

ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE FLORA ARBÓREA EN EL PACÍFICO NORTE Y SUR DE COSTA RICA EN RESPUESTA A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



Por encargo de:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



El Proyecto Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático es un proyecto en el marco de la Iniciativa Internacional de la Protección del Clima "IKI" del Ministerio de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania

Publicado por: BIOMARCC-SINAC-GIZ

Analistas Técnicos: Juan Carlos Zamora, Marcela Ososrio, Pablo Imbach, Claudia Bouroncle, Sven Günter del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE) y Nelson Zamora del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica (INBio).

Coordinación y Revisión: BIOMARCC-SINAC-GIZ.

Copyright: © 2013. BIOMARCC-SINAC-GIZ

Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición que se mencione la fuente

Citar como: BIOMARCC-SINAC-GIZ. 2013. *Estimación de los posibles cambios en la distribución de especies de flora arbórea en el Pacífico Norte y Sur de Costa Rica en respuesta a los efectos del cambio climático*. San José-Costa Rica. 48 pags.

Fotografías: Equipo técnico INBio y CATIE.

Financiamiento: “ Proyecto Biodiversidad Marino Costera en Costa Rica, Desarrollo de Capacidades y Adaptación al Cambio Climático (BIOMARCC-SINAC-GIZ)”

Las opiniones que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente las opiniones del Proyecto BIOMARCC-GIZ-SINAC.

SINAC

El Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC) es un sistema de gestión institucional desconcentrado y participativo, que integra las competencias en materia forestal, de vida silvestre y áreas silvestres protegidas del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), con el fin de dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica. (Ley de Biodiversidad 1998). El SINAC está constituido por once subsistemas denominados Áreas de Conservación y su Sede Central. Un Área de Conservación es una unidad territorial administrativamente delimitada, en donde se interrelacionan actividades tanto privadas como estatales y se buscan soluciones conjuntas, orientadas por estrategias de conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales.

“El SINAC es un concepto de conservación integral que ofrece la posibilidad de desarrollar una gestión pública responsable, con la participación del Estado, la Sociedad Civil, la empresa privada, y de cada individuo del país interesado y comprometido con la construcción de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”.

BIOMARCC

BIOMARCC-SINAC-GIZ, es un proyecto de apoyo al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC-MINAET) ejecutado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) en el marco de su Iniciativa Protección del Clima (IKI).

El objetivo principal del proyecto es *“Incrementar las capacidades de adaptación de los ecosistemas marino-costeros de Costa Rica ante las consecuencias del Cambio Climático”* y tiene como objetivos específicos:

1. Contribuir a establecer un Sistema de Áreas Protegidas Marino – Costeros ecológicamente representativo adaptado al cambio climático.
2. Fortalecer las capacidades de gestión de las instituciones responsables del manejo de áreas de conservación marino - costeras y de otros actores locales relevantes, especialmente referentes a los desafíos del cambio climático.
3. Elaborar e implementar conceptos y mecanismos financieros para la adaptación de las Áreas Protegidas Marino – Costeras al Cambio Climático con la participación activa de los actores relevantes.
4. Establecer una plataforma de información, comunicación y cooperación (Mecanismo de Facilitación Nacional) que permita el intercambio y la transferencia de conocimientos y experiencias sobre manejo de los ecosistemas marino - costeros y su adaptación al Cambio Climático entre los actores relevantes (SINAC; MINAET; Instituciones Científicas; grupos y población locales).
5. Validar y transferir conceptos, instrumentos y estrategias desarrollados en el marco del proyecto hacia otros países de la región centroamericana.

581.972.86

C8374e Costa Rica.Biodiversidad Marina y Costera de Costa Rica

Estimación de los posibles cambios en la distribución de especies de flora arbórea en el pacífico norte y sur de Costa Rica en respuesta a los efectos del Cambio Climático / Bio-Diversidad Marina y Costera de Costa Rica. - - 1ª ed. - - San José, C.R.: Biodiversidad Marina y Costera de Costa Rica, creación de capacidades y adaptación al cambio climático, 2013.

18.5 mb ; digital, archivo PDF – (Serie Técnica ; nº 5)

ISBN 978-9930-9485-4-5

1. FLORA ARBORESCENTE 2. PACÍFICO (COSTA RICA) I. Título

CONTENIDO

CONTENIDO	i
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	1
Alcance espacial	2
Objetivo General	2
Objetivos específicos	2
METODOLOGÍA	3
Área de estudio	3
Selección de especies	3
Fuente de datos y capas ambientales	4
Modelación de nicho ecológico	6
RESULTADOS	9
Magnitud espacial del cambio climático e identificación de especies arbóreas vulnerables.....	9
Proyección espacial de impacto climático: reto para la conservación y medidas de adaptación	11
Áreas protegidas y corredores biológicos prioritarios para medidas de adaptación.....	17
IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN	19
REFERENCIAS	21
ANEXO.....	23

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Costa Rica, con más de 26.3% de área silvestre terrestre bajo protección estatal, forma parte de los 14 países con más del 20% de su territorio bajo alguna categoría de protección. Cerca del 80% de su diversidad biológica es compartida con la región mesoamericana, considerada como uno de los sitios más megadiversos y un hot spot de la biodiversidad (SINAC 2010, Myers et ál. 2000). En la región hay más de 5000 especies endémicas de plantas vasculares como también 210 especies de mamíferos (Greenheck 2002).

Justamente para esta región el cambio climático constituye una de las mayores amenazas para la biodiversidad, catalogada como una de las regiones del continente más vulnerables a este fenómeno; ya que las variaciones en estacionalidad e intensidad de la precipitación podrían generar el desplazamiento o reemplazo de las zonas climáticas (zonas de vida) y consecuentemente de los ecosistemas (Cifuentes-Jara 2009). En consecuencia, esta situación afectará el rango de distribución geográfica de las especies y con ello, las poblaciones y comunidades, por lo que el éxito de dicha distribución futura dependerá de la habilidad de las plantas para migrar y de su capacidad de adaptación (Hannah et ál. 2002). La estrategia de migración solo puede ser una opción para planificación de conservación si la capacidad de especies para migrar coincide con la velocidad y magnitud de los efectos de cambio climático (McLachlan 2007).

Costa Rica está bien conocida como país con un sistema bien desarrollado de áreas protegidas. Las áreas protegidas están conectadas a través de un sistema de corredores biológicos cubriendo 1753822 ha, equivalente a 35% de la superficie terrestre (DeClerck et ál. 2010). Mientras muchos estudios y esfuerzos se dirigen a averiguar y fomentar la conectividad funcional de estos corredores (Canet-Desanti et ál. 2011, Finegan et ál. 2007) poco se sabe sobre la funcionalidad para garantizar posibles rutas de migración de organismos como respuesta a la presión del cambio climático. Ante este contexto, es oportuno estudiar los futuros hábitats climáticos de especies arbóreas como elementos ecosistémicos clave y averiguar la compatibilidad de los nuevos hábitats climáticos con el sistema de áreas protegidas y corredores biológicos.

Alcance espacial

El estudio se ejecutó en las Áreas de Conservación a lo largo de la Costa del Pacífico con énfasis en Guanacaste – Nicoya y la Península de Osa.

Objetivo General

Estimar posibles cambios en la distribución de especies de flora arbórea en el Pacífico Norte y Sur de Costa Rica en respuesta a los efectos del cambio climático

Objetivos específicos

- a. Estimar cambios en la distribución de especies arbóreas seleccionadas ante los efectos del cambio climático para que sirvan como base en la planificación y diseño de medidas de adaptación de sistemas terrestres
- b. Validar en las regiones de estudio la propuesta actual de corredores biológicos ante escenarios de cambio climático
- c. Dar recomendaciones sobre sitios de restauración o pago de servicios ambientales como medidas de adaptación ante el cambio climático

METODOLOGÍA

Área de estudio

Las unidades de referencia¹ del estudio fueron las ecorregiones naturales: Bosques secos del lado Pacífico de América Central (ecorregión 1), que abarca desde el Suroeste de México hasta el Norte de Costa Rica; y Bosques húmedos del lado Pacífico del Istmo de Panamá (ecorregión 2), que comprende el Pacífico Central y Sur de Costa Rica hasta Panamá, los cuales son espacios geográficos definidos por grupos de hábitat con características similares (Dinerstein et ál. 1995).

El análisis se realizó en la superficie de Costa Rica, con especial interés sobre las áreas protegidas y corredores biológicos del Pacífico de Costa Rica. Las ecorregiones del estudio abarcan las áreas de conservación Guanacaste, Tempisque, Arenal-Tempisque, Pacífico Central y Osa. El análisis de los resultados de especies se centra sobre esas zonas con objetivos de conservación.

Los resultados de la modelación fueron contrastados con el bosque existente para tener una mejor idea de lo que realmente podría suceder en las áreas protegidas y corredores biológicos de Costa Rica. Para este objetivo se tomó la capa de cobertura de la tierra 2005 (ITCR, 2008) y se reclasificó de manera binaria en bosque y no bosque. El análisis de áreas protegidas y corredores biológicos se realizó con las capas de estas variables actualizadas para el país (2011 y 2012 respectivamente) provenientes del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

Selección de especies

Se seleccionaron 26 especies arbóreas. Las especies que cumplen el criterios a, fueron consideradas del informe de TNC (2006), las demás son producto de revisión bibliográfica.

- a. Valor de conservación, referida a la amenaza global (en peligro crítico, en peligro de extinción y vulnerable) según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2011) o de categoría endemismo o áreas de distribución de la especie restringidas a Costa Rica (11 especies).
- b. Índice de Valor de Importancia (IVI), dado por el grupo de especies que componen el 50% de la unidad de bosque (4 especies).
- c. Valor económico, con fines maderables (11 especies).

¹ Unidades de planeación de la conservación descritas por la WWF (2003), citados en TNC (2006).

Se evitaron las especies que tenían pocos datos de ocurrencia en las ecorregiones de estudio. Para esto se escogió un mínimo de 30 ocurrencias por especie (Wisz et ál. 2008) con un número total de registros de 3393.

Fuente de datos y capas ambientales

Los datos de ocurrencia de especies se obtuvieron de la base de datos biológicos Atta del Instituto de Biodiversidad de Costa Rica (INBio), y la base de datos trópicos del Missouri Botanical Garden.

Se utilizaron las 19 variables bioclimáticas disponibles en la base de datos Worldclim² (Hijmans et ál., 2005). Además se utilizaron variables de suelo, como contenido de arena y arcilla, profundidad máxima del suelo y profundidad promedio hasta la roca (Pérez et ál. 1979), elevación y pendiente del terreno (Jarvis et ál. 2008). No se contó con literatura que indicara la importancia relativa de las variables para la modelación de cada especie, por lo que se partió a priori del supuesto de que todas tienen el mismo peso. La importancia relativa de las variables para la distribución geográfica de los registros botánicos se presentará en los resultados.

Las capas bioclimáticas son de tipo ráster y tienen una resolución espacial de 1 km², mientras que las capas de suelos y elevación son también de tipo ráster y cuentan con una resolución de 90m². Se homogenizó el tamaño de pixel a 1 km². El total de variables predictoras de entrada para el análisis fue de 25 (ver Tabla 1).

La distribución futura potencial de las especies se realizó utilizando la misma base de datos climáticos futuros (Worldclim). Esta modelación se lleva a cabo con el método Delta (ver en <http://www.worldclim.org/> mayores detalles sobre este método), y los datos proyectados que se tomaron en cuenta fueron los del escenario de emisiones B2³, para el año 2020 por considerarse un umbral de tiempo cercano con mayor peso para la toma de decisiones sobre manejo. Las proyecciones se refieren a cambios climáticos en comparación con la climatología 1960-1990. El escenario de emisiones escogido considera cuatro modelos globales con resolución espacial “fina”: CGCM2, CSIRO, HADCM3 y NIES99. Se escogieron estos modelos para obtener la mejor resolución disponible para poder concluir posibles medidas de adaptación espacialmente explícitas.

² <http://www.worldclim.org/>

³ Escenario óptimo en el marco de las soluciones locales y equilibrio medioambiental, económico y social (IPCC 2007).

Tabla 1. Variables predictoras utilizadas en el análisis de modelo de nicho ecológico

	VARIABLE
Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango medio diario (Bio5-Bio6)
Bio3	Isotermalidad (Bio2/Bio7) x 100
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar x 100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango de la temperatura anual (Bio5-Bio6)
Bio8	Temperatura del trimestre más húmedo
Bio9	Temperatura del trimestre más seco
Bio10	Temperatura del trimestre más cálido
Bio11	Temperatura del trimestre más frío
Bio12	Precipitación media anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio17	Precipitación del trimestre más seco
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio19	Precipitación del trimestre más frío
Elev.	Elevación
Pend.	Pendiente
Arcilla	Porcentaje de arcilla
Arena	Porcentaje de arena
Prof. máx.	Profundidad máxima de suelo
Prof. prom.	Profundidad promedio de suelo

Fuente: <http://www.worldclim.org/> Hijmans et ál. 2005.

La incertidumbre es un tema importante cuando se evalúan resultados de escenarios futuros, por lo que en esta investigación se analizó mediante el traslape de la distribución futura de la especie para cada uno de los modelos. En el caso que convergieran las distribuciones de los cuatro modelos, esas fueron consideradas como zonas de alta probabilidad de ocurrencia de la especie, sobre la cual se hará la comparación con el área actual y así tener menos incertidumbre espacial sobre las zonas de permanencia o desplazamiento espacial de las condiciones climáticas favorables para la especie arbórea.

Modelación de nicho ecológico

Para la modelación de distribución de especies se utilizó el programa MaxEnt versión 3.3.3k (Phillips et al. 2006). Este programa, basado en el principio de máxima entropía⁴, combina los datos de presencia con capas ambientales y estima la distribución de probabilidad sobre los píxeles del área modelada. Esta probabilidad es manifestada en términos de “ganancia” (Yost et ál. 2008).

Previamente, para evitar la entrada de información redundante al modelo y así seleccionar el conjunto de variables predictoras, se realizó un análisis estadístico de conglomerados por especie con las 25 variables. Para identificar las variables fuertemente correlacionadas se utilizó un coeficiente de correlación de Pearson de 0.75, eliminando aquellas con un valor más alto (Rissler et ál. 2006). Esta prueba se realizó con el programa InfoStat (2008).

Los parámetros utilizados en MaxEnt fueron los indicados por Phillips et ál. (2006): número máximo de iteraciones = 1000; regularización = 1.0; convergencia umbral = 0.00001. El programa selecciona al azar una muestra del 25% de los datos para la prueba y el 75% restante para entrenar el algoritmo. Los demás parámetros fueron utilizados por defecto (Phillips y Dudik 2008).

Para evaluar el alcance de la predicción para la distribución de cada especie, se utilizó el análisis AUC (Área bajo la curva ROC), el cual se encuentra entre 0.5 y 1. El máximo valor significa un ajuste perfecto, mientras que el mínimo un modelo al azar (Fielding y Bell 1997). Para clasificar la exactitud de los modelos según el AUC, Swets (1988) los señala como: 1-0.90 (excelente), 0.90-0.80 (bueno), 0.80-0.70 (favorable) y 0.70-0.60 (pobre) y 0.50-0.60 (malo). Adicionalmente, Elith et ál. (2006) señala que valores superior a 0.75 de AUC son potencialmente modelos útiles.

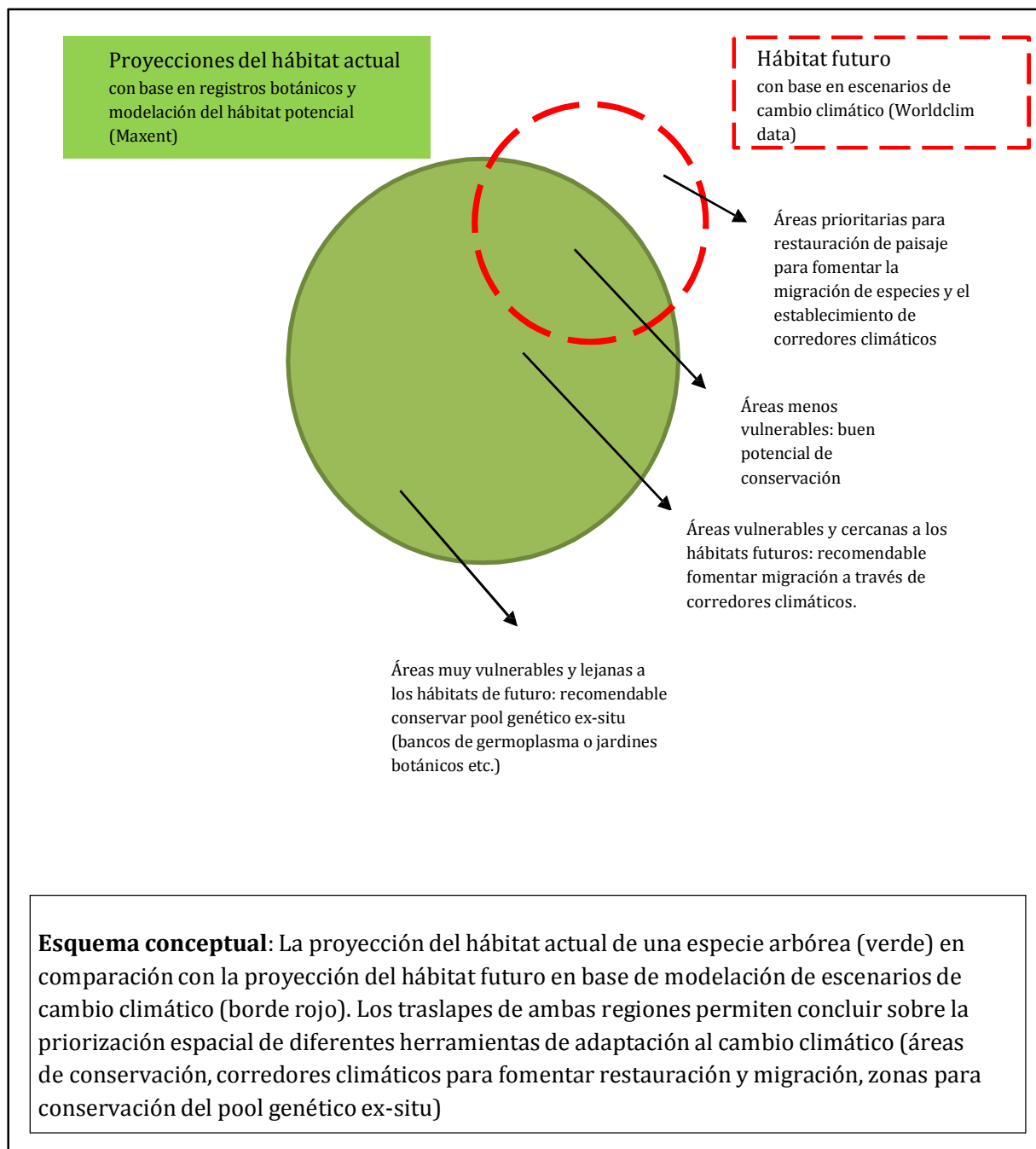
⁴ La probabilidad de distribución desconocida es equivalente a la probabilidad de su máxima entropía (Phillips et al. 2004).

Una vez obtenido el primer modelo con las 25 variables, se seleccionaron las variables independientes obtenidas del análisis de conglomerados por especie, mientras que de los grupos o pares de variables correlacionadas, se eligió a la variable con el mayor porcentaje de importancia, valor que indica la mayor contribución de la variable en la ganancia del entrenamiento al modelo general.

Para obtener los mapas binarios (presencia/ausencia), se utilizaron dos umbrales para cada especie de acuerdo con Pearson et ál. (2007), el primero basado en el nivel de predicción más conservador (minimum training presence o MTP en los mapas) y el segundo, más liberal (percentil 10 training presence o 10% en los mapas).

Para todo el análisis de anomalías en Costa Rica, así como sus implicancias en la conservación, se utilizó el umbral 2 (umbral de 10%), el cual estima un hábitat disponible más restrictivo que el umbral 1. Puesto que utilizando el umbral 1 no se observaron grandes diferencias en los resultados, lo cual no es de gran ayuda en la definición de zonas de importancia para la acción frente al cambio climático, como se busca con este trabajo.

En la siguiente figura se presenta la idea conceptual y metodológica del presente estudio.



RESULTADOS

Magnitud espacial del cambio climático e identificación de especies arbóreas vulnerables

La distribución futura potencial de las especies indica cambios importantes de distribución en la mayoría de los casos. Los principales cambios son relacionados con la reducción de su hábitat, pocas especies muestran un aumento en su distribución espacial; aún en estos casos, la especie pierde áreas en otras zonas, lo cual en resumen hace que la pérdida de hábitat sea el principal resultado. En el Cuadro 1 se presentan las pérdidas de hábitat actual para diferentes categorías de especies y regiones geográficas, indicándose la pérdida promedio y su desviación estándar entre paréntesis. La variabilidad es un indicador sobre la incertidumbre de la proyección del umbral. La desviación estándar para la proyección de la pérdida de hábitat como indicador de incertidumbre entre los modelos climáticos es relativamente baja (13,2 %). El Cuadro 1 indica que las especies de la región sur serán más afectadas, sobre todo las de valor de importancia. Las cifras altas para especies maderables dejan concluir posibles amenazas para el sector maderero en la región.

Cuadro 1: Pérdida promedio de hábitat según 4 modelos climáticos comparando especies de valor de conservación, IVI y especies maderables. Valores en % (y desviación estándar).

<u>Región</u>	<u>Conservación</u>	<u>IVI</u>	<u>Maderables</u>
Pacífico Norte	-12,2(+14)	-6,0(+4)	-9,9(+15)
Pacífico Sur	-17,6(+19)	-35,5(+36)	-20,1(+20)

La pérdida promedio total para las dos regiones es de 15-16% en el período de la proyección climática hasta 2020, lo que corresponde a una cifra teórica de 0,5 % por año. Pero aproximadamente 30% de las especies analizadas en este estudio están expuestas a perder 25% o más de su hábitat actual. Las especies identificadas en este estudio con mayores pérdidas son:

- (1) *Otoba novogranetensis* (-61%, Pacífico S)
- (2) *Hyeronima alchorneoides* (-53%, Pacífico N y S)
- (3) *Enterolobium cyclocarpum* (-48%, Pacífico N y S)
- (4) *Amphitecna isthmica* (-44%, Pacífico S)
- (5) *Platymiscium pinnatum* (-43%, Pacífico S)
- (6) *Chaunochiton kappleri* (-37%, Pacífico S)
- (7) *Tocoyena pittieri* (-34%, Pacífico S)
- (8) *Dalbergia retusa* (-28%, Pacífico N y S)

Mientras la cifra promedio ya es preocupante, sobre todo el hecho de que 30% de las especies estudiadas presentan pérdidas del hábitat actual mayores a 25%, lo cual implica posibles cambios drásticos en la composición florística y los servicios ecosistémicos relacionados. Todas estas especies tienen su distribución natural en el Pacífico Sur, tres de ellas también en el Norte, lo que confirma la mayor amenaza para los ecosistemas sureños. Estas consideraciones aún no incluyen posibles efectos de competencia entre especies e interacciones con otros organismos como dispersores de semillas y polinizadores lo que posiblemente implicará una aceleración de los cambios directos sobre la ecología de la flora arbórea.

Además de la magnitud espacial del efecto del cambio climático sobre las especies, es también importante analizar la magnitud ecosistémica del cambio climático. Es notable que se vean afectadas especies con una gran distribución en todo el país, tanto costa Pacífica, como también Caribeña, lo cual implica una mayor afectación a los ecosistemas en los que estas especies son dominantes. En muchos lugares el cambio climático afectará aún más de 25 % de las especies arbóreas analizadas en este estudio, lo que deja asumir grandes cambios ecosistémicos (Figura 1). Los resultados son similares si se analizan por el criterio de selección de la especie, donde el principal resultado observado es la pérdida de hábitat dentro de áreas protegidas y corredores biológicos (Cuadro 2-4).

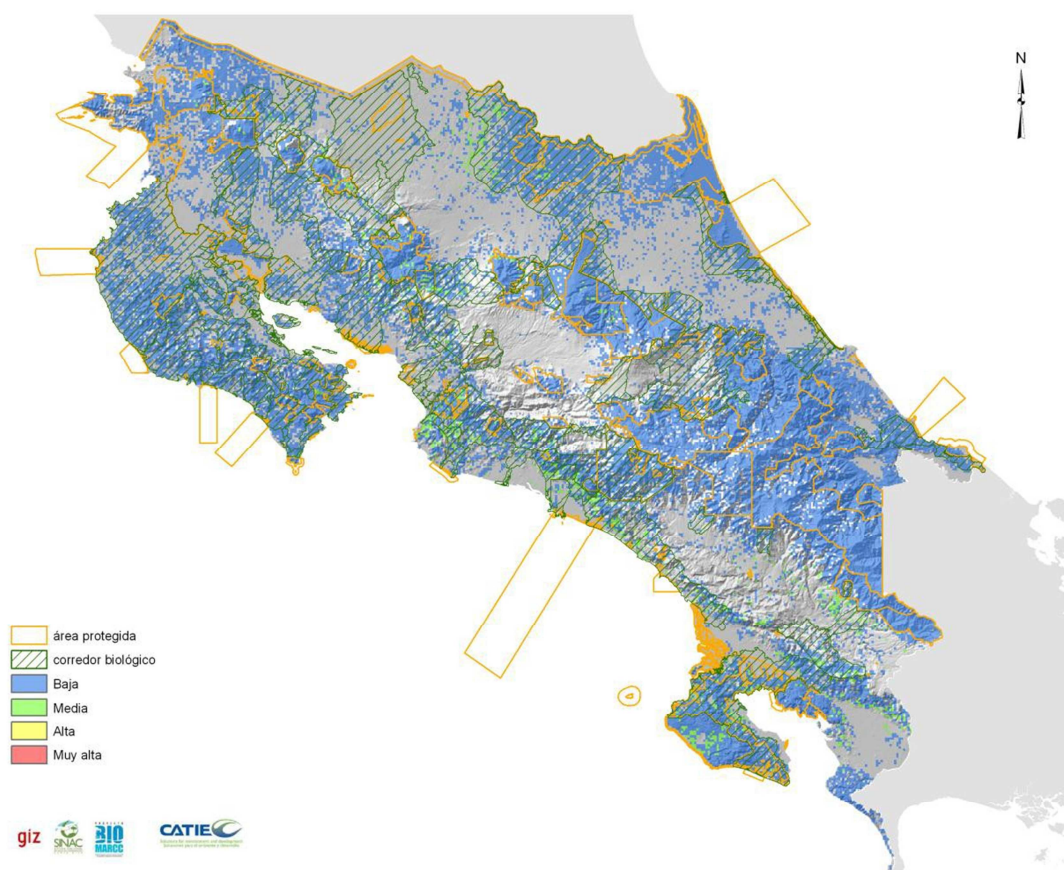


Figura 1. Pérdida de hábitat actual en la distribución futura potencial de 26 especies de flora arbórea según 4 modelos de cambio climático. El color azul indica pérdida de hábitat para 0 a 25% de las especies, el color verde claro de 25 a 50%, el color amarillo de 50 a 75% y el rojo de 75 a 100%. Estas últimas dos categorías no aparecen en el mapa, pero se tomaron en consideración para seguir con la metodología de los otros mapas. Además se indica la localización de los cambios respecto a áreas protegidas (color naranja) y corredores biológicos (grilla de color verde oscuro)

Proyección espacial de impacto climático: reto para la conservación y medidas de adaptación

Para aplicar medidas de adaptación al cambio climático no solo se requiere informaciones de magnitud del impacto climático a nivel regional sino a nivel de las unidades de manejo, para fines de conservación por ejemplo al nivel de áreas protegidas y corredores biológicos. Para obtener mayor precisión en las predicciones espaciales de hábitat futuro de las especies trabajamos con el traslape de los cuatro modelos climáticos. Así intentamos reducir la incertidumbre sobre dónde estarán los futuros refugios. Ello por el otro lado nos indica para cuales áreas hay que tomar medidas de adaptación para evitar la pérdida, como por ejemplo a través del establecimiento de corredores migratorios; esas áreas se llamarán áreas de pérdidas *potenciales* en lo siguiente.

De los cuadros 2-4 se deja concluir que ni corredores biológicos (Cuadro 3), ni áreas protegidas (Cuadro 4) presentan valores menores de pérdidas potenciales en comparación con áreas sin estatus de conservación, lo que indica que estas herramientas de conservación tampoco brindan mayores probabilidades de conservación del hábitat climático futuro en relación con las áreas fuera de corredores o áreas protegidas. Para la adaptación al cambio climático de áreas con pérdidas *potenciales* se requiere instrumentos adicionales, que estén fuera de áreas protegidas y corredores biológicos, tales como zonas de amortiguamiento climático y corredores climáticos, con un manejo mucho más enfocado en mitigar los efectos del cambio climático sobre la distribución futura de los hábitats.

El Cuadro 5 presenta los valores en absoluto de áreas mantenidas, con pérdidas potenciales y áreas ganadas (áreas que ahora no son hábitat climático ideal, pero en el 2020 sí, según los modelos climáticos). Es evidente que las áreas de pérdidas potenciales son mucho más grandes que estos nuevos hábitats climáticos. De esto se deja concluir que hay que identificar aquellos futuros refugios de hábitat climático dentro *y fuera* de las AP y CB, conservar el acervo genético de especies vulnerables en las áreas de pérdidas potenciales (ex situ o in situ) y asegurar la migración de este acervo genético a los futuros refugios climáticos (a través de medidas de restauración, conservación ex situ y reintroducción). Medidas adicionales se refieren a identificación de micro-hábitats con condiciones climáticas favorables en las zonas de pérdidas potenciales.

Cuadro 2: Proyección espacial de pérdida potencial de hábitat climático en porcentaje de la distribución actual **en todo el país** comparando valor de conservación, especies de valor de importancia (IVI) y especies maderables.

Región	Conservación	IVI	Maderables
Pacífico Norte	39%	11%	25%
Pacífico Sur	54%	63%	22%

Cuadro 3: Proyección espacial de pérdida potencial de hábitat climático en porcentaje de su distribución actual en **áreas protegidas** comparando especies con valor de conservación, especies de valor de importancia (IVI) y especies maderables.

Región	Conservación	IVI	Maderables
Pacífico Norte	33%	15%	30%
Pacífico Sur	50%	53%	25%

Cuadro 4: Proyección espacial de pérdida potencial de hábitat climático en porcentaje de su distribución actual en **corredores biológicos** comparando especies con valor de conservación, especies con valor de importancia (IVI) y especies maderables.

Región	Conservación	IVI	Maderables
Pacífico Norte	34%	12%	23%
Pacífico Sur	59%	63%	25%

Cuadro 5: Variación superficial (km²) del hábitat futuro (traslape de 4 modelos) contrastado con la cobertura de bosque, áreas protegidas (AP) y corredores biológicos (CB).

Especie	CATEGORIA		N° datos	Umbral	Mantenido		Ganado		Perdido	
		Región			AP	CB	AP	CB	AP	CB
<i>Agonandra macrocarpa</i>	Valor de conservación	N	36	0.121	1040	2934	0	0	316	695
<i>Amphitecna isthmica</i>		S	46	0.232	1472	1359	0	0	2960	2088
<i>Caryocar costarricense</i>		S	32	0.267	1289	1525	18	28	491	490
<i>Couratari guianensis</i>		N/S	31	0.375	1294	1272	0	0	491	1082
<i>Dalbergia retusa</i>		N	57	0.245	851	1487	6	4	1420	3374
<i>Garcia nutans</i>		N/S	108	0.163	1252	3236	12	31	1296	1365
<i>Guaiacum sanctum</i>		N	82	0.188	547	771	0	1	409	1622
<i>Swietenia humilis</i>		N	71	0.2	1149	3091	3	3	70	319
<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>		S	26	0.221	0	0	918	2408	8469	6165
<i>Tocoyena pittieri</i>		S	25	0.374	445	337	0	0	1862	2041
<i>Chaunochiton kappleri</i>	Endémica	S	28	0.175	994	655	0	0	688	891
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	IVI	N	138	0.282	1510	3982	16	58	294	640
<i>Guazuma ulmifolia</i>		S	90	0.229	3171	5666	92	64	535	636
<i>Otoba novogranatensis</i>		N	434	0.129	3628	1751	5	3	8836	5578
<i>Tetrathylacium macrophyllum</i>		S	51	0.113	1307	909	0	0	734	931
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Valor Maderable	S	32	0.138	4925	3403	3	0	3362	1939
<i>Carapa guianensis</i>		S	47	0.284	5068	4178	34	47	492	296
<i>Cedrela odorata</i>		N/S	150	0.255	6401	7089	11	26	2486	2271
<i>Cordia alliodora</i>		N/S	214	0.266	5590	7414	43	19	1538	1192
<i>Hyeronima alchorneoides</i>		N/S	127	0.184	5199	4174	0	3	3270	1991
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		N/S	62	0.248	3586	5662	21	20	2202	1141
<i>Myroxylon balsamum</i>		S	28	0.356	5548	6159	0	0	2281	958
<i>Platymiscium pinnatum</i>		S	27	0.269	2946	1735	0	0	6801	4044
<i>Samanea saman</i>		N	102	0.162	2150	5097	114	35	1179	1342
<i>Schizolobium parahyba</i>		N	42	0.227	1567	2907	43	314	1178	2704
<i>Tabebuia rosea</i>		N/S	262	0.321	2886	5114	34	51	261	423

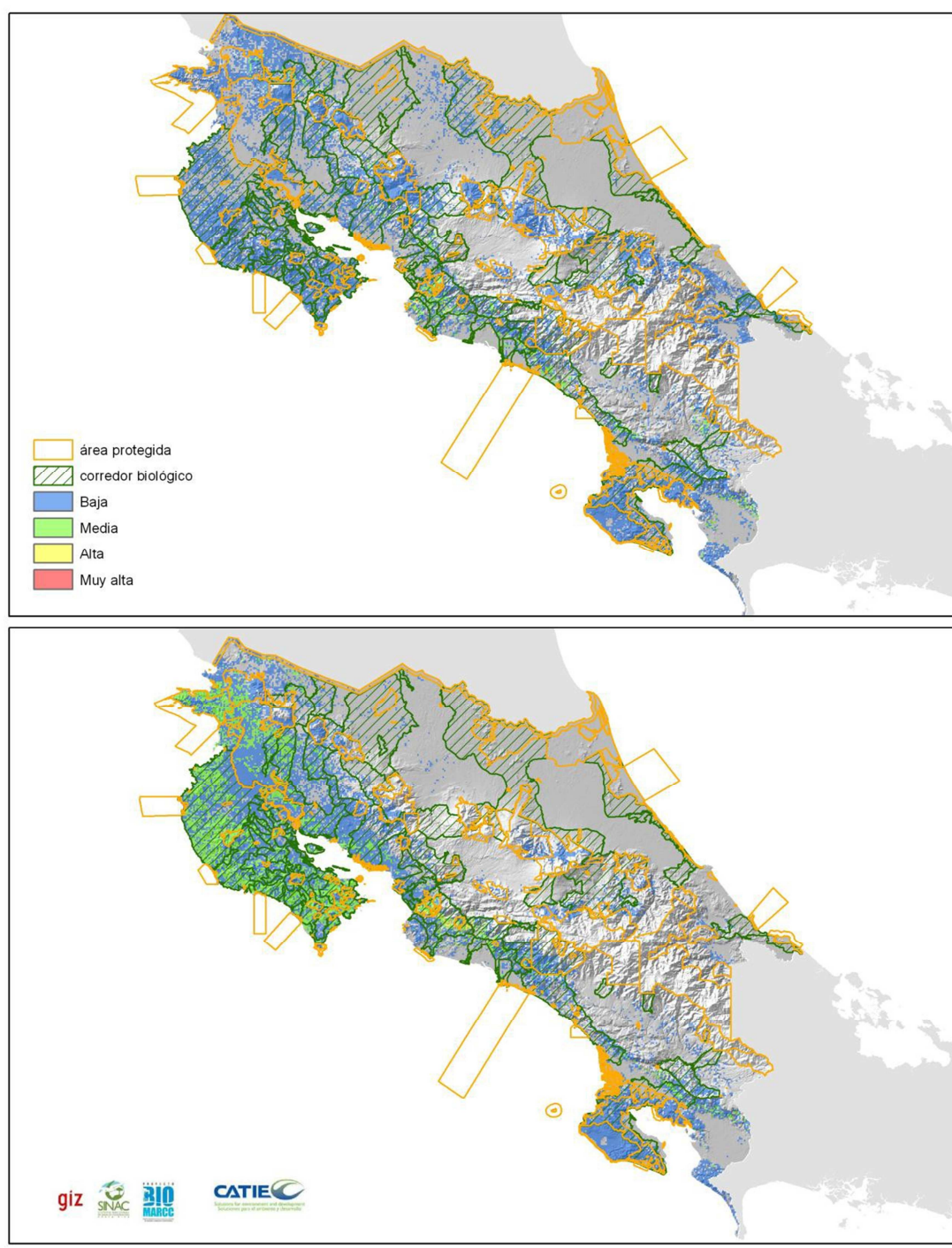


Figura 2. Cambio en la distribución futura potencial de 10 especies seleccionadas por su valor de conservación. En la figura de abajo se presentan las áreas mantenidas de hábitat; y en la de arriba las áreas perdidas. La simbología es la misma para ambas, leyéndose que el color azul indica un mantenimiento/pérdida de hábitat para 0 a 25% de las especies, el color verde claro de 25 a 50%, el color amarillo de 50 a 75% y el rojo de 75 a 100%. Estas últimas dos categorías no aparecen en el mapa, pero se tomaron en consideración para seguir con la metodología de los otros mapas. Además se indica la localización de los cambios respecto a áreas protegidas (color naranja) y corredores biológicos (grilla de color verde oscuro).

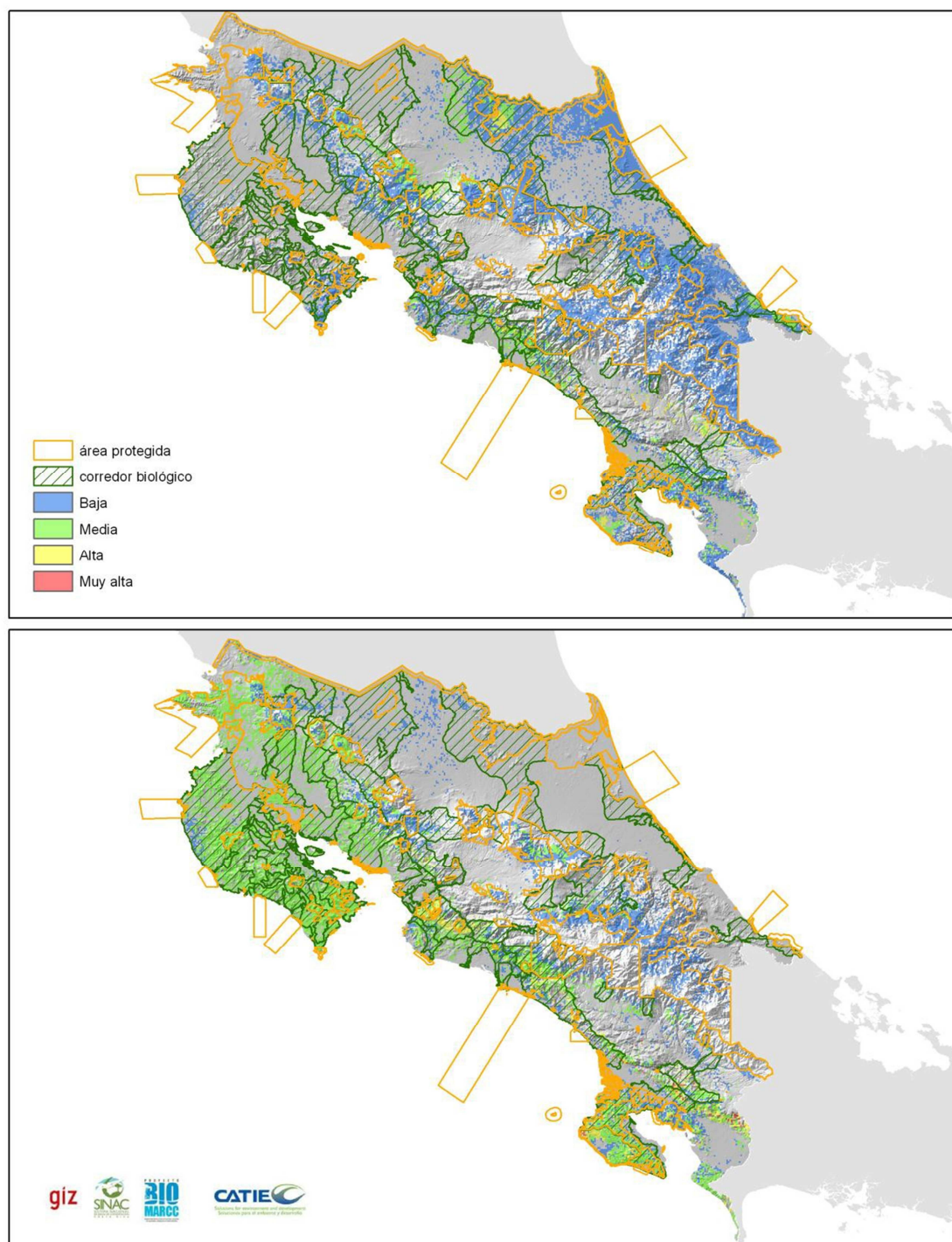


Figura 4. Cambio en la distribución futura potencial de cuatro especies seleccionadas por su (IVI). Abajo se presenta las áreas mantenidas de hábitat, arriba las áreas perdidas. El color azul indica un mantenimiento/pérdida de hábitat para 0 a 25% de las especies, el color verde claro de 25 a 50%, el color amarillo de 50 a 75% y el rojo de 75 a 100%. Además se indica la localización de los cambios respecto a áreas protegidas (color naranja) y corredores biológicos (grilla de color verde oscuro).

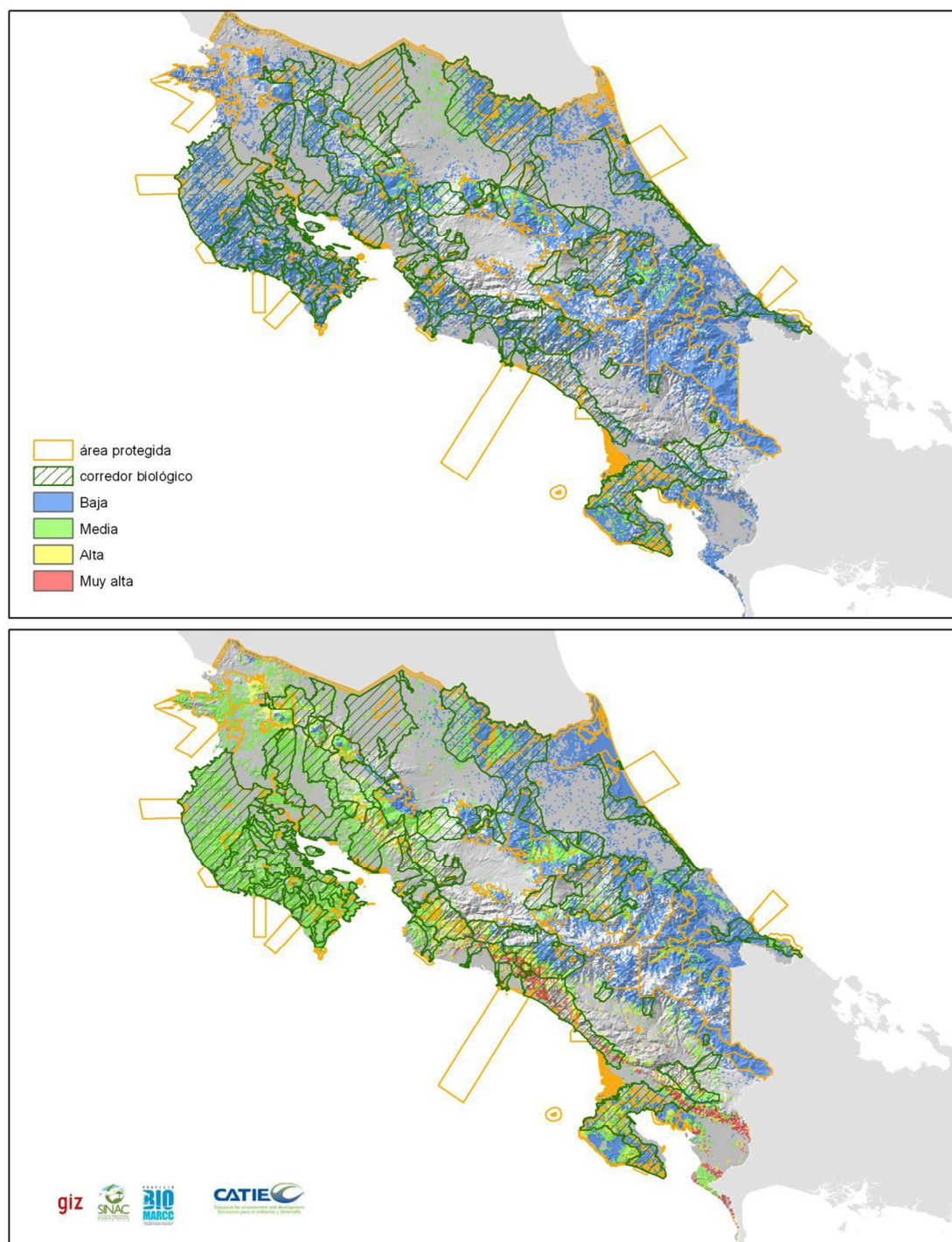


Figura 5. Cambio en la distribución futura potencial de 10 especies seleccionadas por su valor comercial maderable. Abajo se presenta las áreas mantenidas de hábitat, arriba las áreas perdidas. El color azul indica un mantenimiento/pérdida de hábitat para 0 a 25% de las especies, el color verde claro de 25 a 50%, el color amarillo de 50 a 75% y el rojo de 75 a 100%. Además se indica la localización de los cambios respecto a áreas protegidas (color naranja) y corredores biológicos (grilla de color verde oscuro).

Áreas protegidas y corredores biológicos prioritarios para medidas de adaptación

Con base en los resultados presentados se deja identificar una lista prioritaria de áreas protegidas y corredores biológicos para aplicar medidas de adaptación. Como prioritarios definimos aquellas AP y CB con más de 10% de superficie con pérdida potencial de hábitat climático para más de 25% del conjunto de las especies arbóreas estudiadas (ver cuadro 6 y 7).

Cuadro 6: Áreas protegidas con más de 10% de superficie con pérdida potencial de hábitat actual para más del 25% del total de las especies arbóreas estudiadas.

Área de Conservación	Área protegida	Área total (ha)	Área con pérdida de hábitat para > 25 % de especies	Porcentaje del área total (%)
ACG	Rincón de la Vieja	14127	2448	17
ACT	Cabo Blanco	2920	525	18
ACT	Cueva del Murciélago(privado)	93	77	83
ACT	La Ceiba (privado)	270	78	29
ACA-T	Arenal-Monteverde	28314	5066	18
ACA-T	Cuenca del río Abangares	4368	723	17
ACA-T	Tenorio	5589	2569	46
ACA-T	Volcán Tenorio	12905	4796	37
ACOPAC	Ara Macao (mixto)	72	16	22
ACOPAC	Carara	5280	1519	29
ACOPAC	Cat. Cerro Redondo (privado)	645	152	24
ACOPAC	Cerro Nara	2347	270	12
ACOPAC	Cerros de Turrubares	2827	998	35
ACOPAC	Finca Barú del Pacífico(mixto)	347	84	24
ACOPAC	Portalón (mixto)	449	105	23
ACOPAC	Surtubal (privado)	118	19	16
ACOPAC	Transilvania (privado)	63	63	100
ACOSA	Corcovado	44430	10525	24
ACOSA	Golfo dulce	59921	8701	15
ACOSA	Quillotro (mixto)	77	13	17
ACOSA	Santuario Ecológico (privado)	330	114	35
Total		185495	38862	21

Cuadro 7: Corredores biológicos con más de 10% superficie de pérdida potencial de hábitat climático para más de 25% del total de las especies arbóreas estudiadas.

Área de Conservación	Corredor Biológico	Área total (ha)	Área con pérdida de hábitat para > 25 % de especies (ha)	Porcentaje
ACG	RINCÓN CACAO	2850	324	11
	RINCÓN RAIN FOREST	32580	4519	14
ACA-T	ARENAL- TENORIO	33860	4223	12
ACOPAC	AGUIRRE	30530	7997	26
	PASO DE LAS LAPAS	54880	7920	14
	PLAYA HERMOSA	13020	3781	29
ACOSA	PASO DE LA DANTA	82130	12239	15
	OSA	122460	16382	13
Total		372290	57386	15

IMPLICACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

En total se identificaron áreas protegidas y corredores biológicos prioritarios equivalentes a superficies de 7300 ha en la zona de conservación ACG, 680 ha en ACT, ACA-T con 17400 ha, y las áreas mayores en las regiones de ACOPAC (23000 ha) y ACOSA (48000 ha), lo que resulta en una superficie total de **96000 ha como áreas con alta prioridad para medidas de adaptación.**

Nuestros resultados dejan concluir que la probabilidad de mantener hábitats climáticos para especies arbóreas dentro de AP y CB no es mayor que las zonas afuera. Como consecuencia los resultados indican que aparte de las superficies mencionadas *dentro* del sistema de áreas protegidas y corredores biológicos se debería priorizar más áreas para medidas de restauración ecológica fomentando migración de especies arbóreas y sus organismos dependientes (dispersores, polinizadores, etc.) *fuera* de corredores y áreas protegidas. Para este fin puede ser útil introducir una nueva categoría de conservación y adaptación, por ejemplo llamadas “**áreas prioritarias de adaptación al cambio climático**” (APACC). Aparte de los métodos presentados en este informe también se sugiere incluir parámetros económicos y sociales en una lista de criterios para la delimitación de posibles APACC.

Como posibles medidas de adaptación recomendamos que los corredores biológicos prioritarios presentados debieran recibir un criterio de priorización para los mecanismos de **pagos por servicios ambientales**, *encima de los criterios de priorización ya existentes*. En este sentido también áreas fuera de corredores biológicos deberían estar priorizados en el sistema de PSA siempre y cuando cumplen con los criterios para posibles APACC.

Medidas que fomentan la restauración ecológica que permiten mayor conectividad para migración de múltiples dispersores y polinizadores son de alta prioridad para la adaptación al cambio climático. Pero sobre todo especies vulnerables o en peligro de extinción requieren medidas adicionales como la conservación ex situ en **bancos de germoplasma, bancos de semillas** y para especies con semillas recalcitrantes en **jardines botánicos**.

Para fines de conservación como también para el sector maderero en el Pacífico Sur es importante identificar **procedencias climáticas** lo más pronto posible e incluirlas en **programas de fuentes semilleros** para enfrentar posibles pérdidas del acervo genético provocadas por las barreras que impiden una migración de especies en el paisaje como áreas cultivadas y deforestadas. Los métodos presentados en este estudio pueden ser la base para la selección de procedencias climáticas.

De acuerdo con los resultados del estudio recomendamos establecer **una lista de especies vulnerables** a nivel nacional según su afectación por cambios del hábitat climático adicionalmente a las listas clásicas de la UICN. Estas especies requieren de mayores esfuerzos para introducirlas en sus futuros refugios climáticos a través de enriquecimientos de bosques secundarios y plantaciones forestales.

Para este fin también es necesario invertir en **levantamientos botánicos sistemáticos a nivel nacional** para poder identificar un número suficientemente alto de individuos para cada especie, levantar información ambiental adicional y aplicar un plan de manejo de recursos genéticos para la conservación y adaptación.

El avance metodológico ya permite utilizar herramientas científicas para la planificación de conservación y adaptación con una resolución espacial fina, que permite identificación de áreas prioritarias. Los criterios y métodos presentados en este estudio pueden servir como una primera aproximación para medidas inmediatas para la adaptación y conservación de aquellas especies. Sin embargo es importante mencionar que este estudio no permite concluir sobre la resiliencia de especies arbóreas o ecosistemas. Para llegar a este nivel se requieren más estudios empíricos sobre la respuesta de especies. Por ejemplo es recomendable aplicar análisis genéticos para determinar la variabilidad genética entre las procedencias climáticas como también otros **análisis de resiliencia de las especies** (a través de análisis de crecimiento, dinámica poblacional, sistemas de reproducción, etc.). Esta gama de herramientas sería científicamente necesaria para tener seguridad sobre la necesidad de aplicar medidas de adaptación. Sin embargo los resultados de este estudio como también de varios otros demuestran que la velocidad de efectos de cambio climático es muy rápido, además los costos para los análisis, muy altos. Por ello recomendamos aplicar estos métodos solo para una submuestra de las especies determinadas para la planificación de medidas de adaptación a mediano plazo e iniciar la planificación con herramientas como aquellas presentadas en este estudio.

Nuestros resultados también sirven para la planificación espacial de estos estudios adicionales. Para utilizar esta **herramienta de planificación a nivel nacional** aún se requiere un paso para ampliar este estudio para especies arbóreas con distribución en las zonas montañosas y el lado caribeño del país. También es posible y recomendable ampliar el **enfoque espacial** de estudios similares posteriores hacia todo el **corredor biológico mesoamericano**.

REFERENCIAS

Canet-Desanti, L., Finegan, B., Herrera, B. 2011. Metodología para la evaluación de la efectividad del manejo de corredores biológicos. CATIE, Serie Técnica.

Informe Técnico no. 386 Gestión Integrada de Recursos Naturales a Escala de Paisaje. Publicación no. 6, 46 pp.

DeClerck, F.A.J., Chazdon, R., Holl, K.D., Milder, J.C., Finegan, B., Martinez-Salinas, A., Imbach, P., Canet, L., Ramos, Z. 2010. Biodiversity conservation in human-modified landscapes of Mesoamerica: Past, present and future. *Biodiv. Conservation* 143: 2301-2313.

Dinerstein, E; Olson D; Graham, D; Webster, A; Primm, S; Bookbinder, M; Ledec, G. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las Eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial. Washington, DC. 135 p.

Elith J., Graham C. H., Anderson R. P., Dudík M., Ferrier S., Guisan A., Hijmans R. J., Huettmann F., Leathwick J. R., Lehmann A., Li, J., Lohmann L. G., Loiselle B. A., Manion G., Moritz C., Nakamura M., Nakazawa Y., Overton J. McC., Peterson A. T., Phillips S. J., Richardson K. S., Scachetti-Pereira R., Schapire R. E., Soberón J., Williams S., Wisz M. S., Zimmermann N. E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.

Fielding, A; Bell, J. 1997. A review methods for the assessment of predictions errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24(1): 38-49.

Finegan, B., Céspedes Argüero, M., Sesnie, S.E. 2007. Programa de monitoreo ecológico de las Áreas Protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMEC-CR) Etapa I (2007-2011). Documento técnico de referencia. El monitoreo ecológico como componente integral del manejo de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos en los trópicos: conceptos y práctica. San José, Costa Rica. 62 pp.

Greenheck, F.M., 2002. Naturaleza, gente y bienestar: Mesoamérica en cifras. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y Sistema de la Integración Centroamericana (SICDA), París, France.

Hannah, L., G. F. Midgley, T. Lovejoy, W. J. Bond, M. Bush, J. C. Lovett, D. Scott, and F. I. Woodward. 2002. Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology* 16:264-268.

Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional) y CRHH (Comité Regional de Recursos Hidráulicos). 2008. El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. MINAET, IMN, PNUD, CRHH. San José, CR. 75 p.

InfoStat (2008). InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (Yost et al. 2008).

IUCN. 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 April 2012.

Jarvis A., Reuter H., Nelson A., Guevara E. (2008). Hole-filled seamless SRTM data, 4th ed. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia.

McLachlan J.S., Hellmann J.J., Schwartz, M.W. 2007. A framework for debate of assisted migration in an era of climate change. *Conservation Biology* 21: 297-302.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hot spots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858.

Pérez S., Ramírez E., Alvarado A. Knox, E. (1979). Manual descriptivo del mapa de asociaciones de sub-grupos de suelos de Costa Rica (escala 1:200 000), Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, San José, Costa Rica. 233 pp.

Phillips, S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modeling* 190: 231-259.

Phillips, S.J.; Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.

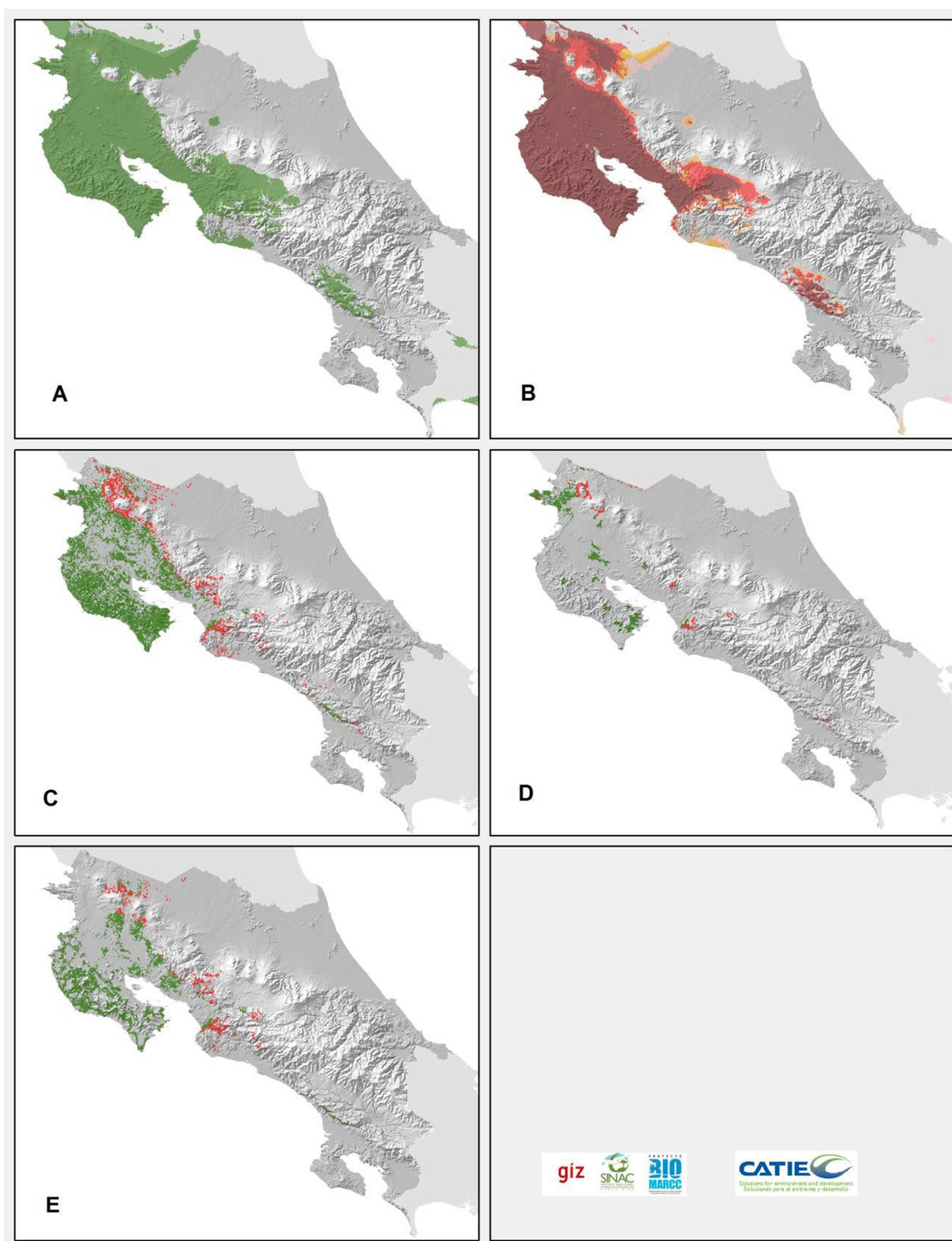
Rissler, L. J., R. J. Hijmans, C. H. Graham, C. Moritz, D.B. Wake. 2006. Phylogeographic lineages and species comparisons in conservation analyses: a case study of California herpetofauna. *Am. Nat.* 167: 655-666.

SINAC. 2010. Plan Estratégico Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC 2010-2015, 64 pp.

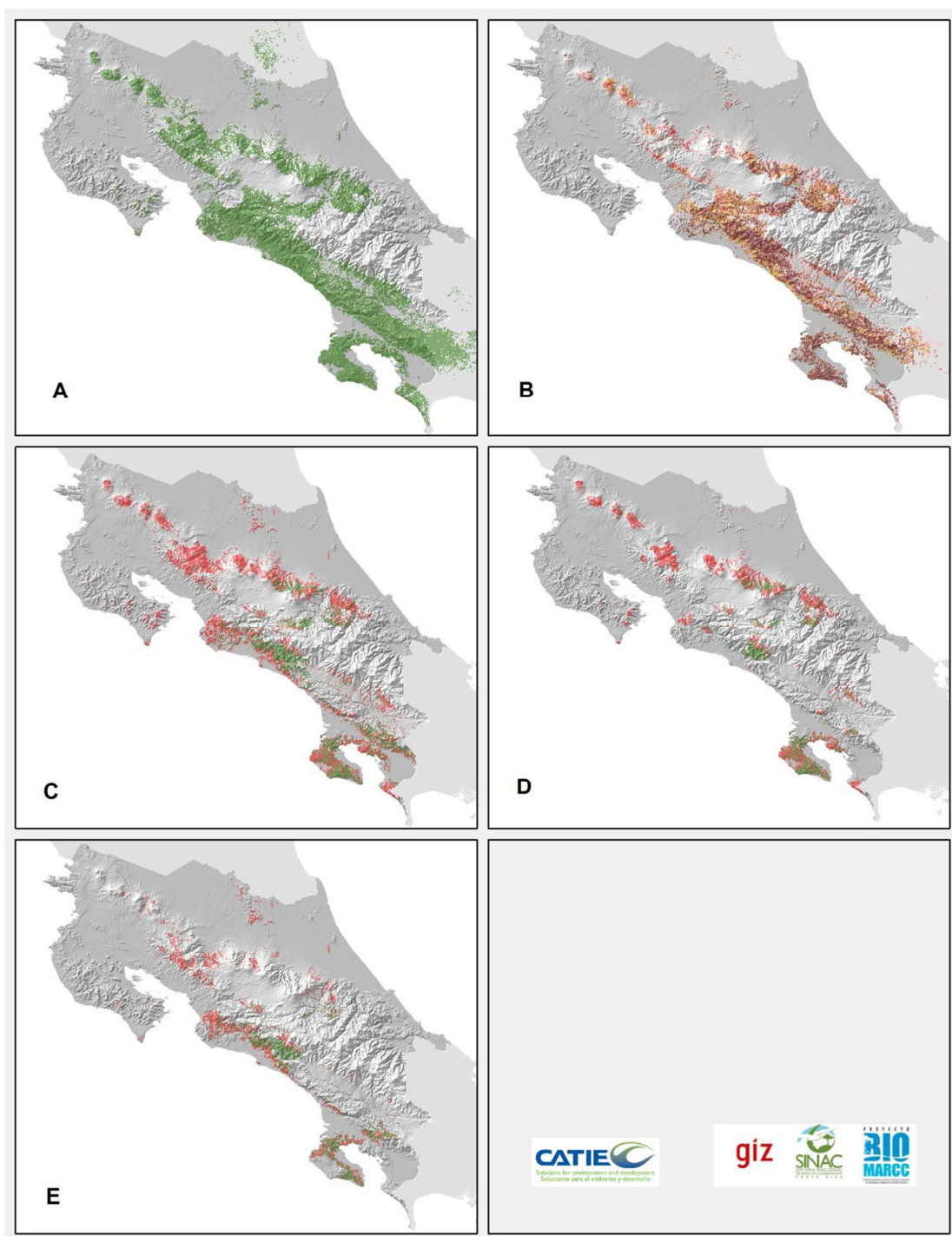
Swets, J. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240, 1285-1293.
TNC (The Nature Conservancy), (2006). Revisando las prioridades de conservación de la biodiversidad en Mesoamérica: sistemas terrestres (Evaluación Ecorregional de Mesoamérica). San José, CR. 83 pp.

Wisz, M. S, Hijmans, Li, J, Peterson, A.T, Graham, C.H, Guisan, A and NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distributions models. *Diversity Distributions (Diversity Distrib)* 2008. 14: 763-773.

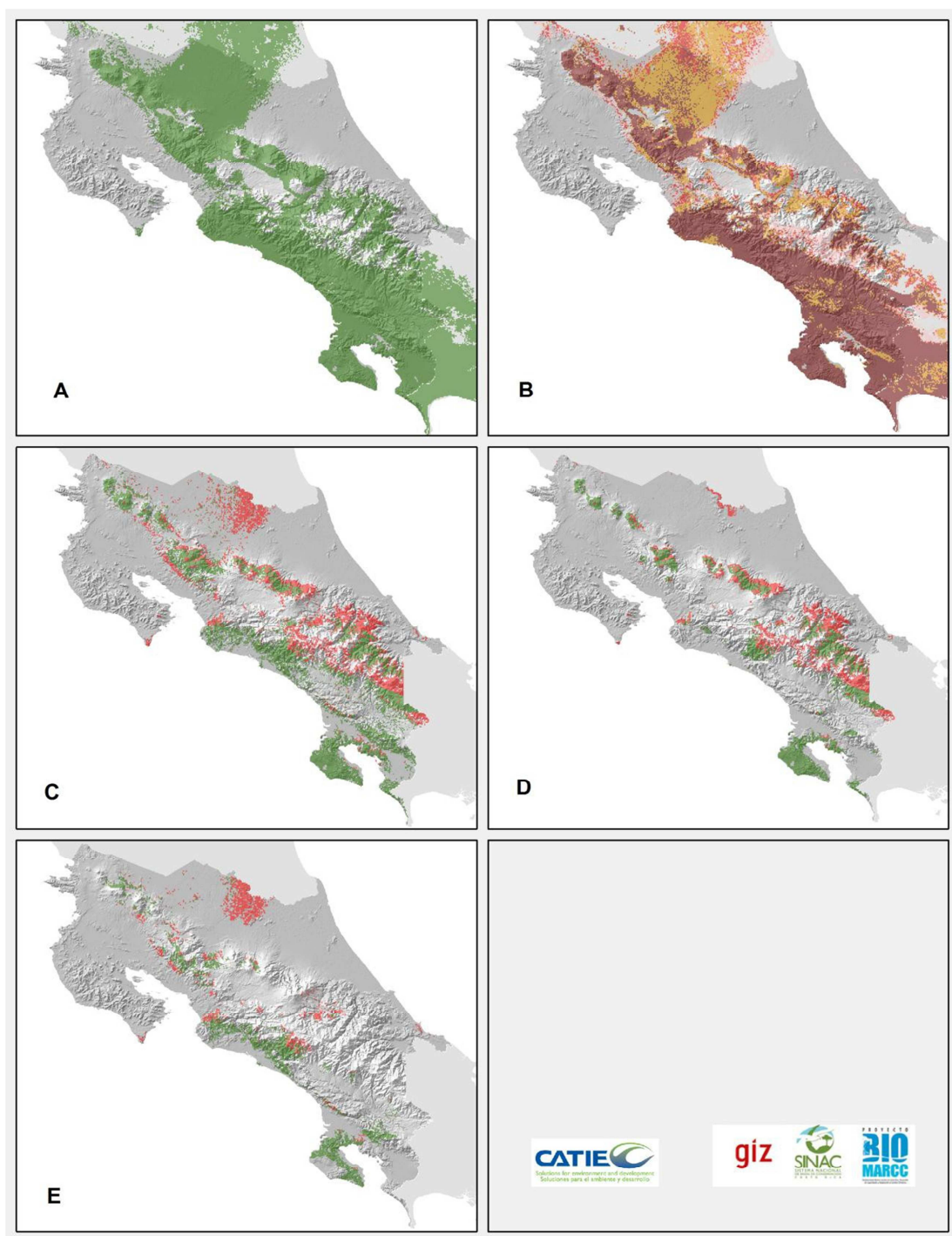
ANEXO



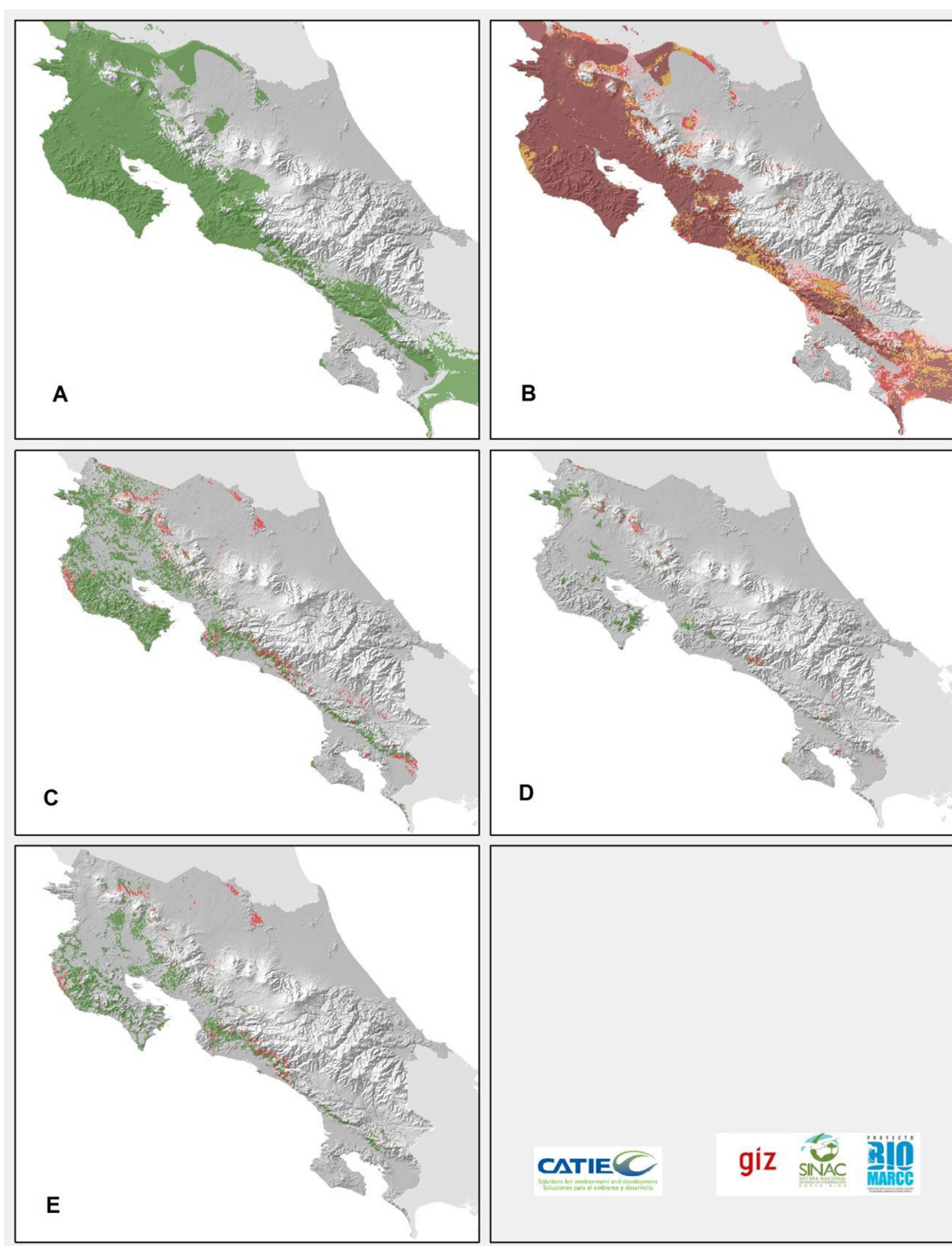
A. Distribución potencial actual de *Agonandra macrocarpa*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



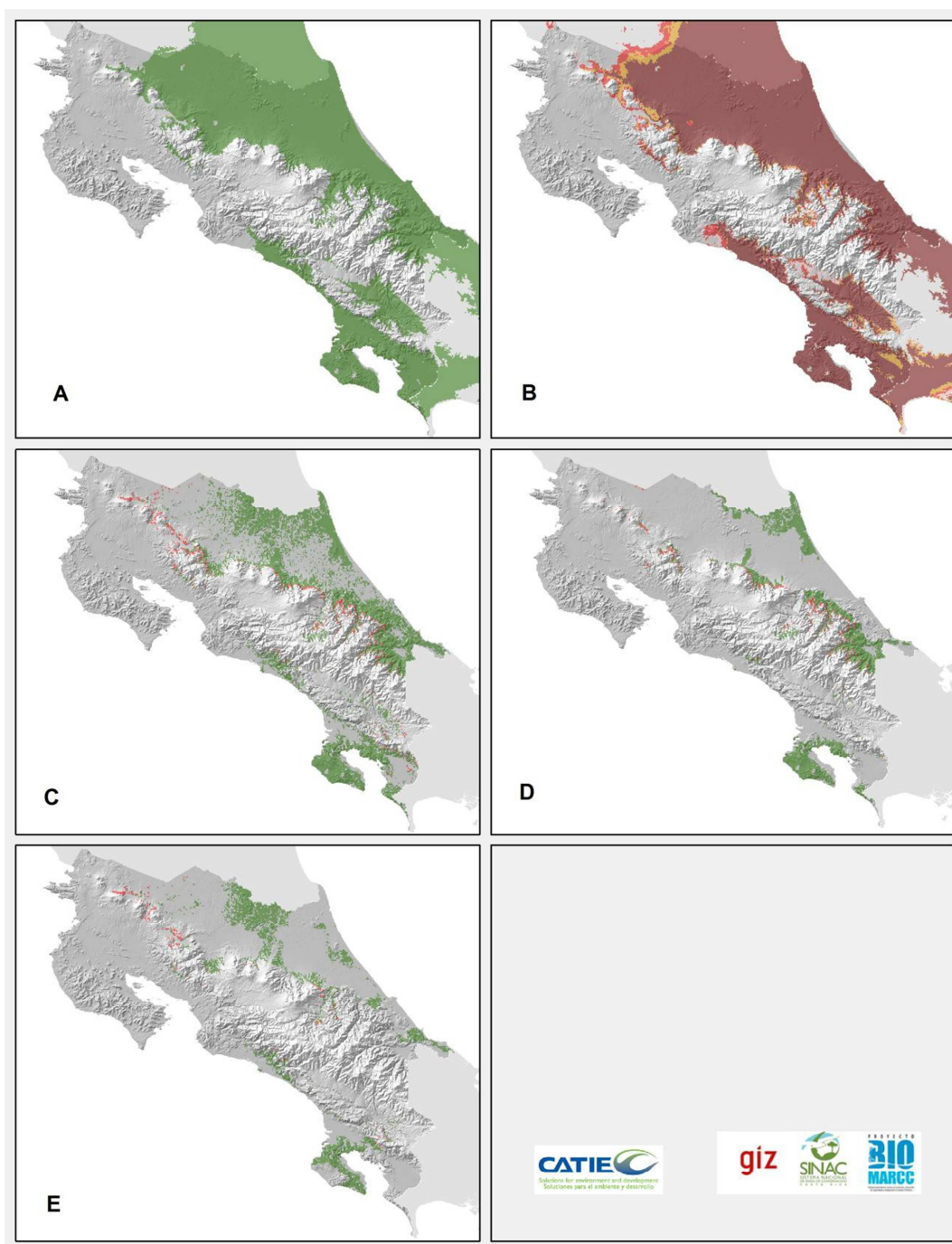
A. Distribución potencial actual de *Amphitecna isthmica*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



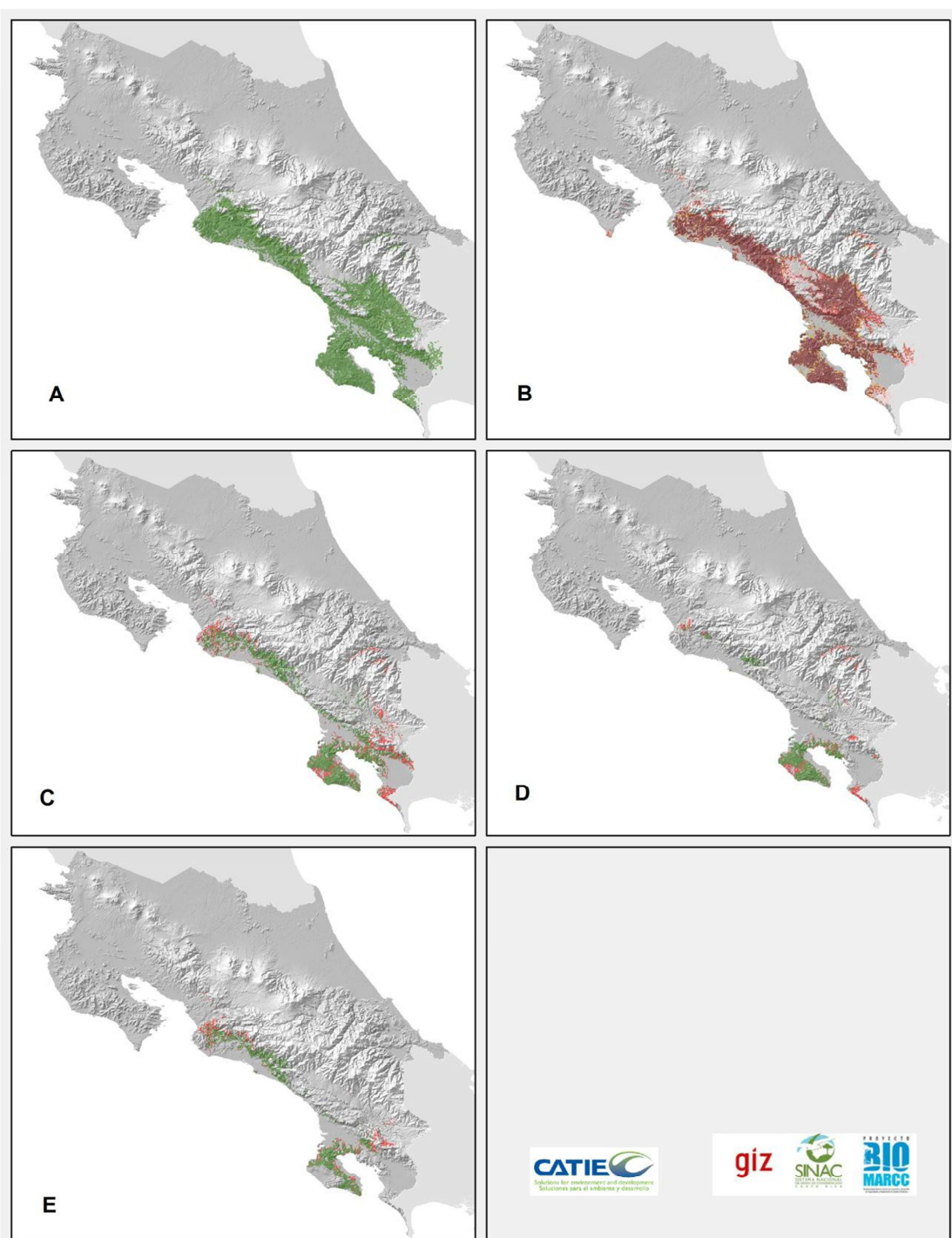
A. Distribución potencial actual de *Aspidosperma macrocarpon*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



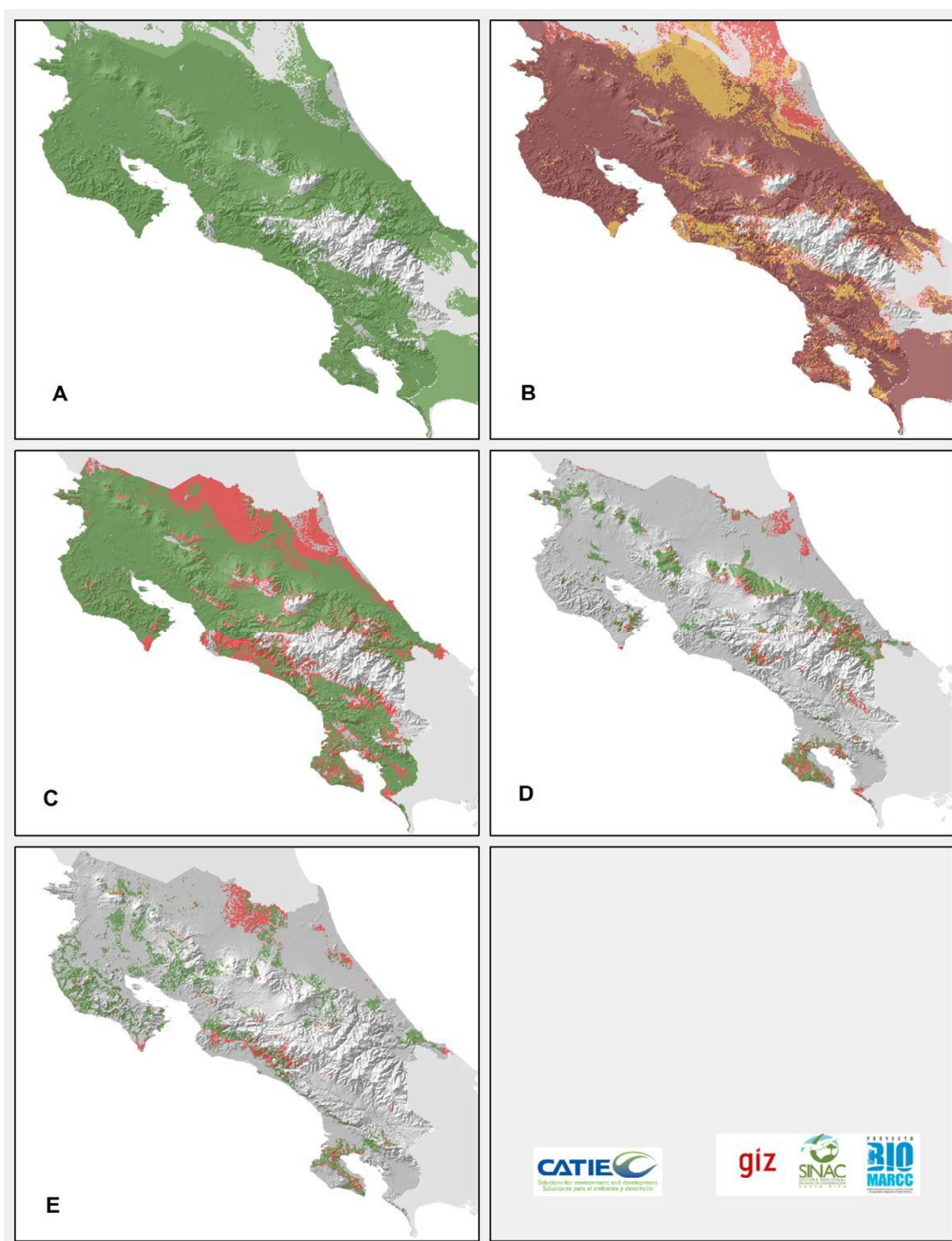
A. Distribución potencial actual de *Calycophyllum candidissimum*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



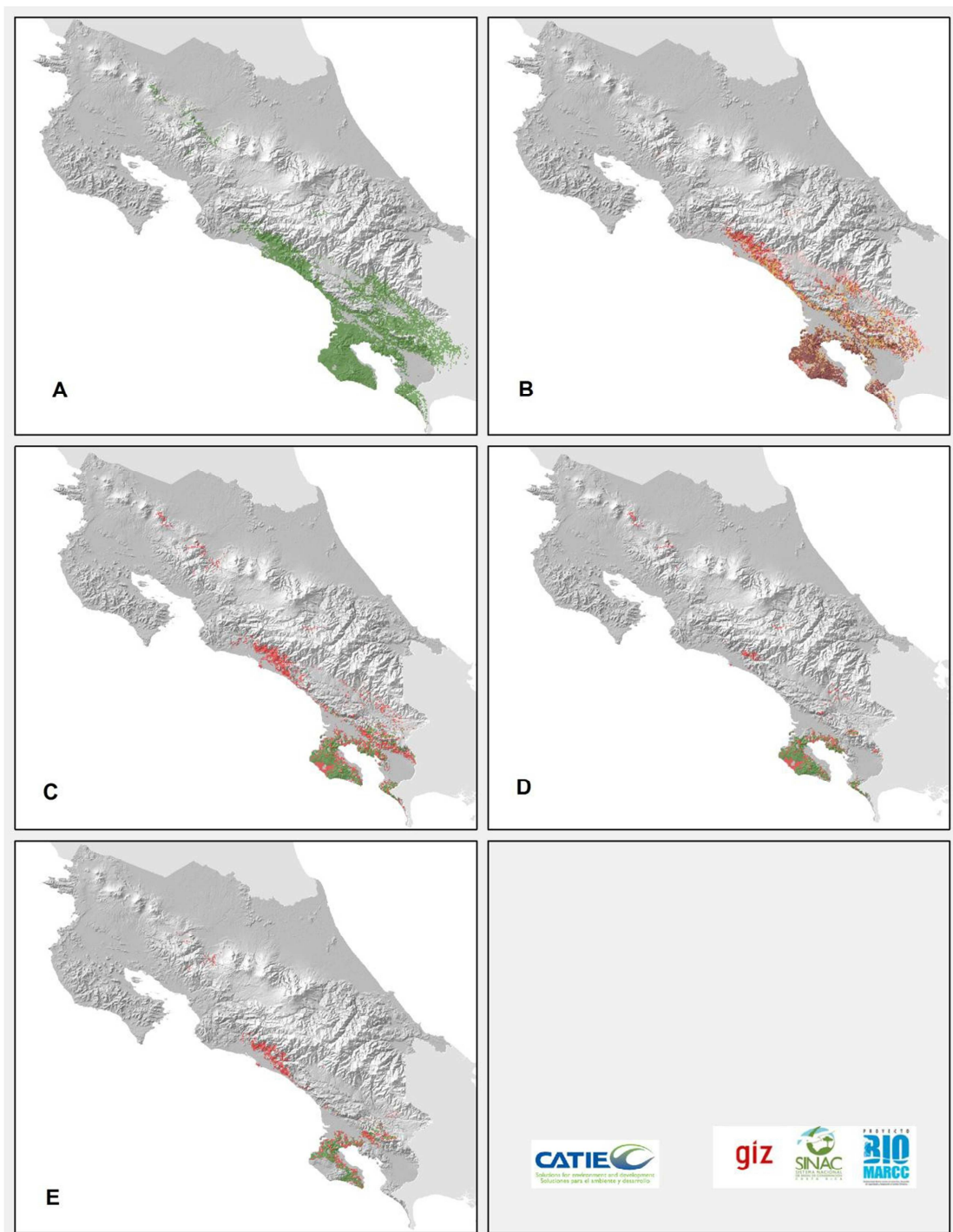
A. Distribución potencial actual de *Carapa guianensis*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



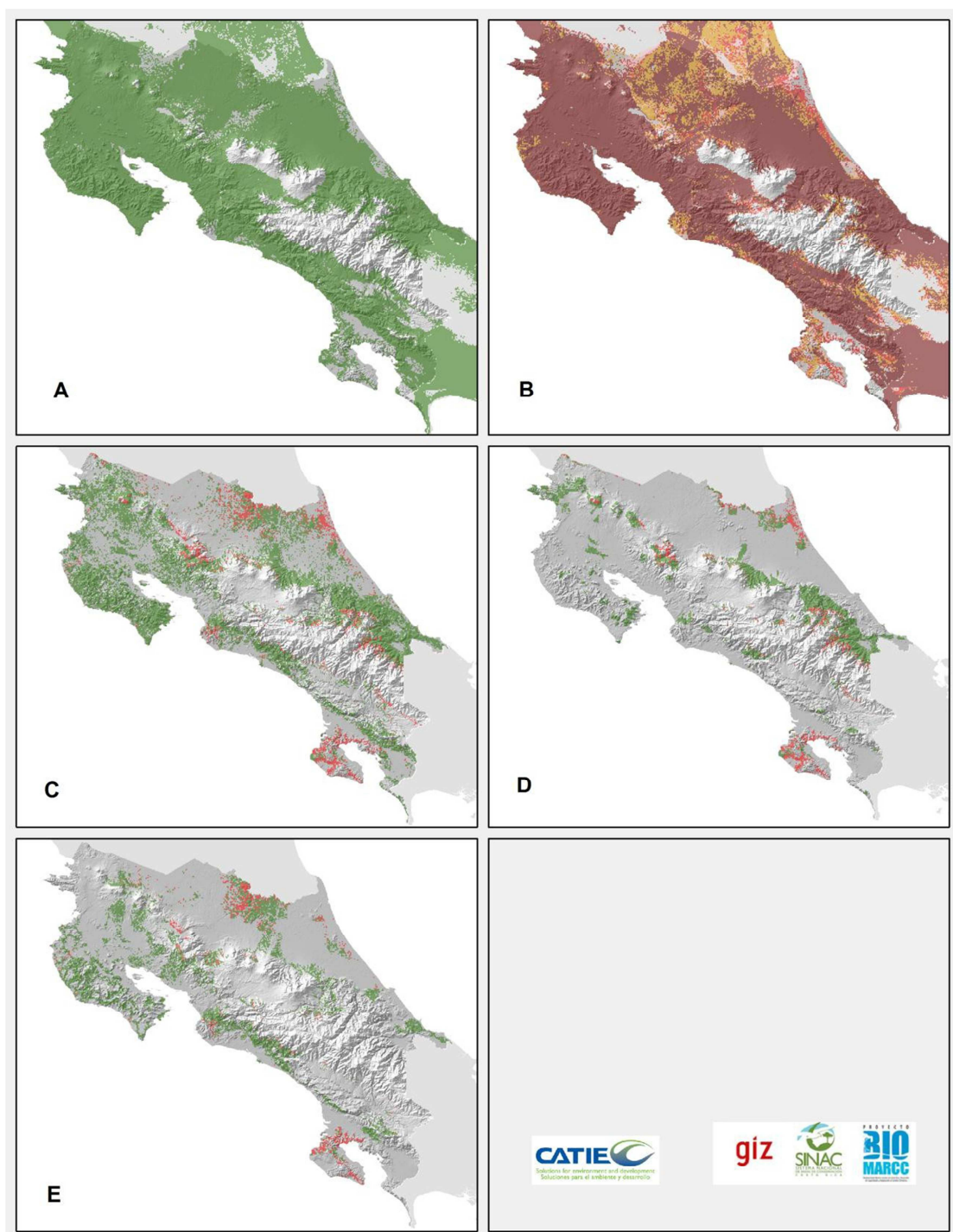
A. Distribución potencial actual de *Caryocar costarricense*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



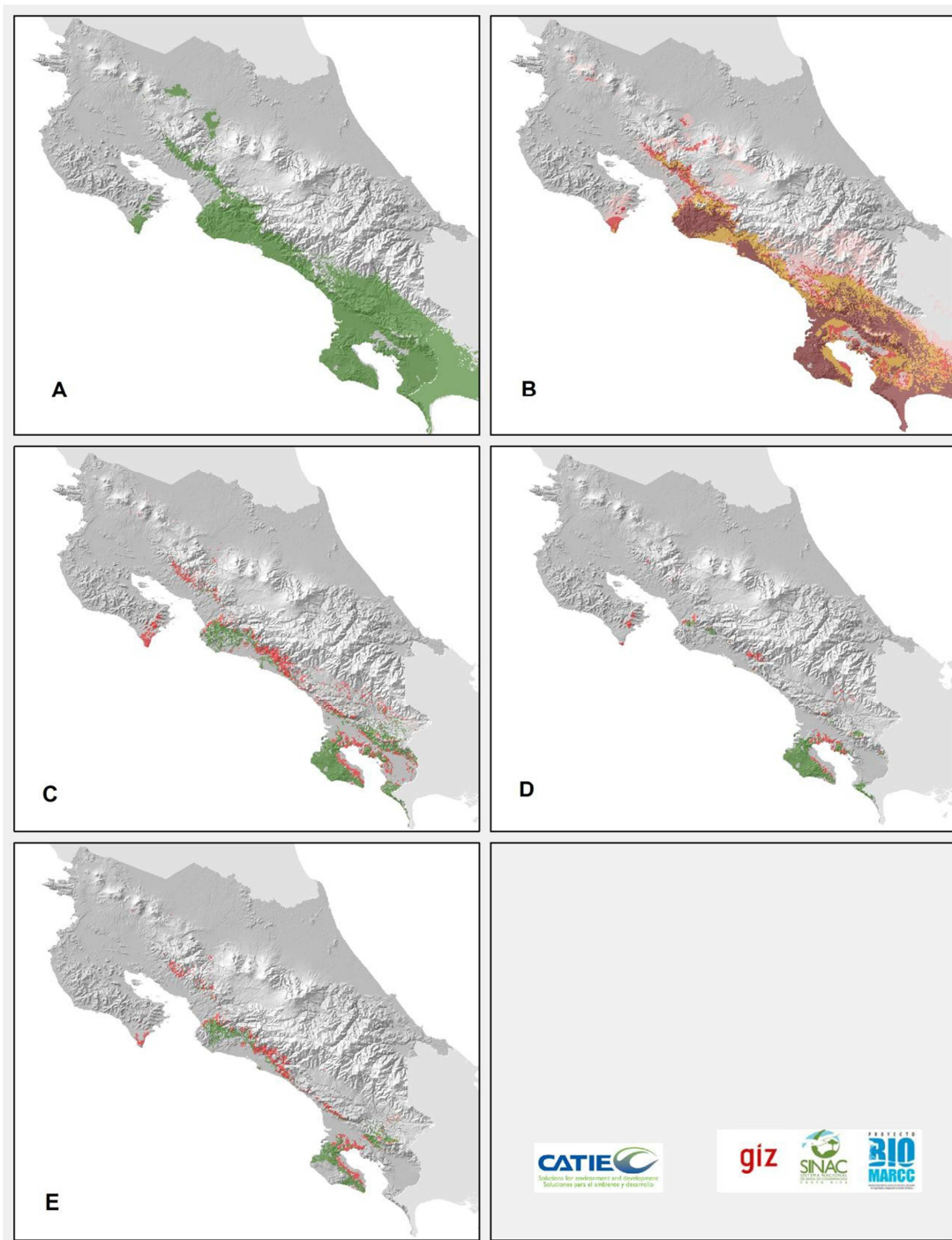
A. Distribución potencial actual de *Cedrela odorata*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



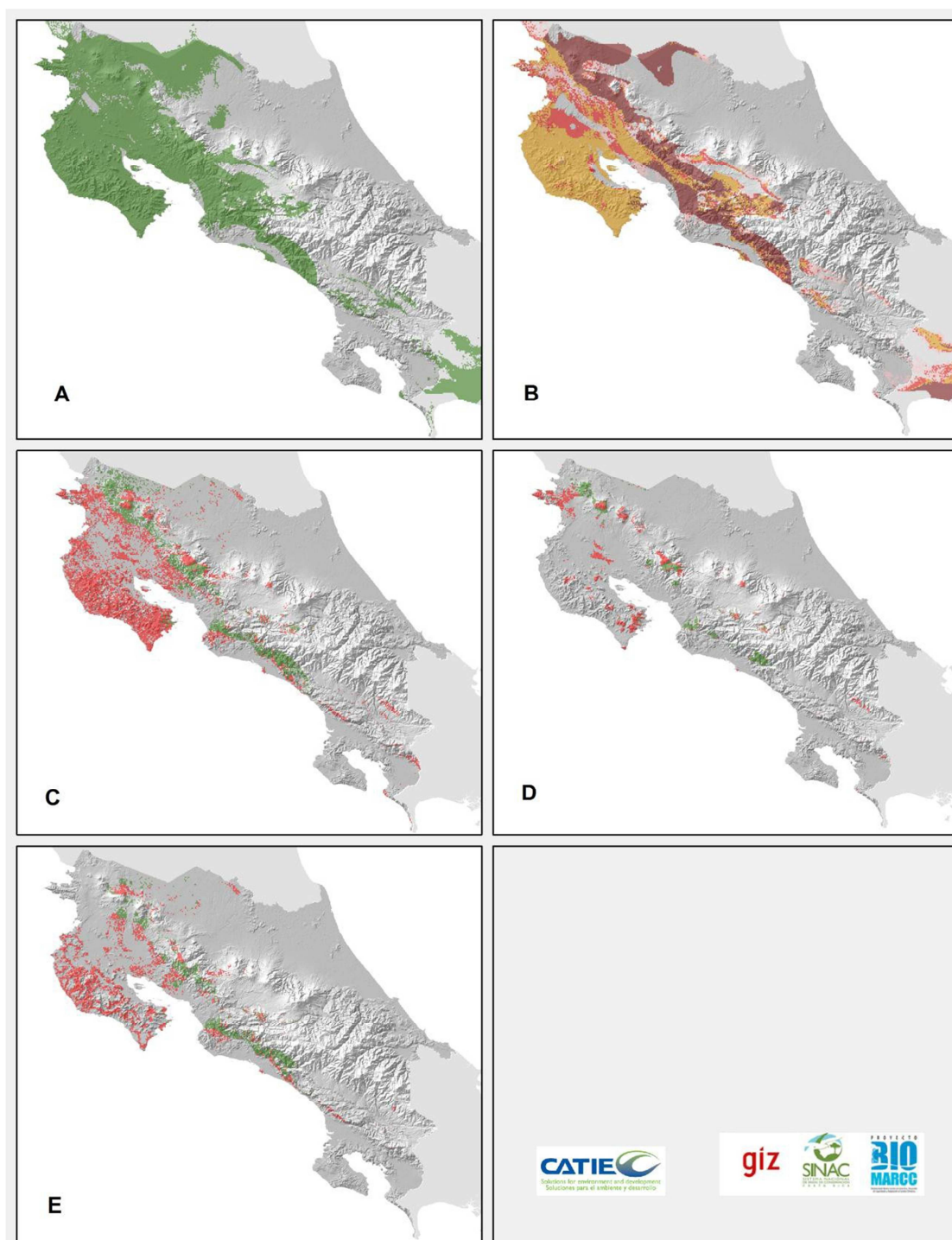
A. Distribución potencial actual de *Chaunochiton kappleri*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



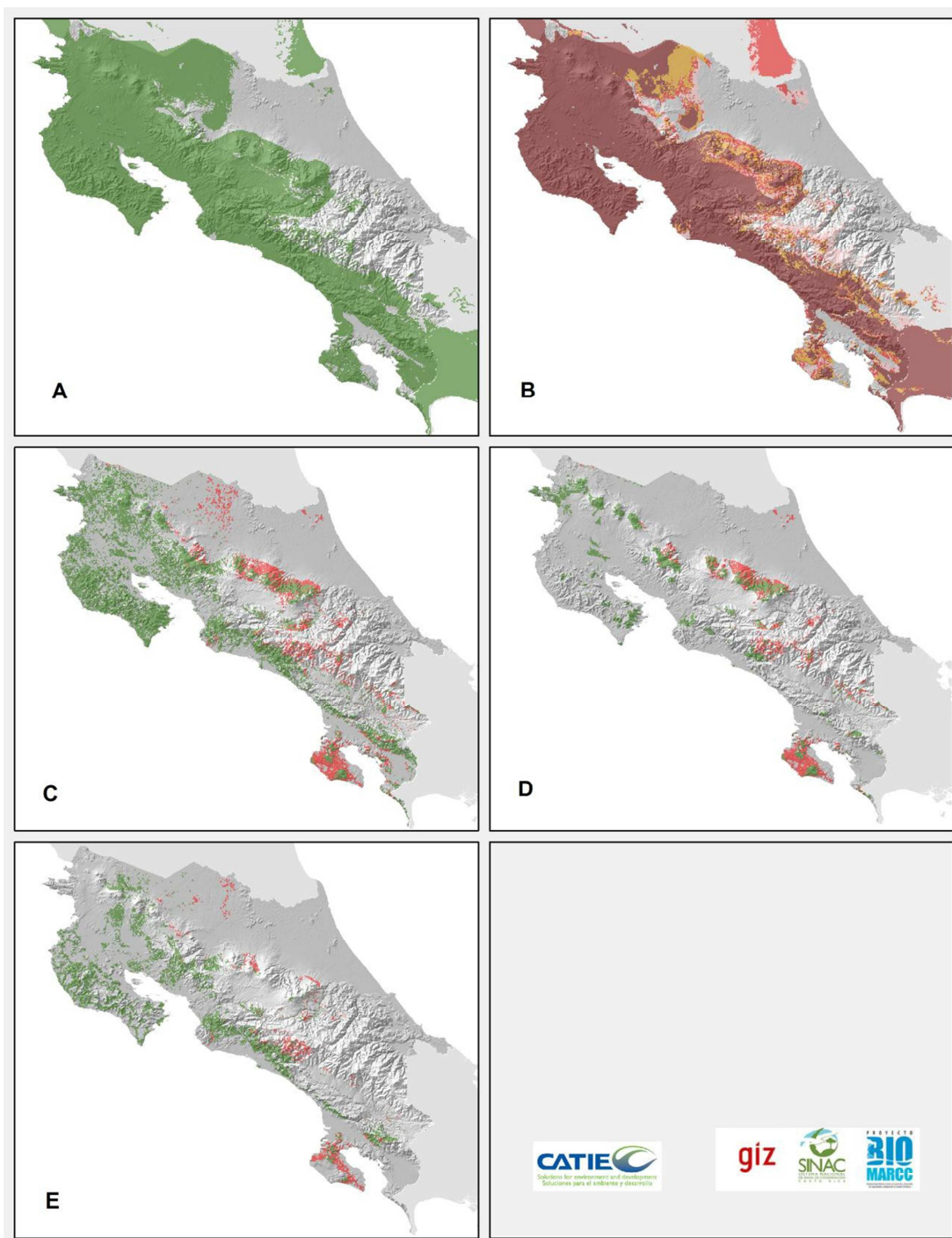
A. Distribución potencial actual de *Cordia alliodora*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



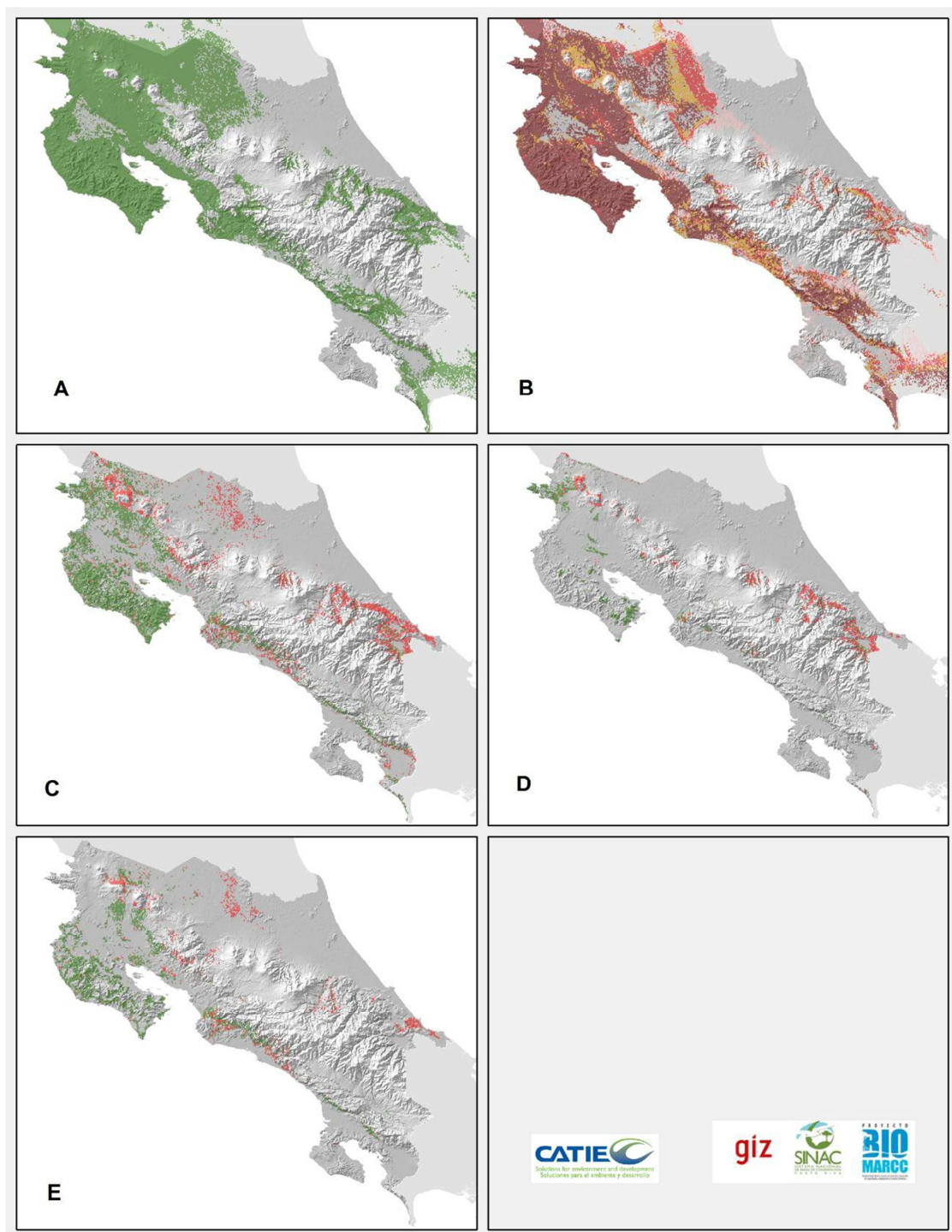
A. Distribución potencial actual de *Couratari guianensis*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



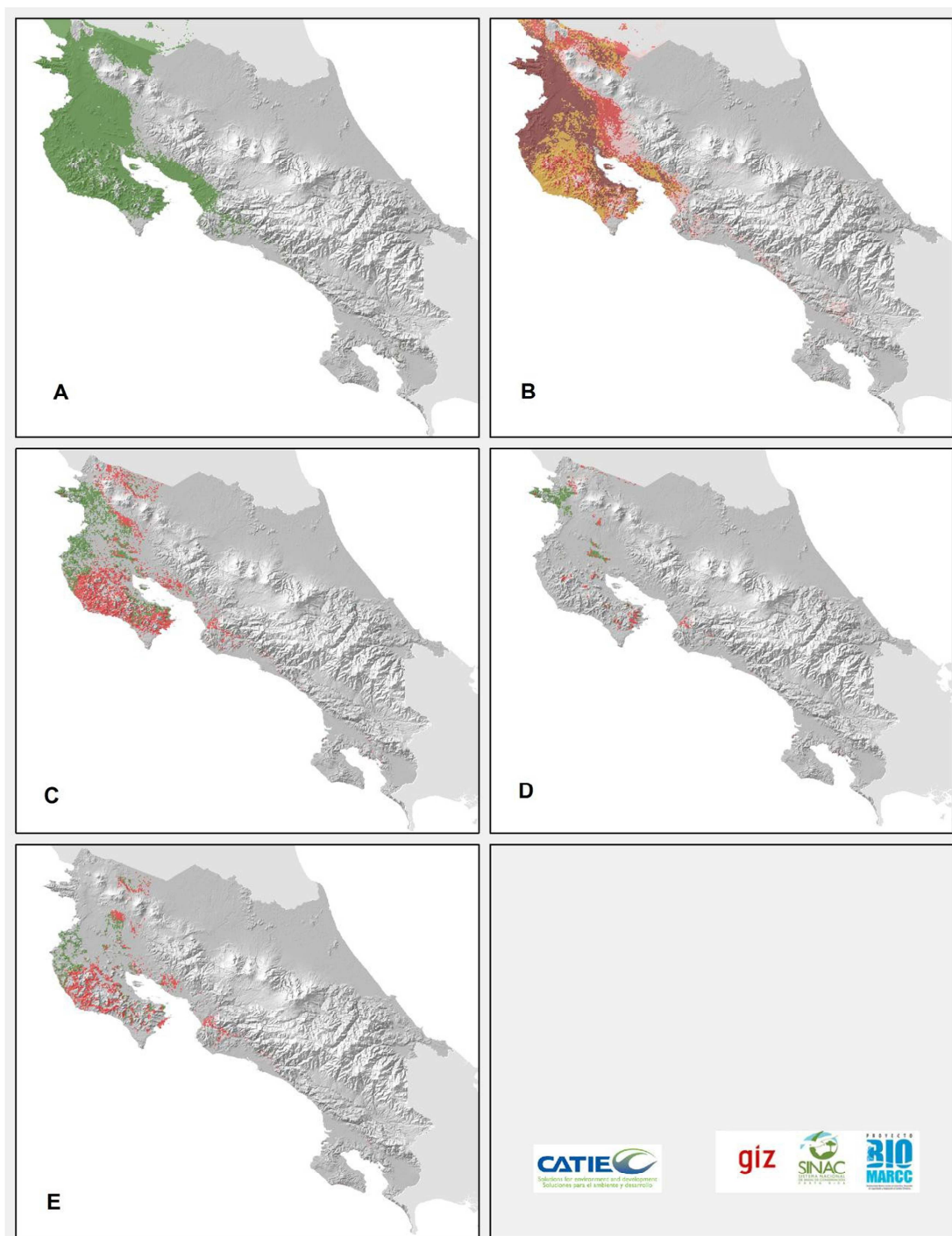
A. Distribución potencial actual de *Dalbergia retusa*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



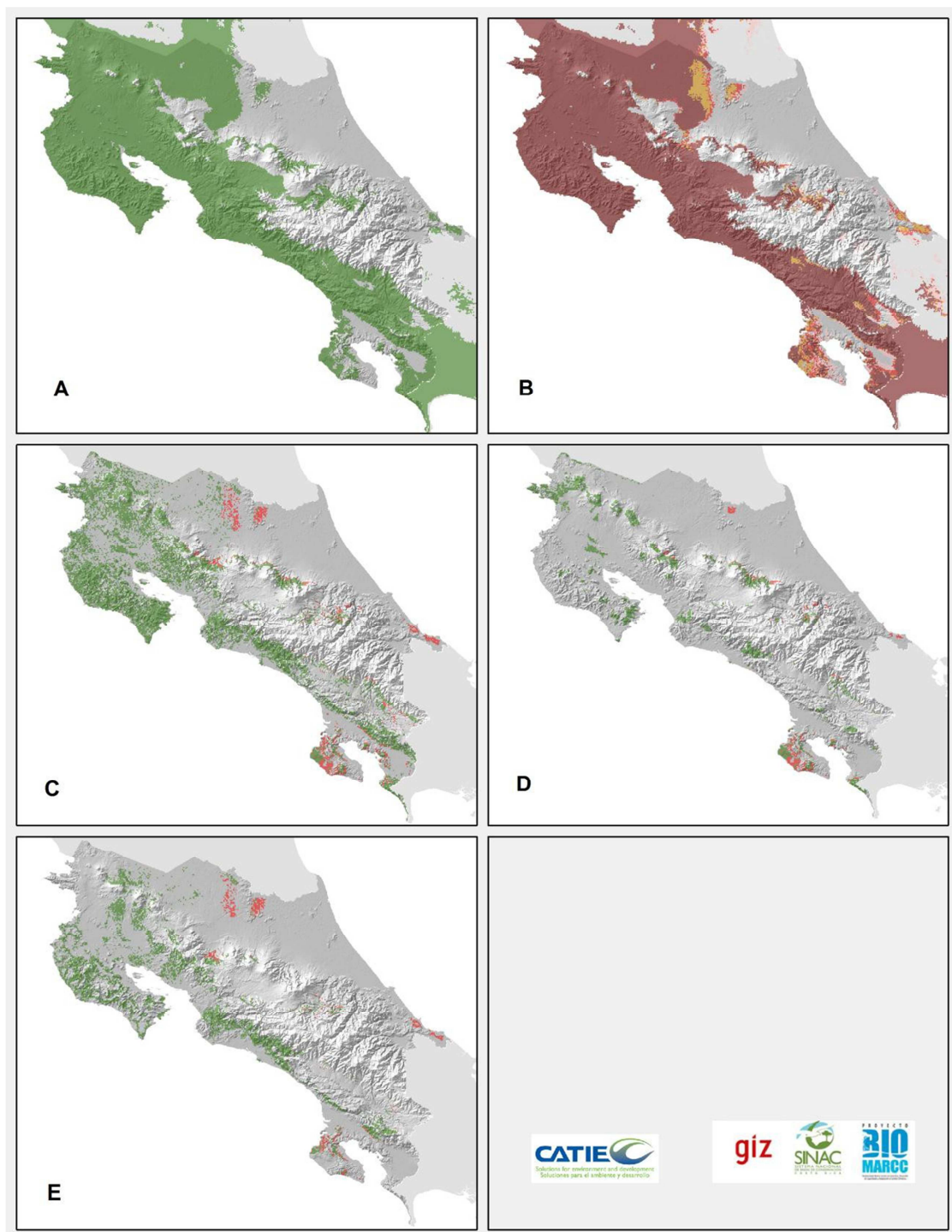
A. Distribución potencial actual de *Enterolobium cyclocarpum*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



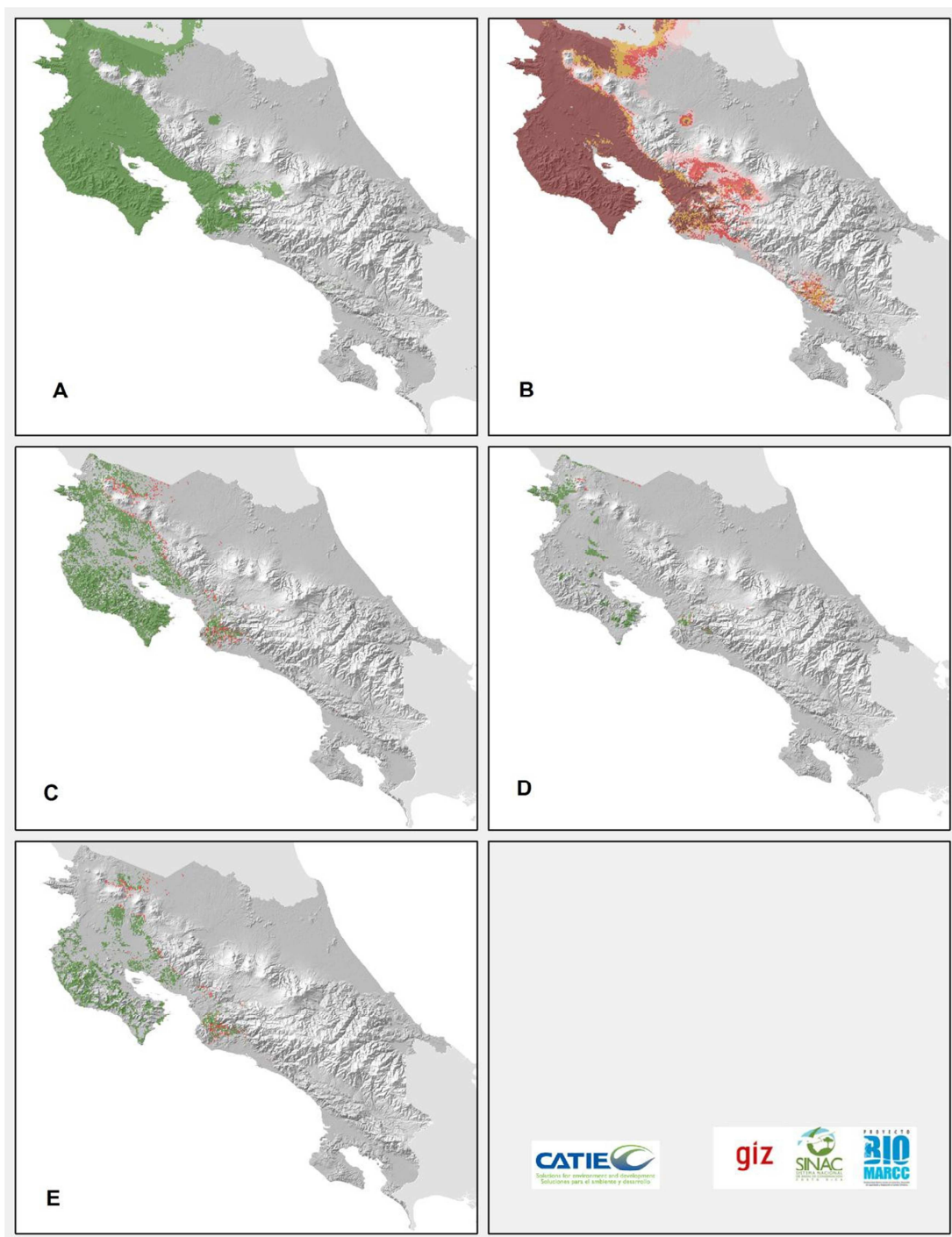
A. Distribución potencial actual de *Garcia nutans*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



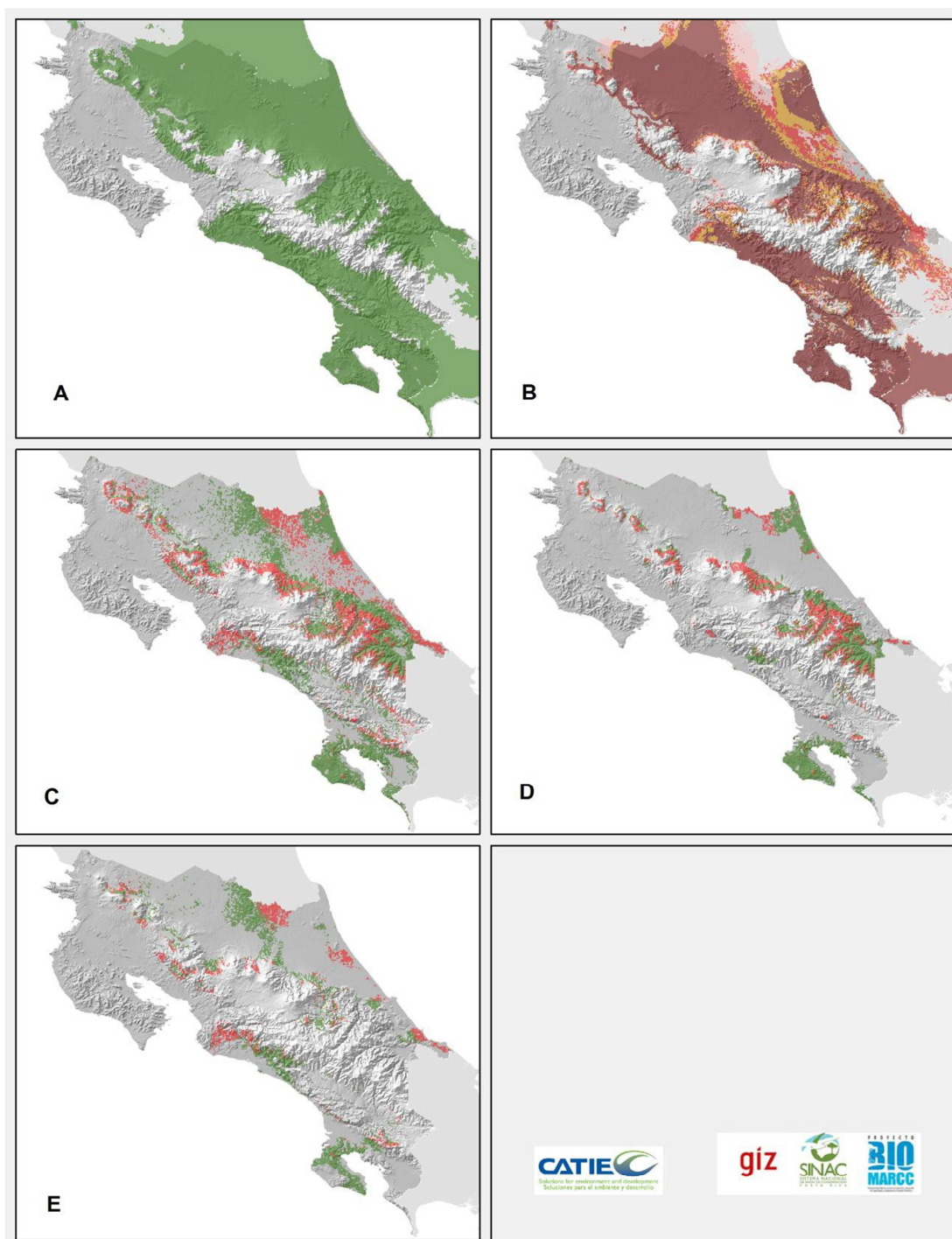
A. Distribución potencial actual de *Guaiacum sanctum*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



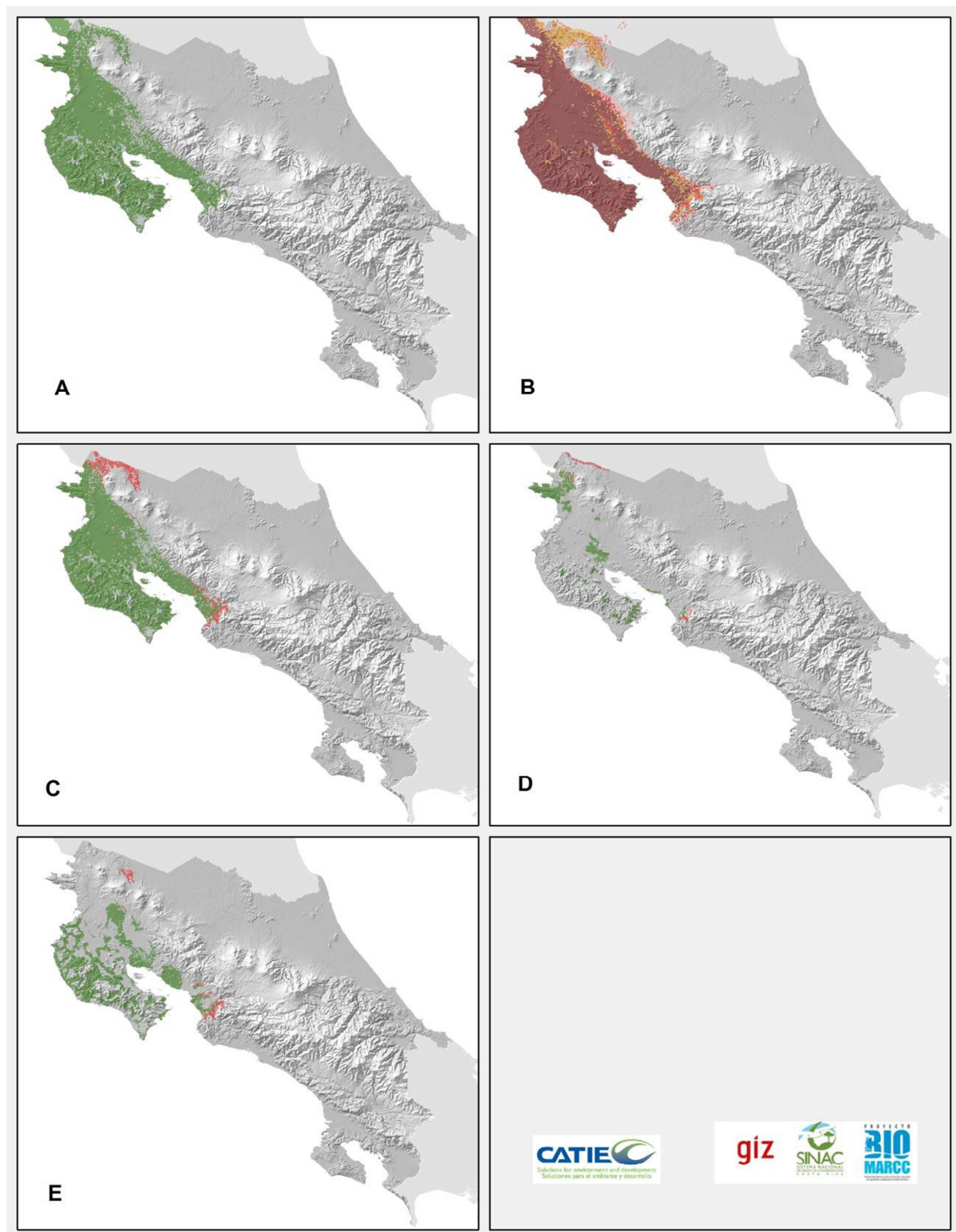
A. Distribución potencial actual de *Guazuma ulmifolia*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



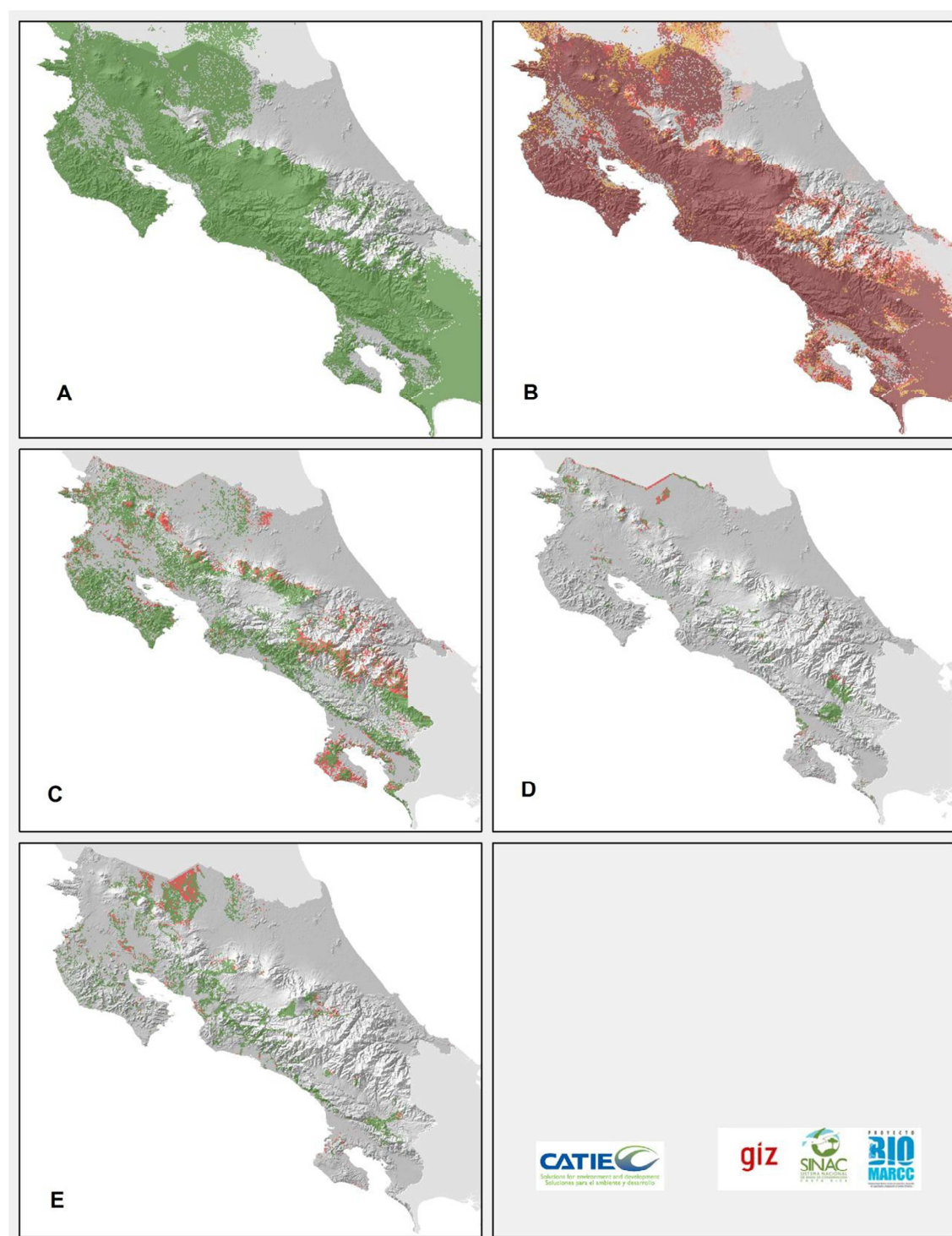
A. Distribución potencial actual de *Swietenia humilis*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



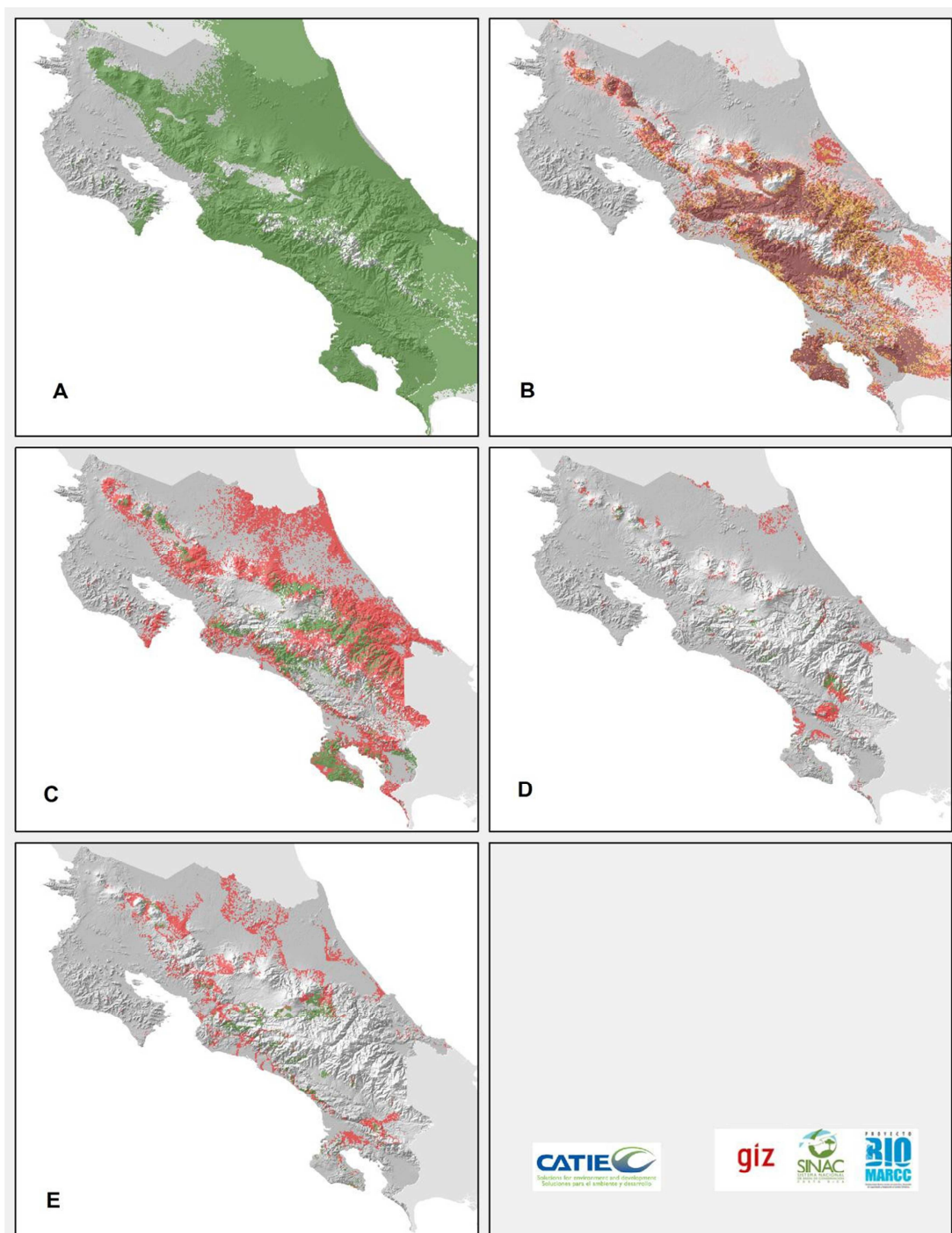
A. Distribución potencial actual de *Hyeronima alchorneoides*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



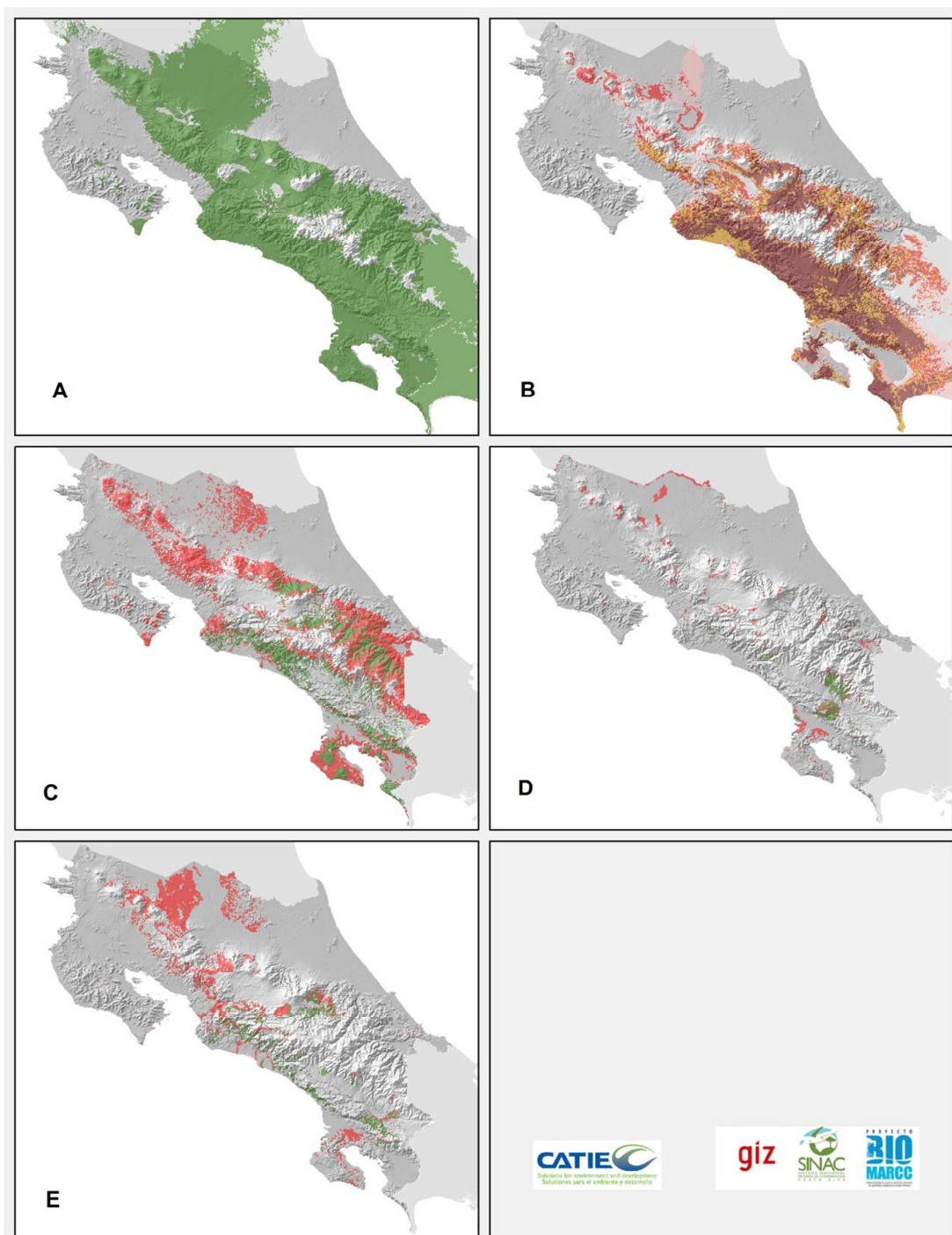
A. Distribución potencial actual de *Lonchocarpus phaseolifolius*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



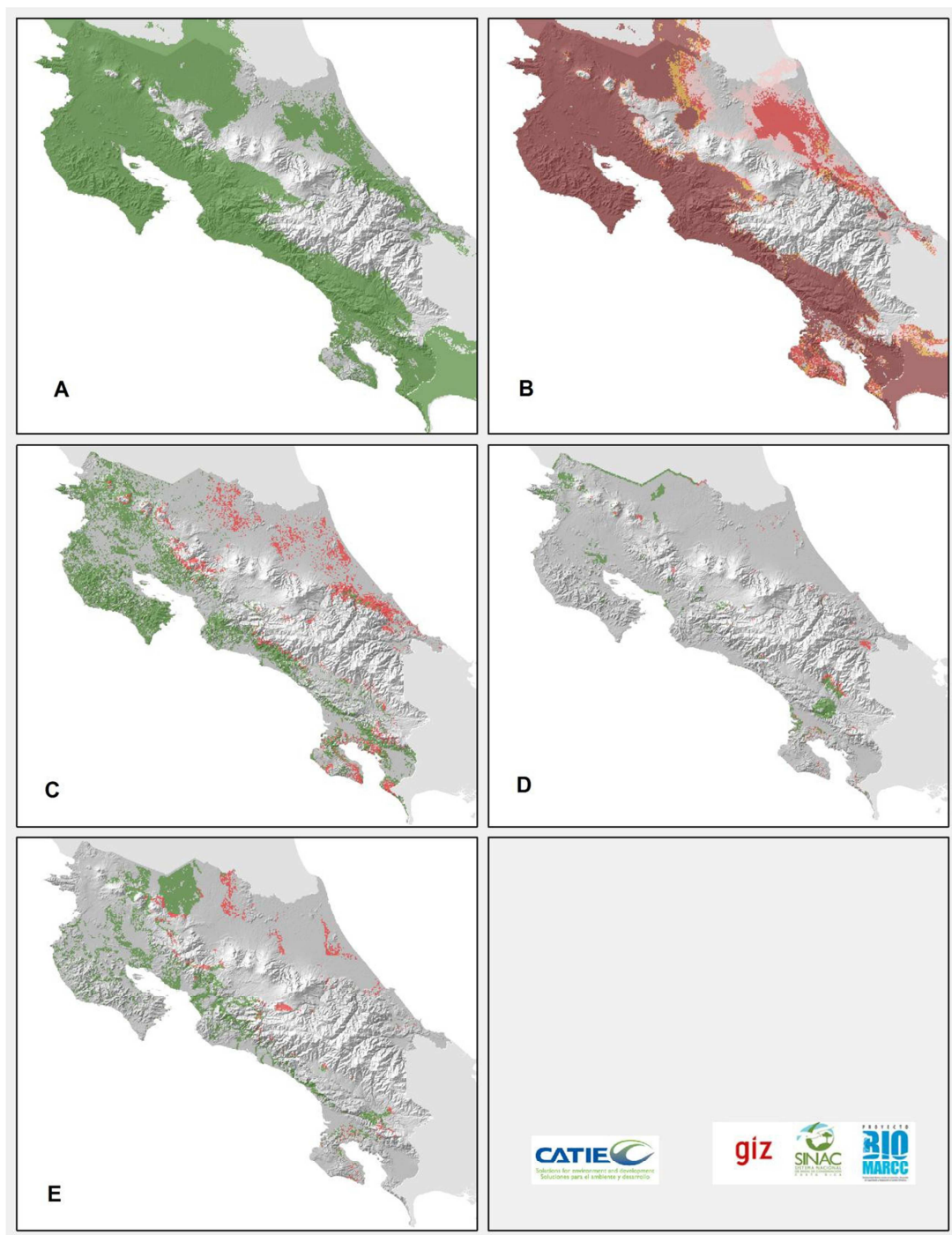
A. Distribución potencial actual de *Myroxylon balsamum*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



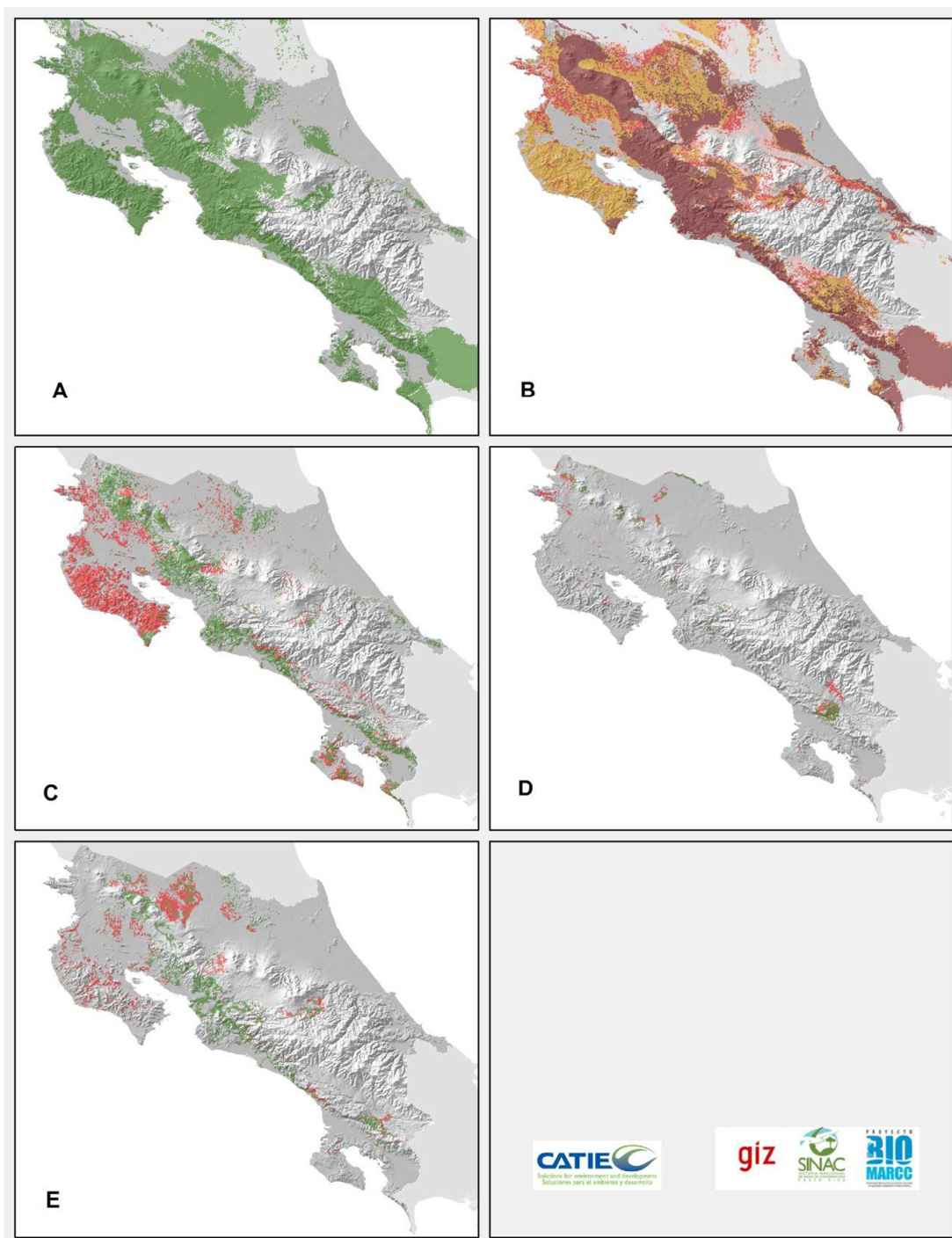
A. Distribución potencial actual de *Otoba novogranatensis*. B. Incertidumbre en la en modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



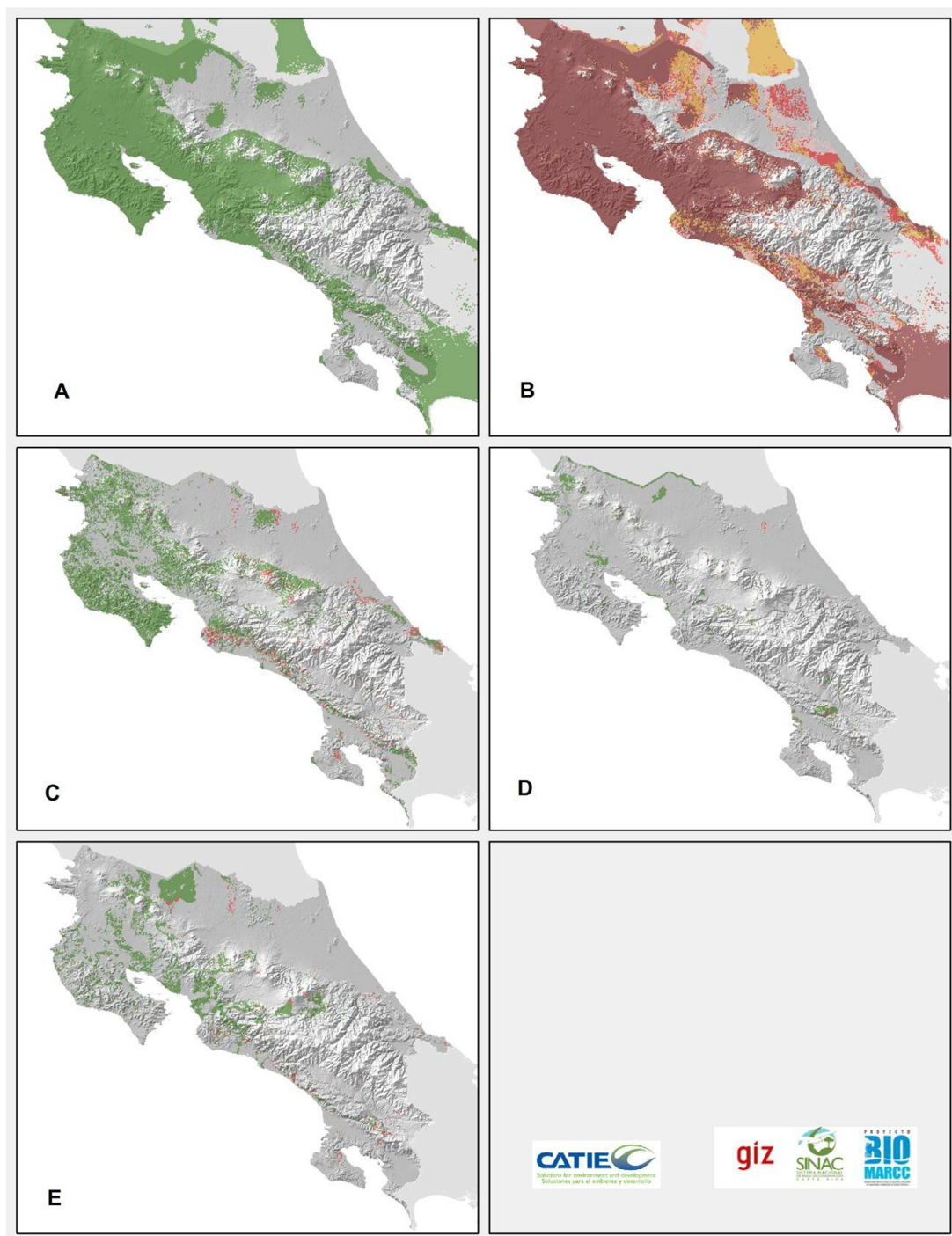
A. Distribución potencial actual de *Platymiscium pinnatum*. B. Incertidumbre en la en modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



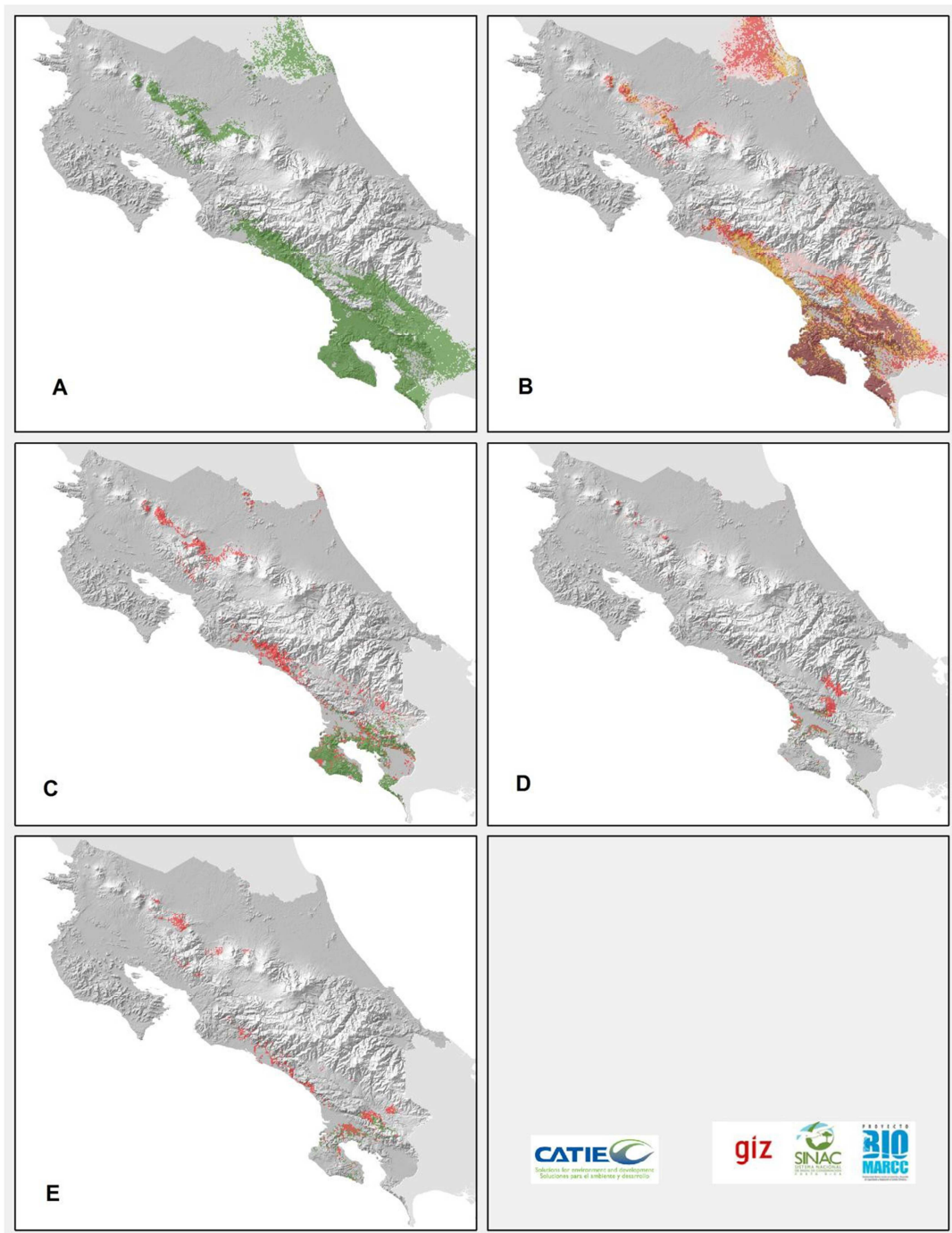
A. Distribución potencial actual de *Samanea saman*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



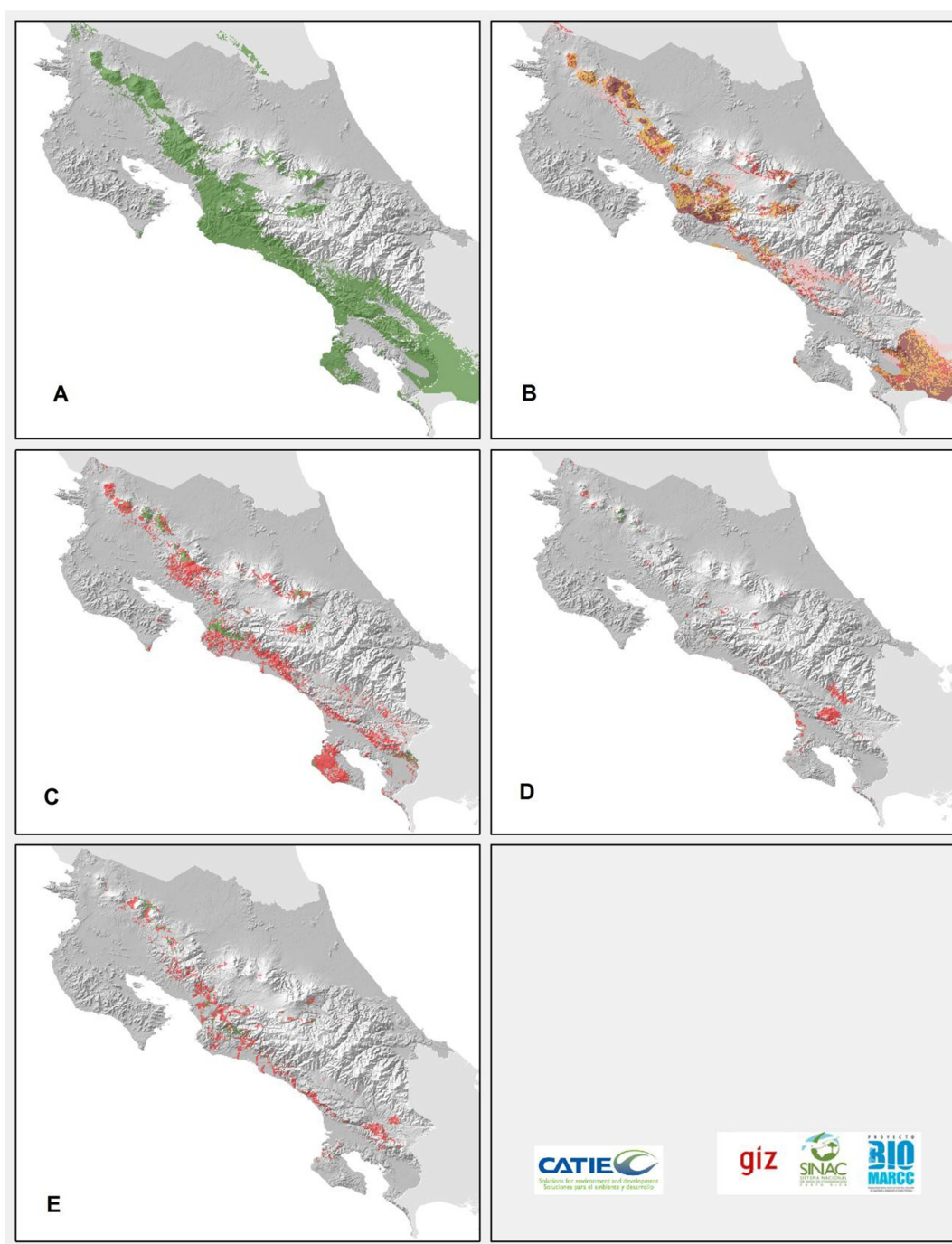
A. Distribución potencial actual de *Schizolobium parahyba*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



A. Distribución potencial actual de *Tabebuia rosea*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



A. Distribución potencial actual de *Tetrathylacium macrophyllum*. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.



A. Distribución potencial actual de *Tocoyna pittieri*. B. Incertidumbre en la modelación futura potencial (color marrón para 4 modelos). C. Áreas perdidas (color rojo) y mantenidas (color verde) en la distribución futura potencial. D. Áreas perdidas y mantenidas en áreas protegidas. E. Áreas perdidas y mantenidas en corredores biológicos.