007. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with desert ephemerals in plant communities of Junggar Basin, northwest China. *Applied Soil Ecology* 35: 10–20.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems* Deutsche Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn (GTZ) GmbH, República Federal de Alemania, 371 pp.
- Sieverding, E., Oehl, F. 2006. Revision of Entrophospora and description of Kuklospora and Intraspora, two new genera in the arbuscular mycorrhizal Glomeromycetes. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 80:69–81.

- Saint-Etienne, L., Paul, S., Imbert, D., Dulormne, M., Muller, F., Toribio, A., Plenchette, C., Ba, M.A. 2006. Arbuscular mycorrhizal soil infectivity in a stand of the wetland tree *Pterocarpus officinalis* along a salinity gradient. *Forest Ecology and Management* 232: 86–89.
- Vales, M.A., A. Álvarez, L. Montes, A. Ávila (eds.). 1998. Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba. CESYTA, Madrid, 480 pp.
- Weyant J., C. Azar, M. Kainuma, J. Kejun, N. Nakicenovic, P.R. Shukla, E. La Rovere and G. Yohe. 2009. Future IPCC Activities – New Scenarios. IPCC Secretariat. 53 pp.
- Willis, A., Błaszowski, J., Prabhu, T., Chwat, G., Góralaska, A., Sashidhar, B., Harris, P., D’Souza, J., Vaingankar, J., Adholeya, A. 2016. *Sacculospora felinonii*, a novel arbuscular mycorrhizal fungal species (Glomeromycota) from dunes on the west coast of India. *Mycol. Progress*. DOI 10.1007/s11557-016-1208-6.
- Wu, C.G., Chen, Z.C. 1987. The Endogonaceae of Taiwan. Two new species of *Sclerocystis* from Taiwan. *Trans. mycol. Soc. R.O.C.* 2(2):73-83.
- Yoo C. & E. Cho, 2018. Comparison of GCM Precipitation Predictions with Their RMSEs and Pattern Correlation Coefficients. *Water* 10:28, 1-17.
- Zubek, S., Turnau, K., Błaszowski, J. 2008. Arbuscular mycorrhiza of endemic and endangered plants from the Tatra Mts. *Acta Soc. Bot. Pol.* 77:149–156. doi:10.5586/asbp.2008.019