

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGÍA**



TESIS DE GRADO

**“EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL DE ESPECIES FORESTALES EN LA REGIÓN MADIDI
PARA EL PERIODO 2020 Y 2050”**

Presentado por:
EBER RENJIFO PATANA

**La Paz –Bolivia
2015**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGÍA

**EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL DE ESPECIES FORESTALES EN LA REGIÓN MADIDI
PARA EL PERIODO 2020 Y 2050**

Tesis de grado presentado como requisito parcial
para optar el título de licenciatura en Ciencias Biológicas

Presentado por:

EBER RENJIFO PATANA

Tutor Científico:

Ph.D. Kazuya Naoki

Tribunal Examinador:

M.Sc. Guillermina Miranda Torrez

Ing. Leslie Cayola Pérez

Agradecimientos

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me ha enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre Elsa por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mi padre Félix quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos Lidson, Ivonne y Bismar quienes siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo. A Carol Por su amor y comprensión durante el tiempo a mi lado.

A mis tíos Víctor y Jhanet quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Al Proyecto “Inventario Florístico de la Región Madidi” del Herbario Nacional de Bolivia (LPB) y el Missouri Botanical Garden (MO), por el apoyo económico y logístico brindado.

De manera especial a Dr. Peter Jørgensen, gracias a su gran apoyo en la culminación de la presente, gracias por la confianza brindada.

Agradezco en particular al Ph.D. Kazuya Naoki, por su apoyo moral, por su profesionalismo y cooperación constante durante la elaboración de mi tesis.

A los miembros del tribunal revisor: Ing. Guillermina Miranda Torrez e Ing. Lesly Cayola Pérez por las sugerencias, correcciones y recomendaciones que contribuyeron a mejorar el presente trabajo de investigación.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	2
II. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	4
III. OBJETIVO GENERAL	7
1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
IV. MÉTODOS	8
1. ÁREA DE ESTUDIO.....	8
2. SELECCIÓN DE VARIABLES	10
3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	11
4. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN	12
5. DISTRIBUCIÓN FUTURA	13
6. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ANÁLISIS ESPACIAL	13
7. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN	13
V. RESULTADOS	15
1. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL	15
2. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN	16
3. DISTRIBUCIÓN FUTURA	16
4. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	22
VI. DISCUSIONES	55
VII. CONCLUSIONES	58
1. IMPLICANCIAS PARA LA CONSERVACIÓN	60
VIII. RECOMENDACIONES	62
IX. BIBLIOGRAFÍA	63
X. ANEXO	75
1. ESPECIES FORESTALES EN LA REGIÓN MADIDI.....	75
2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR ESPECIE.....	77
1. Distribución potencial actual y futura de <i>Alchornea glandulosa</i> en la Región Madidi. (Fig.5).....	77
2. Distribución potencial actual y futura de <i>Amburana cearensis</i> en la Región Madidi. (Fig.6).....	78
3. Distribución potencial actual y futura de <i>Ampelocera ruizii</i> en la Región Madidi. (Fig.7).....	80
4. Distribución potencial actual y futura de <i>Anadenanthera colubrina</i> en la Región Madidi. (Fig.8).....	81

5. Distribución potencial actual y futura de <i>Beilschmiedia towarensis</i> en la Región Madidi. (Fig. 9).....	82
6. Distribución potencial actual y futura de <i>Brunellia rhoides</i> en la Región Madidi. (Fig. 10)	83
7. Distribución potencial actual y futura de <i>Cariniana estrellensis</i> en la Región Madidi. (Fig. 11).....	84
8. Distribución potencial actual y futura de <i>Cedrela fissilis</i> en la Región Madidi. (Fig. 12).....	86
9. Distribución potencial actual y futura de <i>Clethra ferruginea</i> en la Región Madidi. (Fig. 13)	87
10. Distribución potencial actual y futura de <i>Dalbergia frutescens</i> en la Región Madidi. (Fig. 14).....	88
11. Distribución potencial actual y futura de <i>Escallonia myrtilloides var. patens</i> en la Región Madidi. (Fig. 15)	90
12. Distribución potencial actual y futura de <i>Handroanthus impetiginosus</i> en la Región Madidi. (Fig. 16).....	91
13. Distribución potencial actual y futura de <i>Hieronyma moritziana</i> en la Región Madidi. (Fig. 17).....	92
14. Distribución potencial actual y futura de <i>Juglans boliviana</i> en la Región Madidi. (Fig. 18)	93
15. Distribución potencial actual y futura de <i>Machaerium pilosum</i> en la Región Madidi. (Fig. 19).....	94
16. Distribución potencial actual y futura de <i>Machaerium scleroxylon</i> en la Región Madidi. (Fig. 20).....	96
17. Distribución potencial actual y futura de <i>Myrcia fallax</i> en la Región Madidi. (Fig. 21)	97
18. Distribución potencial actual y futura de <i>Nectandra laurel</i> en la Región Madidi. (Fig. 22)	98
19. Distribución potencial actual y futura de <i>Ocotea aciphylla</i> en la Región Madidi. (Fig. 23)	98
20. Distribución potencial actual y futura de <i>Podocarpus ingensis</i> en la Región Madidi. (Fig. 24).....	99
21. Distribución potencial actual y futura de <i>Podocarpus oleifolius</i> en la Región Madidi. (Fig. 25).....	100
22. Distribución potencial actual y futura de <i>Polylepis pepeii</i> en la Región Madidi. (Fig. 26)	101
23. Distribución potencial actual y futura de <i>Polylepis sericea</i> en la Región Madidi. (Fig. 27)	102

24.	Distribución potencial actual y futura de <i>Richeria grandis</i> en la Región Madidi. (Fig. 28)	103
25.	Distribución potencial actual y futura de <i>Schefflera trollii</i> en la Región Madidi. (Fig. 29)	104
26.	Distribución potencial actual y futura de <i>Schinopsis brasiliensis</i> en la Región Madidi.(Fig. 30)	105
27.	Distribución potencial actual y futura de <i>Symplocos fimbriata</i> en la Región Madidi.(Fig. 31)	107
28.	Distribución potencial actual y futura de <i>Trichilia elegans</i> en la Región Madidi. (Fig. 32)	108
29.	Distribución potencial actual y futura de <i>Vallea stipularis</i> en la Región Madidi. (Fig. 33)	108
30.	Distribución potencial actual y futura de <i>Weinmannia fagaroides</i> en la Región Madidi. (Fig. 34)	109
31.	Distribución potencial actual y futura de <i>Weinmannia pinnata</i> en la Región Madidi. (Fig. 35)	110
32.	Distribución potencial actual y futura de <i>Weinmannia sorbifolia</i> en la Región Madidi. (Fig. 36)	111

Resumen

La Región Madidi en el norte de La Paz, Bolivia, es considerada como un punto caliente de diversidad biológica entre ellos a sus recursos forestales de alto valor. El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución futura de especies forestales en la Región Madidi. Para esto, desarrollamos modelos de distribución potencial actual y futura para 32 especies forestales usando el programa Maxent. Los modelos de distribución potencial para las especies forestales generados por MAXENT tuvieron un buen desempeño. El estadístico AUC de los puntos de evaluación muestra un nivel bueno de ocurrencia para la distribución potencial actual. Para determinar el impacto del cambio climático sobre la distribución futura de las especies forestales empleamos los escenarios climáticos futuros HadCm3 (A2a-B2a) 2020 y 2050 respectivamente disponibles en WorldClim. La distribución futura de las especies forestales *Amburana cearensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Ocotea aciphylla* y *Trichilia elegans* determina una tendencia general de expansión del área de distribución hacia el sur representada como *nuevas áreas idóneas* esto en relación al área de distribución potencial actual. En contraste *Escallonia myrtilloides* var. *patens*, *Hieronyma moritziana*, *Nectandra laurel* y *Podocarpus oleifolius* especies cuyos modelos futuros determinan una reducción del área de ocupación *zonas de alto impacto* hacia el norte de la Región Madidi. Finalmente las especies *Alchornea glandulosa*, *Ampelocera ruizii*, *Beilschmiedia towarensis*, *Brunellia rhoides*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Clethra ferruginea*, *Dalbergia frutescens*, *Handroanthus impetiginosus*, *Juglans boliviana*, *Machaerium pilosum*, *Machaerium scleroxylon*, *Myrcia fallax*, *Podocarpus ingensis*, *Polylepis pepeii*, *Polylepis serícea*, *Richeria grandis*, *Schefflera trollii*, *Schinopsis brasiliensis*, *Symplocos fimbriata*, *Vallea stipularis* *Weinmannia fagaroides*, *Weinmannia pinnata* y *Weinmannia sorbifolia* a pesar de sufrir retracciones también ampliaran su área de distribución actual.

I. INTRODUCCIÓN

La Región Madidi es considerada como uno de los centros más diversos del mundo, llegando a considerarse como un punto caliente de biodiversidad (Myers *et al.* 2000, Brooks *et al.* 2002). Riqueza que ha sido atribuida, sobre todo, a tres factores históricos importantes: 1) el levantamiento de las cordilleras andinas durante una compleja serie de procesos orogénicos, 2) la conexión con América del Norte a través el istmo de Panamá, la cual permitió el intercambio biótico, y 3) las fluctuaciones climáticas, que dieron lugar a la fragmentación y al aislamiento de las poblaciones con la subsiguiente especiación y radiación adaptativa de muchos taxones (Hughes & Eastwood 2006, Kessler *et al.* 2011). Estas características han llevado al desarrollo de niveles notablemente altos de riqueza de especies y hábitats, lo que en conjunto ha conducido a estimaciones muy altas de biodiversidad para la región (Jorgensen *et al.* 2011, Tejedor *et al.* 2012).

Con respecto a la diversidad florística la Región Madidi, este representa uno de los más ricos del mundo (Myers *et al.* 2000, Brooks *et al.* 2002, Jorgensen *et al.* 2011). En este sentido, en la flora existen especies de valor forestal que podrían generar y sostener el desarrollo de la industria de bienes maderables y no maderables que generarían fuentes de trabajo e importantes ingresos a las poblaciones que habitan la región (De Walt *et al.* 1999, Byg & Balslev 2004). Asimismo son considerados como una tradicional fuente de múltiples recursos complementarios a la subsistencia diaria de los pueblos rurales, originarios e indígenas (Araujo & Zenteno 2006).

En cuanto al uso de recursos naturales en la región, estudios realizados por Macia *et al.* (2001) y Byg & Balslev (2004), indican que existe una relación entre la diversidad de especies y el tipo de uso, además de la disponibilidad del recurso. Varias especies son utilizadas por la población local, indígenas, campesinos y colonos, como fuente de alimento, medicina y material de construcción. Las resinas junto con la leña se utilizan como fuente energética o combustibles; las flores, frutos, semillas como alimentos, troncos, ramas y fibra de corteza son usados para la construcción (De Walt *et al.* 1999, Paniagua 2001).

Este punto crítico de biodiversidad es identificado también como una de las áreas de los trópicos más severamente amenazadas (Jetz *et al.* 2007). La Región Madidi, está constituido por ecosistemas frágiles debido a sus pendientes fuertes, que permiten una erosión extrema bajo régimen de lluvia fuerte (Bussmann 2002) que sumados a la colonización, deforestación, fragmentación y extracción de recursos maderables y no maderables producto de los asentamientos humanos provocaron, transformaciones e impactos que conducen la pérdida de biodiversidad y una alteración de estos ecosistemas (Pacheco *et al.* 2010, Tejedor *et al.* 2012).

Sin embargo en la última década se ha demostrado que el cambio climático también representa una de las amenazas más serias a la biodiversidad (Midgley *et al.* 2002, Thomas *et al.* 2004, Malcolm *et al.* 2006, Thuiller *et al.* 2006) y a los ecosistemas (Parmesan & Yohe 2003, Root *et al.* 2003). Este fenómeno está relacionado a la actividad humana que deriva en emisión de Gases de Efecto Invernadero misma que ha desplazado los ecosistemas naturales y se han transformado en campos de cultivo, zonas ganaderas, urbanas, industriales, etc. (O'rouke 2006). Estos cambios en el uso de suelo dieron como resultado la contaminación del agua, degradación de suelos, fragmentación de hábitats, explotación selectiva de recursos naturales, entre otros (Gitay *et al.* 2002) alterando la composición de la atmosfera y provocando una tendencia en el incremento de la temperatura de la tierra en los últimos 100 años que se conoce actualmente como el calentamiento global (IPCC 2001).

Considerando que las especies tienen asociado un rango térmico, de humedad y de radiación, relacionado con su fenología y fisiología. (Llorente *et al.* 1997). Estas variaciones climáticas pueden afectar seriamente a la distribución de las especies, como lo ha hecho en el pasado (Prado 1995).

En el presente estudio se entenderá como cambio climático a la variación estadística en el estado medio del clima o en su *variabilidad*, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). Esta variación se atribuye a procesos naturales

internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras (IPCC 2001).

Por otra parte especies forestales son considerados aquellos bienes maderables y no maderables. Los beneficios *maderables* corresponden a aquellos derivados del valor comercial de la madera de un bosque dado. Por otro lado, dentro de los beneficios *no maderables* se encuentran todos los derivados de bienes y servicios, diferentes de la madera, que son proporcionados por el bosque, son esenciales para el consumo directo y el comercio local, así como también, para las industrias de elaboración de productos que son objeto de comercio (Lampietti & Dixon 1995).

II. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

Estudios elaborados por (Araujo & Williams 2000, Thuiller *et al.* 2006, Pacheco *et al.* 2010) concuerdan en el hecho de que el incremento en el calentamiento global afecta a la biodiversidad en diferentes escalas y de diversas formas tales como: a) variaciones en los rangos de especies y en la composición de las comunidades, b) desplazamientos altimétricos y/o latitudinales de comunidades vegetales o ecosistemas, y c) cambios en el funcionamiento de los ecosistemas.

En Bolivia, el estudio realizado por Cuéllar & Ríos (2010) titulado: Efecto del Cambio Climático en la Distribución de los Parientes Silvestres de Cultivos en Bolivia, donde se trabajó con 13 especies pertenecientes a los géneros *Arachis*, *Chenopodium*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Phaseolus* y *Solanum*, las cuales tienen mayor importancia en relación a la seguridad alimentaria nacional y global, utilizando datos actuales y futuros de clima del programa DIVA-GIS y el algoritmo MAXENT, concluyo que no todas las especies se verán afectadas negativamente con el cambio climático en cuanto a su área potencial de distribución. Algunas como *Arachis krapovickasii* y *Manihot esculenta* estarán beneficiadas, al punto de estar en posibilidades de poder doblar su área de presencia.

En este contexto a nivel local y mundial una de las preocupaciones es la evidente pérdida de la biodiversidad y variaciones en la distribución de las especies (Balmford *et al.* 2005,

Pacheco 2010). Tales acontecimientos están relacionados a la actividad antropogénica (O'Rourke 2006). Debido a la rapidez con el que se presenta estos cambios, se espera que tenga diferentes efectos sobre los ecosistemas y la biodiversidad (IPCC 2007), entre los que se incluyen cambios latitudinales, altitudinales, así como de expansión o de contracción de la distribución de las especies y ecosistemas (Thuiller *et al.* 2006, Forister *et al.* 2010, Sinervo *et al.* 2010).

Según Thomas *et al.* (2004) se estima la extinción de las especies conocidas en 18 - 35 % con un cambio climático mínimo y máximo respectivamente. De acuerdo al IV Informe del IPCC, aproximadamente el 20 - 30% de las especies de plantas y animales posiblemente se encontraran en un aumento de peligro de extinción si la temperatura global media se excede en 1.5 - 2.5° C (IPCC 2007). Estas proyecciones son preocupantes especialmente en áreas que se caracterizan por poseer una alta riqueza de biodiversidad, con elevadas tasas de destrucción de hábitats naturales como es el caso de la Región Madidi.

En este sentido una de las prioridades de los países que integran la cadena montañosa de Los Andes, es el establecimiento y manejo adecuado de las áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad (Myers *et al.* 2000, Olson & Dinerstein 2001). Sin embargo existen grandes vacíos en el conocimiento de los bosques tropicales en los que se incluye: listado de especies (Célleri & Feyen 2009), interacciones entre especies y factores que determinan la vulnerabilidad de las diferentes especies, tales como la densidad de población humana, las características biológicas y ecológicas y los requerimientos fisiológicos (Tiessen 2011) sumado al escaso conocimiento que se tiene sobre las respuestas a los efectos potenciales del cambio climático (Vuille *et al.* 2003, Anderson *et al.* 2011, Young *et al.* 2011).

Se trata por tanto, de uno de los ecosistemas menos conocidos en los trópicos (Stadtmüller 1986, Gentry 1995, Ataroff & Rada 2000, Kessler 2000). No obstante, se han llevado a cabo iniciativas de investigación en algunos países que han permitido conocer mejor los bosques tropicales en términos de su composición florística (Rangel 2000, Blundo *et al.* 2012), tal es el caso de Bolivia con la implementación del proyecto Inventario Florístico

de la Región Madidi (Jørgensen *et al.* 2011). Sin embargo la limitada información es un dilema para quienes tienen que tomar decisiones sobre la conservación y el manejo de la vida silvestre. (Tejedor *et al.* 2012).

Para anticipar a estas amenazas y priorizar acciones de conservación, a nivel mundial se han venido desarrollando una serie de herramientas para la simulación de los impactos que los cambios en el clima podrían ocasionar a los ecosistemas y por consecuencia a las especies (Parmesan & Yohe 2003, Delgado 2008). Entre estos se encuentran los Modelos de Distribución de Especies MDE. Que permiten valorar la potencial respuesta individual al cambio climático. El objetivo general de estos modelos es de proporcionar una relación entre factores ambientales y la presencia o ausencia de especies en un área geográfica (Araujo & Williams 2000, Thuiller *et al.* 2008).

Los Modelos de Distribución de Especies MDE juegan un papel importante en la evaluación de la potencialidad y magnitud de las consecuencias que el cambio climático ocasionará en la distribución de las especies (Pearson & Dawson 2003). Los MDE relacionan la distribución geográfica (latitud/longitud) conocida para las especies con variables climáticas, para caracterizar ambientes en donde las especies pueden potencialmente vivir, asumiendo que la distribución conocida (presencia/ ausencia) de una determinada especie proporciona información suficiente para describir sus requerimientos ecológicos (Kadmon *et al.* 2003). Las áreas predichas pueden ser visualizadas y proyectadas en un espacio geográfico con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Araújo & Guisan 2006). De tal forma que la relación espacial de la distribución de las especies *vs.* el clima puede emplearse para inferir cambios espaciales en las distribuciones sobre el tiempo en función del cambio climático (Mitikka *et al.* 2008).

Tal es el caso de MaxEnt que ha sido reconocido como uno de los modelos de mejor evaluación (Elith *et al.* 2006). Este programa modela una distribución probable (distribución potencial) del hábitat disponible en el área de estudio, la cual está en función de los datos ambientales (temperatura y precipitación) y de la distribución geográfica conocida de la especie (latitud/ longitud). De acuerdo con este programa, la distribución

potencial de una especie es aquella más cercana a la uniforme (es decir, la más cercana a tener probabilidades iguales de presencia a lo largo de toda el área de estudio) sujeta a la restricción de que la expectativa en la distribución modelada, para cada variable ambiental, debe concordar con su promedio empírico a lo largo de la distribución real conocida (Elith *et al.* 2011).

Considerando la ocurrencia de eventos climáticos extremos, y el desarrollo de herramientas para la simulación de los impactos que los cambios en el clima producirían sobre las especies. El presente estudio se plantea responder la siguiente interrogante:

¿Cuál es el área de distribución de especies forestales bajo escenarios de cambio climático A2a – B2a para el año 2020 y 2050 en la Región Madidi donde se pueden enfocar los esfuerzos para su conservación?

Con el propósito de evaluar el efecto del cambio climático en la distribución potencial de especies forestales en la Región Madidi. Lo que permitirá identificar áreas de alto impacto, áreas de bajo impacto y nuevas áreas adecuadas. Esto es esencial para analizar el impacto de los cambios en la distribución de las especies forestales, y para la toma de decisiones con el objetivo de fortalecer el sistema regional de áreas protegidas y la planificación a largo plazo de las especies.

III. OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos del cambio climático en la distribución potencial de especies forestales en la Región Madidi para el 2020 y 2050.

1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Modelar la distribución potencial actual de las especies forestales.

Proyectar la distribución potencial futura de las especies forestales.

Comparar el área de distribución potencial actual y futura de las especies forestales.

Identificar áreas de conservación en base a los modelos de proyección futura.

IV. MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO

La Región Madidi con una extensión aproximada de 30.000 km² se encuentra en el noreste del departamento de La Paz, que comprende las provincias: Abel Iturralde, Franz Tamayo, Saavedra, Muñecas, Larecaja, Sud Yungas y oeste del Beni la provincia Ballivián (SERNAP 2003). En esta región se encuentran tres áreas protegidas: el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi, el Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba y la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilón Lajas, además de Tierras Comunitarias de Origen tituladas y en proceso de titulación reclamadas por pobladores nativos como los Tacanas, Lecos, Chimanes, Mosetenes y Araonas (Jorgensen *et al.* 2011). (Figura 1)

La fisiografía en la Región Madidi es compleja incluyendo llanuras situadas a 200 m de altitud hasta cordilleras elevadas por encima de los 6.000 m.s.n.m. De acuerdo a Miranda *et al.* 2004 se pueden identificar tres grandes unidades o provincias geográficas:

a) Cordillera Oriental: Comprende la faja montañosa entre el Altiplano al oeste y el subandino al este. Dentro de esta unidad podemos encontrar cordilleras altas con nieve permanente (Apolobamba), piedemonte modelado por procesos glaciales donde son comunes los bofedales (que se relacionan con el Altiplano), serranías altas y bajas con valles estrechos, a veces con profundos y paisajes de colinas bajas y depresiones amplias.

b) Subandino: La faja subandina constituye el borde oriental de la cordillera andina y es un complejo sistema de serranías longitudinales estrechas separadas por valles sinclinales. En la Región Madidi se halla formada por serranías altas paralelas, colinas convexas moderadamente altas a bajas con pendientes escarpadas, y valles amplios con niveles de terrazas aluviales como los de los ríos Tuichi y Beni.

c) Llanura chaco-beniana: Corresponde a las llanuras aluviales formadas por los ríos Beni y Madre de Dios. Esta unidad es una sucesión de llanuras antiguas y recientes libres o

expuestas a inundaciones periódicas, surcadas por ríos meándricos que han modelado sistemas de terrazas con paleocauces, diques elevados y lagunas correspondientes a meandros abandonados. Hacia el extremo norte se pueden distinguir llanuras suavemente onduladas con interfluvios planos conformadas por depósitos holocénicos laterizados. En el contacto con el subandino se diferencia una franja de piedemonte o “glacis” coluvio–aluvial con pendiente suave.

En relación a la complejidad fisiográfica la precipitación extrema promedio anual varía desde 100 – 400 (cuenca alta del río Camata) hasta aproximadamente 3500 mm (al norte del piedemonte andino en torno a los ríos Madidi y Heath). La temperatura promedio anual oscila entre los 25°C (tierras bajas orientales) hasta unos -2,5 – 0,5 °C (en las cimas de Apolobamba). El período seco varía desde un mes en la zona más húmeda del piedemonte subandino al norte, hasta cuatro meses en el valle seco del río Tuichi y el valle del río Quillwaqula al noreste de Charazani (Fuentes 2005)

En este contexto la Región Madidi es considerada como un centro de alta diversidad relacionada a la variabilidad fisiográfica y climática que se extiende a lo largo de su gradiente altitudinal (Olson & Dinerstein *et al.* 2001, Cornejo & Loza 2006).

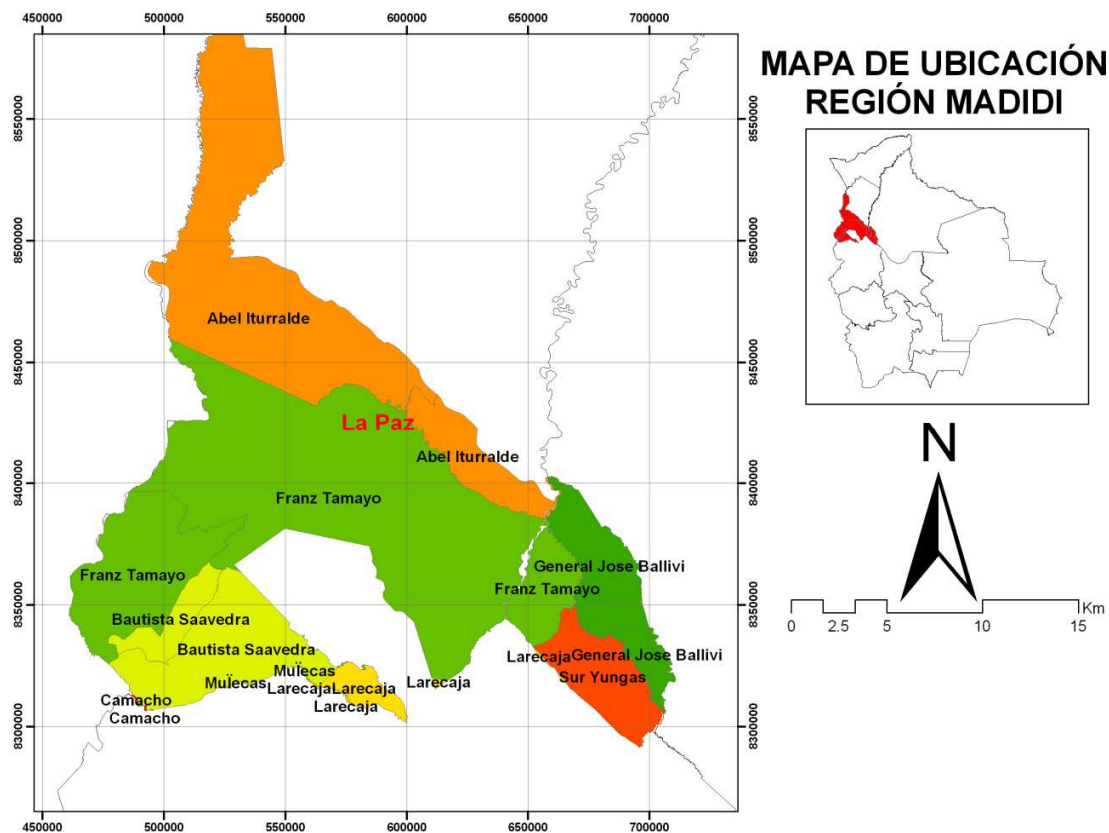


Fig. 1: Ubicación de la Región Madidi.

2. SELECCIÓN DE VARIABLES

Se eligieron dos tipos de variables: **1) Datos climáticos actuales y futuros** (variables independientes) de 19 tipos de datos bioclimáticos obtenidos de www.worldclim.org, Hijmans *et al.* (2005) se seleccionaron 7 variables bioclimáticas que representan tendencias anuales y estacionales, y no muestran correlación entre sí:

- **(BIO-1)** = Temperatura media anual.
- **(BIO-2)** = Rango medio diario.
- **(BIO-3)** = Isotermalidad.
- **(BIO-4)** = Estacionalidad de temperatura.
- **(BIO-12)** = Precipitación anual.
- **(BIO-14)** = Precipitación del mes con la menor lluvia.

- **(BIO-15)** = Estacionalidad de precipitación.

Todos los datos en formato ráster con una resolución espacial de 1 kilómetro incluyendo el Modelo Digital de Elevación (DEM), Pendiente (PEN) y Exposición (EXP) para adaptarla a las dimensiones de los datos de clima. No es aconsejable utilizar todas las variables climáticas debido a que la correlación en las capas de predicción puede tener efectos adversos en el desempeño del modelo (Naoki *et al.* 2006).

2) **Registros botánicos** (variables dependientes). Las 32 especies forestales fueron seleccionados de bibliografía (Infobol 2004, Vargas *et al.* 2005, Araujo & Zenteno 2006), las cuales tienen un valor de uso maderable. (Ver Anexo 1). Para cada especie, se han obtenido registros de las colecciones botánicas de la base de datos TROPICOS del Missouri Botanical Garden <http://tropicos.org/>, Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi y Herbario Nacional de Bolivia (LPB). Se han considerado aquellos especímenes con un número mayor a 15 registros por especie.

Con la finalidad de verificar la conformidad de las coordenadas, se ha utilizado la función Check coordinates de Diva Gis el cual nos permite identificar errores en función a la información de la ubicación de la base de datos de colecciones biológicas y de acuerdo a la base de datos de límites administrativos (Hijmans *et al.* 1999). A partir de esta base de datos por especie, se ha utilizado, 70% para la puesta a prueba del modelo y 30% para la evaluación (Naoki *et al.* 2006).

3. **MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES**

Se ha construido modelos de distribución potencial para cada una de las especies seleccionadas, utilizando un sistema de información geográfica (SIG) y un modelo de distribución de especies (MAXENT), que es un modelo matemático que ha demostrado ser fiable en el modelamiento ecológico (Phillips *et al.* 2009) el mismo que permite modelar la distribución geográfica de las especies en base a la distribución probabilística usando la máxima entropía (menos limitación posible) que ajuste la distribución observada, para eso realiza la interacción entre los datos ambientales y los puntos de colectas de la especie de

interés permitiendo modelar la distribución potencial actual en base a las características ambientales de cada registro, además de eso, puede proyectar la distribución en el futuro de la especie. Este programa funciona bien con pocos datos de presencia, no requiere datos de ausencia, combina variables continuas y categóricas, ofrece la contribución de cada variable en el modelo, controla el ajuste excesivo de la distribución y la salida es una probabilidad de ocurrencia continua el mismo que ha sido evaluado y probado como uno de los mejores modeladores (Elith *et al.* 2006).

4. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

La validación se ha llevado a cabo mediante el valor de Área Bajo la Curva AUC que se han obtenido directamente de la evaluación de los modelos por medio de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristics), a partir de los datos de prueba y el de evaluación que son reportados por el modelo MAXENT. El AUC es el estadístico estándar que evalúa el rendimiento de la predicción de los modelos de distribución (Elith *et al.* 2006, Phillips *et al.* 2009).

La bondad de los modelos puede presentar valores que se encuentra entre 0,5 - 1. Un valor de 0,5 significa que el modelo no tiene valor discriminante (es equivalente a una clasificación al azar) y, en el otro extremo, un valor de 1 indica que el modelo ha separado presencias de ausencias con un ajuste perfecto, sin errores (Manel *et al.* 2001).

Para la selección del umbral de corte se ha considerado la distribución de las especies seleccionadas restringida – amplia Figura (4a - 36a) se ha utilizado dos umbrales de corte, siendo el umbral de “igual sensibilidad y especificidad”, el cual minimiza el valor absoluto de las diferencias entre la sensibilidad (porcentaje de sucesos de presencia) y la especificidad (porcentaje de sucesos de ausencia), disminuyendo tanto los errores de omisión como de comisión (Phillips *et al.* 2006) umbral que mejor se ajusta aquellas especies con una distribución relativamente restringida, en el caso de especies de amplio rango de distribución geográfica se utilizara como umbral el valor mínimo de probabilidad de presencia, esto debido a que el umbral de “igual sensibilidad y especificidad” muestra

una predicción subestimada en aquellas especies de mayor rango geográfico (Mercado & Wallace 2010).

5. DISTRIBUCIÓN FUTURA

Una vez obtenido el mejor modelo con el clima actual en función a la valoración medida, este se proyectara con el clima futuro en ambos casos se utilizara el mismo umbral de corte. Las variables climáticas actuales corresponden al periodo 1961-1990 y la que corresponde al periodo 2020 y 2050 www.worldclim.org.

6. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ANÁLISIS ESPACIAL

Se ha utilizado el modelo de circulación general (GCM) HadCM3, un modelo acoplado atmósfera-océano desarrollado por el Hadley Centre for Climate Prediction and Research <http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre>.

Para este estudio, de las familias de escenarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI, se seleccionaron los A2a y B2a, porque representan a niveles medio alto y medio bajo de emisiones de GEI, respectivamente. Como ejemplos, el escenario A2a supone un mundo muy heterogéneo, preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional, desarrollo económico regional, desarrollo económico más lento que en otras regiones; mientras que el escenario B2a se centra en el sostenimiento medio ambiental, es decir, un mundo con énfasis en las soluciones locales, un aumento continuo de la población menor que en A2a niveles intermedios de desarrollo económico (IPCC 2001, 2007).

7. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS IMPORTANTES PARA LA CONSERVACIÓN

Una vez realizados los rasters binarios en formato ASCII con las condiciones climáticas actuales y las condiciones futuras proyectadas estos han sido importados a DIVA-GIS. Para identificar el impacto del cambio climático en la distribución de especies se ha superpuesto los rasters de áreas de distribución potencial actual y futura. (Se recomienda

usar rasters binarios para construir mapas que sean fáciles de interpretar). Al superponer rasters binarios se obtienen cuatro situaciones posibles (Tabla 1):

i. *Áreas de alto impacto*: áreas en las que la especie probablemente ocurra en las condiciones climáticas actuales pero que dejarán de ser adecuadas en el futuro.

ii. *Áreas por fuera del nicho realizado*: áreas que no son adecuadas ni con las condiciones actuales ni con las condiciones futuras (de acuerdo con la modelación).

iii. *Áreas de bajo impacto*: áreas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras.

iv. *Nuevas áreas adecuadas*: áreas en las que una especie tendría probabilidades de ocurrir en el futuro, pero que no son idóneas para la ocurrencia natural en las condiciones actuales (Scheldeman & Zonneveld 2011).

Tabla 1: Valor de la celda para las cuatro posibles situaciones bajo escenarios de cambio climático (A2a – B2a) para el 2020 y 2050 respectivamente.

Situación	Raster áreas de distribución potencial futura (valor de la celda)	Raster áreas de distribución potencial actual (valor de la celda)	Resultado después de restar los rasters (valor de la celda)
(i) Áreas de alto impacto.	0	1	-1
(ii) Áreas por fuera del nicho realizado.	0	0	0
(iii) Áreas de bajo impacto.	2	1	1
(iv) Nuevas áreas idóneas.	2	0	2

V. RESULTADOS

1. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL DE ESPECIES FORESTALES

Se ha desarrollado modelos de distribución potencial actual para 32 especies forestales de la Región Madidi (Figura 5a - 36a), basados en 1215 registros de colecciones (Figura 2). El conjunto total de datos comprende un valor mínimo de 11 y un máximo de 192 con un promedio de 37 por especie. Estos modelos representan una buena aproximación de la distribución actual de las especies forestales en la Región Madidi.

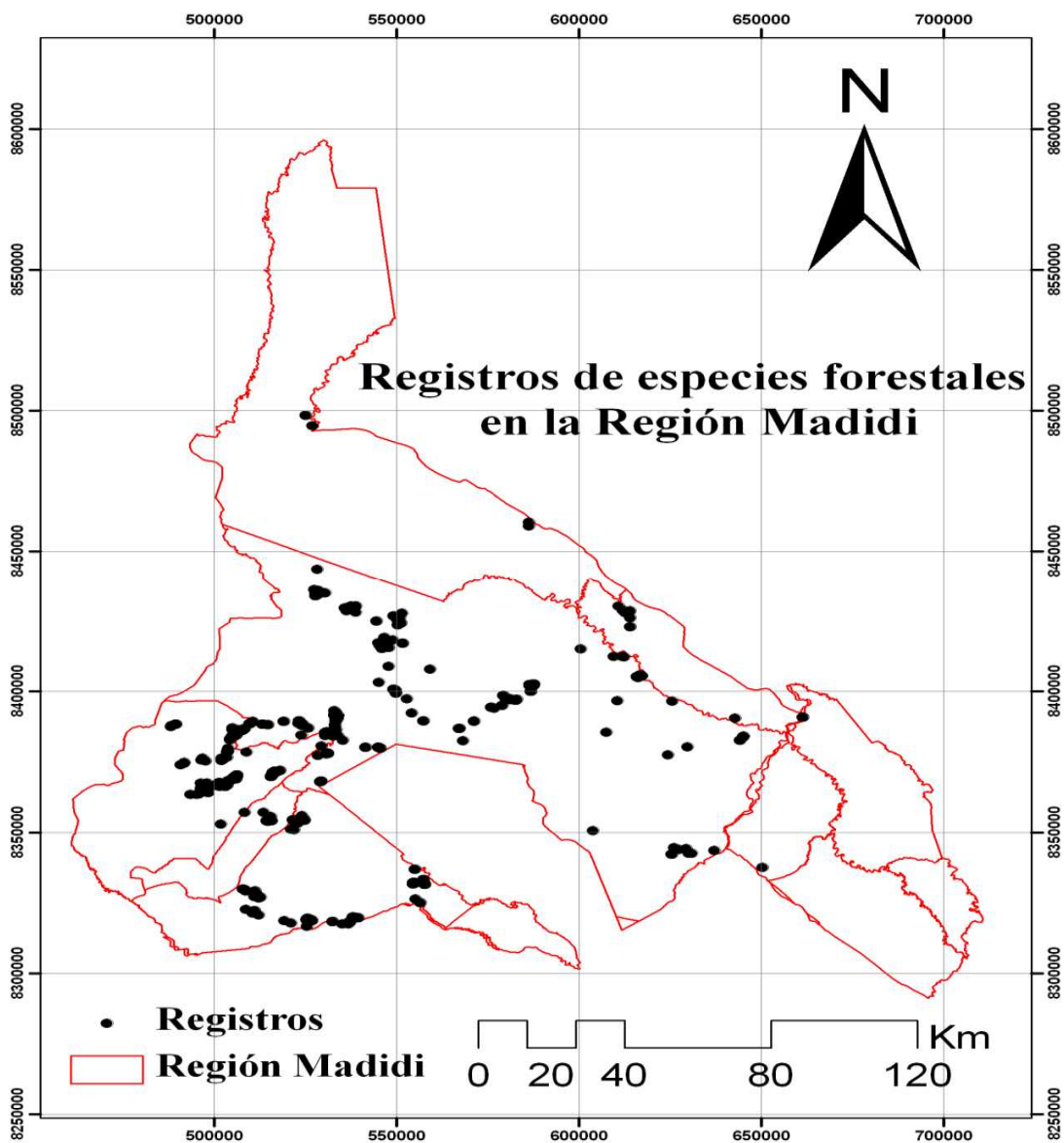


Fig. 2: Distribución de los registros de ocurrencia de las especies forestales en la Región Madidi.

2. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

Los modelos de distribución potencial para las especies forestales generados por MAXENT tuvieron un buen desempeño. El estadístico AUC de los puntos de evaluación muestran un nivel bueno de ocurrencia actual $0,89 (\pm 0,09)$ (Figura 3 & Anexo 2).

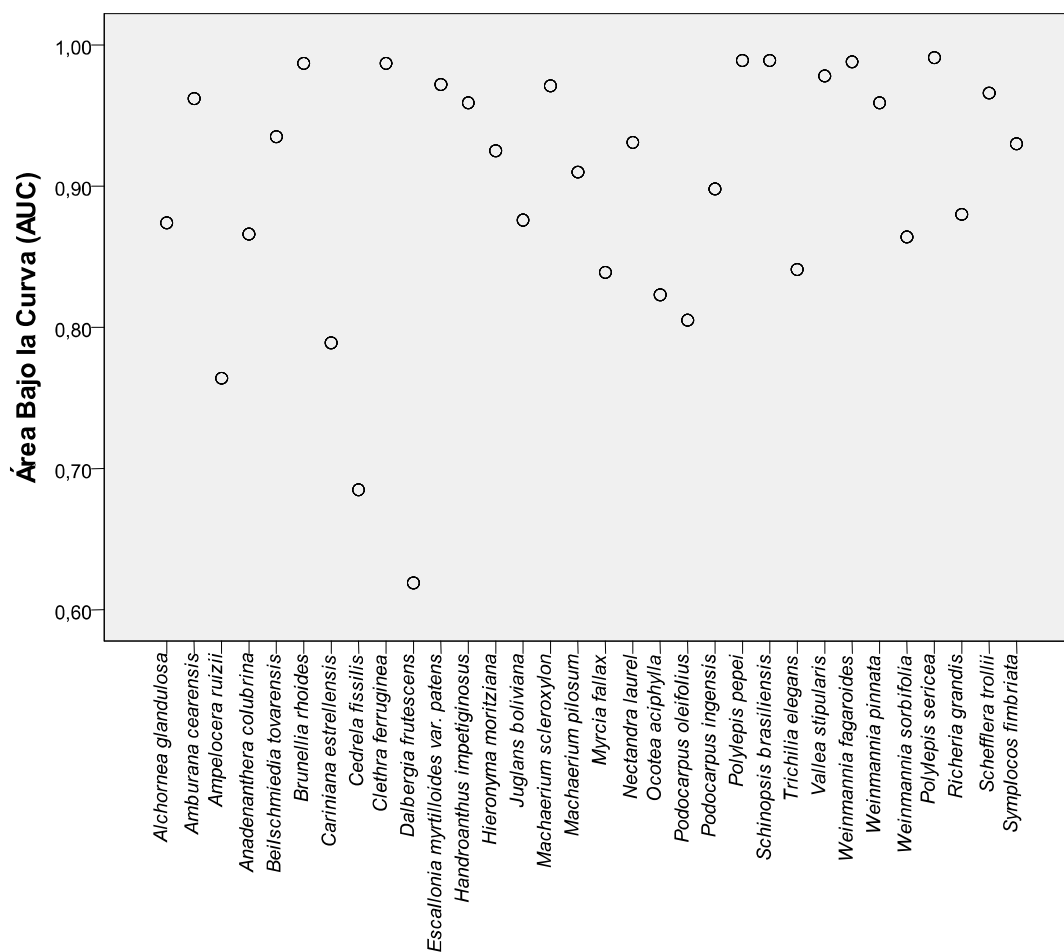


Fig. 3: Área bajo la curva (AUC) obtenida para los modelos de distribución potencial utilizando los registros de presencia AUC 0.9–1.0 (excelente); 0.8–0.9 (bueno); 0.7–0.80 (regular); 0.6–0.7 (pobre); 0.5–0.6 (malo). Los marcadores indican la exactitud del modelo.

3. DISTRIBUCIÓN FUTURA

El modelo para el año 2020 muestra un incremento en la temperatura y una disminución en la precipitación. El escenario A2a muestra una temperatura que se mantiene estable

mientras que para el escenario B2a muestra un incremento de 1 °C. En el caso de la precipitación existe un descenso de 53 y 172 mm para los escenarios A2a y B2a respectivamente.

Por su parte el modelo para el año 2050 refleja un incremento en la temperatura media anual en 2 y 1,6 °C para los escenarios A2a y B2a respectivamente. Mientras que la precipitación presenta un descenso en 4 mm para el escenario A2a y 105 mm para el escenario B2a. (Ver Tabla 2)

Tabla 2: Valores de las variables climáticas en la Región Madidi, bajo condiciones actuales y proyecciones futuras. (Datos www.worldclim.org.)

Escenario/año	2020			2050	
	Actual	A2a	B2a	A2a	B2a
Temperatura media anual (°C)	20 ± 0.28	20 ± 0.29	21 ± 0.29	22 ± 0.29	21,6 ± 0.29
Precipitación media anual (mm)	1684 ± 0.29	1631 ± 0.29	1512 ± 0.29	1680 ± 0.29	1579 ± 0.29

La Figura 4 y Anexo 2 indica el cambio de rango en la distribución de las especies forestales en la Región Madidi bajo los escenarios de cambio climático (A2a – B2a) 2020 y 2050 respectivamente. Podemos observar que la caja que corresponde a la categoría de zonas de bajo impacto, es decir, aquellas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras, es más amplia con respecto al resto de las categorías. El primer cuartil nos indica que el 25% de las especies conservan un área cercana al 15 % y menor a este en el caso de B2a_2050, esto con respecto al área de distribución actual. Mientras que el 50% alcanza a mantener aproximadamente el 20 %, señalando que este valor es típico de este conjunto de datos. Finalmente tenemos que el tercer cuartil, que representa al 75% de la especies, señala que estas alcanzaron a conservar el 24% de su área de distribución para el caso de A2a_2020 y B2a_2050, en tanto que para B2a_2020 y A2a_2050 esta supera el 25%. Así mismo, se puede observar que la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución, se encuentran entre valores cercanos a los 15 – 25%. También podemos apreciar que el rango de los valores varía entre una valor mínimo aproximado al 5% y un valor máximo cercano al 40%, señalando la presencia de un valor atípico, es decir, que

solo *Dalbergia frutescens* conserva su área acercándose al 60% en tres de los escenarios con excepción de B2a 2050 donde se aproxima al 40% por ultimo un valor extremo próximo al 45% que corresponde a *Cariniana estrellensis* en el escenario A2a_2050.

Con respecto a la caja que representa las zonas de alto impacto es decir aquellas en las que la especie probablemente ocurra en las condiciones climáticas actuales pero que dejarán de ser adecuadas en el futuro. El escenario A2a_2020 señala que el 50% y el 70 % de las especies podrían sufrir una variación negativa de su área de distribución en 3 – 4 % respectivamente esto con respecto al área de distribución potencial actual. Así mismo, se puede observar que la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución, se encuentran entre valores cercanos a 1 – 4%. También podemos apreciar que el rango de los valores varía entre un valor mínimo aproximado al 0%, señalando aquellas especies que no sufrirían variaciones significativas con respecto a su área de distribución y un valor máximo cercano al 8% en *Amburana cearensis*, *Ampelocera ruizii* y *Juglans boliviana*. Sin embargo podemos apreciar la ocurrencia de valores extremos indicando de esta manera que especies tales como *Cariniana estrellensis*, *Handroanthus impetiginosus* y *Machaerium scleroxylon*, alcanzan un máximo de 12% de retracción de su área de ocupación.

De manera similar el escenario B2a_2020 proyecta que el 50% de las especies sufrirán una contracción de su área de ocupación en 2 % mientras que el 75% de las mismas lo harán en un 3% con respecto al área de distribución potencial actual. En contraste al escenario anterior, la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución se encuentran entre valores cercanos a 1 – 3%. El rango de valores varía entre un valor mínimo cercano al 0% indicando que las especies sufrirían muy poca variación en su área de distribución y un valor máximo cercano al 6% en *Alchornea glandulosa*, *Amburana cearensis*, *Ampelocera ruizii* y *Weinmannia sorbifolia*. Así mismo, podemos apreciar la presencia de un valor atípico que corresponde a *Cariniana estrellensis*, alcanzando el 14% de contracción de su área de distribución, en tanto que *Cedrela fissilis*, *Dalbergia frutescens* y *Juglans boliviana*, sufrirían un impacto cercano al 8% representado por los valores extremos.

El escenario A2a_2050 es el más conservador señalando que el 50% de las especies sufrirían una reducción de su distribución menor al 2%. Apreciamos que el rango de los valores varía entre un valor mínimo aproximado al 0% indicando aquellas especies que tendrán un bajo impacto en su área de distribución. En contraste el valor máximo se aproxima al 4% reflejando que *Alchornea glandulosa*, *Ampelocera ruizii*, *Beilschmiedia towarensis*, *Escallonia myrtilloides* var. *patens*, *Hieronyma moritziana*, *Myrcia fallax* y *Schefflera trollii* se verán más afectadas en su área de ocupación.

El escenario B2a_2050 muestra una caja más amplia con respecto al resto de los escenarios climáticos, podemos observar que la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución se encuentran entre valores cercanos a 1 – 6% señalando un mayor impacto sobre la distribución de las especies. Sin embargo coincide con el resto de los escenarios que el 50% de las especies sufrirían una reducción del 2% de su área de ocupación esto con respecto al área de distribución potencial actual. En tanto que el 75% de las mismas lo harían en un 5%. En relación al rango de los valores, estos varían entre un valor mínimo cercano al 0%, indicando las especies que no sufrirían una variación negativa en su rango de distribución y un máximo de 12% en *Alchornea glandulosa*, *Ampelocera ruizii*, *Brunellia rhoides*, *Cariniana estrellensis*, *Juglans boliviana*, *Machaerium pilosum* y *Podocarpus ingensis* reflejando de esta forma aquellas especies que se verían más afectadas por el cambio climático. También apreciamos un valor atípico que corresponde a *Dalbergia frutescens* cuyo único valor de retracción alcanza aproximadamente al 21% siendo la especie más afectada. En menor medida tenemos valores extremos como los de *Handroanthus impetiginosus* y *Machaerium scleroxylon* que se retraen en 18 – 13% respectivamente.

Con relación a la categoría de Nuevas áreas idóneas es decir aquellas en la que las especies tendrías probabilidades de ocurrir en el futuro, pero que no son idóneas para la ocurrencia natural en las condiciones actuales. El escenario A2a_2050 muestra una caja más amplia con respecto al resto. Sin embargo señala que el 50% de la especies logran expandir su área de distribución en aproximadamente el 2% mientras que 75% lo haría en un 13%. Así mismo se puede observar que la mitad de los valores correspondientes a la parte central de

su distribución se encuentra entre valores cercanos al 1 – 13%. También podemos apreciar que el rango de los valores varía entre un valor mínimo aproximado al 0% y un valor máximo cercano al 30% mostrando que *Amburana cearensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Cedrela fissilis*, *Handroanthus impetiginosus*, *Juglans boliviana*, *Machaerium pilosum*, *Schinopsis brasiliensis* y *Trichilia elegans* son las que se beneficiarían con la expansión de su área de distribución producto de la adecuación de nuevas áreas idóneas. También apreciamos la presencia de un valor extremo, es decir que solo *Machaerium scleroxylon* expandiría su área en aproximadamente 34%.

El escenario B2a_2020 proyecta que el 50% de las especies esparcirán su área de distribución en 4% aproximadamente, en tanto que el 75% de las mismas lo harían en 10% esto en relación al área de distribución potencial actual. La mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución se encuentran entre valores cercanos al 2 – 10%. Apreciamos también que el rango de los valores varía entre un valor mínimo aproximado al 0% y un valor máximo cercano al 21% indicando que *Amburana cearensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Brunellia rhoides*, *Machaerium pilosum*, *Machaerium scleroxylon*, *Schinopsis brasiliensis* y *Trichilia elegans* se verán beneficiadas en cuanto al área de ocupación bajo este escenario. Por su parte *Handroanthus impetiginosus* alcanzara un máximo cercano al 24% de ampliación en su distribución representado por el único valor extremo.

Con respecto al escenario A2a_2020 podemos apreciar que el 50% de las especies ampliaran su distribución en 3% mientras que el 75% lo hará por encima del 6%. Así mismo se puede observar que la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución se encuentra entre valores cercanos al 1 – 6% y la variación en su rango va desde un mínimo cercano al 0% y un máximo próximo al 14% este último corresponde a *Amburana cearensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Brunellia rhoides*, *Cedrela fissilis*, *Machaerium pilosum*, *Richeria grandis*, *Trichilia elegans* y *Schinopsis brasiliensis* como las especies más beneficiadas ante el cambio climático bajo este escenario.

Por último el escenario B2a_2050 indica que el 50% de las especies expandirán su área de distribución en un 2% y el 75% lo haría en un 4%. En cuanto a la mitad de los valores correspondientes a la parte central de su distribución, se encuentra entre valores cercanos al 1 – 4% reflejando de esta forma el escenario más pesimista. Con respecto a la variación de su rango esta va de un 0 – 9% beneficiando de esta manera a *Anadenanthera colubrina*, *Cariniana estrellensis*, *Polylepis seríceea* y *Trichilia elegans* en la adecuación de nuevas áreas de ocupación. A si mismo podemos apreciar que *Amburana cearensis* alcanza un máximo de adecuación del 14% representando el único valor extremo bajo este escenario.

Finalmente observamos que las distribuciones para las categorías de cambio climático son asimétricas. En áreas de alto impacto apreciamos una tendencia hacia valores bajos al igual pero en menor grado que en nuevas áreas idóneas, en contraste, en las áreas de bajo impacto la tendencia es hacia niveles altos. Entonces podríamos decir de forma general, que las especies forestales en la Región Madidi bajo los escenarios climáticos (A2a – B2a) 2020 y 2050 se verán afectados en menor medida, conservando de esta manera gran parte de su área de distribución actual y que la expansión de su distribución producto de la adecuación de nuevas áreas idóneas será mayor a las zonas de alto impacto. Con excepción del escenario B2a_2050 donde las áreas de alto impacto serán mayores en relación a las nuevas áreas idóneas constituyéndose de esta forma en el escenario más pesimista.

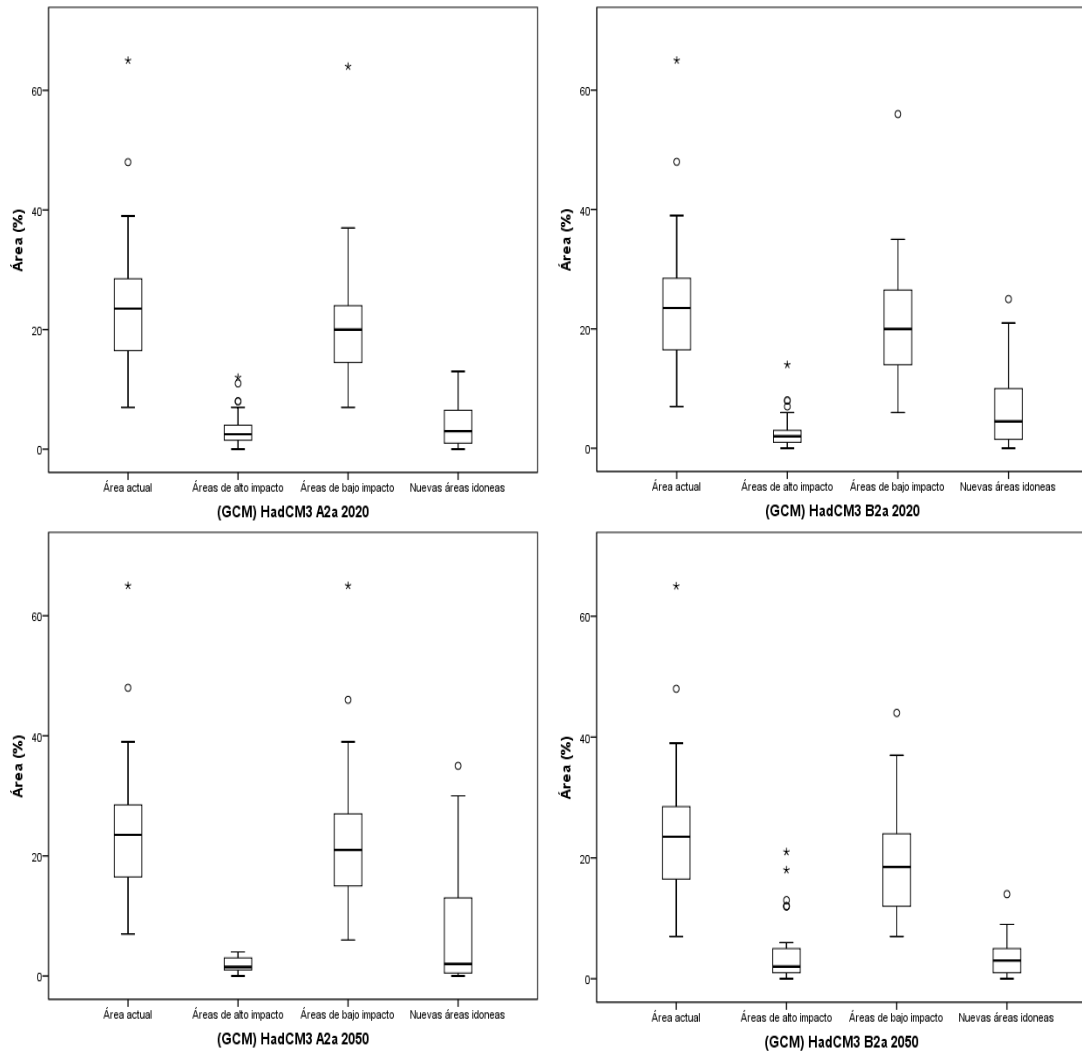


Fig. 4: Cambio en el rango del nicho climático actual y el período 2020 y 2050 para los escenarios de emisión A2a y B2a. Las medianas de los rangos de cambio se muestran (líneas horizontales negras) con su respectivo 95% de intervalo de confianza (boxplots). Las cajas indican el rango intercuartile de los datos mientras que las patillas simbolizan los centiles 5 y 95. Los círculos y asteriscos representan valores outliers y extremos.

1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Según los resultados obtenidos, los cambios en las condiciones climáticas que se registrarían para el año 2020 y 2050 (Tabla 2) afectarían diferencialmente la distribución de las 32 especies forestales en la región Madidi (Figura 5 – 36).

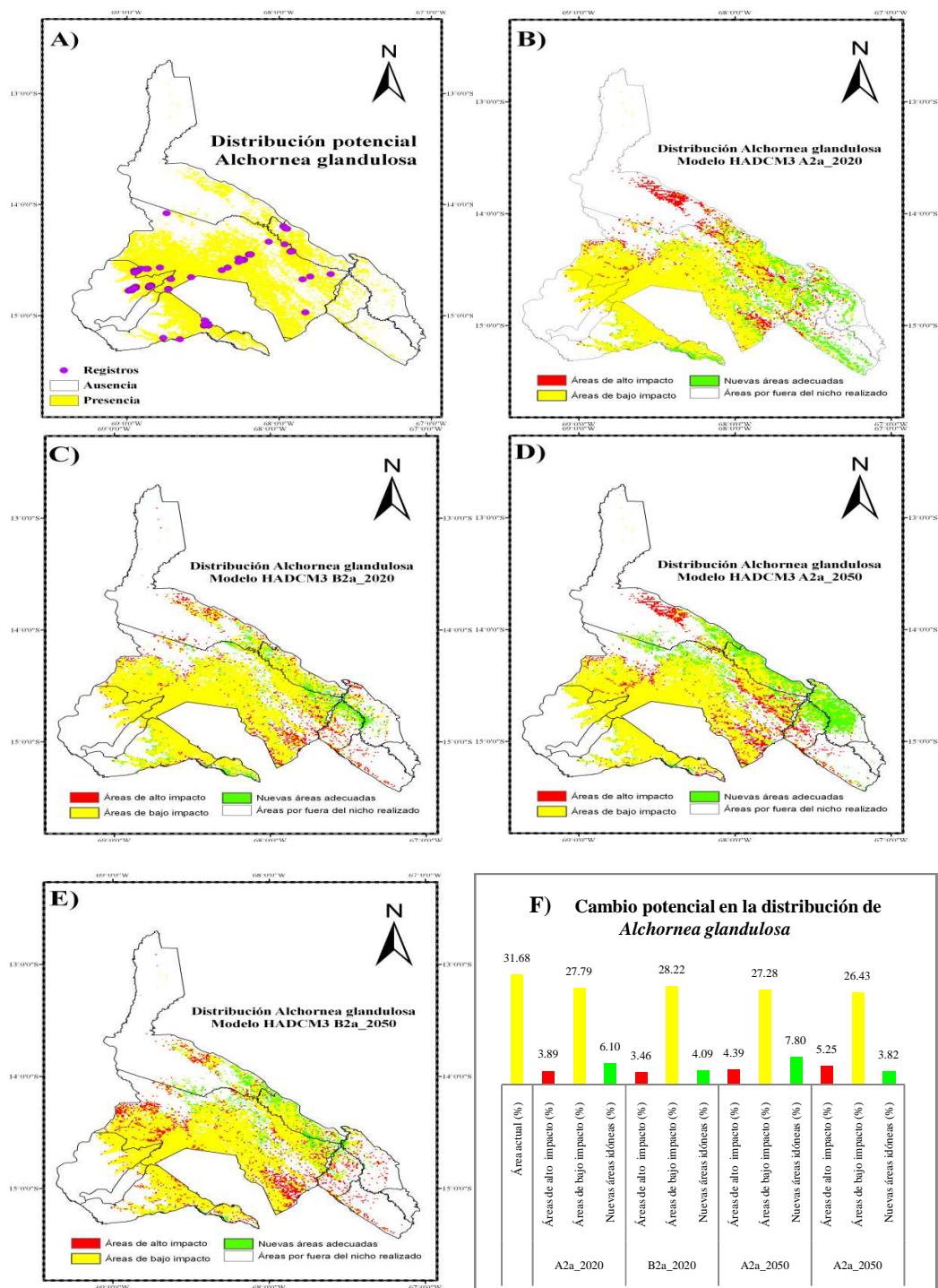


Fig. 5: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Alchornea glandulosa* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 1)

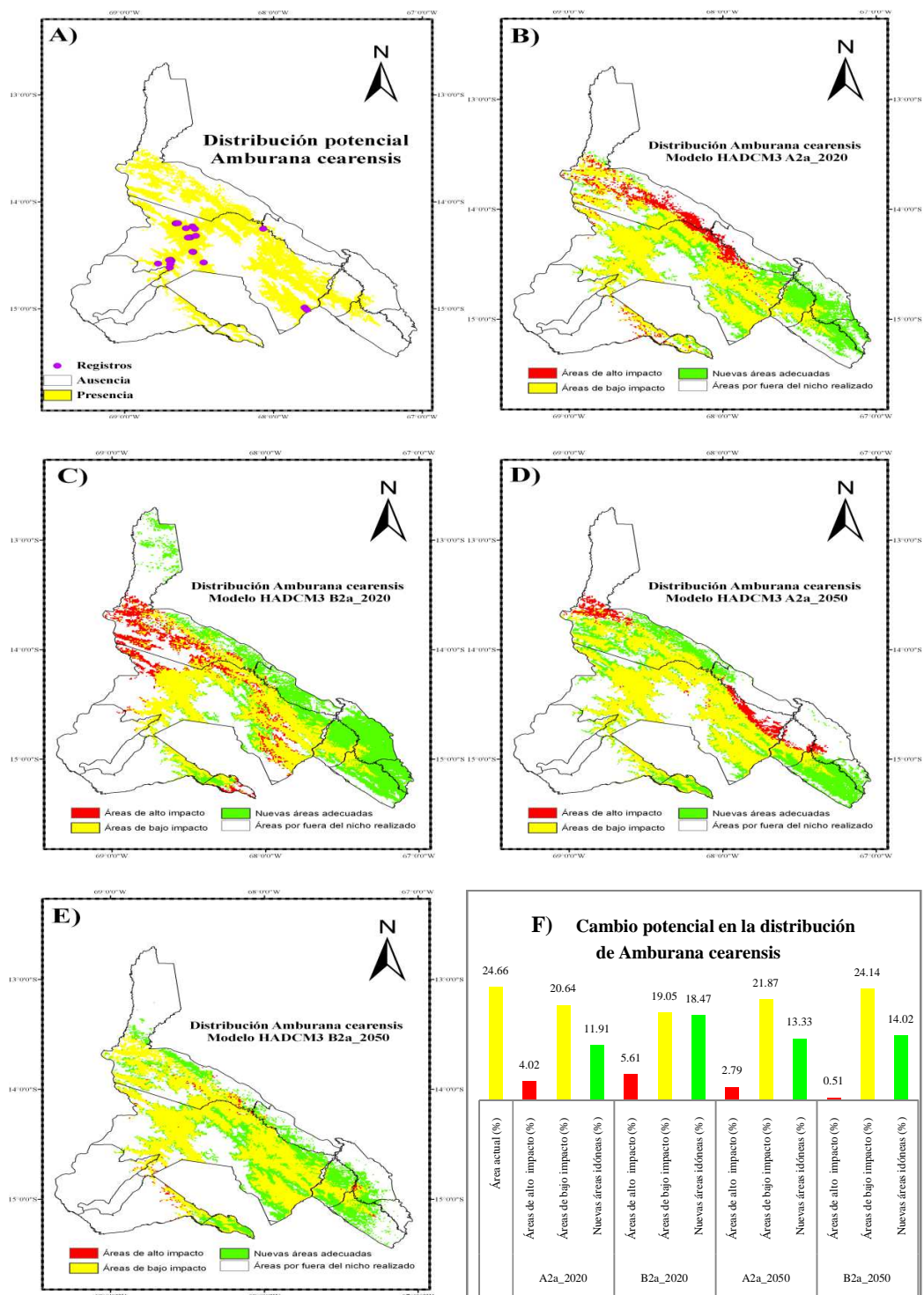


Fig. 6: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Amburana cearensis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 2)

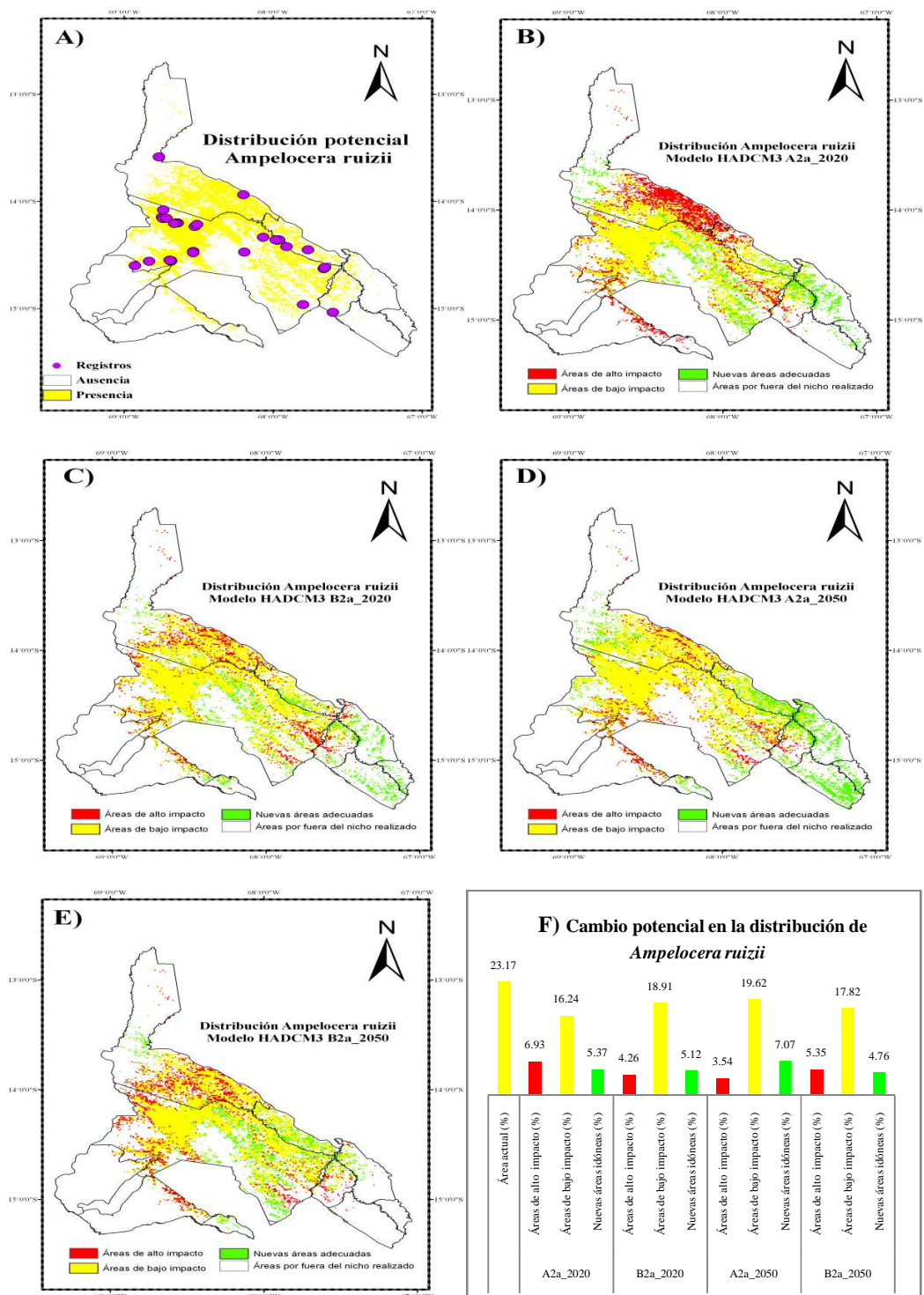


Fig. 7: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Ampelocera ruizii* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 3)

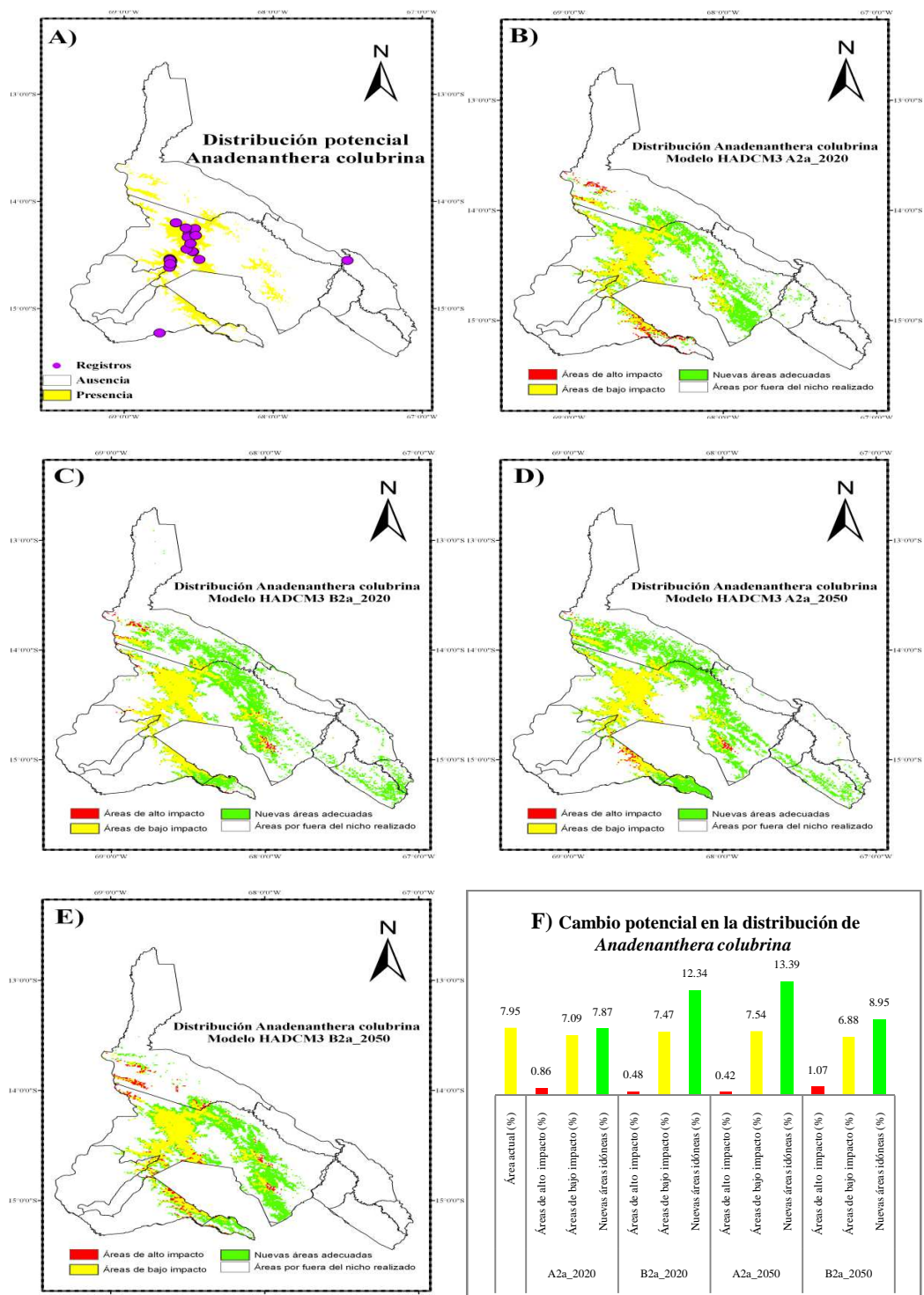


Fig. 8: Distribución potencial (A) futura (B, C, D, E) de *Anadenanthera colubrina* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 4)

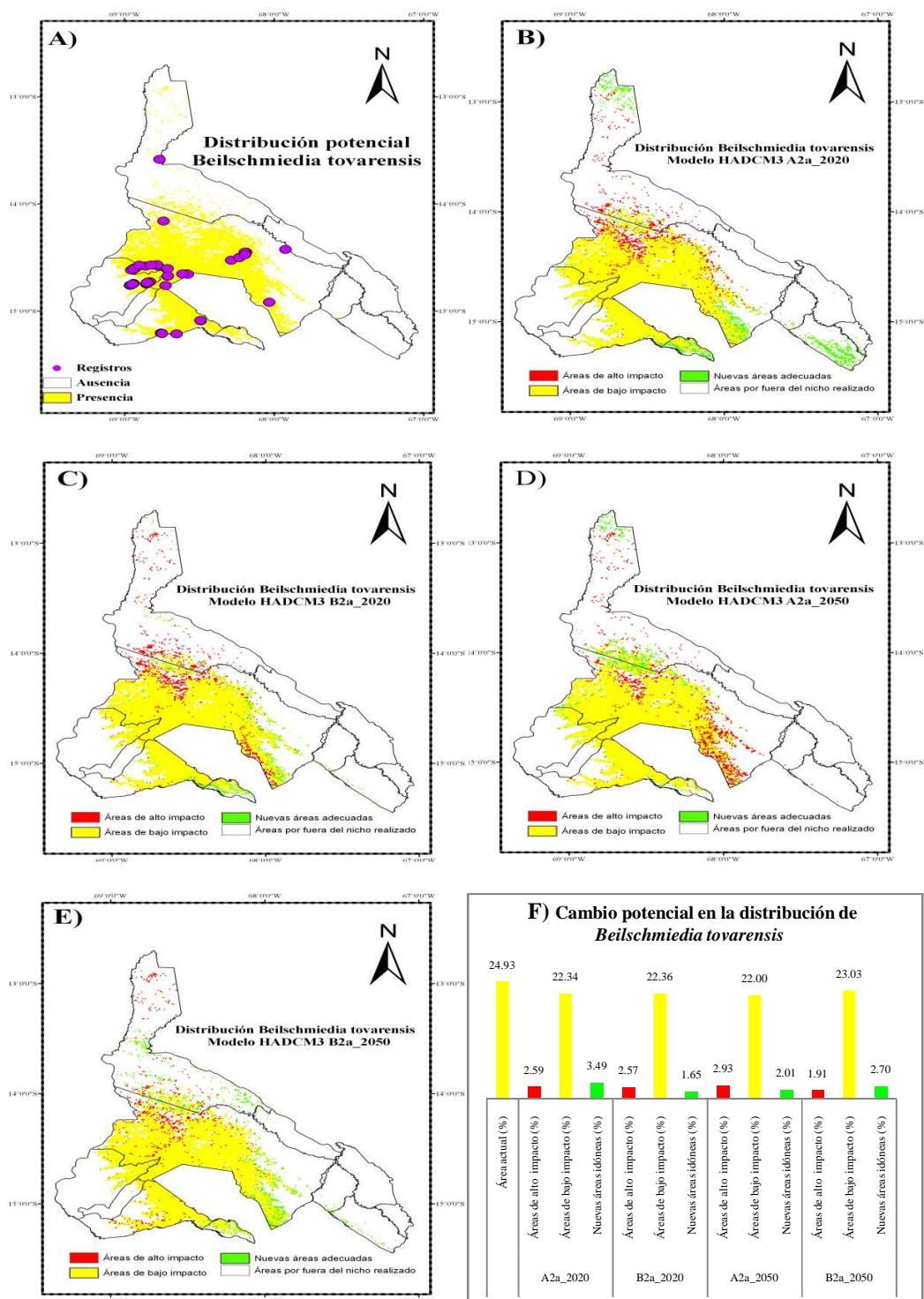


Fig. 9: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Beilschmiedia tovarensis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 5)

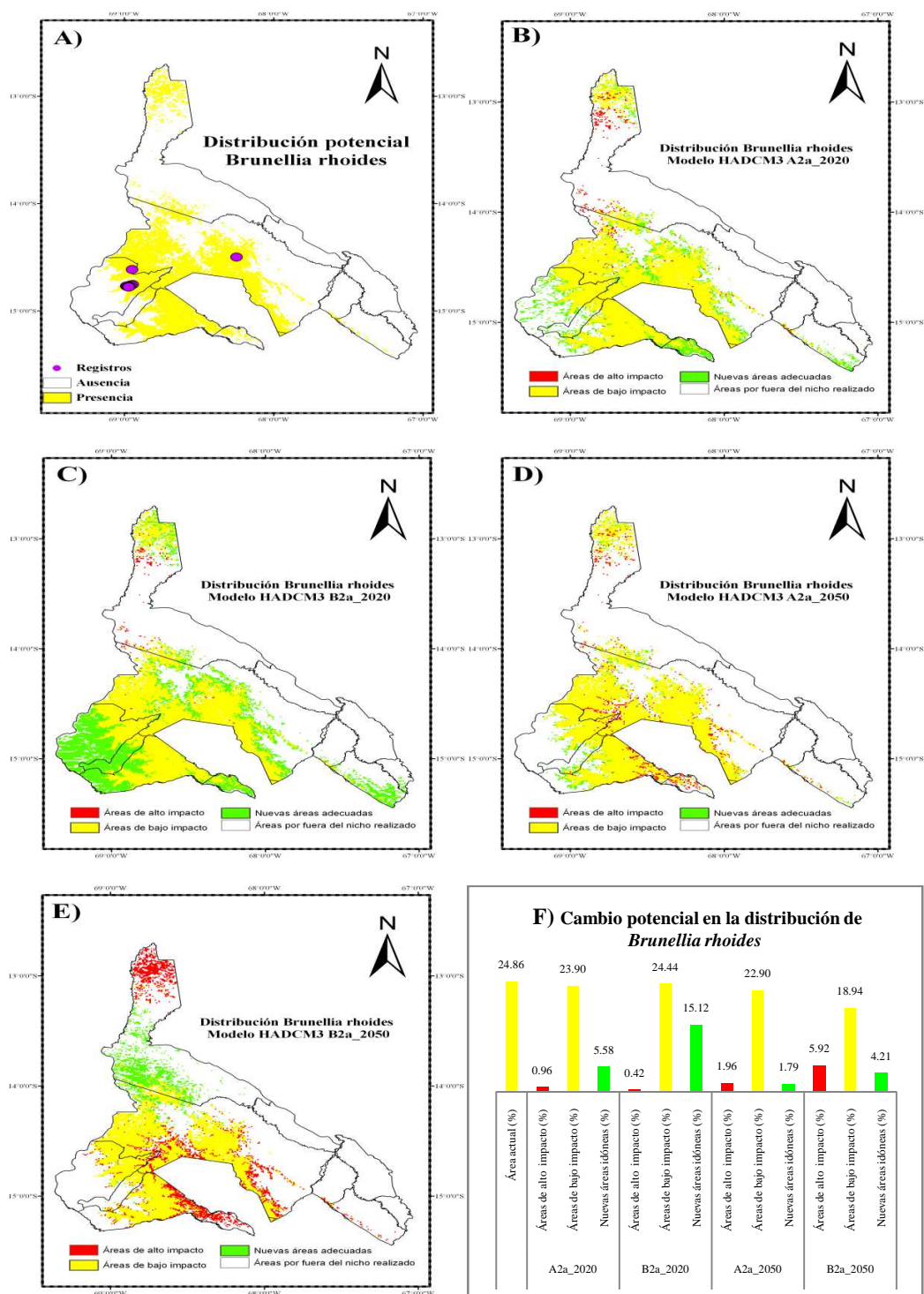


Fig. 10: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Brunellia rhoides* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 6)

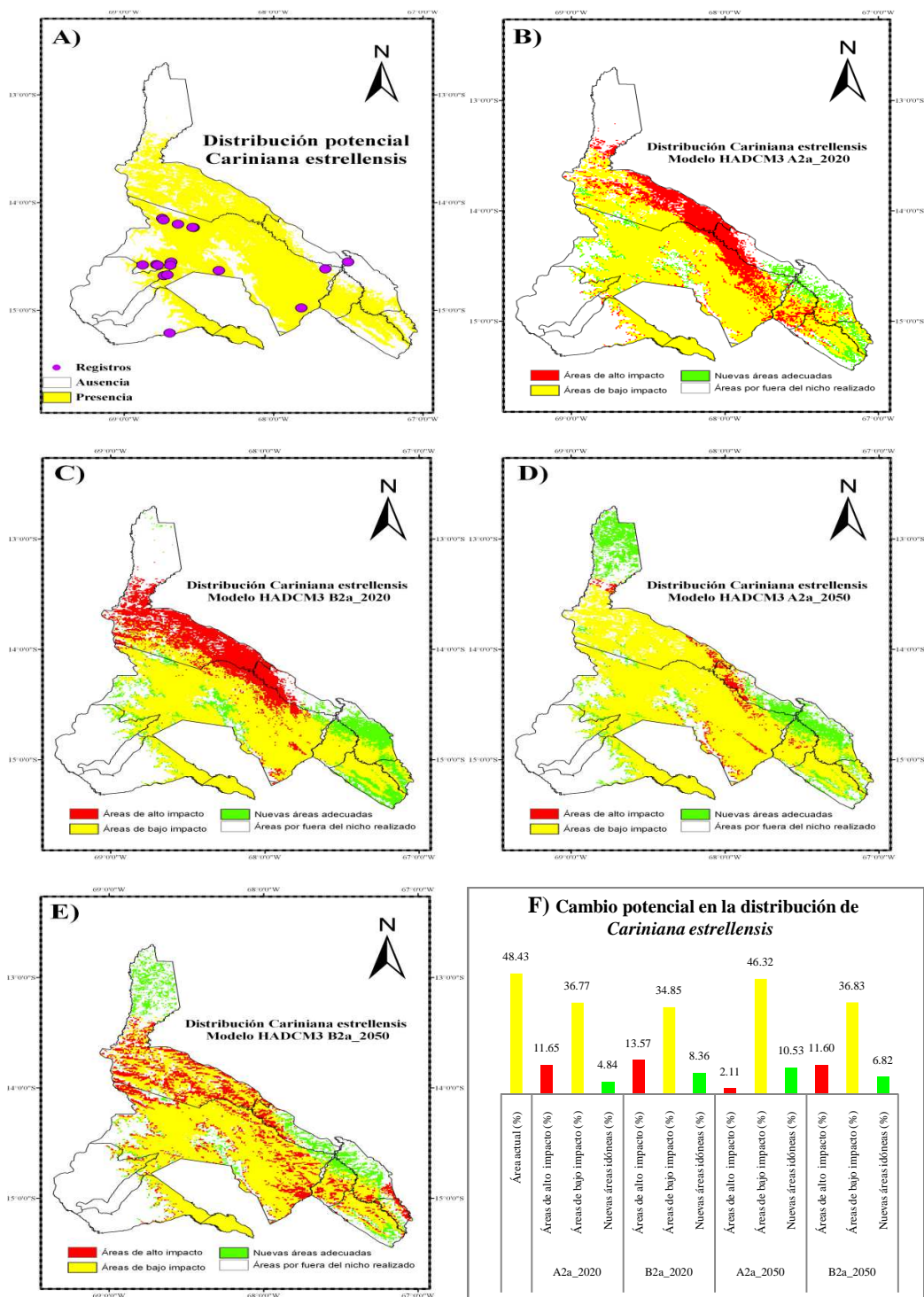


Fig. 11: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Cariniana estrellensis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 7)

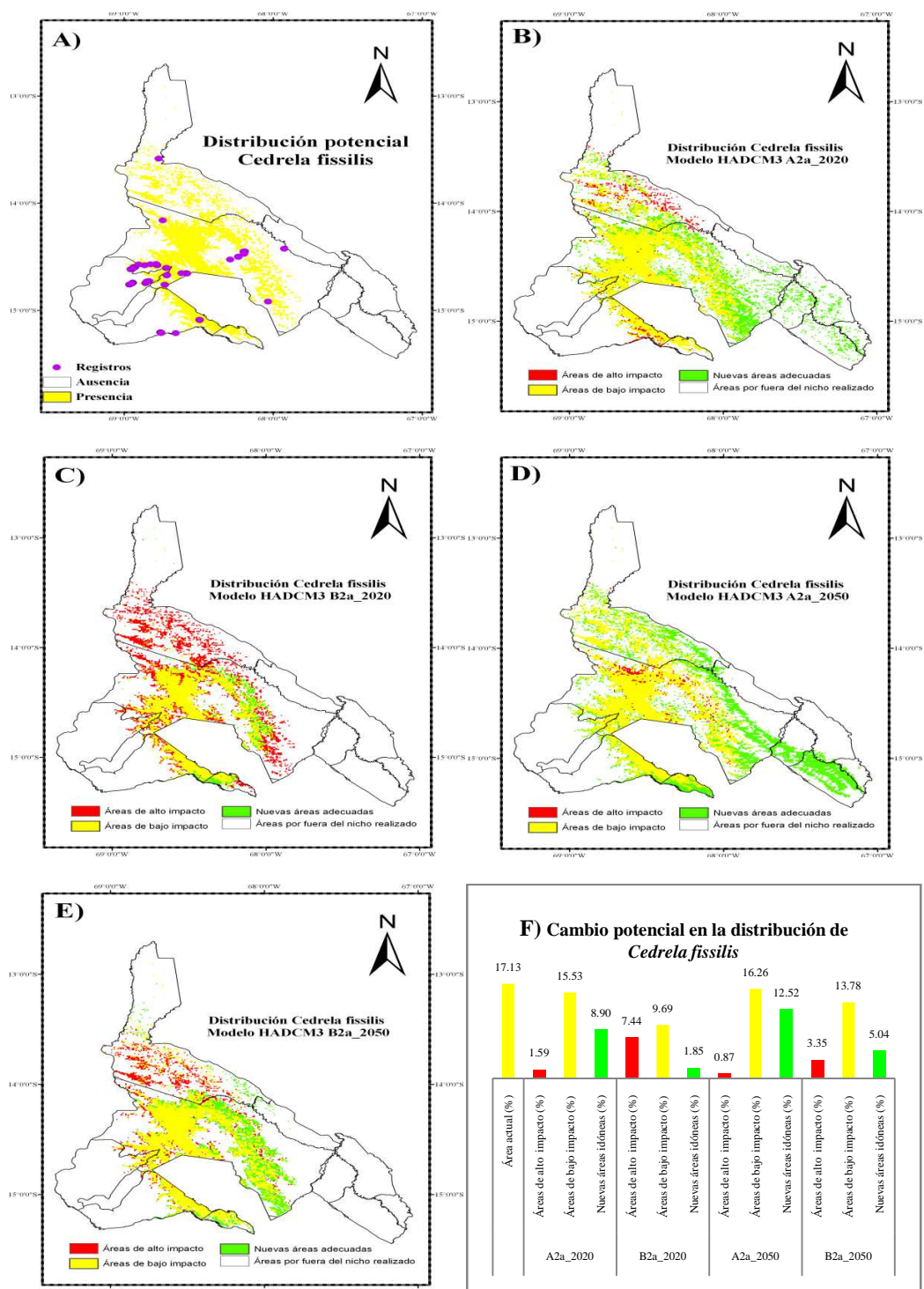


Fig. 12: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Cedrela fissilis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 8)

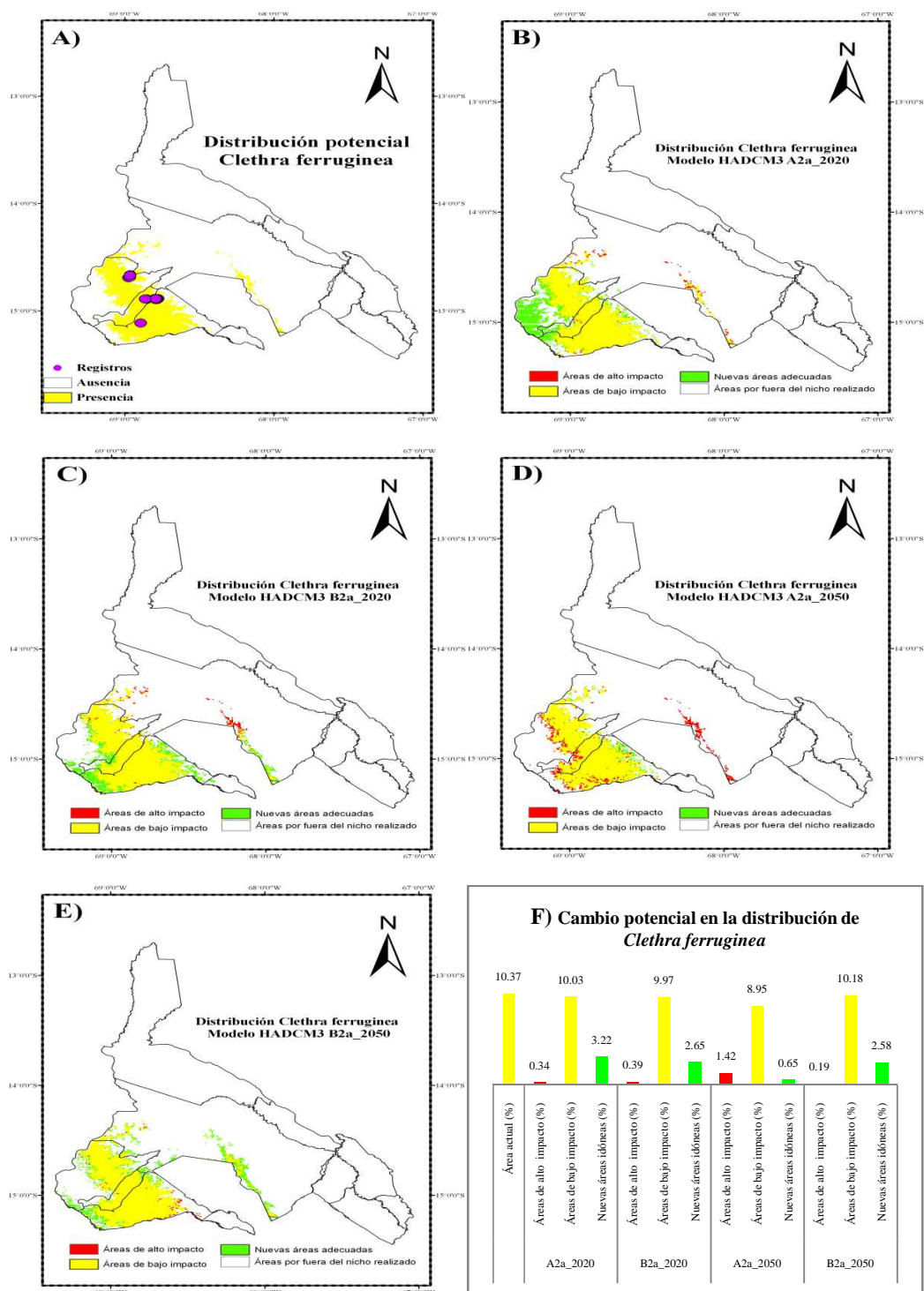


Fig. 13: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Clethra ferruginea* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 9)

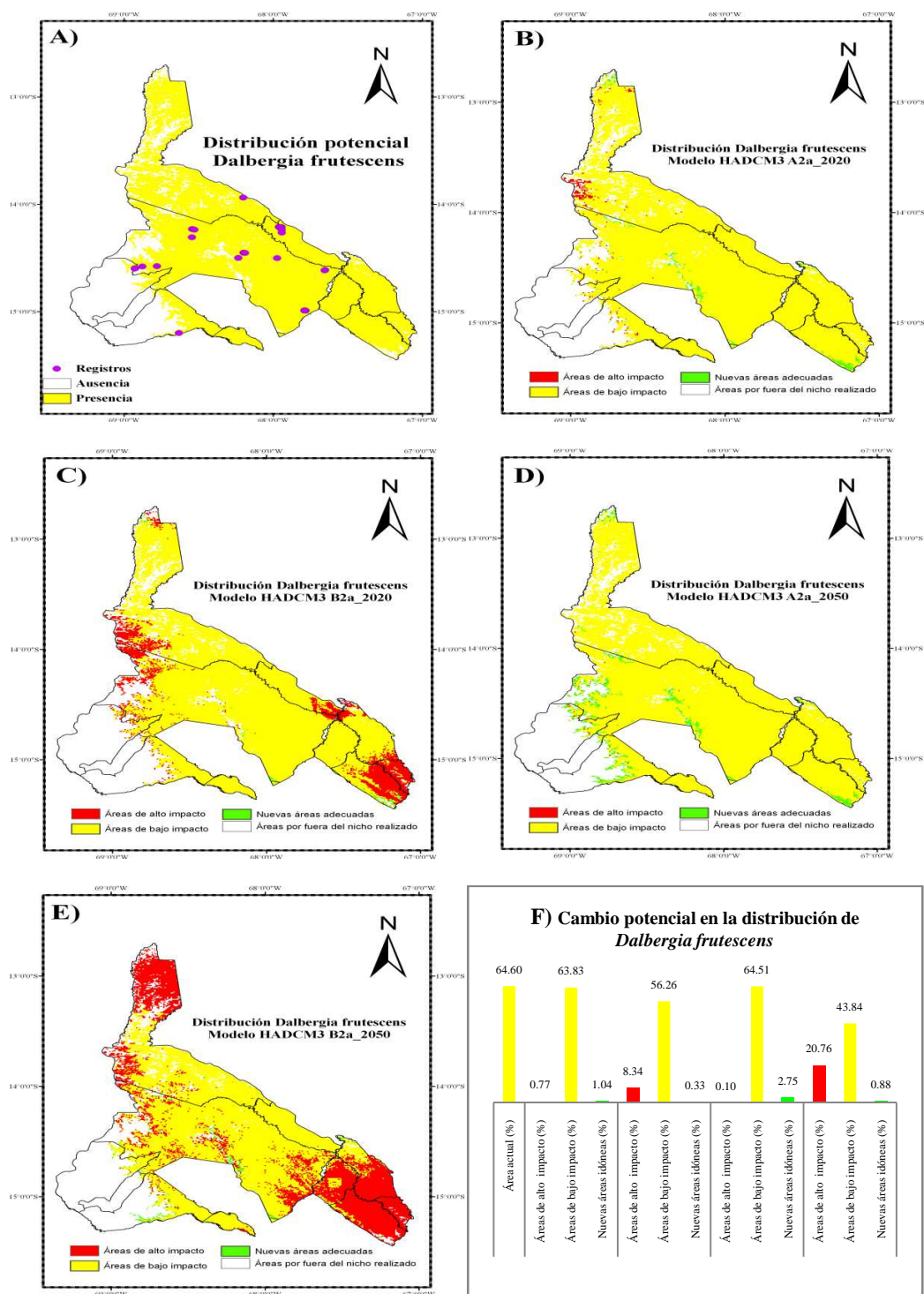


Fig. 14: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Dalbergia frutescens* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 10)

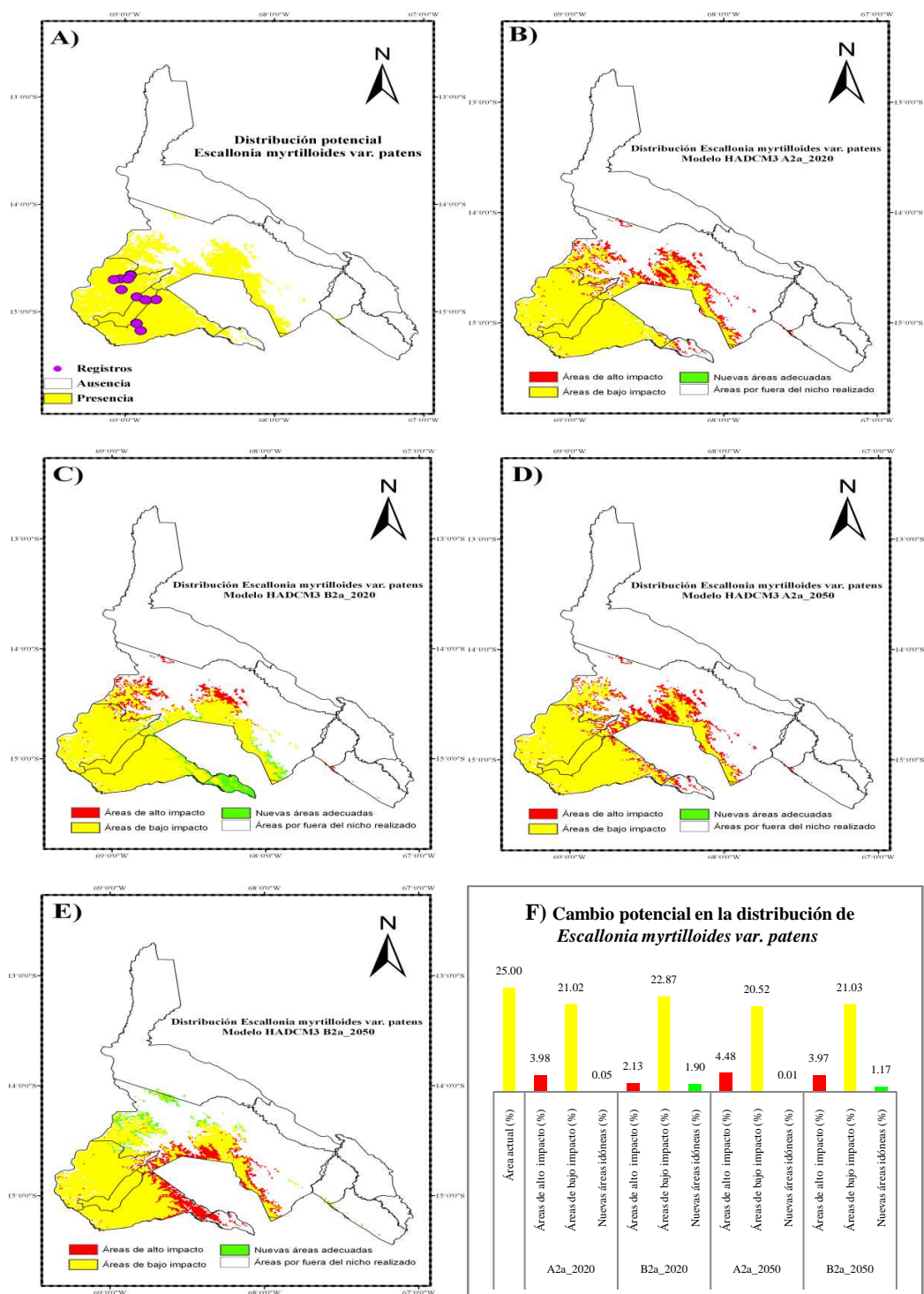


Fig. 15: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Escallonia myrtilloides* var. *Patens* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 11)

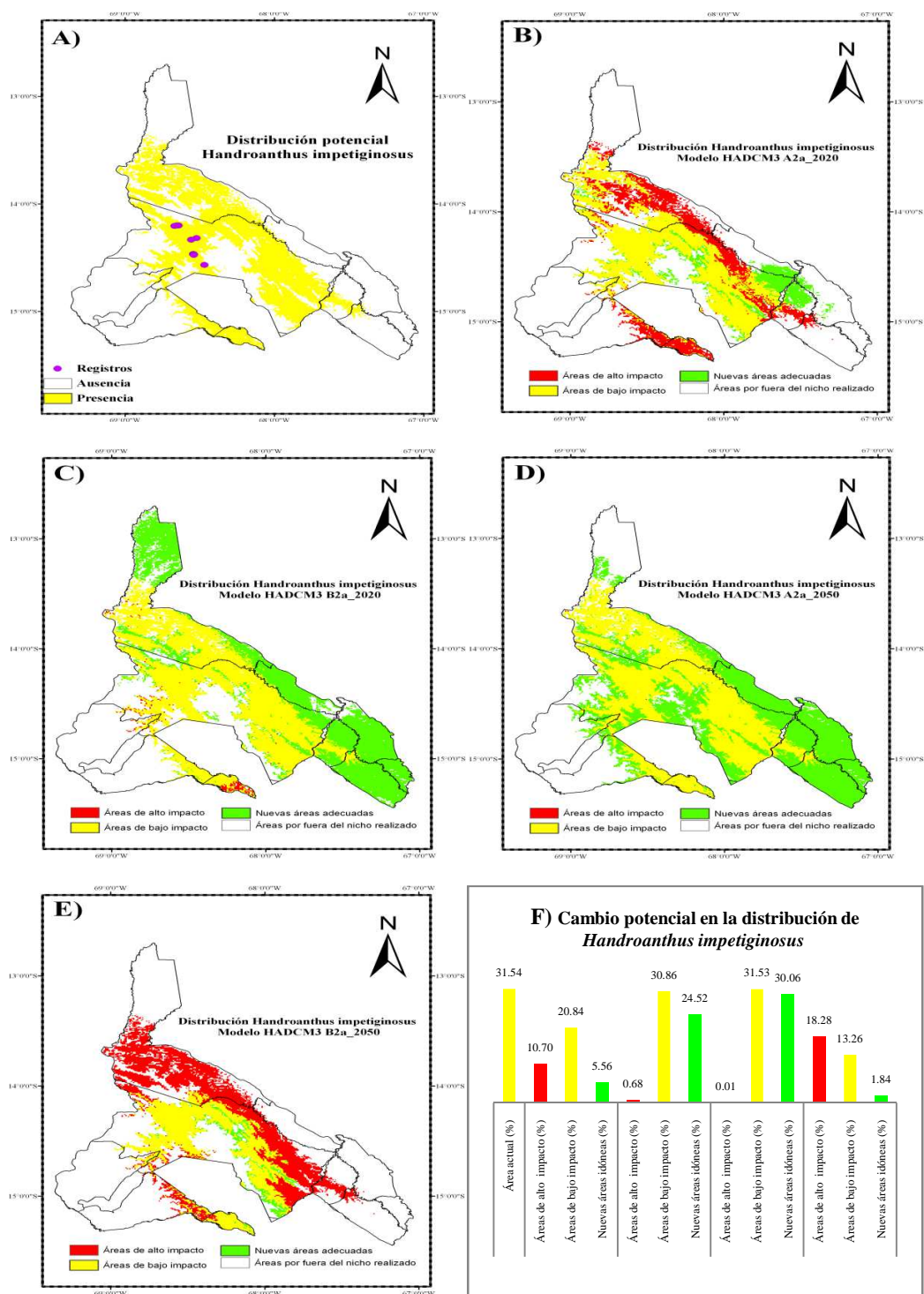


Fig. 16: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Handroanthus impetiginosus* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 12)

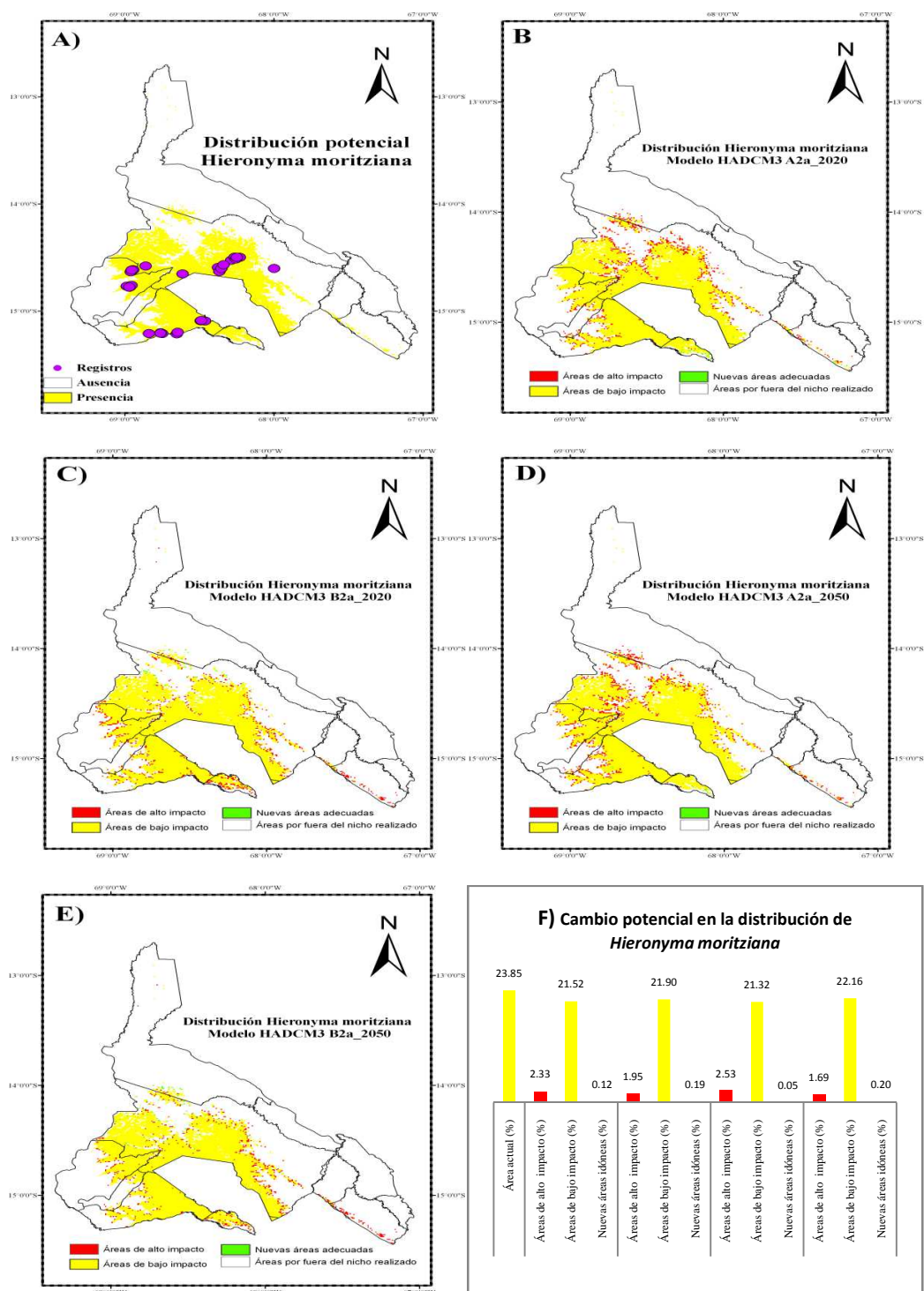


Fig. 17: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Hieronyma moritziana* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 13)

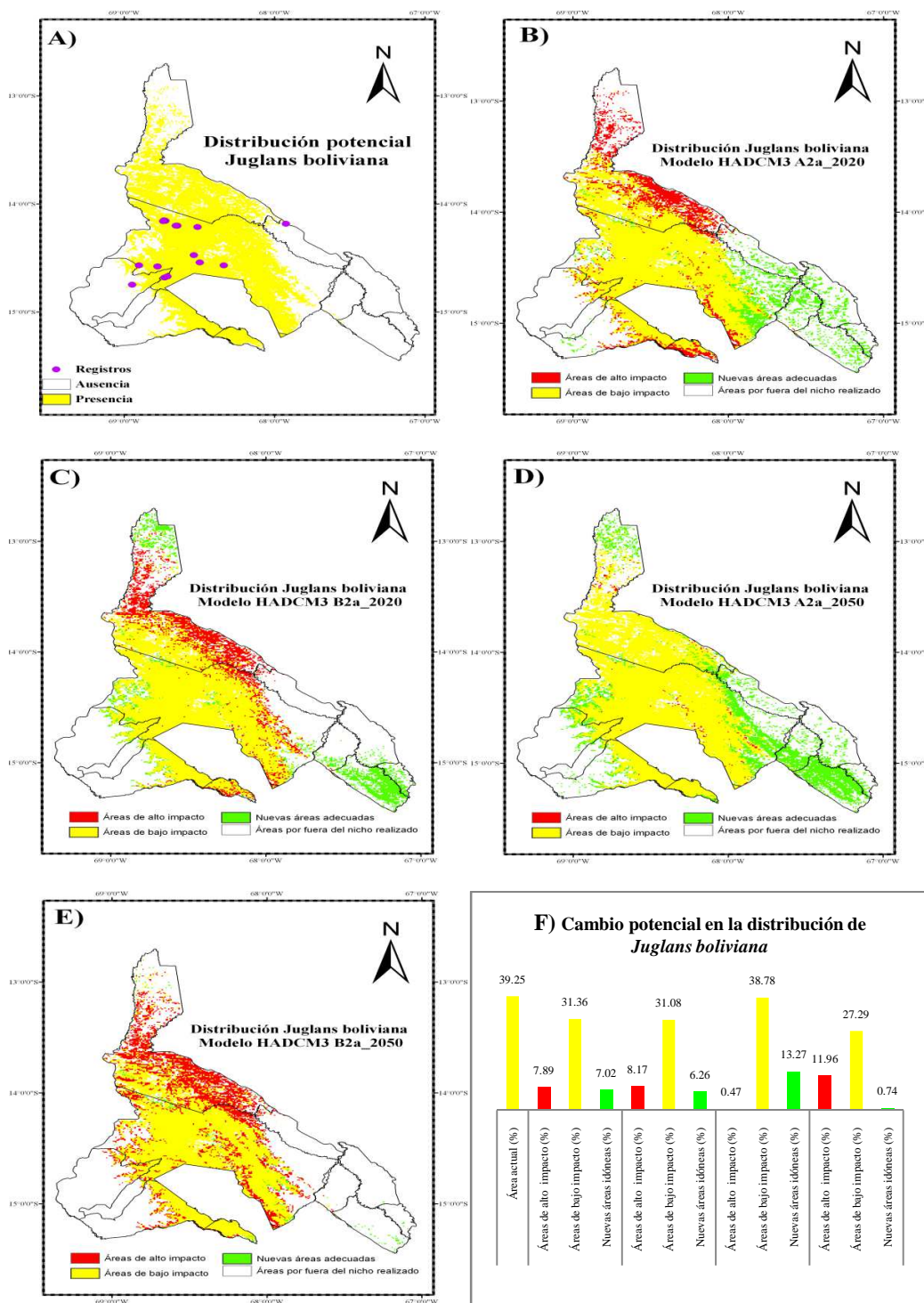


Fig. 18: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Juglans boliviana* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 14)

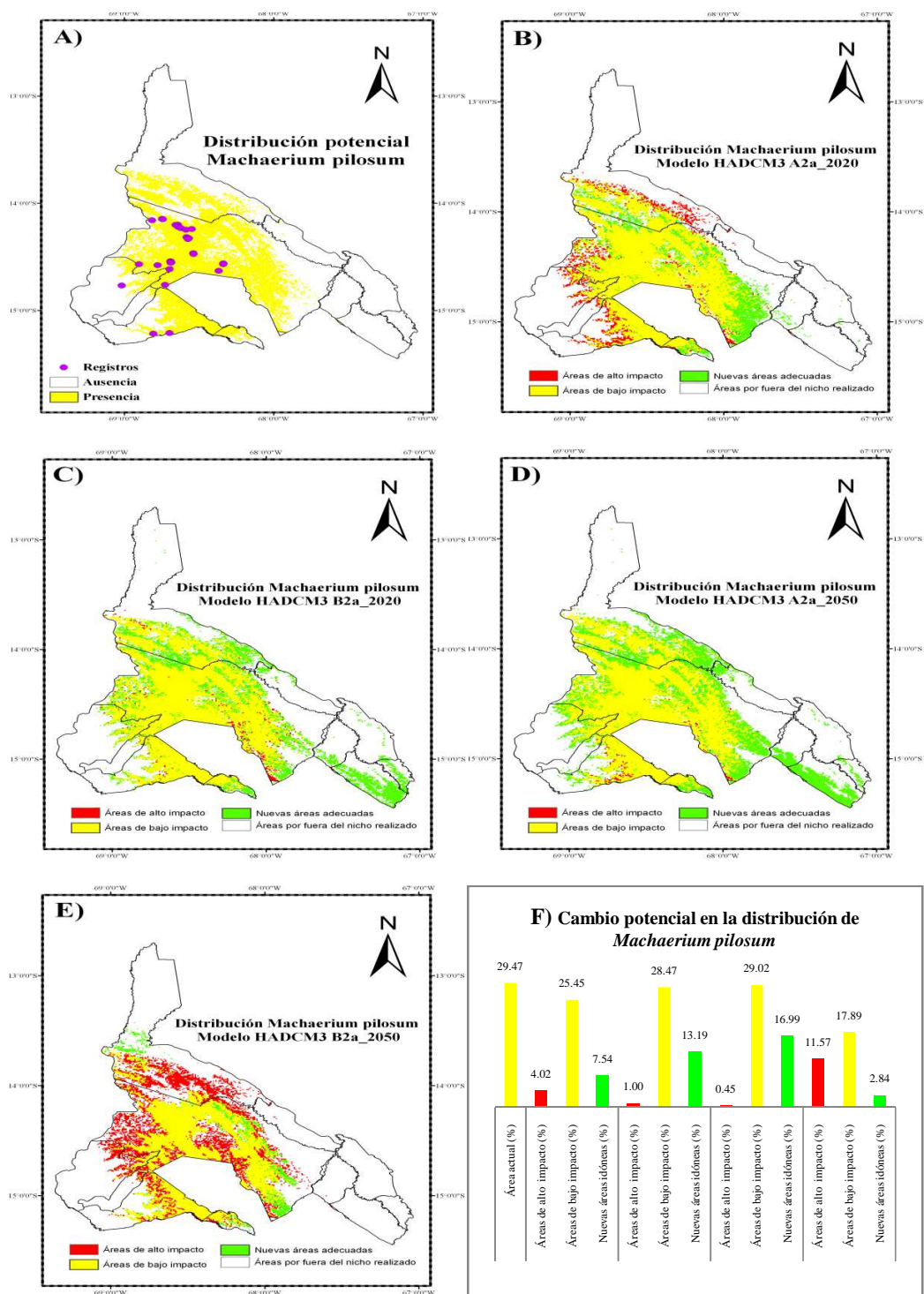


Fig. 19: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Machaerium pilosum* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 15)

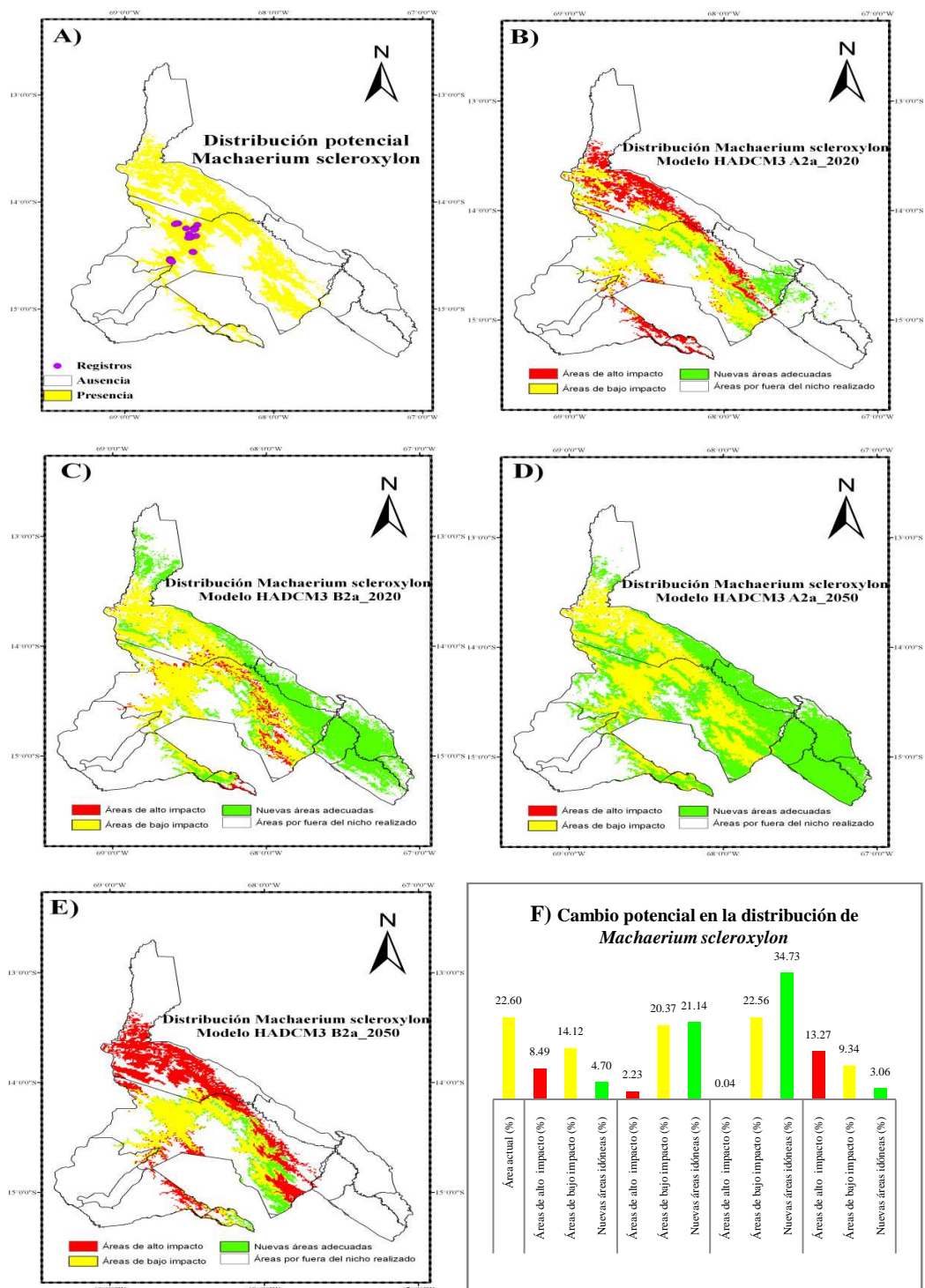


Fig. 20: (A) Distribución potencial actual y distribución futura (B, C, D, E) de *Machaerium scleroxylon* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 16)

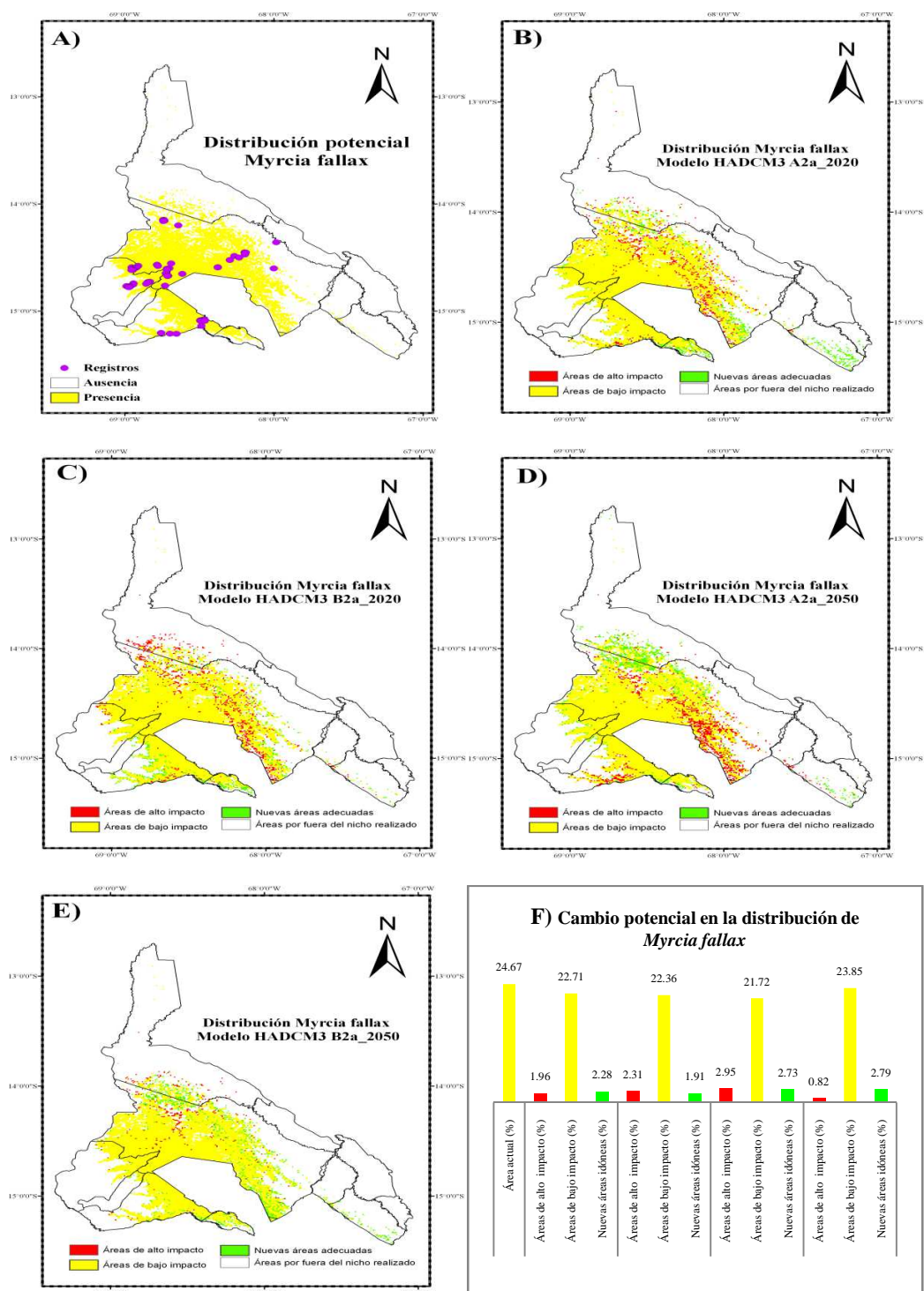


Fig. 21: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Myrcia fallax* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F) (ver descripción Anexo 3. 17)

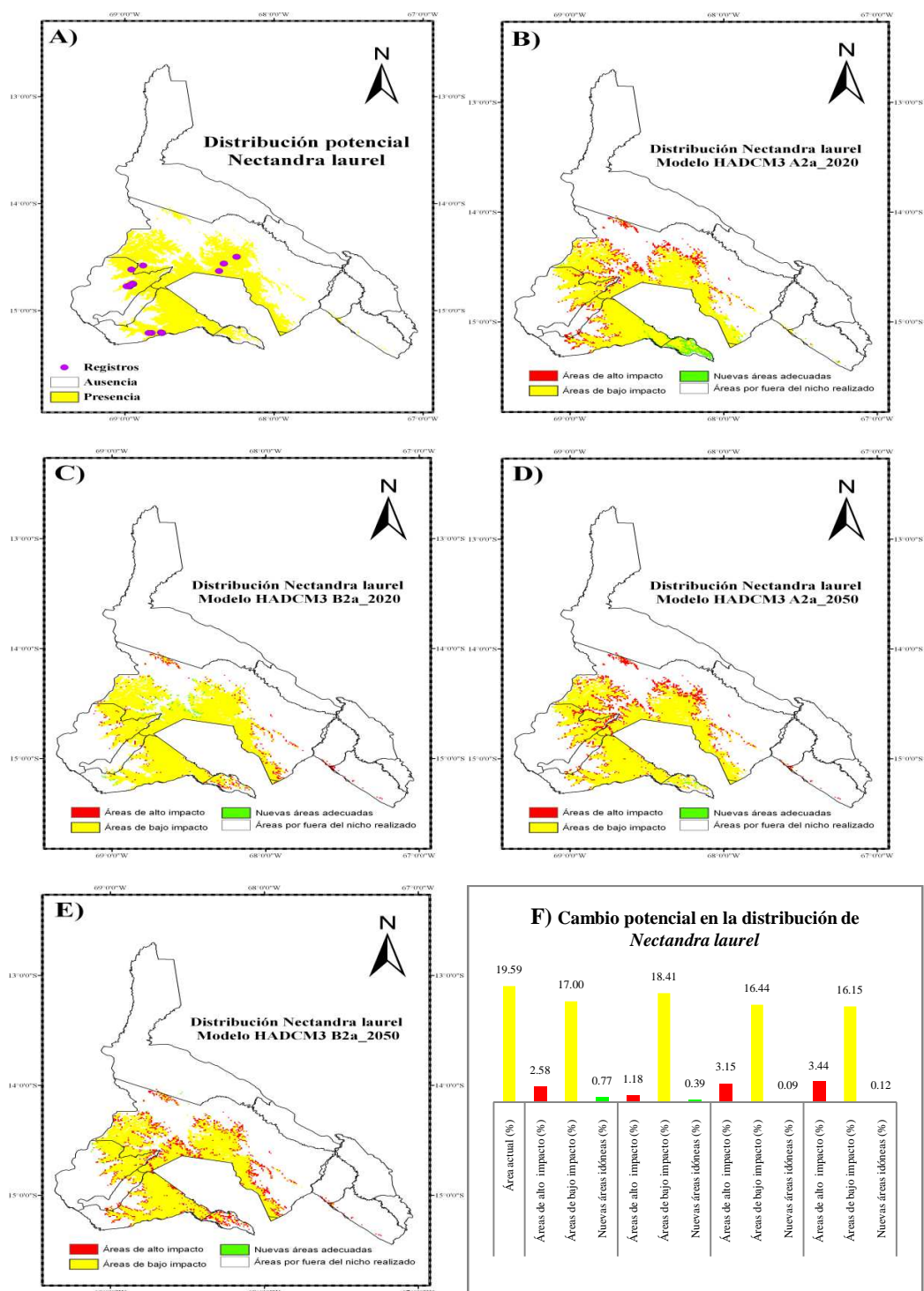


Fig. 22: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Nectandra laurel* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 18)

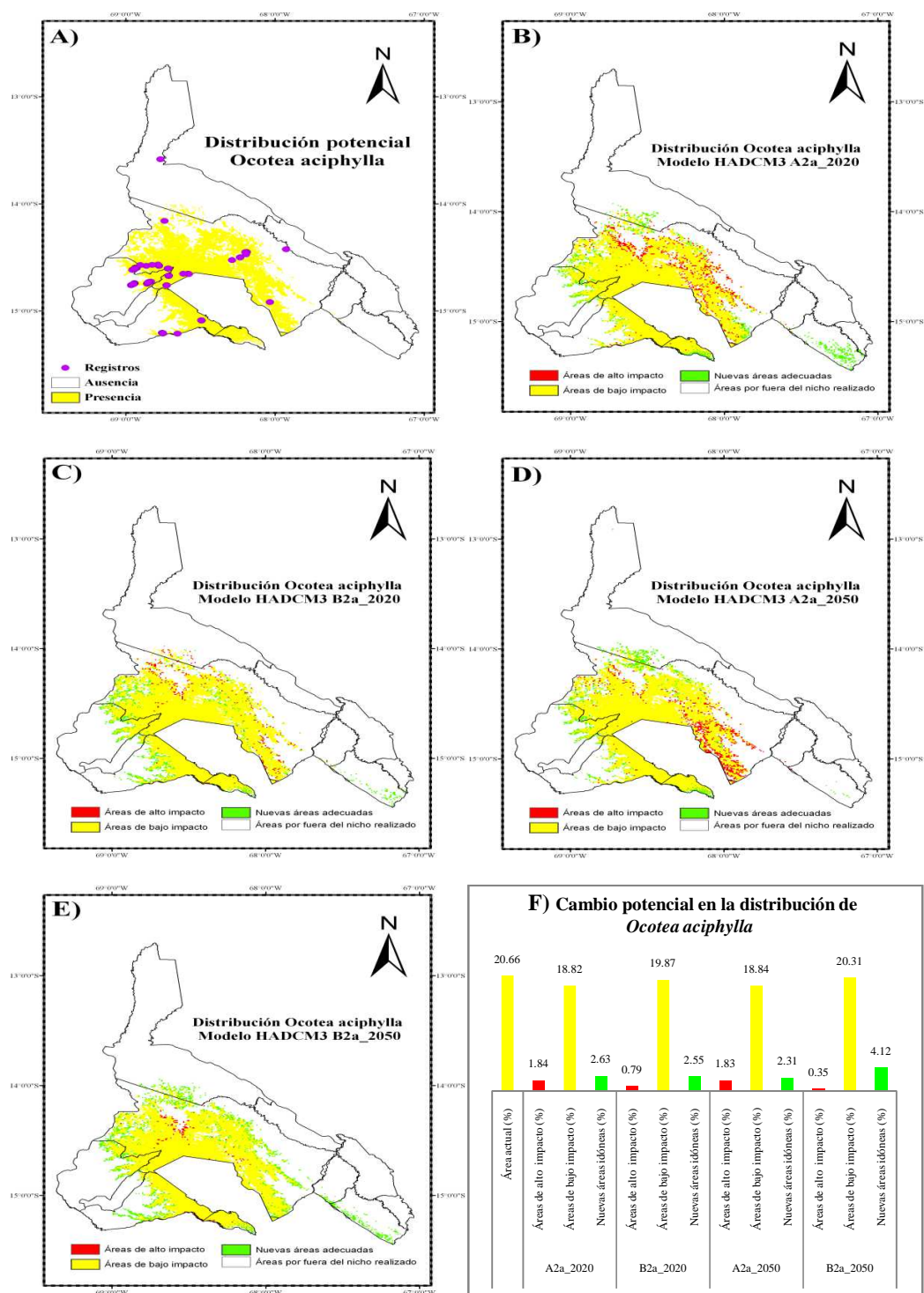


Fig. 23: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Ocotea aciphylla* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 19)

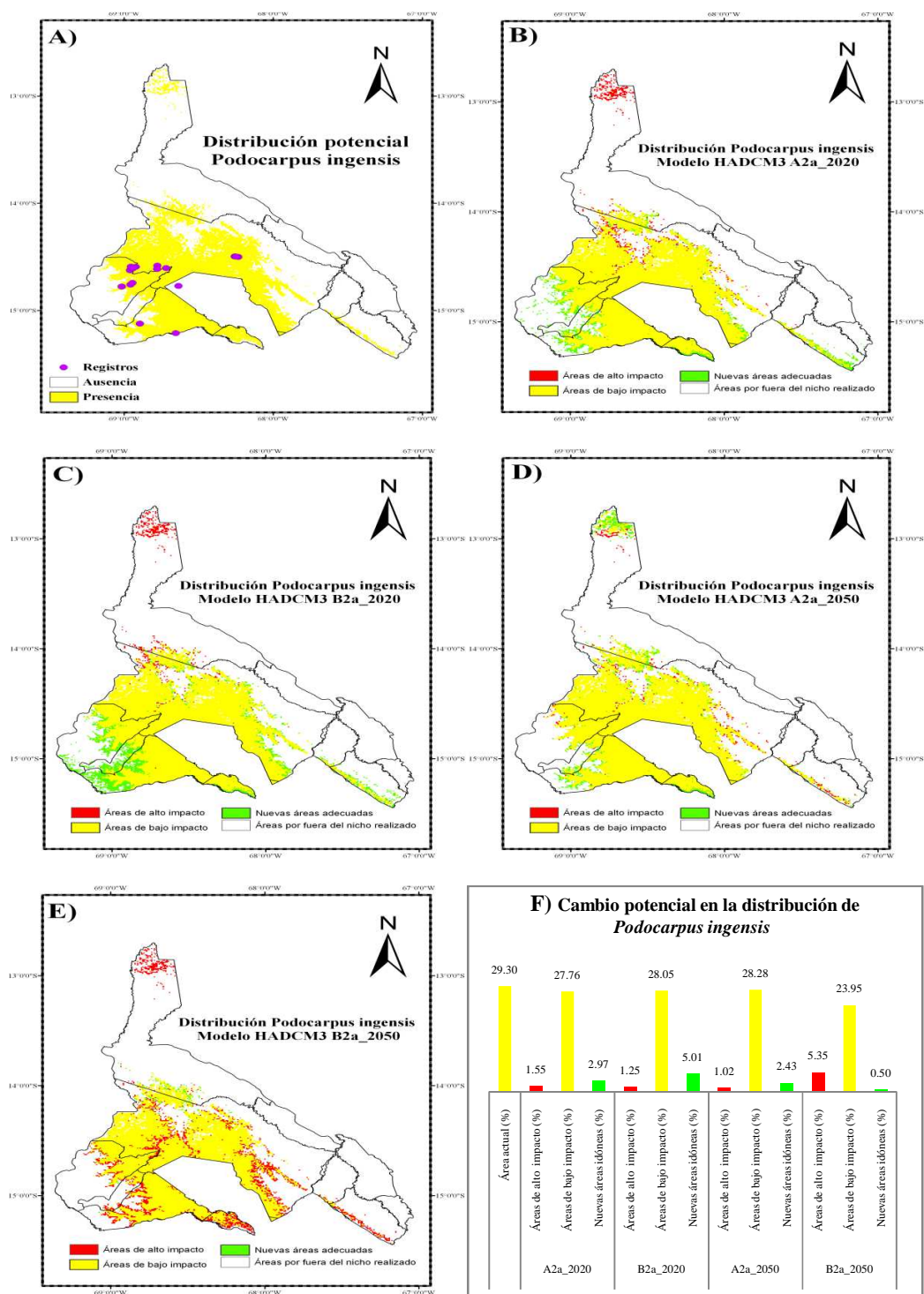


Fig. 24: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Podocarpus ingensis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 20)

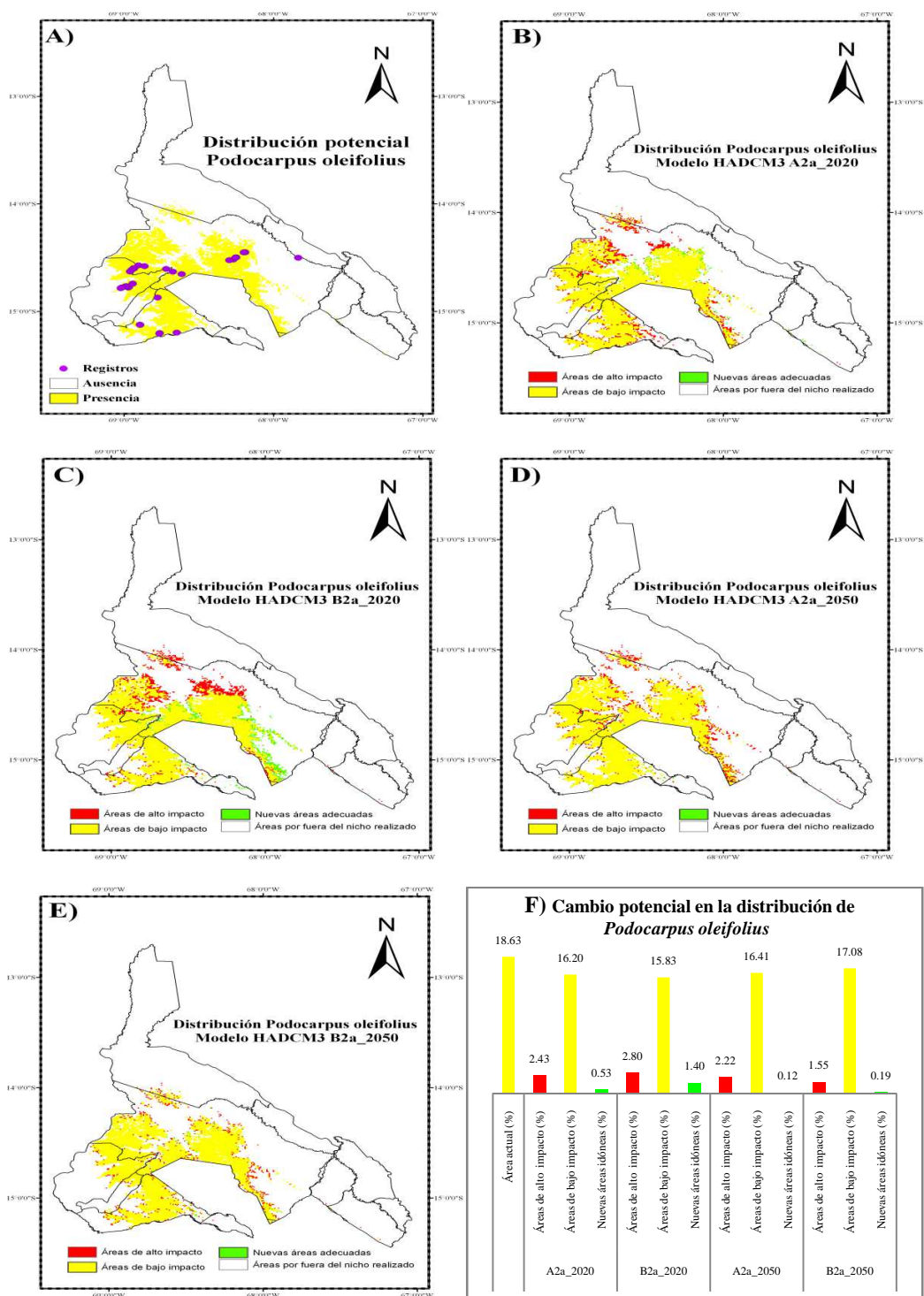


Fig. 25: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Podocarpus oleifolius* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 21)

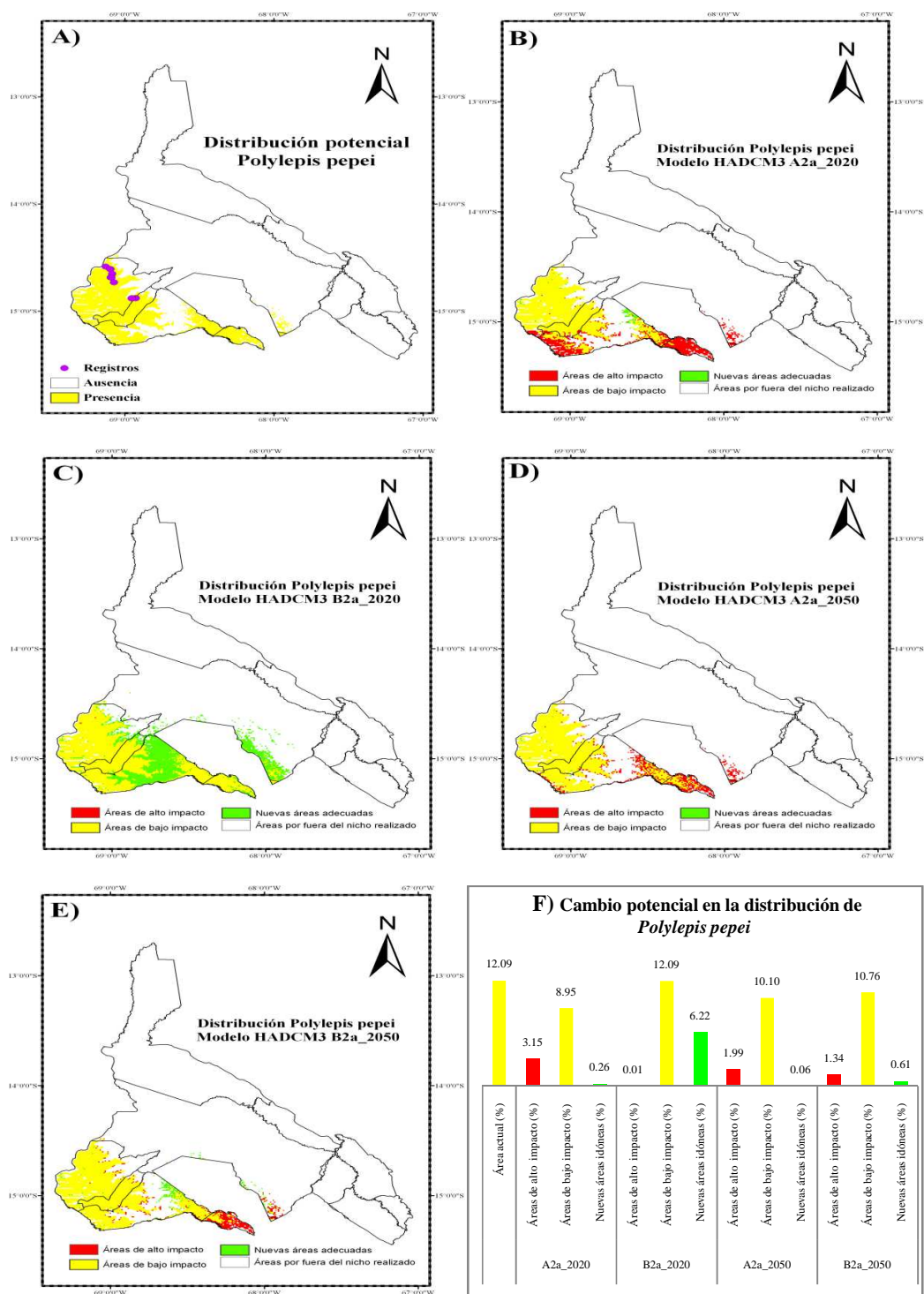


Fig. 26: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Polylepis pepei* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 22)

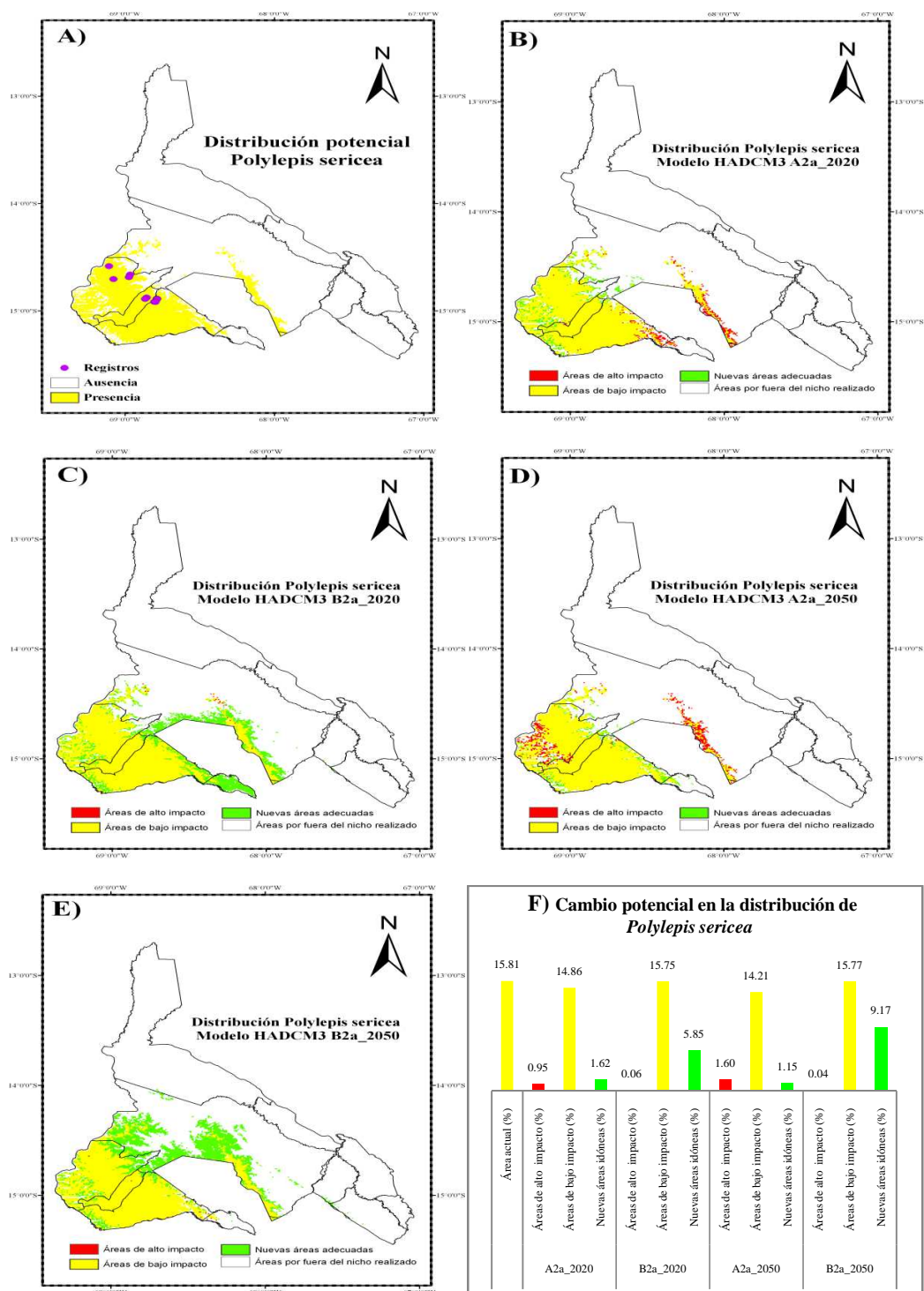


Fig. 27: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Polylepis sericea* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 23)

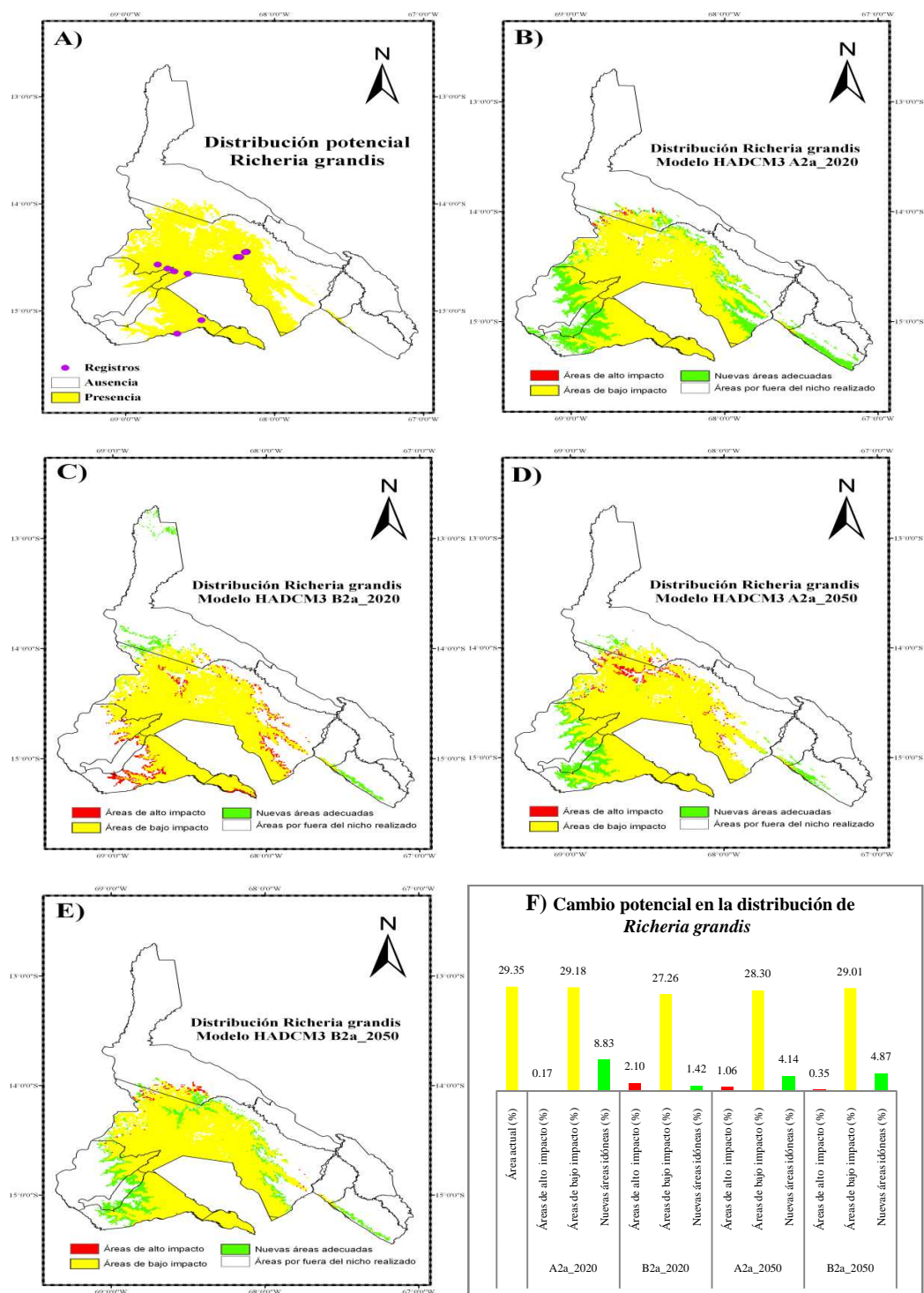


Fig. 28: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Richeia grandis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 24)

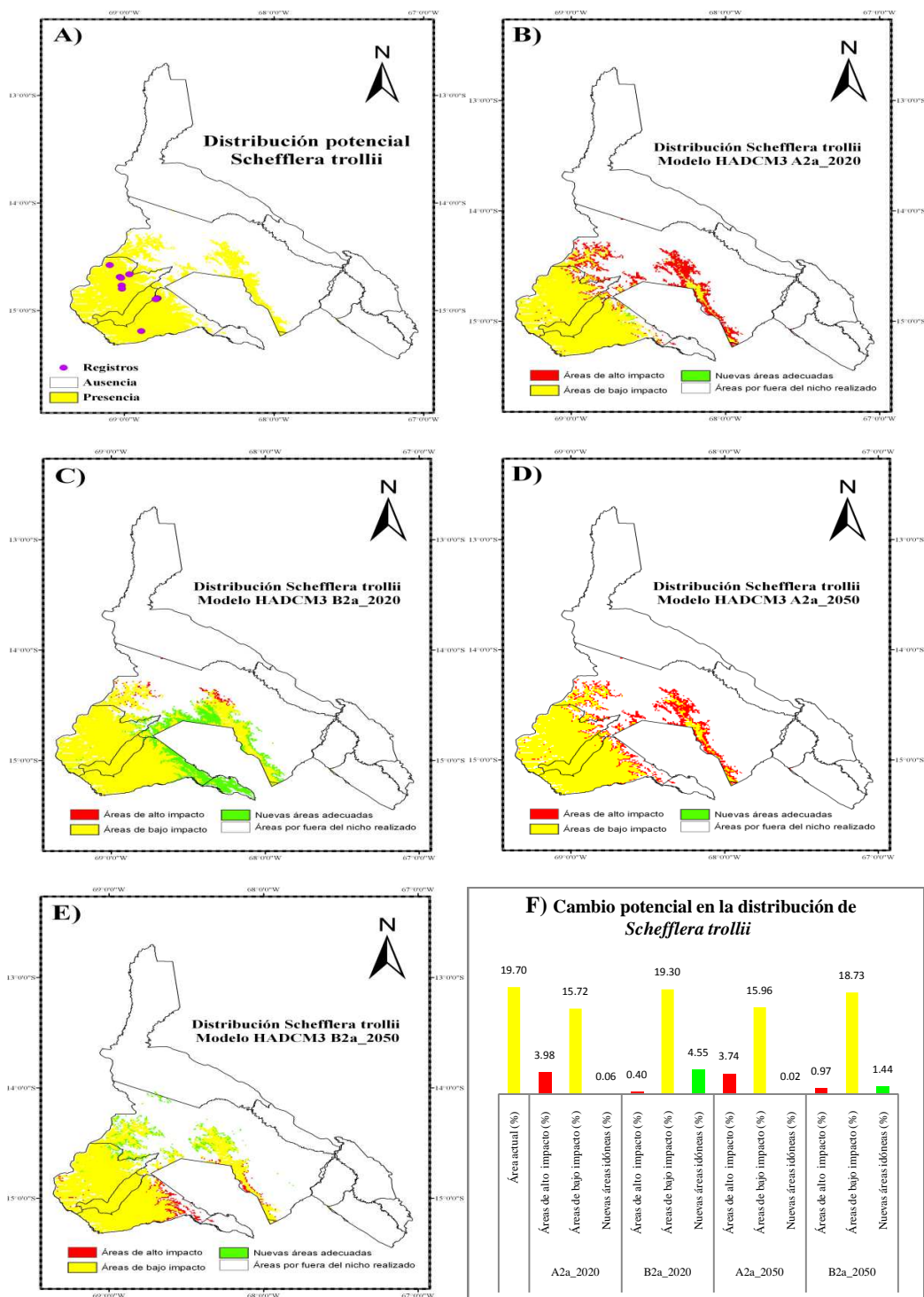


Fig. 29: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Schefflera trollii* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 25)

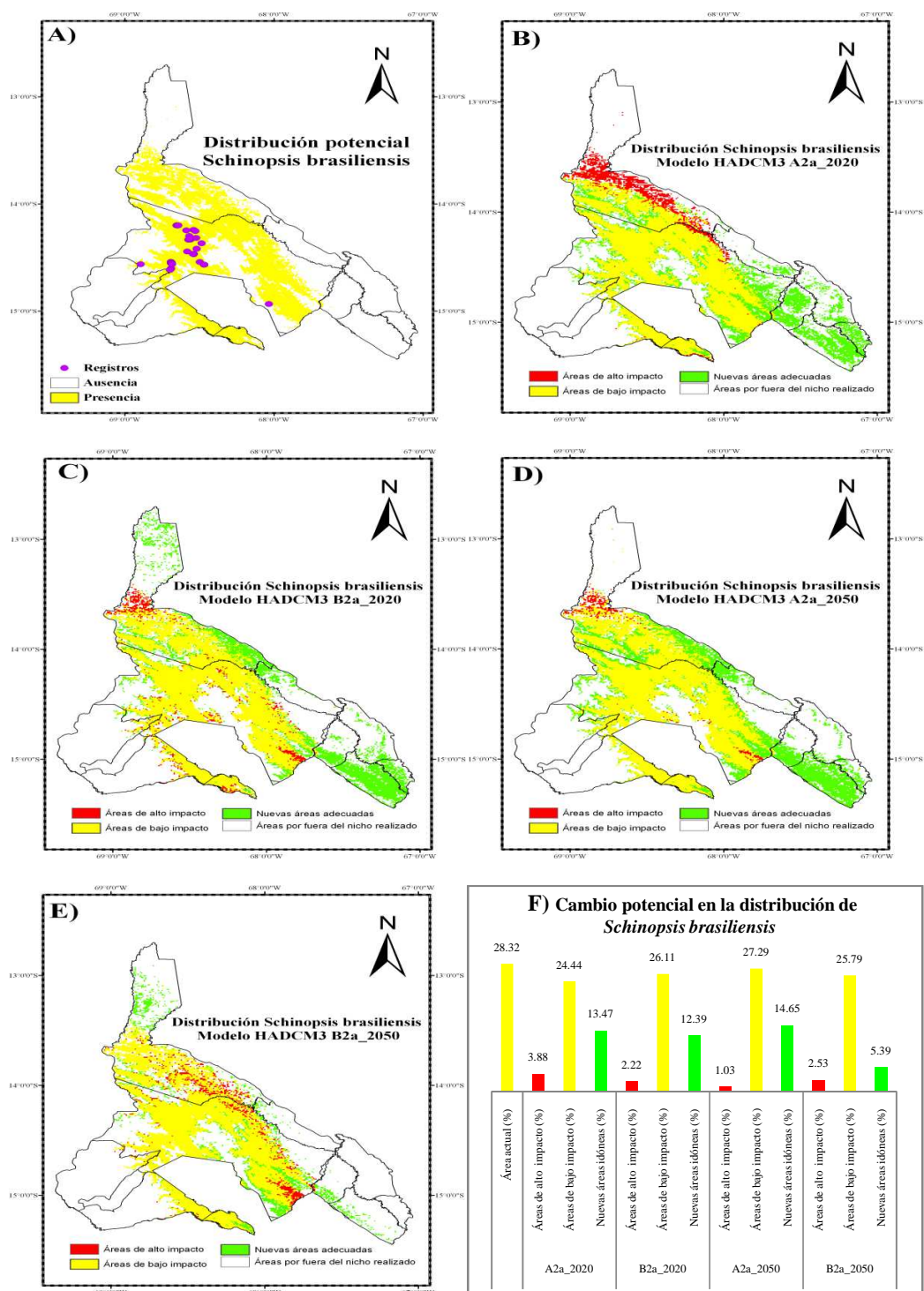


Fig. 30: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Schinopsis brasiliensis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 26)

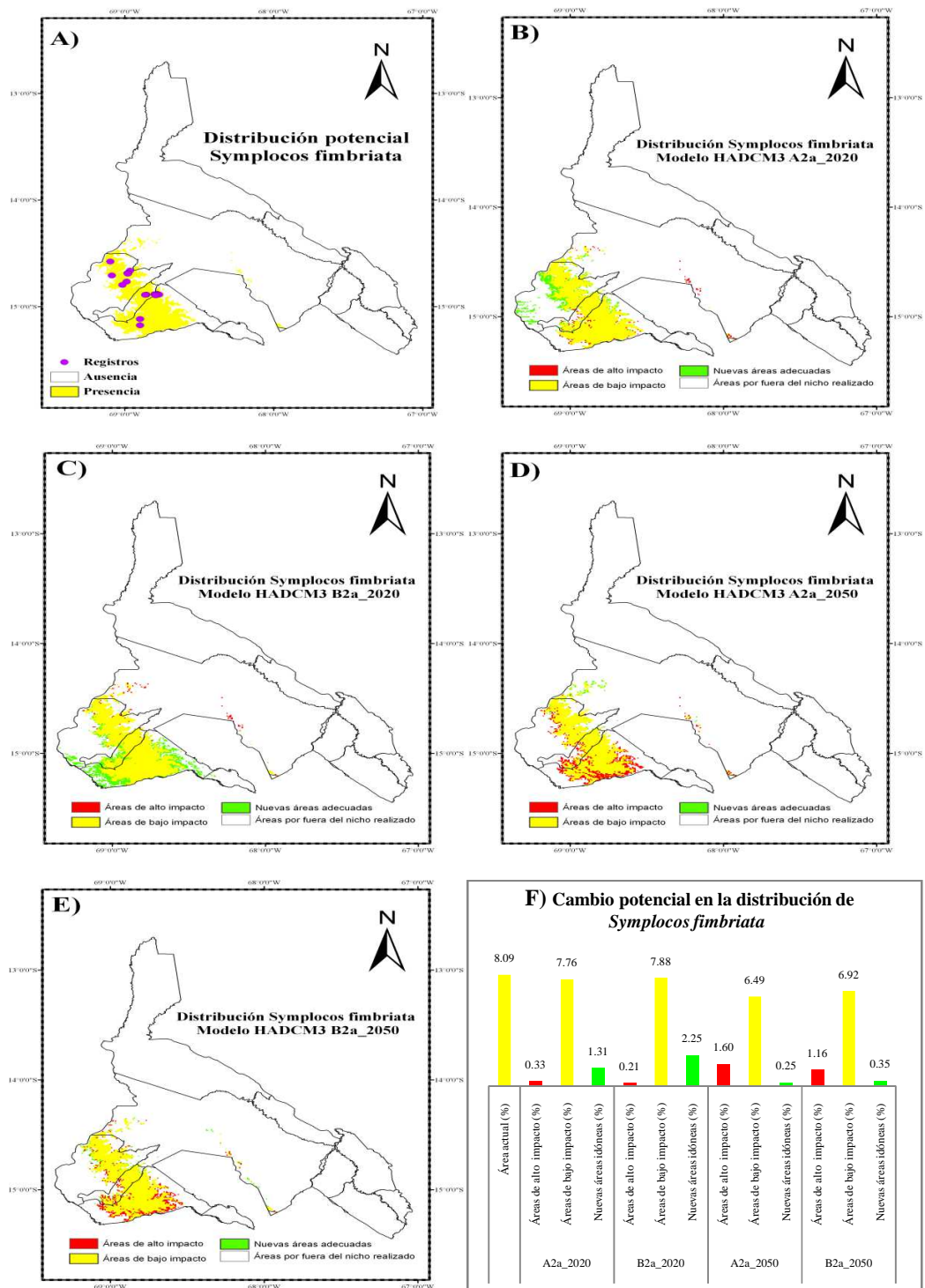


Fig. 31: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Symplocos fimbriata* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 27)

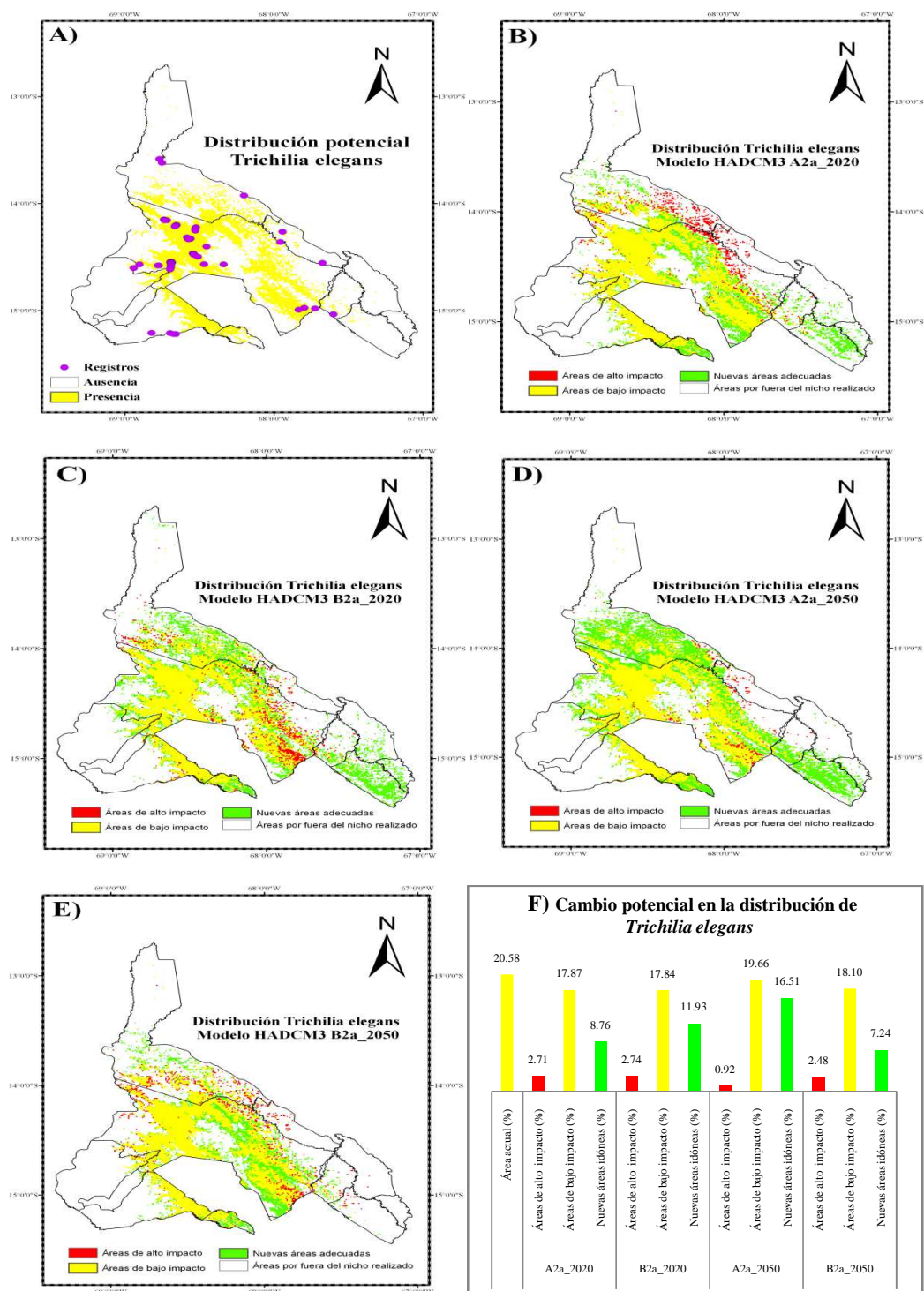


Fig. 32: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Trichilia elegans* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 28)

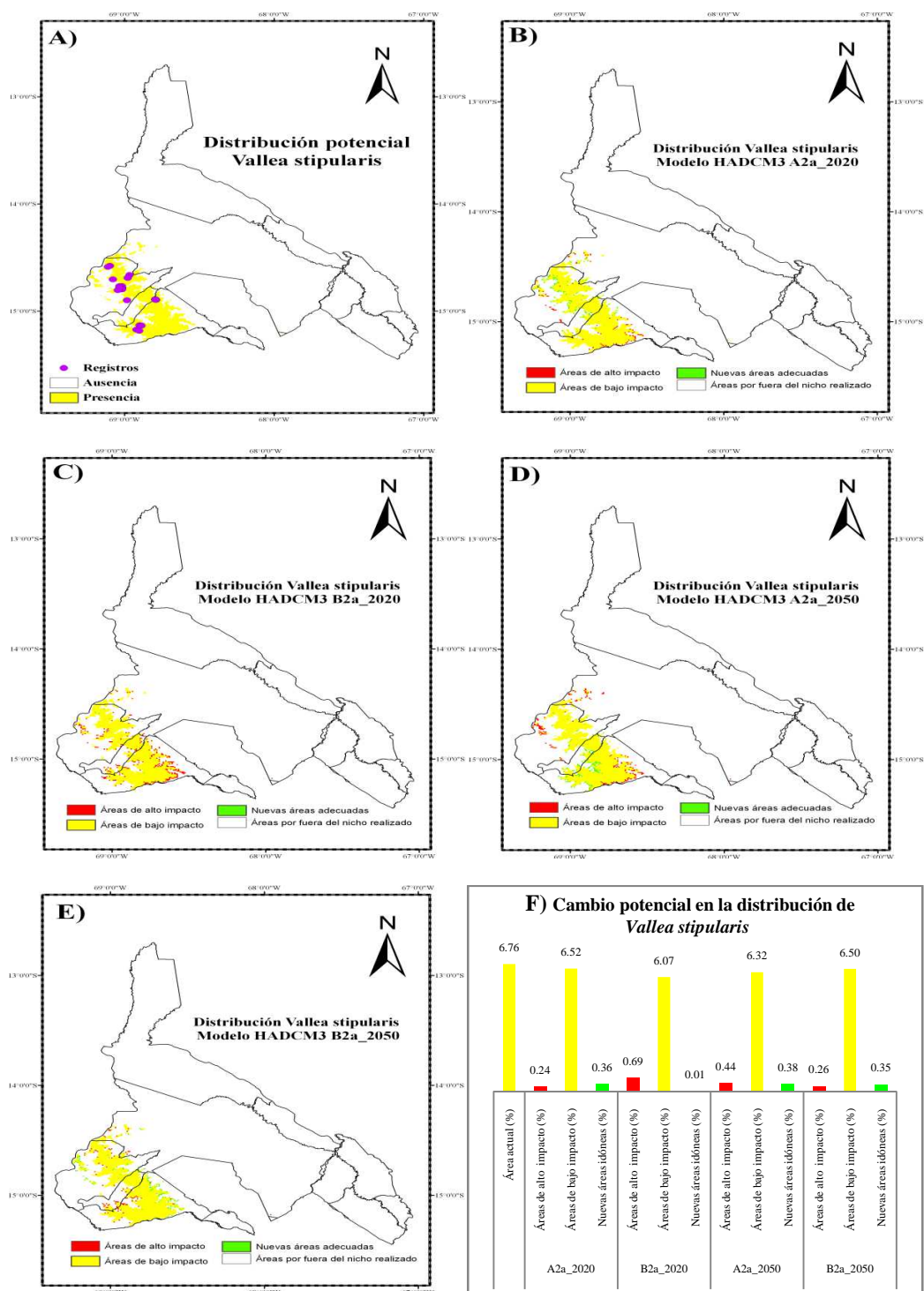


Fig. 33: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Vallea stipularis* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 29)

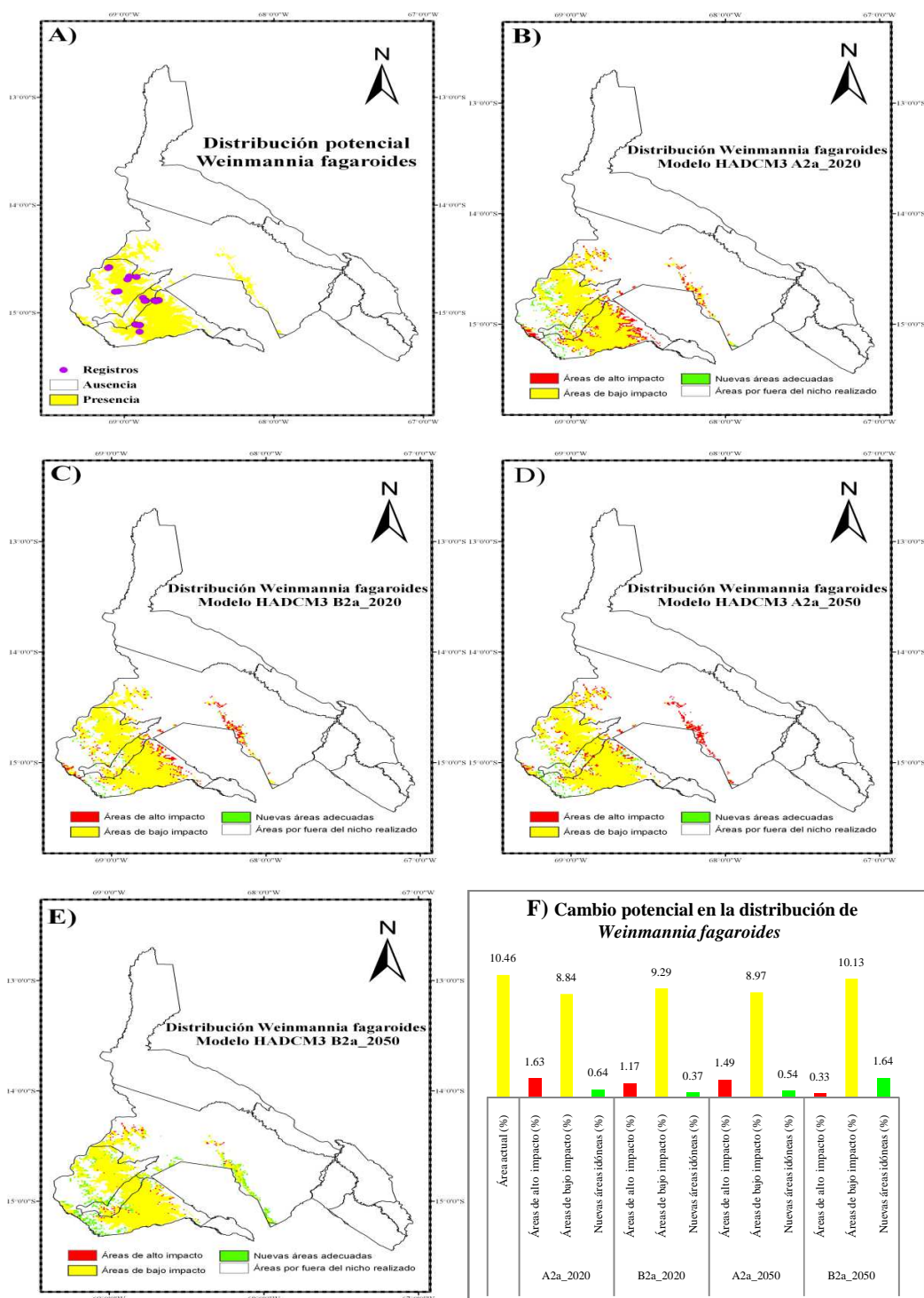


Fig. 34: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Weinmannia fagaroides* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 30)

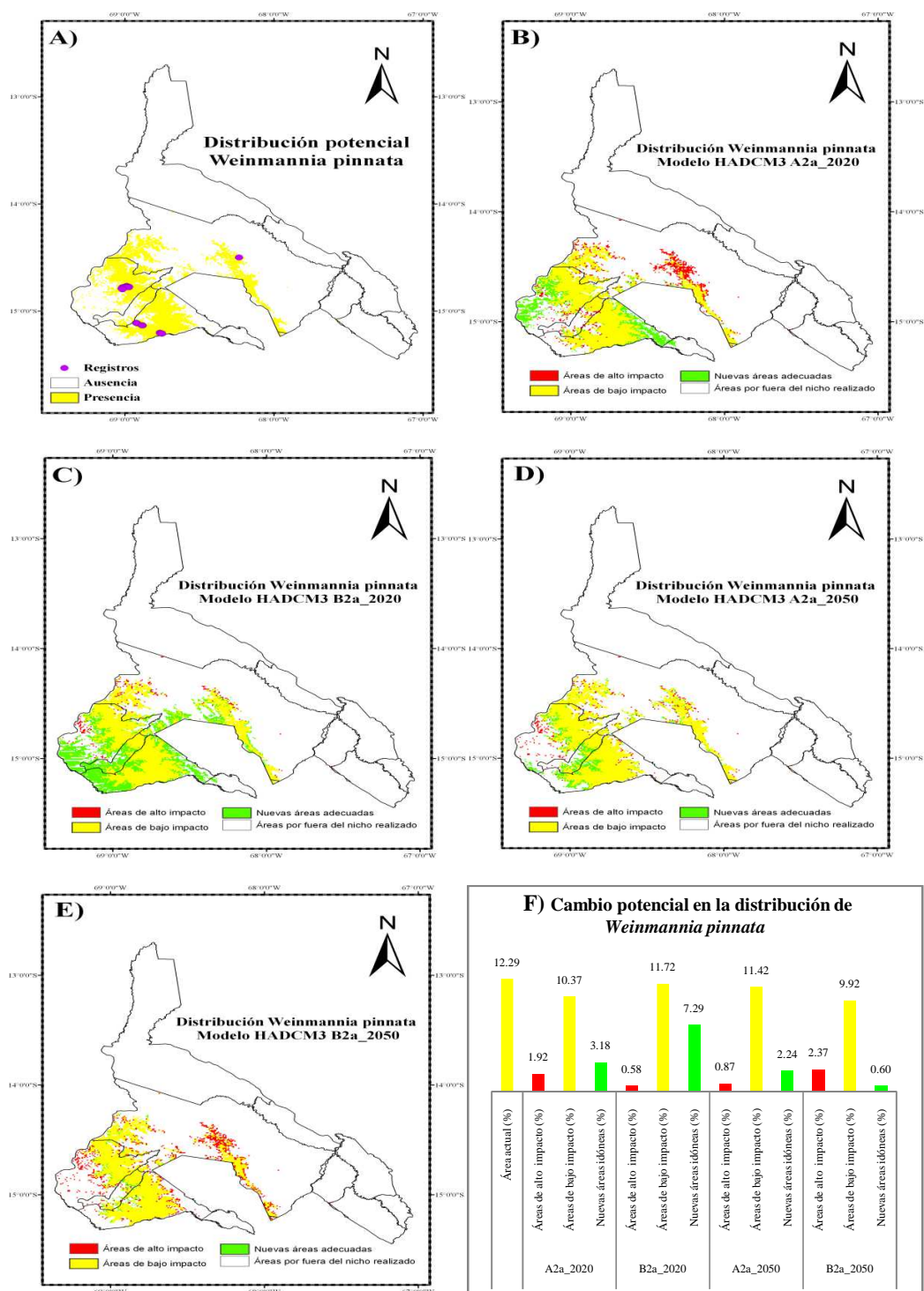


Fig. 35: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Weinmannia pinnata* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 31)

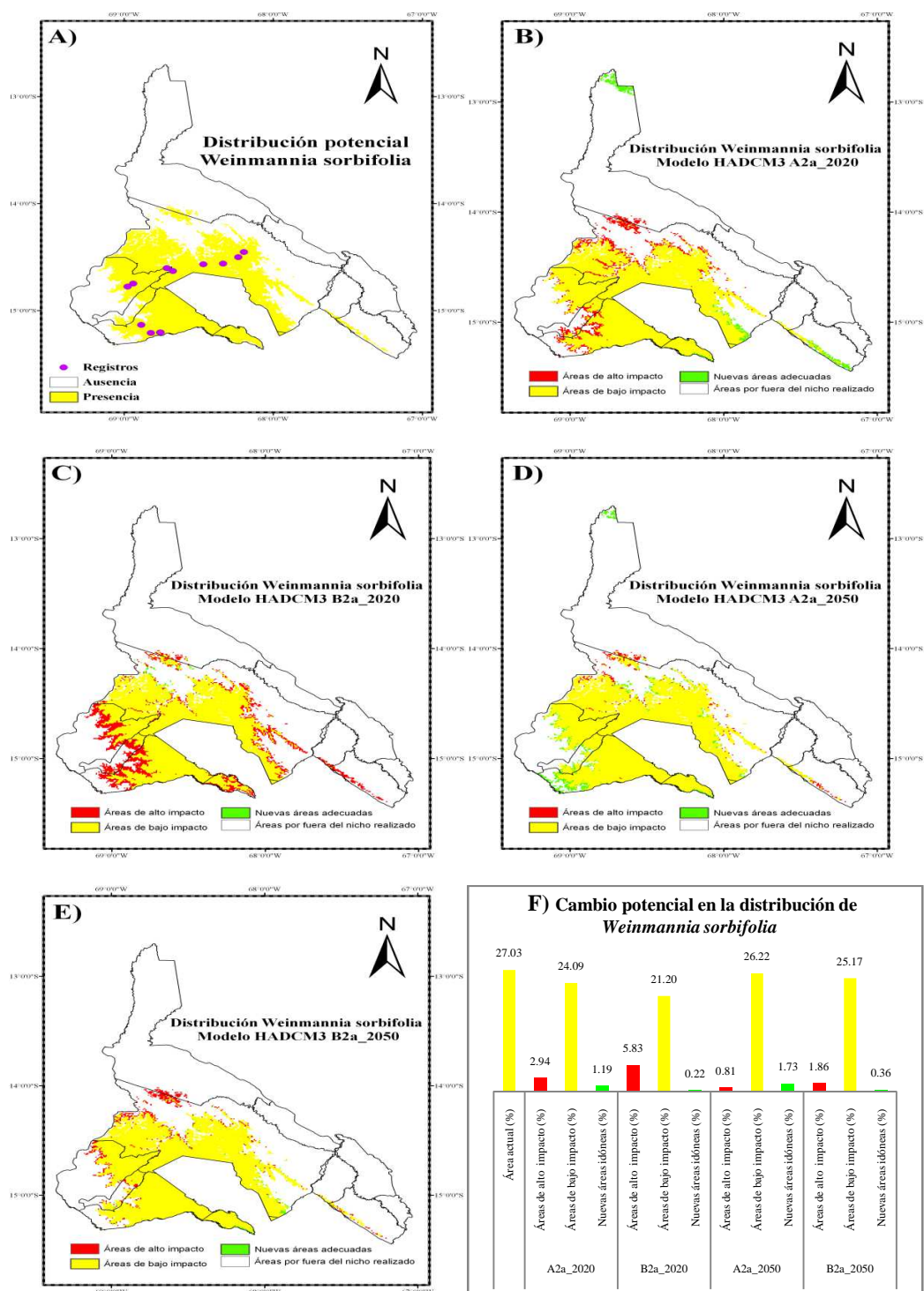


Fig. 36: Distribución potencial actual (A) y futura (B, C, D, E) de *Weinmannia sorbifolia* en la Región Madidi. Potencial cambio en la distribución (año 2020 y 2050; modelo HADCM3, escenarios A2a - B2a). (F). (ver descripción Anexo 3. 32)

Las Figuras 5 – 36 de forma similar señala que las zonas de alto impacto son menores a las nuevas áreas idóneas con excepción del, escenario B2a_2050 que reporta zonas con mayor incidencia la retracción del área de distribución para las especies forestales. Se ha anticipado que las especies *Cariniana estrellensis*, *Handroanthus impetiginosus*, *Machaerium scleroxylon*, *Podocarpus ingensis*, *Cedrela fissilis*, *Dalbergia frutescens*, *Juglans boliviana*, *Alchornea glandulosa*, *Ampelocera ruizii*, *Brunellia rhoides* y *Machaerium pilosum* de tierras bajas menores a los 1000 m.s.n.m. en la Región Madidi puedan ser las más amenazadas por las alteraciones climáticas, estas variaciones se registran sobre todo en los municipios de Ixiamas, Apolo, y Mapiri, y en menor grado Charazani. En contraste, *Amburana cearensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Cedrela fissilis*, *Handroanthus impetiginosus*, *Juglans boliviana*, *Machaerium pilosum*, *Schinopsis brasiliensis*, *Trichilia elegans*, *Machaerium scleroxylon*, *Brunellia rhoides* y *Richeria grandis* son las especies que a pesar de sufrir una retracción producto de las alteraciones climáticas, también amplían su área de distribución en dirección sur entre los 1000 – 2000 m.s.n.m. producto de la adecuación de nuevas áreas idóneas dentro la Región Madidi, estas zonas propicias para el desarrollo de las especies se localizan sobre el territorio de los municipios de Apolo, Rurrenabaque, Palos Blancos y San Borja.

Finalmente la mayor parte de las poblaciones de las especies forestales se encuentran entre los 1500 – 3000 m.s.n.m. y no se espera que el cambio climático las afecte mayormente como se puede observar en la tonalidad amarilla que corresponde a zonas de bajo impacto. Se espera que especies que actualmente se encuentran entre los 3000 – 4500 m.s.n.m. sufrirán efectos adversos en su área de ocupación producto del cambio climático como es el caso de *Nectandra laurel*, *Podocarpus ingensis*, *Podocarpus oleifolius*, *Polylepis pepeii*, *Richeria grandis*, *Symplocos fimbriata*, *Vallea stipularis*, *Weinmannia fagaroides*, *Weinmannia pinnatay* *Weinmannia sorbifolia*.

VI. DISCUSIONES

Nuestros resultados (Figuras 5 - 36) concuerdan con lo señalado por (Villers & Trejo 2000) indicando que en el contexto del cambio climático actual, las especies tendrán que enfrentar diversas presiones del ambiente, tales como incrementos en la temperatura y variaciones en

las precipitaciones (Tabla 2). Estas variaciones climáticas que resultaría en un aumento de la temperatura entre 1 y 2,5 °C para el años 2020 y 2050 obtenidas en nuestro estudio coincide con lo reportado por el IPCC 2007 que señala un incremento de 3°C de temperatura previsto para finales de este siglo. Esto implica variaciones en el límite forestal de distribución para las especies (Grace *et al.* 2002). De ser así, la permanencia de las especies ante el cambio climático dependerá de su habilidad de adaptación y de una migración rápida a lugares con condiciones climáticas óptimas (Peters 1990, Gray 2005) identificadas en nuestro estudio como Nuevas Áreas Idóneas (Figuras 5 - 36). Sin embargo, se sabe que los cambios en la distribución de la vegetación ocurren de manera lenta, ya que suelen ser procesos que tardan cientos o miles de años (Hardy 2003), además de que las nuevas zonas podrían no ser apropiadas para el establecimiento de las especies (McKenney *et al.* 2007). Además, la capacidad de respuesta de cada especie se vería afectada por el estado de conservación de la vegetación y por factores como la deforestación (Villers & Trejo 2000).

Nuestros resultados coinciden con trabajos previos que indican que las modificaciones en las variables climáticas, propuestas por los modelos de circulación general y escenarios utilizados en este estudio generará alteraciones en los patrones de distribución de las especies analizadas (Walther *et al.* 2002, Parmesan 2006). Sin embargo la proyección de los modelos en nuestro estudio, señalan que esta alteración no será de forma negativa, dado que se prevé que exista una expansión del área de distribución en muchas de las especies, alcanzando incluso a doblar su área de presencia actual, debido a la colonización de nueva áreas idóneas para el 2020 y 2050 que muestran similitudes ambientales con las áreas de ocupación actual (McLaughlin 2002, Rehfeld *et al.* 2002, Cuellar & Ríos 2010)

Como patrón general los modelos señalan, que bajo escenarios de cambio climático las especies producirán una migración hacia el sur. Es decir, para las especies estudiadas, las áreas rojas (*áreas de alto impacto o de retracción del rango de distribución*), se localizan en general hacia el norte de la distribución actual, observándose las áreas verdes (*nuevas áreas de adecuación*) principalmente hacia el sur de las respectivas distribuciones. Este patrón es consistente con lo reportado para otras especies como *Prosopis hassleri* y *P. alba*

(Venier *et al.* 2013), donde se ha comenzado a observar un desplazamiento hacia mayores latitudes, por lo que podría cambiar la amplitud de su distribución (Beniston 1994, Dawson & Spannagle 2009) asociado, en principio, a un aumento de la temperatura (Watson 2000, IPCC 2002, Pacheco 2010). Sin embargo la intensidad y dirección de este cambio varía en función a las especies (Pacheco 2010, Cuellar 2012) y los escenarios climáticos seleccionados. Ambos escenarios establecen un incremento en la temperatura y una disminución en la precipitación alterando de manera muy diferente los patrones de distribución de las especies seleccionadas coincidiendo con lo reportado por (Díaz *et al.* 2007). Esto es importante, debido a que las tolerancias entre las especies son distintas y esto hace que algunas sean más vulnerables al cambio climático (Thuiller *et al.* 2011).

En este sentido se observa que la mayoría de las especies mantienen estables la mayor parte de su distribución actual, sin sufrir extremas retracciones, mas al contrario, las variaciones climáticas, abren la posibilidad de adentrarse en territorios de los que se hallaban excluidas, estas expansiones serán más efectivas en la medida en que los hábitats de nueva ocupación posean las condiciones aptas para el establecimiento de las especies (Fernández & Gonzales 2005). Este resultado, podría deberse a que estas especies estarían más adaptadas a una alta variabilidad de temperatura y precipitación, según lo muestra su actual área de distribución en sentido norte-sur coincidente con el sentido en que varían las temperaturas en la región de estudio (Toledo 2010).

En contraste, a lo reportado por (Vié *et al.* 2009) quien señala que especies de distribución en las partes altas de las montañas tendrían una mayor sensibilidad a variaciones climáticas y por ende una afectación drástica en su distribución. Nuestro estudio refleja que especies tales como *Poylepis pepeii*, *Polylepis sericea*, *Symplocos fimbriata* y *Vallea stipularis* establecidas en las partes altas de las montañas dentro la Región Madidi amplían su área de ocupación hacia latitud sur de forma similar a lo reportado por (Mejia 2013) quien señala una ampliación del área de distribución del genero *Polylepis* en la cuenca del rio Paute en el Ecuador para los periodos 2020 y 2050.

VII. CONCLUSIONES

Las variaciones climáticas registradas para los años 2020 y 2050 en la Región Madidi, tendrá impactos negativos (áreas de alto impacto) pero también positivos (nuevas áreas de adecuación) sobre la distribución potencial actual de las 32 especies forestales, asimismo existirán áreas que no tendrán impacto (áreas de bajo impacto) cuyas áreas se mantendrán estables en el tiempo, sin embargo esto dependerá de las características adaptativas de cada especie y los escenarios de cambio climático A2a – B2a .

De acuerdo a los modelos de distribución potencial actual, 72% de las especies forestales (*Alchornea glandulosa*, *Amburana cearensis*, *Ampelocera ruizii*, *Anadenanthera colubrina*, *Beilschmiedia towarensis*, *Brunellia rhoides*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Dalbergia frutescens*, *Handroanthus impetiginosus*, *Hieronyma moritziana*, *Juglans boliviana*, *Machaerium pilosum*, *Machaerium scleroxylon*, *Myrcia fallax*, *Nectandra laurel*, *Ocotea aciphylla*, *Podocarpus ingensis*, *Podocarpus oleifolius*, *Richeria grandis*, *Schinopsis brasiliensis*, *Trichilia elegans* y *Weinmannia sorbifolia*) poseen una distribución amplia en la Región Madidi extendiéndose aproximadamente entre los 800 – 3500 m.s.n.m. (Ixiamas, Apolo, Pelechuco, Charazani y Mapiri), mientras que el 28 % de las especies (*Clethra ferruginea*, *Escallonia myrtilloides var. Patens*, *Polylepis pepeii*, *Polylepis sericea*, *Schefflera trollii*, *Symplocos fimbriata*, *Vallea stipularis*, *Weinmannia fagaroides* y *Weinmannia pinnata*) restringe su distribución potencial actual a zonas altas (> 3000 m.s.n.m.) en Apolo, Pelechuco, Charazani y Curva.

De las 32 especies estudiadas el escenario A2a_2020 señala que el 41% (13) de las especies tendrá impactos negativos sobre su distribución en el municipio de Ixiamas, en proximidades al límite municipal entre Apolo y San Buenaventura y en menor medida las zonas altas de Charazani, Pelechuco y Curva, reduciendo de esta forma hasta en un 5.3% en promedio en relación a la distribución potencial actual, en tanto que el 59 % (19) de las especies ampliarían su área de distribución en los municipios de Apolo, Palos Blancos, Rurrenabaque, Mapiri y las zonas altas de Pelechuco, Charazani y Curva. Por su parte el escenario B2a_2020 prevé que el 44% (14) de las especie reduzcan su área de distribución en aproximadamente 4.3% en promedio a la distribución potencial actual sobre los

municipios de Ixiamas, Apolo, San Buenaventura y en menor medida las zonas altas de Charazani, Pelechuco y Curva, mientras que el 56 % (18) de las especies expandirán su área de distribución en aproximadamente 10% en promedio sobre los municipios de Apolo, Rurrenabaque, San Buenaventura, San Borja, Palos Blancos, Charazani y Mapiri.

Para el año 2050 el escenario A2a muestra que el 44% (14) de las especies forestales tendría una reducción del 3.2% en promedio con respecto a su distribución potencial actual, impacto que se registrara sobre los municipios de Apolo zonas altas de Pelechuco, Charazani, Curva y en menor medida sobre Ixiamas, en contraste al 56% de las especies que ampliaran su distribución potencial sobre los municipios de Ixiamas, San Buenaventura, Apolo, Mapiri, San Borja, Palos Blancos y las zonas altas de Pelechuco, Curva Charazani. Por último el escenario B2a determina que el 56 % (18) de las especies reducirían en aproximadamente el 7% en promedio respecto al área de distribución potencial actual, afectando a los municipios de Apolo, Ixiamas, Charazani y en menor medida Pelechuco, mientras que el 44 % (14) de las especies ampliaran su distribución en un 5% en promedio sobre Apolo y en menor medida sobre San Buenaventura, Mapiri, Rurrenabaque, Palos, Blancos y Charazani.

En este sentido, las especies forestales en la Región Madidi bajo los escenarios climáticos (A2a – B2a) 2020 y 2050 se verán afectados en menor medida, conservando de esta manera gran parte de su área de distribución actual y que la expansión de su distribución producto de la adecuación de nuevas áreas idóneas será mayor a las zonas de alto impacto. Con excepción del escenario B2a_2050 donde las áreas de alto impacto serán mayores en relación a las nuevas áreas idóneas constituyéndose de esta forma en el escenario más pesimista.

Los resultados indican que se ha modelado el patrón de distribución potencial de las especies tomando en cuenta principalmente factores climáticos como temperatura y precipitación razón por la cual, otros factores como las barreras geográficas, la dispersión, la competencia y la adaptación podrían influir fuertemente sobre la distribución real futura de las especies.

Por último, es necesario aclarar que los modelos de distribución de especies son herramientas útiles para establecer un diagnóstico inicial del posible impacto del cambio climático sobre las especies, pero que a su vez pueden sobreestimar el impacto, puesto que estas podrían tener la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas, como ya ha sido observado en nuestros resultados. Es por esto que a la hora de diseñar estrategias de manejo de especies forestales, es necesario realizar estudios que integren los resultados provenientes de los modelos de distribución de especies, con estudios sobre aspectos ecofisiológicos y genéticos de las especies.

1. IMPLICANCIAS PARA LA CONSERVACIÓN

A partir de los resultados obtenidos, podemos proponer algunas estrategias de manejo y conservación de las especies evaluadas, las que son elementos estructurales de los bosques en la Región Madidi. Por un lado, sería importante priorizar las áreas rojas o denominadas *Áreas de Alto Impacto* en los planes de colecta de material para germoplasma y de esta manera garantizar la conservación ex situ de estos recursos genéticos, en especial de aquellas especies en la que los modelos de distribución potencial coinciden en una reducción de su área de distribución tal es el caso de *Escallonia myrtilloides* var. *patens*, *Hieronyma moritziana*, *Nectandra laurel* y *Podocarpus oleifolius* afectando a los municipios de Ixiamas, Apolo y Charazani. Por otro lado, las áreas amarillas (*Áreas de bajo Impacto*) que representan áreas de cierta estabilidad climática, donde las especies persistirían, deberían ser establecidas como áreas prioritarias para la conservación, ya que son áreas potenciales desde las cuales las respectivas especies podrán colonizar en un futuro nuevas regiones idóneas. En este punto, es importante considerar las estrategias de dispersión de cada especie y que las plántulas se establezcan en los nuevos sitios. Es por esto que sería recomendable diseñar planes de forestación en zonas que vinculen las áreas amarillas con las zonas verdes (*Nuevas áreas de adecuación*) de tal forma que se facilite en un futuro, la colonización de las especies hacia áreas óptimas para su establecimiento en las que se incluye áreas de los municipios de Palos Blancos, San Buenaventura, Rurrenabaque, San Borja y Mapiri. Asimismo dado que las áreas amarillas no serán afectadas considerablemente por el cambio climático, sería importante preservarlas de otros factores tales como lo son la expansión de la frontera agrícola y la deforestación.

Por otra parte se debería realizar una gestión coordinada entre entidades estatales, regionales y locales vinculadas al tema forestal, con la finalidad de asumir políticas que contrarresten el efecto del cambio climático sobre nuestros recursos forestales en la Región Madidi, a través de la implementación de monitoreos, planes de manejo y las estrategias propuestas en el presente estudio en el Plan de Desarrollo Municipal (PDM), Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y Plan de Uso de Suelos (PLUS).

Finalmente identificando nuevas áreas de adecuación para las especies forestales en la región Madidi para los periodos 2020 y 2050 consideramos que el rol de conservación de estas áreas protegidas que constituyen la Región Madidi es menos vulnerable al cambio climático en especial en especies que poseen una distribución amplia dentro la región lo que les hace mas resilientes al cambio climático tal es el caso de *Alchornea glandulosa*, *Amburana cearensis*, *Ampelocera ruizii*, *Anadenanthera colubrina*, *Beilschmiedia towarensis*, *Brunellia rhoides*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Dalbergia frutescens*, *Handroanthus impetiginosus*, *Hieronyma moritziana*, *Juglans boliviana*, *Machaerium pilosum*, *Machaerium scleroxylon*, *Myrcia fallax*, *Ocotea aciphylla*, *Podocarpus ingensis*, *Podocarpus oleifolius*, *Richeria grandis*, *Schinopsis brasiliensis*, *Trichilia elegans* y *Weinmannia sorbifolia* en contraste aquellas especies que restringen su distribución como *Clethra ferruginea*, *Escallonia myrtilloides* var. *Patens*, *Nectandra laurel*, *Polylepis pepeii*, *Polylepis sericea*, *Schefflera trollii*, *Symplocos fimbriata*, *Vallea stipularis*, *Weinmannia fagaroides*, *Weinmannia pinnata* a zonas altas por encima de los 3000 m.s.n.m y en las que se tendría que identificar áreas de conectividad para su conservación.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se requiere mayores investigaciones que incluyan características ecológicas de las especies forestales, así como las estrategias de dispersión que poseen.
- Delimitar umbrales de tolerancia climática para determinar la sensibilidad de cada especie ante un factor asociado al cambio climático.
- Diseñar estrategias de manejo de especies forestales, en base a estudios que integren los resultados provenientes de los modelos de distribución de especies (*MDE*), con estudios sobre aspectos ecofisiológicos, genéticos, y sociales.
- Interacción y participación más activa entre instituciones interesadas en la conservación de especies forestales, además de las áreas protegidas y la población local para lograr una mayor difusión y comunicación sobre sus amenazas e importancia de conservación.
- Considerar a las especies forestales como un elemento fundamental de un plan integral de monitoreo dentro las políticas de gestión de las áreas protegidas presentes en la Región Madidi.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson E.P., J. Marengo, R. Villalba, S. Halloy, B. Young, D. Cordero, F. Gast, E. Jaimes, & D. Ruiz. 2011. Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. En Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M., Tiessen, H. (eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. pp. ix– xi. Inter– American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).
- Araújo M. B. & A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33: 1677–1688.
- Araújo M., & P. Williams. 2000. Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation*.96: 331 – 345.
- Araujo A. & F. Zenteno. 2006. Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. pp. 146–161.
- Ataroff M. & F. Rada. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 29:440 – 444.
- Balmford A., A. Crane, & R. Dobson. 2005. The 2010 challenge: Data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philosophical transactions of the royal society*.360:221 – 228.
- Baselga A. & M.B. Araújo. 2009. Individualistic vs. community modelling of species distributions under climate change. *Ecography* 32 (1): 55 – 65.
- Blundo C., L.R. Malizia, J. G. Blake & A. D. Brown. 2012. Tree species distribution in Andean forests: Influence of regional and local factors. *Journal of Tropical Ecology* 28:83 – 95.

- Brooks T. M., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. Da Fonseca, A. B. Rylands, W. R. Konstant, P. Flick, J. Pilgrim, S. Oldfield, G. Magin & C. Taylor. 2002. Habitat loss and extinction in the Hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16:909 – 923.
- Bussmann R. W. 2002. Estudios fitosociológicos de la vegetación en la reserva Biológica San Francisco (ECSF), Zamora Chinchipe, Revista UNL. Departamento de Botánica y Ecología.
- Byg A. & H. Balslev. 2004. Factors affecting local knowledge of palms in Nangaritza valley in south – eastern Ecuador. *Journal of Ethnobiology*. 24(2): 255 – 278.
- Céleri R. & J. Feyen. 2009. The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems: Importance, Knowledge Status, and Perspectives. *Mountain Research and Development* 29:350 – 355.
- Cornejo M., & I. Loza. 2006. Patrones de diversidad del bosque montano húmedo de la región Madidi a diferentes escalas espaciales. Herbario Nacional de Bolivia. Instituto de Ecología. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia, Missouri Botanical Garden.
- Cuéllar S. & B. Ríos. 2010. Efecto del cambio climático en la distribución de los parientes silvestres de cultivos en Bolivia. Informe final FAN – Bolivia. pp. 1 – 25.
- De Walt S., G. Bourdy, L.R. Chavez & C. Quenevo. 1999. Ethnobotany of the Tacana: Quantitative inventories of two permanent plots of northwestern Bolivia. *Economic Botany*. 53(3): 237–260.

- Delgado T. 2008. Evolución de la diversidad vegetal en Ecuador ante un escenario de cambio global. Memoria de tesis doctoral. Madrid: departamento de publicaciones. Universidad Complutense de Madrid. <http://www.kraken.unex.es/kraken>.
- Elith J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. S. Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz & N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve predicting of species' distributions from occurrence data. *Ecography*.29:129 – 151.
- Elith J. & C.H. Graham. 2009. Do they? How do they? WHY do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography* 32 (1): 66 – 77.
- Elith, J., S. Phillips, T. Hastie, M. Dudik, Y. Chee. & C. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*. vol. 17, p. 43 – 57.
- Fernández F., J. Loidi & J.C. Moreno. 2005. Impactos sobre la biodiversidad vegetal. En JM Moreno (ed.) *Evaluación preliminar del impacto en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente: 183 – 247
- Forister M. L., A. C. McCall, N. J. Sanders, J. A. Fordyce, J. H. Thorne, J. O'Brien, D. P. Waetjen & A. M. Shapiro. 2010. Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.1– 5 pp.

- Fuentes A. 2005. Una introducción a la vegetación de la región de Madidi. *Ecología en Bolivia*, Vol. 40(3): 1 – 31
- Gavilan R. G. 2008. La Vegetación de alta montaña. En: Redondo M., M. Palacios, F. Lopez, T. Santamaria & D. Sanchez (Eds.). *Avances en biogeografía*. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia. España. Pp 165 – 174.
- Gentry A., 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical Montane Forest. pp. 103– 126.
- Gitay H., A. Suarez, R. T. Watson. D. J. Dokken (eds). 2002. *Climate Change and Biodiversity*. IPCC Technical Paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Grace J., Berninger F., Nagy L., 2002. Impacts of climate change on the tree line. *Annals of Botany* 90: 553-544
- Gray P. 2005. Impacts of climate change on diversity in forested ecosystems: Some examples. *The Forestry Chronicle* 81:655 – 661.
- Hardy J. 2003. *Climate change causes, effects and solutions*. Willey, New York. 247 p.
- Hijmans J., S. Cameron, J. Parra, G. Jones, & A., Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* 25:1965 – 1978.
- Hijmans R.J., M. Schreuder, J. De la Cruz, & L. Guarino.1999. Using GIS to check coordinates of gene bank accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 291 – 296.

- Ibisch P.L. & G. Mérida (eds.) 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN. Santa Cruz, Bolivia: 638 pp.
- Hughes C. & R. Eastwood. 2006. Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103:10334 – 10339.
- INFOBOL 2004. Especies forestales reportadas en los bosques tropicales de Bolivia. Inventario forestal nacional y programa de control de los recursos forestales de Bolivia.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2000. Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones.
- IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change) 2001. Tercer informe de evaluación. Cambio Climático. Cambridge. 94 pp.
- IPCC (International Panel on Climatic Change) 2007. “Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability”. Summary for policymakers working group II. Fourth assessment report.
- Jetz W., D. S. Wilcove & A. P. Dobson. 2007. Projected impacts of climate and land – use change on the global diversity of birds. *Plos Biology* 5:1211 – 1219.
- Jørgensen P.M., C. Ulloa, B. León, S. León, S.G. Beck, M. Nee, J.L. Zarucchi, M. Celis, R. Bernal, & R. Gradstein. 2011. Regional patterns of vascular plant diversity and endemism. En: S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen & H. Tiess, (eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. pp. 92– 203. Inter– American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).

- Kadmon R., O. Farber & A. Danin. 2003. A systematic analysis of factors affecting the performance of climatic envelope models. *Ecological Applications* 13, 853 – 867.
- Kessler M. 2000. Elevational gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. *Plant Ecology* 149:181 – 193.
- Lampietti J. & J. Dixon, (1995) “To See the Forest for the Trees: A Guide to Non–Timber Forest Benefits”. División de Contaminación y Economía Ambiental, Banco Mundial.
- Llorente J.B., L. Oñate, A. M. Luis & I. Vargas. 1997. Papilionidae y Pieridae de México: Distribución geográfica e ilustración. UNAM. México, D.F., 225 p.
- Macia M., H. Romero & R. Valencia. 2001. Patrones de uso en un bosque primario de la Amazonía ecuatoriana: comparación entre dos comunidades Huaorani. pp. 225 – 250.
- Malcolm J., L. Cancan, R. Neilson, L. Hansen & L., Hannah. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology*. Vol. 20, No. 2, 538–548.
- Manel S., C. Williams & S. Ormerod. 2001. Evaluating presence– absence models in ecology: the need to account prevalence. *Journal of applied ecology*. 38: 921 – 931.
- Meynecke J.O. 2004. Effects of global climate change on geographic distributions of vertebrates in North Queensland. *Ecological Modelling* 174: 347 – 357.

- Mckenney D. W., J. H. Pedlar, K. Lawrence, K. Campbell & M. F. Hutchinson. 2007. Potential impacts of climate change on the distribution of North American trees. *BioScience* 57:939 – 948.
- McLaughlin J. F., J. J. Hellman, C.L. Boggs, & P.R. Ehrlich. 2002. Climate change hastens population extinction. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 99: 6070 – 6074.
- Mejia C., 2013 Distribución potencial del genero *Polylepis* dentro de la cuenca del rio Paute en un escenario del cambio climático. Tesis de grado para obtener el grado de Magister.
- Mercado N. & R. Wallace. 2010. Distribución de primates en Bolivia y áreas prioritarias para su conservación. *Tropical Conservation Science*. Vol.3 (2):200 – 217.
- Midgley G., L. Hannah, D. Millar, M. Rutherford & L. Powrie. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology and Biogeography*. II: 445 – 451.
- Mitikka V., R. K. Heikkinen, M. Luoto, M. B. Araújo, K. Saarinen, J. Poyry & S. Fronzek. 2008. Predicting range expansion of the map butterfly in Northern Europe using bioclimatic models. *Biodiversity & Conservation*.17:623–641.
- Myers N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853 – 858.
- Naoki K., I. Gómez, R.P. López, R. Meneses. & J. Vargas. 2006. Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 41(1): 65– 78.

- Olson D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W. Wettengel, P. Hedao, & K.R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* 51:933 – 933.
- O'Rourke E. 2006. Biodiversity and land use change on the Causse Méjan, France. *Biodivers.Conserv.* 15, 261 – 262.
- Pacheco S., L. Malizia & L. Cayuela. 2010. Effects of climate change on subtropical forests of South America. *Tropical Conservation Science*. Vol.3 (4):423 – 437.
- Paniagua N. 2001. Guía ilustrada de plantas leñosas útiles de la comunidad San José de Uchupiamonas. Fund– Eco, Lidema, Herbario Nacional de Bolivia, La Paz. 446 p.
- Parmesan C. & G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*. Vol. 421: 37 – 42.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary response to recent climatic change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37:637 – 669.
- Pearson R. & T. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimatic envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12:361–371.
- Peters. R. L. 1990. Effects of global warming of forest. *Forest Ecology and Management* 35:13– 33.
- Phillips S., R. P. Anderson & R. E. Schapired. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190:231–259.

- Phillips S., M. Dudak, J. Elith, C. Graham & A. Lehmann. 2009. Sample selection bias and presence– only distribution models: implications for background and pseudoabsence data. *Ecological Applications*. 19 (1): 181 – 197.
- Pitelka L.F. 1997. Plant Migration and Climate Change. *American Scientist*. Vol. 85. Nº 5. pp 464 – 473.
- Prado D. 1995. La selva pedemontana: contexto regional y lista florística de un ecosistema en peligro. En: *Investigación, Conservación y Desarrollo en las Selvas Subtropicales de Montaña*. Brown A. D. & Grau H.R. (Eds.), pp.19 – 52.
- Rangel J.O. 2000. *Colombia Diversidad Biótica III: La región de vida Paramuna*. Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.
- Rehfeldt G.E., N.M. Tchebakava, Y.I. Parfenova, W.R. Wykoff, N.A. Kuzmina, & L.I. Milyutin. 2002. Intra specific responses to climate in *Pinus sylvestris*. *Global Change Biology* 8: 912 – 929.
- Root T., J. Price, K. S. Schneider, C. Rosenzweig & J. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Letters to Nature*. Vol. 421: 57 – 60.
- SERNAP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas), WCS (Wild Conservation Society) Bolivia & CARE – Bolivia. 2003. *Propuesta de zonificación PN– ANMI Madidi*. Eds. Care – Bolivia.
- Scheldeman X. & M. Zonneveld. 2011. *Manual de Capacitación en Análisis Espacial de Diversidad y Distribución de Plantas*. Biodiversity International, Roma, Italia. 186 pp.

- Sinervo B., F. Méndez, D. B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagrán, R. Lara, N. Martínez, M. L. Calderón, R. N. Meza, H. Gadsden, L. J. Avila, M. Morando, I. J. De La Riva, P. Victoriano, C. F. Duarte, N. Ibarguengoytía, C. Aguilar, M. Massot, V. Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, J. Clobert & J. W. Sites. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science*. 328 (5980):894 – 899.
- Stadtmüller T. 1986. Cloud forests in the humid tropics: a bibliographic review. The United Nations University and CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Tejedor N., E. Álvarez, S. Arango, A. Araujo, C. Blundo, T.E. Boza, M.A. La Torre, J. Gaviria, N. Gutiérrez, P.M. Jørgensen, B. León, R. López, L. Malizia, B. Millán, M. Moraes, S. Pacheco, J.M. Rey, C. Reynel, M. Timaná, C. Ulloa, O. Vacas & A.C. Newton. 2012. Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas* 21 (1– 2): 148 – 166. 2012.
- Thomas C., A. Cameron, R. Green, M. Bakkenes, L. Beaumont, Y. Collinham, B. Erasmus, M. Ferreira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. Van Jaarsveld, G. Midgley, L. Miles, M. Ortega, O. Phillips, & S. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*.427:145 – 148.
- Thuiller W., O. Broennimann, G. Hughes, J. Alkemade G. Midgley et al. 2006. Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*. 12: 424–440.
- Thuiller W, C. Albert, M.B. Araujo et al. 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 9, 137–152.

- Thuiller W., S. Lavergne, C. Roquet, I. Boulangeat & M. B. Araújo. 2011. Consequences of climate change on the Tree of Life in Europe. *Nature* 448: 550 – 552.
- Tiessen H. 2011. Introduction. En: Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M., Tiessen, H. (eds.). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. pp. ix– xi. Inter– American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). Disponible en:
http://www.iai.int/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=73
- Vargas I., B. Mostacedo, C. Jordan. 2005. *Guía ilustrada de las principales especies forestales de Bolivia*. IBIF.
- Villers L. e I. Trejo. 2000. El cambio climático y la vegetación. In *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, C. Gay (ed.). Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 57 – 72.
- Vié J. C., C. Hilton & S. N. Stuart. 2009. *Wildlife in a Changing World – An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Vuille M., R.S., Bradley, M., Werner & F. Keimig. 2003. 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results. *Climatic Change* 59:75 – 99.
- Walther G., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. Beebee, J. Fromentin & F. Bairlein. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389 – 395.

Watson C. & T. Robert. 2000. Intergovernmental Panel on Climate Change. Presentation at the Sixth Conference of Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

Young B., K.R. Young, & C. Josse. 2011. Vulnerability of tropical Andean ecosystems to Climate Change. En: Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M., Tiessen, H. (eds.). Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. pp. ix– xi. Inter– American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).

X. ANEXO

1. ESPECIES FORESTALES EN LA REGIÓN MADIDI

Especies forestales en la región MADIDI, (Infobol 2004, Vargas *et al.* 2005, Araujo & Zenteno 2006).

Especie	Familia
<i>Brunellia rhoides</i>	Brunelliaceae
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Anacardiaceae
<i>Schefflera trollii</i>	Araliaceae
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Bignoniaceae
<i>Clethra ferruginea</i>	Clethraceae
<i>Weinmannia fagaroides</i>	Cunoniaceae
<i>Weinmannia pinnata</i>	Cunoniaceae
<i>Weinmannia sorbifolia</i>	Cunoniaceae
<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae
<i>Escallonia myrtilloides var. patens</i>	Escalloniaceae
<i>Alchornea glandulosa</i>	Euphorbiaceae
<i>Amburana cearensis</i>	Fabaceae
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae
<i>Dalbergia frutescens</i>	Fabaceae
<i>Machaerium pilosum</i>	Fabaceae
<i>Machaerium scleroxylon</i>	Fabaceae
<i>Juglans boliviana</i>	Juglandaceae
<i>Beilschmiedia towarensis</i>	Lauraceae
<i>Nectandra laurel</i>	Lauraceae
<i>Ocotea aciphylla</i>	Lauraceae
<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae
<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae
<i>Trichilia elegans</i>	Meliaceae
<i>Myrcia fallax</i>	Myrtaceae
<i>Hieronyma moritziana</i>	Phyllanthaceae
<i>Richeria grandis</i>	Phyllanthaceae
<i>Podocarpus ingensis</i>	Podocarpaceae
<i>Podocarpus oleifolius</i>	Podocarpaceae
<i>Polylepis pepeii</i>	Rosaceae
<i>Polylepis sericea</i>	Rosaceae
<i>Symplocos fimbriata</i>	Symplocaceae
<i>Ampelocera ruizii</i>	Ulmaceae

2. Umbral de corte y área de distribución actual y futura de las especies forestales en la Región Madidi.

Umbral de corte y área de distribución actual y futura de las especies forestales en la Región Madidi.														
Escenarios climáticos	Umbral de Corte	Área actual (%)	A2a_2020			B2a_2020			A2a_2050			B2a_2050		
			Áreas de alto impacto (%)	Áreas de bajo impacto (%)	Nuevas áreas idóneas (%)	Áreas de alto impacto (%)	Áreas de bajo impacto (%)	Nuevas áreas idóneas (%)	Áreas de alto impacto (%)	Áreas de bajo impacto (%)	Nuevas áreas idóneas (%)	Áreas de alto impacto (%)	Áreas de bajo impacto (%)	Nuevas áreas idóneas (%)
<i>Alchornea glandulosa</i>	0,22	31,68	3,89	27,79	6,10	3,46	28,22	4,09	4,39	27,28	7,80	5,25	26,43	3,82
<i>Amburana cearensis</i>	0,07	24,66	4,02	20,64	11,91	5,61	19,05	18,47	2,79	21,87	13,33	0,51	24,14	14,02
<i>Ampelocera ruizii</i>	0,36	23,17	6,93	16,24	5,37	4,26	18,91	5,12	3,54	19,62	7,07	5,35	17,82	4,76
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,14	7,95	0,86	7,09	7,87	0,48	7,47	12,34	0,42	7,54	13,39	1,07	6,88	8,95
<i>Beilschmiedia towarensis</i>	0,14	24,93	2,59	22,34	3,49	2,57	22,36	1,65	2,93	22,00	2,01	1,91	23,03	2,70
<i>Brunellia rhoides</i>	0,02	24,86	0,96	23,90	5,58	0,42	24,44	15,12	1,96	22,90	1,79	5,92	18,94	4,21
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,20	48,43	11,65	36,77	4,84	13,57	34,85	8,36	2,11	46,32	10,53	11,60	36,83	6,82
<i>Cedrela fissilis</i>	0,40	17,13	1,59	15,53	8,90	7,44	9,69	1,85	0,87	16,26	12,52	3,35	13,78	5,04
<i>Clethra ferruginea</i>	0,02	10,37	0,34	10,03	3,22	0,39	9,97	2,65	1,42	8,95	0,65	0,19	10,18	2,58
<i>Dalbergia frutescens</i>	0,40	64,60	0,77	63,83	1,04	8,34	56,26	0,33	0,10	64,51	2,75	20,76	43,84	0,88
<i>Escallonia myrtilloides var. patens</i>	0,03	25,00	3,98	21,02	0,05	2,13	22,87	1,90	4,48	20,52	0,01	3,97	21,03	1,17
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0,06	31,54	10,70	20,84	5,56	0,68	30,86	24,52	0,01	31,53	30,06	18,28	13,26	1,84
<i>Hieronyma moritziana</i>	0,13	23,85	2,33	21,52	0,12	1,95	21,90	0,19	2,53	21,32	0,05	1,69	22,16	0,20
<i>Juglans boliviana</i>	0,25	39,25	7,89	31,36	7,02	8,17	31,08	6,26	0,47	38,78	13,27	11,96	27,29	0,74
<i>Machaerium pilosum</i>	0,14	29,47	4,02	25,45	7,54	1,00	28,47	13,19	0,45	29,02	16,99	11,57	17,89	2,84
<i>Machaerium scleroxylon</i>	0,04	22,60	8,49	14,12	4,70	2,23	20,37	21,14	0,04	22,56	34,73	13,27	9,34	3,06
<i>Myrcia fallax</i>	0,21	24,67	1,96	22,71	2,28	2,31	22,36	1,91	2,95	21,72	2,73	0,82	23,85	2,79
<i>Nectandra laurel</i>	0,13	19,59	2,58	17,00	0,77	1,18	18,41	0,39	3,15	16,44	0,09	3,44	16,15	0,12
<i>Ocotea aciphylla</i>	0,23	20,66	1,84	18,82	2,63	0,79	19,87	2,55	1,83	18,84	2,31	0,35	20,31	4,12
<i>Podocarpus ingensis</i>	0,17	29,30	1,55	27,76	2,97	1,25	28,05	5,01	1,02	28,28	2,43	5,35	23,95	0,50
<i>Podocarpus oleifolius</i>	0,22	18,63	2,43	16,20	0,53	2,80	15,83	1,40	2,22	16,41	0,12	1,55	17,08	0,19
<i>Polylepis pepeii</i>	0,02	12,09	3,15	8,95	0,26	0,01	12,09	6,22	1,99	10,10	0,06	1,34	10,76	0,61
<i>Polylepis sericea</i>	0,02	15,81	0,95	14,86	1,62	0,06	15,75	5,85	1,60	14,21	1,15	0,04	15,77	9,17
<i>Richeria grandis</i>	0,15	29,35	0,17	29,18	8,83	2,10	27,26	1,42	1,06	28,30	4,14	0,35	29,01	4,87
<i>Schefflera trollii</i>	0,05	19,70	3,98	15,72	0,06	0,40	19,30	4,55	3,74	15,96	0,02	0,97	18,73	1,44
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0,02	28,32	3,88	24,44	13,47	2,22	26,11	12,39	1,03	27,29	14,65	2,53	25,79	5,39
<i>Symplocos fimbriata</i>	0,19	8,09	0,33	7,76	1,31	0,21	7,88	2,25	1,60	6,49	0,25	1,16	6,92	0,35
<i>Trichilia elegans</i>	0,23	20,58	2,71	17,87	8,76	2,74	17,84	11,93	0,92	19,66	16,51	2,48	18,10	7,24
<i>Vallea stipularis</i>	0,05	6,76	0,24	6,52	0,36	0,69	6,07	0,01	0,44	6,32	0,38	0,26	6,50	0,35
<i>Weinmannia fagaroides</i>	0,03	10,46	1,63	8,84	0,64	1,17	9,29	0,37	1,49	8,97	0,54	0,33	10,13	1,64
<i>Weinmannia pinnata</i>	0,12	12,29	1,92	10,37	3,18	0,58	11,72	7,29	0,87	11,42	2,24	2,37	9,92	0,60
<i>Weinmannia sorbifolia</i>	0,25	27,03	2,94	24,09	1,19	5,83	21,20	0,22	0,81	26,22	1,73	1,86	25,17	0,36

3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR ESPECIE

1. Distribución potencial actual y futura de *Alchornea glandulosa* en la Región Madidi. (Fig. 5)

La **figura5 (A)** representa la distribución potencial actual de *Alchornea glandulosa* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 10278 Km² (31,68%) **Figura 5 (F), Anexo (2)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie, las mismas que corresponden según (Ibish & Merida 2003) a Bosques Amazónicos Subandinos, Bosques Secos Interandinos y Yungas entre los 200 – 3500 msnm. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El área de bajo impacto es bastante similar en los cuatro escenarios **Figura 5(B, C, D, E)**. Aproximadamente el 27,4 % **Figura 5 (F)** corresponde a zonas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras incluyendo las provincias: Abel Iturralde, Franz Tamayo, Larecaja, al este de la provincia Bautista Saavedra, al Norte y Noroeste de las provincias José Ballivian y Sud Yungas respetivamente.

El escenario de cambio climático A2a (2020 y 2050) **Figura 5 (B, D)** con 4% **Figura 5 (F)** muestran similitudes en cuanto a la predicción de áreas de alto impacto es decir aquellas en las que la especie probablemente ocurra en las condiciones climáticas actuales pero que dejarán de ser adecuadas en el futuro estas áreas incluyen el municipio de Apolo, al norte y oeste de Ixiamas y Palos Blancos respectivamente y en menor medida en el municipio de Mapiri. De igual forma los modelos bajo los escenarios B2a (2020 y 2050) **Figura 5 (C, E)** con 4,4 % **Figura 5 (F)** comprenden los municipios mencionados anteriormente pero la intensidad de áreas de alto impacto esta al noroeste y sur de Apolo.

Por su parte el escenario A2a (2020 y 2050) **Figura 5 (B, D)** con 7 % **Figura 5 (F)** predicen nuevas áreas de adecuación para la especie es decir aquellas en la que la especie tendría probabilidades de ocurrir en el futuro, pero que no son idóneas para la ocurrencia

natural en las condiciones actuales comprendiendo la parte central y norte de Rurrenabaque extendiéndose por el sur de San Buenaventura y parte este de Ixiamas y Apolo toda la extensión sur del municipio de Mapiri y el sur oeste de Palos blancos. El escenario B2a (2020 y 2050) **Figura 5 (C, E)** con 4% **Figura 5 (F)** aunque en menor proporción con respecto al anterior también predice nuevas áreas de adecuación en la intersección municipal de Apolo, Rurrenabaque y San Buenaventura como el área de mayor incidencia de adecuación extendiéndose por el territorio de este ultimo hasta llegar al sur de Ixiamas y en menor proporción hacia el sur de Mapiri.

2. Distribución potencial actual y futura de *Amburana cearensis* en la Región Madidi. (Fig. 6)

Las zonas para el desarrollo de adecuación potencial para *Amburana cearensis* representados de color amarillo corresponde a 8000 Km² (24,7%) **Figura 6 (F)** en los municipios de Ixiamas, Apolo parte sur de San Buenaventura hasta llegar a la parte central de Palos Blancos el sur de Mapiri y Charazani extendiéndose al noreste de Pelechuco incluyendo Bosques Amazónicos Preandinos, Bosques Amazónicos Subandinos, Bosques Secos Interandinos y Yungas (Ibish & Merida 2003) entre los 200 – 1500 m.s.n.m. como se ve representada en la **Figura 6 (A)**. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El área de bajo impacto es bastante similar en los cuatro escenarios **Figura 6(B, C, D, E)**. Aproximadamente el 21,4 % **Figura 6 (F)** corresponde a zonas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras esta se extiende de forma continua entre los 200 – 1500 m.s.n.m. desde Ixiamas, Apolo y Palos Blancos, hacia el sur de la región Madidi en el municipio de Mapiri y parte noroeste de Charazani y Pelechuco.

El escenario A2a 2020 **Figura 6 (B)** prevé el 4 % como áreas de alto impacto, en la parte central de Ixiamas prolongándose a la intersección municipal de Apolo y San Buenaventura entre los 200 – 800 m.s.n.m. En Charazani y parte de Mapiri entre los 700 – 1300 m.s.n.m.

Sin embargo predice 12 % de nuevas áreas de adecuación para la especie en los municipios de Apolo, Rurrenabaque, San Borja y Palos Blancos entre los 200 – 1600 m.s.n.m. En menor medida y de forma dispersa al norte de Ixiamas y en la parte sur de Mapiri entre los 700 – 1000 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 6 (C)** con 5,6 % indica una mayor retracción que el escenario A2a esta se encuentra sobre el territorio de Ixiamas y parte noroeste de Apolo extendiéndose de forma continúa hacia el sureste de Apolo aproximándose al límite municipal con Guanay y en menor medida en la parte sur de Mapiri. Las nuevas áreas de adecuación son en mayor proporción 18,5 % ocupando casi en su totalidad los territorios de Palos Blancos, Rurrenabaque, San Borja, parte este de Apolo, extendiéndose por el norte de la región Madidi hasta llegar al norte Ixiamas en proximidades del lime departamental con Pando entre los 200 – 1700 m.s.n.m. Hacia el sur en la intersección municipal de Mapiri y Charazani entre los 1000 – 1600 m.s.n.m.

El escenario A2a 2050 **Figura 6 (D)** muestra 2,8 % de áreas de alto impacto en el norte de Ixiamas en los 200 – 400 m.s.n.m. al este de Apolo con la intersección de San Buenaventura, prolongándose hasta el sur de Rurrenabaque en los 200 – 400 m.s.n.m. Mientras que la predicción con 13,3 % de nuevas áreas de adecuación se concentra en gran parte de Ixiamas entre los 400 – 1300 m.s.n.m. De igual forma en Palos Blancos y el sur de San Borja entre los 300 – 800 m.s.n.m. De manera dispersa hacia el noroeste y sureste de Apolo llegando a los 1600 m.s.n.m. cerca a Pelechuco. Hacia el sur en la parte central de Mapiri entre 900 – 1400 m.s.n.m.

El escenario B2a 2050 es el modelo más conservador en cuanto a la predicción de zonas de bajo impacto y alto impacto con 24 y 0,5 % respectivamente. Predice 14 % de nuevas áreas de adecuación la gran parte en Apolo extendiéndose al sureste a los municipios de Palos Blancos y Rurrenabaque. Al norte hacia San Buenaventura e Ixiamas y hacia el sur en la parte central de Mapiri.

3. Distribución potencial actual y futura de *Ampelocera ruizii* en la Región Madidi. (Fig. 7)

La tonalidad en amarillo de la **Figura 7 (A)** indica las zonas para el desarrollo de adecuación potencial para *Ampelocera ruizii* comprendiendo los municipios de Ixiamas, Apolo, San Buenaventura, noroeste de Rurrenabaque, norte y oeste de Charazani y Pelechuco respectivamente con 7516 Km² (23,2 %) estas incluyen según (Ibish & Merida 2003) el Sudoeste de la Amazonía, Bosques Secos Interandinos, Yungas prolongándose en menor medida al Cerrado entre los 200 – 2000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 manifiesta 6,9% áreas de alto impacto en gran medida en el municipio de Ixiamas extendiéndose al sureste de Apolo entre 200 – 1400 m.s.n.m. Hacia el sur pasando por Apolo parte de Pelechuco hasta en el noreste de Charazani desde los 800 – 2000 m.s.n.m. En cuanto a nuevas áreas de adecuación para la especie con 5,37 % estas se encuentran en la parte central y suroeste de Apolo entre los 300 – 1800 m.s.n.m., al noroeste de Iximas entre los 200 – 700 m.s.n.m. hacia el sureste en la intersección municipal de Rurrenabaque Apolo y San Buenaventura prolongándose al límite municipal de San Borja y Palos Blancos desde los 300 – 500 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 muestra que el 4,3 % son áreas de alto impacto alcanzando el sureste de Ixiamas y de Apolo entre los 300 – 1000; 200 - 600 m.s.n.m. respectivamente en menor medida la parte noreste de Caharazani. Las nuevas áreas de adecuación para la especie cubren el 5 % la gran parte al sureste de la región Madidi en los municipios de Apolo, parte de San Buenaventura, extendiéndose hacia Palos Blancos, Rurrenabaque y San Borja desde los 300 – 2000 m.s.n.m.

El escenario A2a 2050 presenta áreas de alto impacto de manera similar al escenario B2a 2020 pero con menor intensidad 3,5 %. Sin embargo amplía las zonas de retracción al noreste de Charazani en contraste al escenario B2a 2020. Por su parte las nuevas áreas de adecuación son mayores al 7 % ocupando gran parte de los territorios de San Buenaventura,

Rurrenabaque, Palos Blancos y San Borja entre los 200 – 1000 m.s.n.m. en menor medida en la parte central de Ixiamas desde los 200 – 1700 m.s.n.m. y el norte de Mapiri entre los 700 – 1200 m.s.n.m.

El escenario B2a 2050 con 5,4 % indica áreas de alto impacto sobre el sureste de Ixiamas entre los 300 – 1500 m.s.n.m. al oeste y sureste de Apolo desde los 1200 – 2000; 300 – 800 m.s.n.m. respectivamente, por último la parte noreste de Charazani. Predice 4,8 % de nuevas áreas de adecuación que ocupan el territorio de San Buenaventura y parte de Rurrenabaque entre los 200 – 400 m.s.n.m., Apolo entre 800 – 1300 m.s.n.m. y el norte de Ixiamas entre los 200 – 300 m.s.n.m.

4. Distribución potencial actual y futura de *Anadenanthera colubrina* en la Región Madidi. (Fig. 8)

La **figura 8 (A)** representa la distribución potencial actual de *Anadenanthera colubrina* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 2580 Km² (8 %) **Figura 8 (F), Anexo (2)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie, las mismas que corresponden según (Ibish & Merida 2003) a Bosques Secos Interandinos y Yungas entre los 300 - 1500 m.s.n.m. Incluyendo los territorios de Apolo, sur de Ixiamas y el noreste de Charazani. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El área de bajo impacto es bastante similar en los cuatro escenarios **Figura 8(B, C, D, E)**. Aproximadamente el 7 % **Figura 8 (F)** corresponde a zonas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras ocupando el territorio de Apolo, parte de Pelechuco, oeste de Ixiamas y noreste de Charazani.

El remanente corresponde a zonas de alto impacto es decir aquellas en las que la especie probablemente ocurra en las condiciones climáticas actuales pero que dejarán de ser adecuadas en el futuro, tres de los cuatro escenarios con 0,8 % **Figura 8 (B, C, E)**

coinciden que esta pérdida sucederá al oeste de Ixiamas entre los 400 – 1000 m.s.n.m., mientras que los escenarios **Figura 8 (B, D, E)** con 0,78 % prolongan este impacto al municipio de Charazani desde los 800 – 1200 m.s.n.m.

Esta especie resultara beneficiada expandiendo su área de distribución en casi 11 % **Figura 8 (F)** desde Ixiamas, Apolo hasta Palos Blancos y San Borja entre los 300 – 1500 m.s.n.m. Hacia el sur de la región Madidi en Mapiri y parte de Charazani desde los 700 – 1500 m.s.n.m. **Figuras 8 (C, B, D)** mientras que el escenario B2a 2050 **Figura 8 (D)** indica que estas áreas ocuparan la zona central y sureste de Apolo desde los 800 – 1800 m.s.n.m., por otro lado en el municipio de Mapiri ascendiendo en menor medida al noreste de Pelechuco entre los 500 – 2000 m.s.n.m.

5. Distribución potencial actual y futura de *Beilschmiedia towarensis* en la Región Madidi. (Fig. 9)

Las zonas de adecuación potencial para *Beilschmiedia towarensis* representada de tonalidad amarilla en la **Figura 9 (A)** comprende casi la totalidad de municipio de Apolo, Charazani, Mapiri, el sur de Ixiamas y el sureste de Pelechuco incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos, prolongándose en menor medida por el Sudoeste de la Amazonía hasta llegar al Cerrado desde los 200 – 3300 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los modelos bajo escenarios de cambio climático son bastante similares **Figura 9 (B, C, D, E)** aproximadamente el 22 % refieren a zonas de bajo impacto es decir aquellas áreas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras incluyendo los territorios antes mencionados. En el caso de áreas de alto impacto es decir aquellas en las que la especie probablemente ocurra en las condiciones climáticas actuales pero que dejarán de ser adecuadas en el futuro, los cuatro escenarios indican la parte noroeste de Apolo con una prolongación hacia el norte de Ixiamas. Sin embargo los escenarios (A2a – B2a) 2020 y A2a 2050 **Figura 9 (B, C, D)** extienden estas áreas al sureste de Apolo.

Por último la adecuación de nuevas áreas es decir aquellas en la que la especie tendría probabilidades de ocurrir en el futuro, pero que no son idóneas para la ocurrencia natural en las condiciones actuales, según los cuatro escenarios **Figura 9 (B, C, D, E)** se localizará sobre el territorio de Mapiri, la intersección municipal entre Apolo e Ixiamas. Mientras que los escenarios B2a 2020 y 2050 **Figura 9 (C, E)** incluyen parte del sureste de Apolo los escenarios A2a 2020 y 2050 incluyen el extremo norte de Ixiamas y en el caso del primero al sureste de Palos Blancos. **Figura 9 (B, D)**

6. Distribución potencial actual y futura de *Brunellia rhoides* en la Región Madidi. (Fig. 10)

La **figura 10 (A)** representa la distribución potencial actual de *Brunellia rhoides* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 8066 Km² (25 %) **Figura 10 (F), Anexo (2)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie, las mismas que corresponden según (Ibish & Merida 2003) en gran medida a Yungas, Cerrado y en menor proporción al Sudoeste de la Amazonía, Bosques Secos Interandinos y Puna Norteña entre los 200 - 4000 m.s.n.m. Incluyendo los territorios de Mapiri, Charazani, noreste de Pelechuco y el norte de Ixiamas. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Bajo el escenario A2a 2020 **Figura 10 (B)** aproximadamente el 24 % corresponde a zonas de bajo impacto distribuida en los municipios mencionados anteriormente. El remanente 1 % corresponde a zonas de alto impacto estas ocupan territorio de Ixiamas de manera concreta el norte y sur a los 200 y 1500 m.s.n.m. respectivamente y de manera dispersa sobre Apolo. Con 5,6 % el modelo predice nuevas áreas de adecuación estas se encuentran sobre casi la totalidad del territorio de Mapiri, al oeste de Charazani y Pelechuco ascendiendo hasta los 5000 m.s.n.m., en la parte central y sureste de Apolo, mas hacia el norte de Ixiamas y en el extremo sureste de Palos Blancos entre los 1000 – 1300 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 10 (C)** indica una estabilidad 24,4 % **Figura 10 (F)** con respecto al área de distribución potencial actual **Figura 10 (A)** el remanente 0,4 % corresponde a zonas de alto impacto ubicadas al norte y sur de Ixiamas entre los 200 y 1500

m.s.n.m. respectivamente, coincidiendo con el escenario A2a **Figura 10 (B)**. A diferencia del resto de los modelos este escenario es el que prevé mayor adecuación de nuevas áreas para la especie 15 % ubicadas en gran medida en Mapiri y el suroeste de Charazani y Pelechuco entre los 3000 – 5000 m.s.n.m., en la parte central y sureste de Apolo extendiéndose de manera discontinua hasta el extremo sureste de Palos Blancos y San Borja.

El escenario A2a 2050 **Figura 10 (D)** refleja una pequeña variación con respecto a zonas de bajo impacto 23 % y áreas de alto impacto 2 % **Figura 10 (F)**. De manera similar a los anteriores escenarios **Figura 10 (B, C)** estas se registran al norte y sur de Ixiamas, sin embargo este escenario incrementa estas áreas hacia el suroeste y sureste de Apolo y en gran medida sobre Mapiri y el este de Charazani entre los 900 – 1500 m.s.n.m. en cuanto a las nuevas áreas de adecuación para la especie esta es muy reducida contrastando con lo perdido esta corresponde al 1,8 % ocupando el suroeste de Charazani y Pelechuco.

El escenario B2a 2050 **Figura 10 (E)** muestra mayor variación en el área potencial aproximadamente el 6 % **Figura 10 (F)** corresponde a zonas de alto impacto, de similar forma al resto de los escenarios esta se encuentra sobre el norte de Iximas a los 200 m.s.n.m. aunque con mayor intensidad, coincidiendo con el escenario A2a 2050 **Figura 10 (D)** pero con mayor intensidad sobre Mapiri y el este de Charazani entre los 900 – 1500 m.s.n.m. también indica esta áreas sobre el suroeste y sureste de Apolo extendiéndose de manera discontinua al sureste de Palos Blancos entre los 1000 – 1500 m.s.n.m. En cuanto a las nuevas áreas de adecuación casi el 4 % **Figura 10 (F)** se encuentra hacia el sur de Ixiamas entre los 200 – 1300 m.s.n.m. contrastando con la pérdida de áreas en el norte.

7. Distribución potencial actual y futura de *Cariniana estrellensis* en la Región Madidi. (Fig. 11)

Cariniana estrellensis posee una distribución amplia dentro la región Madidi incluyendo según (Ibish & Merida 2003) el Sudoeste de la Amazonía, Yungas y Bosques Secos Interandinos **Figura 11 (A)**. Ocupando gran parte del territorio de Apolo e Ixiamas, parte de San Buenaventura extendiéndose al sureste a los municipios de Palos Blancos,

Rurrenabaque y San Borja desde los 200 – 2000 m.s.n.m., hacia el sur sobre el territorio de Mapiri ascendiendo por el noreste de Charazani hasta llegar a Pelechuco entre los 1000 – 2300 m.s.n.m. Estas áreas con aproximadamente 15712 Km² (48,4 %) **Figura 11 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 indica que el 37 % corresponde a zona de bajo impacto distribuido en los municipios mencionados en la **Figura 11 (A)**. La variación en cuanto a sitios de alto impacto es del 11, 7% extendiéndose desde la parte central de Ixiamas hasta el sureste de Apolo incluyendo en menor medida a Rurrenabaque y Palos Blancos desde los 200 – 800 m.s.n.m. En contraste el modelo predice 5 % nuevas áreas de adecuación sobre la intersección municipal de Apolo, San Buenaventura y Rurrenabaque entre los 200 – 300 m.s.n.m. En menor medida en San Borja y Palos Blancos además de la parte central y oeste de Apolo.

El escenario B2a 2020 **Figura 11 (C)** muestra que el 35 % corresponde a áreas de bajo impacto ocupando los municipios mencionados. Ambos escenarios para el 2020 coinciden en que las áreas de alto impacto estarán sobre los municipios de Ixiamas, Apolo parte de San Buenaventura, aunque este último escenario con 13,6 % intensifica estas áreas sobre la parte central de Ixiamas. Al igual que el escenario A2a 2020 **Figura 11 (B)** las nuevas áreas de adecuación con 8,4 % estará distribuida sobre la intersección municipal de Apolo, San Buenaventura y Rurrenabaque entre los 200 – 300 m.s.n.m. En menor medida en San Borja y Palos Blancos además de la parte central y oeste de Apolo.

El escenario A2a 2050 **Figura 11 (D)** muestra poca variación con respecto al área de distribución potencial actual **Figura 11 (A)**. Solo el 2 % **Figura 11 (F)** corresponde a sitios de alto impacto ocupando una pequeña franja en dirección sureste desde Ixiamas a Apolo entre los 300 – 600 m.s.n.m., llegando alcanzar más hacia el sur en proximidades con Guanay a los 1600 de altitud. Con respecto a nuevas áreas de adecuación casi el 10,5 % **Figura 11 (F)** se encuentra en gran parte sobre el norte de Ixiamas en los 200 m.s.n.m., San Buenaventura extendiéndose por Rurrenabaque hasta San Borja entre los 200 – 700 m.s.n.m., hacia el sur además del oeste y parte central de Apolo.

Por último el escenario B2a 2050 **Figura 11 (E)** muestra que 37 % **Figura 11 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto sobre los municipios mencionados. El remanente 11,6 % **Figura 11 (F)** refiere a sitios de alto impacto en dirección este – sureste sobre los municipios de Ixiamas, Apolo, San Buenaventura, Palos Blancos, Rurrenabaque y San Borja entre los 200 – 1800 m.s.n.m. Mientras que las nuevas áreas de adecuación con 6,8% **Figura 11 (F)** se encuentran sobre el sureste de San Buenaventura, la intersección sur con Apolo prolongándose hasta el sur de Rurrenabaque desde los 200 – 500 m.s.n.m., en menor proporción al sureste de Palos Blancos y la parte central de Apolo.

8. Distribución potencial actual y futura de *Cedrela fissilis* en la Región Madidi. (Fig. 12)

La **figura 12 (A)** representa la distribución potencial actual de *Cedrela fissilis* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 5557 Km² (17%) **Figura 12 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando los municipios de Apolo, Ixiamas, Mapiri, Charazani y el noreste de Pelechuco, incluyendo el Sudoeste de la Amazonía, Yungas y Bosques Secos Interandinos (Ibish & Merida 2003) entre los 200 - 2000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 12 (B)** muestra un 15,5 % **Figura 12 (F)** de áreas de bajo impacto sobre los municipios mencionados. En contraste el modelo explica que el 1,6 % **Figura 12 (F)** son áreas de alto impacto, las que sucederán en gran medida y de forma dispersa sobre el municipio de Ixiamas entre los 200 - 1000 m.s.n.m, en menor proporción el este de Charasani desde los 1000 – 1500 m.s.n.m. El modelo muestra un expansión del 9% **Figura 12 (F)** en la distribución es decir nuevas áreas de adecuación para la especie sobre el sureste de Apolo, prolongándose en menor proporción a San Buenaventura, Rurrenabaque, Palos Blancos y San Borja entre los 400 – 2000 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 12 (C)** muestra una gran variación del área de distribución de forma pesimista indica que el 7,4 % **Figura 12 (F)** corresponde a sitios de alto impacto, los municipios más afectados son Ixiamas, Apolo, parte de Pelechuco descendiendo al sur

por Charazani y Mapiri entre los 200 – 2000 m.s.n.m. El remanente 7 % **Figura 12 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto ubicándose sobre la parte central de Apolo, al este de Charazani prolongándose al noroeste de Mapiri. Sin embargo el modelo indica que 1,8 % **Figura 12 (F)** corresponde a nuevas áreas de adecuación esta expansión sucederá sobre el sureste de Apolo entre los 1000 – 1500 m.s.n.m., al sur en la intersección municipal entre Charazani y Mapiri entre los 700 – 1300 m.s.n.m.

A diferencia del anterior modelo el escenario A2a 2050 **Figura 12 (D)** es bastante optimista indicando una pequeña variación de los sitios de bajo impacto 16,3 % con respecto a las áreas de alto impacto que son del 0,9 % **Figura 12 (F)** que ocurre sobre el norte y sureste de Apolo de forma dispersa entre los 800 – 1300 m.s.n.m. El modelo muestra que el 12,5 % **Figura 12 (F)** corresponde nuevas áreas de adecuación esta expansión se da desde la parte central de Ixiamas en dirección sureste sobre los municipios de Apolo y Palos Blancos desde los 200 – 1800 m.s.n.m. Hacia el sur de manera dispersa desde Mapiri ascendiendo por el noreste de Charazani y Pelechuco entre los 700 – 2000 m.s.n.m.

El escenario B2a 2050 **Figura 12 (E)** con 3,4 % **Figura 12 (F)** muestra las áreas de alto impacto sobre el municipio de Ixiamas desde los 300 – 1000 m.s.n.m. Aproximadamente el 13,7 % **Figura 12 (F)** son áreas de bajo impacto distribuidas en los municipios de Apolo, Mapiri, Charazani y Pelechuco. Con respecto a nuevas áreas de adecuación el modelo indica que el 5% **Figura 12 (F)** se situara en mayor medida al sureste de Apolo entre los 1000 – 1500 m.s.n.m. y en menor proporción al suroeste de Mapiri desde los 800 – 1600 m.s.n.m.

9. Distribución potencial actual y futura de *Clethra ferruginea* en la Región Madidi. (Fig. 13)

Clethra ferruginea posee una distribución restringida dentro la región Madidi incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Puna Norteña y en menor grado Bosques Secos Interandinos **Figura 13 (A)**. Ocupando los municipios de Charazani, Curva, Pelechuco entre los 1500 – 4800 m.s.n.m., al sureste de Apolo una pequeña parte a los 2000 m.s.n.m.

Estas áreas con aproximadamente 3363 Km² (10,4 %) **Figura 13 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El área de bajo impacto es bastante similar en los cuatro escenarios **Figura 13(B, C, D, E)**. Aproximadamente el 10 % **Figura 13 (F)** corresponde a zonas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras ocupando los municipios antes mencionados.

Bajo escenarios de cambio climático tres de los modelos (A2a – B2) 2020 y A2a 250 **Figura 13 (B, C, D)** predicen áreas de alto impacto al sureste de Apolo y en menor grado al oeste del mismo entre los 1700 – 2300 m.s.n.m., siendo este último escenario con 1,4 % **Figura 13 (F)** el que prolonga estas áreas al extremo suroeste de Charazani, Curva y Pelechuco desde los 2500 – 4700 m.s.n.m., mientras que el escenario B2a 2050 **Figura 13 (E)** con 0,2% **Figura 13 (F)** muestra pequeñas áreas de este tipo al sureste de Charazani.

Con respecto a las nuevas áreas de adecuación el escenario A2a 2020 **Figura 13 (B)** muestra estos sitios al suroeste y noreste de Charazani, Curva, Pelechuco entre los 4300 - 4700 m.s.n.m., con 3,2 % **Figura 13 (F)**, mientras que B2a 2020 de forma similar expande su distribución a los sitios mencionadas aunque con menor intensidad, sin embargo acentúa la expansión hacia el noreste de Charazani entre los 1300 – 1700 m.s.n.m., , al sureste de Apolo desde los 1600 – 2000 m.s.n.m. **Figura 13 (C)**, por su parte el escenario A2a 2050 **Figura 13 (D)** muestra menores áreas de adecuación casi el 0,7 % **Figura 13 (F)** ocupando al oeste de Apolo y al noreste de Charazani. De manera similar el escenario B2a 2050 **Figura 13 (E)** indica que el 2,6 % **Figura 13 (F)** de sitios de adecuación potencial estarán sobre Pelechuco, Charazani, Curva, el oeste y sureste de Apolo.

10. Distribución potencial actual y futura de *Dalbergia frutescens* en la Región Madidi. (Fig. 14)

La **figura 14 (A)** representa la distribución potencial actual de *Dalbergia frutescens* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 20961 Km² (64,6%) **Figura 14 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Incluyendo el Sudoeste de la Amazonía, Yungas y Bosques Secos Interandinos y parte suroeste del Cerrado (Ibish & Merida 2003) ocupando los municipios de Ixiamas, Apolo, San Buenaventura, Rurrenabaque, Palos Blancos San Borja, Mapiri, Charazani y parte de Pelechuco entre los 200 – 2200 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **figura 14 (B)** muestra una mínima variación de su distribución potencial actual. Aproximadamente 64 % **Figura 14 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto. El remanente 0,7 % **Figura 14 (F)** son áreas de alto impacto ubicadas al oeste de Ixiamas, de manera similar las nuevas áreas de adecuación con 1 % **Figura 14 (F)** se registran de forma espaciada por el norte de Ixiamas, parte central de Apolo, y sur este de San Borja.

De forma similar el escenario B2a 2020 **Figura 14 (C)** muestra que el 8% **Figura 14 (F)** corresponde a zonas de alto impacto ocupando la intersección noroeste de Ixiamas y Apolo entre 400 – 2300 m.s.n.m. Hacia el sureste la intersección San Buenaventura, Apolo, Rurrenabaque en los 200 m.s.n.m., gran parte de los municipios de Palos Blancos y San Borja entre los 300 – 900 m.s.n.m. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación estas son poco significantes.

La áreas de alto impacto bajo el escenario A2a 2050 **Figura 14 (D)** no es significativa. Aproximadamente las áreas de bajo impacto son de igual proporción 64,5 % **Figura 14 (F)** a lo mostrado en la distribución potencial actual **Figura 14 (A)**. Sin embargo el modelo indica un incremento en su área de distribución al oeste y la parte central de Apolo, prolongándose hacia el sureste de Pelechuco, Curva y Charazani entre los 800 – 2500 m.s.n.m. Hacia los extremos norte y sureste en Ixiamas y Palos Blancos respectivamente aunque en menor proporción.

Por último el escenario B2a 2050 **Figura 14 (E)** refleja un alto impacto sobre la distribución potencial de la especie. Aproximadamente el 43% corresponde a sitios de bajo impacto. El remanente 21 % se relaciona a zonas de alto impacto los municipios más afectados son Ixiamas entre los 200 – 1500 m.s.n.m., Apolo desde los 300 – 2200 m.s.n.m. Palos Blancos, San Borja, Parte de Rurrenabaque entre los 300 – 1000 m.s.n.m. El modelo muestra poca significancia en la adecuación de nuevas áreas para la especie solo 0,9 % **Figura 14 (F)** ocupando la parte central de Apolo y el sur de Charazani.

11. Distribución potencial actual y futura de *Escallonia myrtilloides var. patens* en la Región Madidi. (Fig. 15)

La **figura 15 (A)** representa la distribución potencial actual de *Escallonia myrtilloides var. patens* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 8112 Km² (25%) **Figura 15 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Incluyendo Yungas, Puna Norteña y Bosques Secos Interandinos al sur de Charazani (Ibish & Merida 2003). Ocupando los municipios de Charazani, Curva, Pelechuco, sureste y suroeste de Apolo, y en menor proporción el suroeste de Mapiri entre los 1000 – 5000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **figura 15 (B)** y A2a 2050 **figura 15 (D)** no muestran expansión con relación a nuevas áreas de adecuación para la especie sin embargo demuestra que el 21% **figura 15 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto en relación al área de distribución potencial actual. El remanente 4% **figura 15 (F)** implica a zonas de alto impacto el municipio más afectado es Apolo desde los 1000 – 2200 m.s.n.m., seguida de una proporción del territorio de Mapiri escenario A2a 2020 **figura 15 (B)** a los 1000 m.s.n.m. y noreste de Charazani escenario A2a 2050 **figura 15 (D)** entre los 1000 – 1500 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **figura 15 (C)** indica una pequeña variación del 2 % correspondiente a sitios de alto impacto ubicada en dirección oeste y parte central de Apolo coincidiendo

con el escenario anterior. El remanente 23 % **figura 15 (F)** son áreas de bajo impacto. Con respecto a nuevas áreas de adecuación el modelo predice una expansión del 2 % **figura 15 (F)** sobre los municipios de Mapiri y sureste de Apolo a los 1000 m.s.n.m.

El escenario B2a 2050 **figura 15 (E)** señala que el 4 % **figura 15 (F)** de sitios de alto impacto sucederá al sur de la región sobre los municipios de Apolo coincidiendo con el resto de los escenarios, en contraste incrementa el impacto sobre el municipio de Mapiri y noreste de Charazani entre los 1000 – 1700 a los 1000 m.s.n.m. A diferencia del escenario B2a 2020 **figura 15 (C)** este prevé una expansión de nuevas áreas de adecuación en 1,2 % **figura 15 (F)** en dirección norte sobre el territorio de Apolo a los 2000 a los m.s.n.m.

12. Distribución potencial actual y futura de *Handroanthus impetiginosus* en la Región Madidi. (Fig. 16)

Handroanthus impetiginosus posee una distribución amplia dentro la región Madidi incluyendo según (Ibish & Merida 2003) el Sudoeste de la Amazonía, Yungas y Bosques Secos Interandinos **Figura 16 (A)**. Ocupando gran parte del territorio Ixiamas y Apolo, hacia el sur sobre el territorio de Mapiri ascendiendo por el noreste de Charazani hasta llegar a Pelechuco entre los 200 – 2000 m.s.n.m. Estas áreas con aproximadamente 10233 Km² (31,5%) **Figura 16 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 16 (B)** predice una pérdida de área del 10,7 % **Figura 16 (F)** con respecto al área de distribución actual **Figura 16 (A)**. Estas áreas de alto impacto sobrevendrán desde la parte central de Ixiamas extendiéndose por el sureste de Apolo hasta llegar al noroeste de Palos Blancos entre los 200 – 1300 m.s.n.m., hacia el sur de la región ascendiendo de Mapiri hasta el noreste de Charazani desde los 800 – 1600 m.s.n.m. En contraste la expansión de nuevas áreas de adecuación será del 5,6 % **Figura 16 (F)** ocupando zonas del municipio de Apolo entre los 1000 – 2000 m.s.n.m., al sureste de de la

región en la intersección municipal de este con San Buenaventura y Rurrenabaque sobre los 200 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 16 (C)** y A2a 2050 **Figura 16 (D)** coinciden en una gran expansión del área de adecuación para la especie **Figura 16 (F)**. En ambos casos estas áreas ocuparan desde el norte de Ixiamas (intenso para B2a 2020), Apolo, San Buenaventura, Rurrenabaque, hasta el sureste de Palos Blancos y San Borja (intenso para A2a 2050) entre los 200 – 1200 m.s.n.m., este ultimo extiende estas áreas hacia el sur de la región de manera descendente desde Pelechuco hasta el sureste de Charazani desde los 2500 – 2000 m.s.n.m. En contraste al escenario A2a 2050 **Figura 16 (D)** el escenario B2a 2020 **Figura 16 (C)** muestra pequeñas áreas de alto impacto al sureste de Mapiri en los 1000 m.s.n.m., y en menor proporción al suroeste de Apolo.

El escenario B2a 2050 **Figura 16 (E)** refleja una gran variación del área de distribución. Aproximadamente el 13,3% **Figura 16 (F)** son áreas de bajo impacto limitando su distribución a el municipio de Apolo y Mapiri. El remanente corresponde a zonas de alto impacto con el 18,8% **Figura 16 (F)** los municipios más afectados serian Ixiamas extendiéndose por el sureste de Apolo hasta llegar al noroeste de Palos Blancos entre los 200 – 1300 m.s.n.m., hacia el sur de la región ascendiendo desde el noroeste de Mapiri hasta el noreste de Charazani desde los 800 – 1600 m.s.n.m. Sin embargo el modelo predice una ligera expansión de 1,8% **Figura 16 (F)** en la distribución de la especie esto sucederá al sureste de Apolo desde los 1000 – 1600 m.s.n.m.

13. Distribución potencial actual y futura de *Hieronyma moritziana* en la Región Madidi. (Fig. 17)

La tonalidad en amarillo de la **Figura 17 (A)** indica las zonas para el desarrollo potencial de *Hieronyma moritziana* comprendiendo los municipios de Apolo extendiéndose de forma disipada al sur de Palos Blancos, al noreste de Pelechuco y Curva, Charazani y Mapiri con 7738 Km² (23,9%) **Figura 17 (F)** estas incluyen según (Ibish & Merida 2003) Yungas y en menor medida Bosques Secos Interandinos y Puna Norteña entre los 1000 – 3700 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El área de bajo impacto es bastante similar en los cuatro escenarios **Figura 17(B, C, D, E)**. Aproximadamente el 22 % **Figura 17 (F)** corresponde a zonas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras incluyendo los municipios mencionados. De igual forma los cuatro escenarios coinciden en que no existirá una expansión de nuevas áreas de adecuación para la especie. Sin embargo los modelos predicen que el 2% **Figura 17 (F)** corresponde a sitios de alto impacto concordando que estas se registrarán sobre la parte central de Apolo y su extensión hacia el sur de Palos Blancos entre los 1000 – 1800 m.s.n.m., además del extremo noreste de Pelechuco, Curva y Charazani por encima de los 3000 m.s.n.m. Los escenarios B2a (2020 – 2050) **Figura 17 (C, E)** amplían estas áreas al municipio de Mapiri sobre los 1000 m.s.n.m.

14. Distribución potencial actual y futura de *Juglans boliviana* en la Región Madidi. (Fig. 18)

Las zonas de adecuación potencial para *Juglans boliviana* representada de tonalidad amarilla en la **Figura 18 (A)** comprende 12736 Km² (39%) **Figura 18 (F)** presentes en casi la totalidad de municipio de Apolo, Ixiamas y Mapiri al noreste de Charazani y Pelechuco incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos, prolongándose en menor medida por el Sudoeste de la Amazonía hasta llegar al Cerrado desde los 200 – 2500 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 y B2a 2020 **Figura 18 (B, C)** indica que el 31% **Figura 18 (F)** son sitios de bajo impacto distribuidos en los municipios antes mencionados. La variación potencial en su distribución es del 8% **Figura 18 (F)** que corresponde a zonas de alto impacto, los municipios más afectados son Ixiamas entre los 200 – 1500 m.s.n.m., Mapiri sobre los 1000 m.s.n.m., y en menor medida el sur este de Apolo y el noreste de Charazani y Pelechuco. En contraste el modelo **Figura 18 (B)** explica una expansión de aproximadamente el 7% **Figura 18 (F)** estas nuevas de áreas de adecuación estarán en dirección sureste beneficiando a los municipios de Apolo, San Buenaventura, Rurrenabaque, Palos Blancos y San Borja desde los 300 – 1000 m.s.n.m. de forma similar

el escenario B2a 2020 **Figura 18 (C)** coincide en que estas áreas con 6,3% **Figura 18 (F)** están sobre los municipios de Palos Blancos y San Borja, sin embargo y en discordancia al escenario B2a 2020 **Figura 18 (C)** este escenario amplia las nuevas áreas de adecuación al norte Ixiamas sobre los 200 m.s.n.m. al oeste de Apolo, Charazani y Pelechuco por encima de los 2000 m.s.n.m.

El escenario A2a 2050 **Figura 18 (D)** muestra que el 38,8% **Figura 18 (F)** son sitios de bajo impacto. Con respecto a zonas de alto impacto estas son de poca significancia. Sin embargo el modelo indica una gran expansión del área de distribución, aproximadamente el 13,3% **Figura 18 (F)** corresponde a nuevas áreas de adecuación estas sucederán sobre los municipios de Ixiamas en la parte norte a los 200 m.s.n.m., Apolo extendiéndose a Palos Blancos y en menor medida San Bunaventura, Rurrenabaque y San Borja entre los 3000 – 1000 m.s.n.m., al otro extremo el noreste de Charazani y Pelechuco por encima de los 2000 m.s.n.m.

De manera diferente el escenario B2a 2050 **Figura 18 (E)** muestra una gran variación de la distribución aproximadamente el 12% **Figura 18 (F)** corresponde a zonas de alto impacto registradas en gran medida sobre los municipios de Ixiamas y Apolo entre los 200 – 1800 m.s.n.m., en menor medida al noreste de Charazani y Pelechuco. El remanente 28% **Figura 18 (F)** corresponde a sitios de bajo impacto limitando su distribución en la zona norte de Ixiamas. Con poca significancia el modelo predice el 0,7 % **Figura 18 (F)** de nuevas áreas de adecuación hacia el suroeste de Ixiamas.

15. Distribución potencial actual y futura de *Machaerium pilosum* en la Región Madidi. (Fig. 19)

La **Figura 19 (A)** representa la distribución potencial actual de *Machaerium pilosum* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 9562 Km² (29,5%) **Figura 19 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando los municipios de Apolo, Ixiamas, Mapiri, Charazani y el noreste de Pelechuco incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos, prolongándose en menor medida por el Sudoeste de la Amazonía entre los 500 – 3000

m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 19 (B)** muestra el 25% **Figura 19 (F)** como áreas de bajo impacto distribuidos en los municipios mencionados. Sin embargo el modelo predice áreas de alto impacto 4% **Figura 19 (F)** presentes al norte de Ixiamas sobre los 500 m.s.n.m., al suroeste de la región en los municipios de Charazani, Pelechuco y parte de Apolo entre los 2000 – 3200 m.s.n.m. En contraste el modelo predice una expansión de 7,5 % **Figura 19 (F)** estas nuevas áreas de adecuación sucederán desde Ixiamas extendiéndose al sureste de Apolo entre los 400 - 1800 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 19 (C)** y A2a 2050 **Figura 19 (D)** son bastante similares ambos coinciden en que la variación potencial de la distribución es mínima. En este sentido el área estable en ambos modelos alcanza aproximadamente el 29 % **Figura 19 (F)** sobre los municipios mencionados anteriormente. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación los modelos indican que el 15% **Figura 19 (F)** de expansión se suscitara desde la parte central de Ixiamas extendiéndose en dirección sureste por Apolo, San Buenaventura parte de Rurrenabaque hasta Palos Blancos y San Borja desde los 400 – 2300 m.s.n.m. También se beneficiaran con estas áreas los municipios de Mapiri sobre los 1000 m.s.n.m., al oeste de Charazani y una pequeña proporción al noreste de Curva y Pelechuco por encima de los 2500 m.s.n.m.

Bajo el escenario B2a 2050 **Figura 19 (E)** la variación del área de distribución es severa mostrando el 18% **Figura 19 (F)** de áreas de bajo impacto en relación al área de distribución potencial actual **Figura 19 (A)**. El impacto es del 11,6 % **Figura 19 (F)** estas áreas de alto impacto están en gran medida sobre Ixiamas Apolo entre los 600 – 2300 m.s.n.m., y la franja más elevada de los municipios de Charazani, Curva y Pelechuco por encima de los 2500 m.s.n.m., incluyendo una pequeña porción del territorio de Mapiri. En contraste las nuevas áreas de adecuación corresponden al 2,8% **Figura 19 (F)** ocupando parte Ixiamas sobre los 200 m.s.n.m., la zona central con dirección sureste de Apolo entre los 800 – 1500 m.s.n.m., además de pequeñas proporciones en el municipio de Mapiri.

16. Distribución potencial actual y futura de *Machaerium scleroxylon* en la Región Madidi. (Fig. 20)

Machaerium scleroxylon posee una distribución sobre los municipios de Ixiamas, Apolo y el noreste de Charazani, Mapiri y en menor proporción parte de Pelechuco entre los 200 – 1800 m.s.n.m., incluyendo según (Ibish & Merida 2003) el Sudoeste de la Amazonía, Yungas y Bosques Secos Interandinos **Figura 20 (A)**. Estas áreas con aproximadamente 7334 Km² (22,6%) **Figura 20 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 20 (B)** indica que el 14% **Figura 20 (F)** corresponde a sitios de bajo impacto esto en relación al área de distribución potencial actual. El remanente 8,5% **Figura 20 (F)** son áreas de alto impacto esta retracción del área de distribución sucederá desde la parte central de Ixiamas extendiéndose al sureste de Apolo entre los 200 – 1200 m.s.n.m., hacia el sur de la región la pérdida casi total se da al noreste de Mapiri y Charazani desde los 900 – 1600 m.s.n.m. En contraste a la pérdida de área, el modelo muestra una expansión de aproximadamente el 5% **Figura 20 (F)** estas nuevas áreas de adecuación se darán sobre la parte central de Apolo desde los 1000 – 1500 m.s.n.m., y la intersección municipal de este con Rurrenabaque entre los 200 – 1300 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 y A2a 2050 son bastante similares con respecto al área de bajo impacto aproximadamente el 21% corresponde a zonas estables para ambos escenarios sobre los municipios mencionados. De manera similar aunque B2a 2020 con 21% y A2a 2050 con 35 % coinciden sobre la expansión y la adecuación de nuevas áreas sobre los municipios de Ixiamas, Apolo, San Buenaventura, Palos Blancos, Rurrenabaque y San Borja entre los 200 – 2000 m.s.n.m., además de Mapiri y el noreste de Charazani desde los 800 – 2000 m.s.n.m. Sin embargo el modelo B2a 2020 a diferencia de A2a 2050 indica sitios de alto impacto de forma dispersa sobre el sureste de Apolo y el sur de Mapiri desde los 600 – 1500 m.s.n.m.

El escenario B2a 2050 muestra una gran variación del área de distribución aproximadamente el 13,3 % son áreas de alto impacto esta retracción afectara en gran medida al municipio de Ixiamas prolongándose por el sureste de Apolo entre los 200 – 1800 m.s.n.m, además del noreste de Charazani por encima de los 1000 m.s.n.m. El remanente 9,3% son áreas de bajo impacto limitando su distribución al municipio de Apolo y parte de Mapiri. Sin embargo el modelo predice una expansión del 3% hacia el sureste de Apolo entre los 800 – 1500 m.s.n.m., y parte central de Mapiri.

17. Distribución potencial actual y futura de *Myrcia fallax* en la Región Madidi. (Fig. 21)

La **Figura 21 (A)** representa la distribución potencial actual de *Myrcia fallax* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 8005 Km² (24,7%) **Figura 21(F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando gran parte de los municipios de Apolo, Charazani y en menor medida Ixiamas, Pelechuco, Curva y Mapiri incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas y Bosques Secos Interandinos, entre los 1000 – 3000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los escenarios de cambio climático son bastante similares **Figura 21 (B, C, D, E)**, aproximadamente el 22,3 % **Figura 21 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto es decir áreas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras. Los escenarios muestran mayor impacto sobre el área de distribución coincidiendo en que esta retracción sucederá sobre el sureste de de Apolo por encima de los 1000 m.s.n.m. y la intersección municipal de este con Ixiamas en los 800 m.s.n.m., en menor proporción la parte sur de Charazani. Sin embargo los modelos difieren en la intensidad del impacto **Figura 21 (F)**. Con respecto a nuevas áreas de adecuación los modelos prevén una expansión del 2,4% sobre el límite de la intersección Apolo Ixiamas, parte de Mapiri, el escenario B2a 2020 prolonga estas áreas al noreste de Charazani mientras que A2a 2020 y 2050 lo hace al sureste de Palos Blancos.

18. Distribución potencial actual y futura de *Nectandra laurel* en la Región Madidi. (Fig. 22)

Nectandra laurel posee una distribución restringida hacia el sur de la región Madidi. Ocupando los municipios de Apolo, Pelechuco, Curva, Charazani y Parte de Mapiri entre los 1000 – 4000 m.s.n.m., incluyendo según (Ibishi & Merida 2003) Yungas y pequeñas partes de Bosques Secos Interandinos **Figura 22 (A)**. Estas áreas con aproximadamente 6355 Km² (19,6%) **Figura 22 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los escenarios de cambio climático son bastante similares **Figura 22 (B, C, D, E)**, aproximadamente el 17 % **Figura 22 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto manteniendo su distribución por los municipios mencionados. Los modelos coinciden en una limitación del área de distribución potencial en 2,6% **Figura 22 (F)** estas áreas de alto impacto se registran sobre la parte central de Apolo entre los 1300 - 2000 m.s.n.m., la parte más elevada de Charazani, Pelechuco y Curva por encima de los 3500 m.s.n.m., mientras que el escenario B2a 2050 prolonga estas áreas sobre el municipio de Mapiri a los 1000 m.s.n.m., y al sureste de Apolo entre los 1000 – 1800 m.s.n.m. Sin embargo cabe resaltar que los modelos difieren en la intensidad del impacto siendo B2a 2020 el menos intenso **Figura 22 (F)**. Con respecto a nuevas áreas de adecuación solo el modelo A2a 2020 **Figura 22 (B)** prevé una expansión característica del 0,8 % **Figura 22 (F)** limitándose al territorio de Mapiri.

19. Distribución potencial actual y futura de *Ocotea aciphylla* en la Región Madidi. (Fig. 23)

Las zonas de adecuación potencial para *Ocotea aciphylla* representada de tonalidad amarilla en la **Figura 23 (A)** comprende 6705 Km² (20,7%) **Figura 23 (F)** presentes en casi la totalidad de municipio de Apolo, Mapiri, noreste de Pelechuco y Charazani incluyendo según (Ibishi & Merida 2003) Yungas y Bosques Secos Interandinos desde los

1000 – 2600 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los cuatro escenarios **Figura 23 (B, C, D, E)** coinciden en que el cambio potencial en la distribución será mínima, aproximadamente el 19,5% **Figura 23 (F)** corresponderá a zonas de bajo impacto manteniendo su distribución por los municipios antes mencionados. El impacto sobre las áreas de distribución se suscitará sobre la parte central y el sureste de Apolo, de forma poco significativa, siendo los escenarios A2a 2020 – 2050 los más intensos **Figura 23 (B, D)**. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación los cuatro escenarios indican que dicha expansión beneficiara la intersección municipal de Ixiamas con Apolo al oeste y sureste de este último, el noreste de Pelechuco, Curva y Chrazani llegando alcanzar los 3200 m.s.n.m., además de una proporción de Mapiri y Palos Blancos. En contraste a la similitud de los escenarios estos difieren en la intensidad tanto del impacto como en la adecuación de nuevas áreas **Figura 23 (F)**.

20. Distribución potencial actual y futura de *Podocarpus ingensis* en la Región Madidi. (Fig. 24)

La **Figura 24 (A)** representa la distribución potencial actual de *Podocarpus ingensis* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 9507 Km² (29,3%) **Figura 24 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando de forma espaciada el norte y sur de Ixiamas, gran parte de Apolo extendiéndose al sureste de manera espaciada a Palos Blancos, en dirección sur el municipio de Mapiri ascendiendo por Charazani, el noreste de Curva y Pelechuco. Incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos entre 1000 – 4000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los escenarios A2a 2020 – 2050 **Figura 24 (B, D)** y B2a 2020 **Figura 24 (C)** son bastante similares. Indicando que las zonas de bajo impacto corresponden al 28 % **Figura 24 (F)** con relación a la distribución potencial actual **Figura 24 (A)**. El escenario A2a 2020 y B2a 2020 **Figura 24 (B, C)** este último con mayor intensidad muestra que el norte de Ixiamas y

la parte central de Apolo son los municipios que presentaran áreas de alto impacto. Mientras que la expansión de nuevas áreas de adecuación con el 4% ocurrirá en gran medida sobre el noreste de Pelechuco, Curva y Charazani llegando a alcanzar los 4500 m.s.n.m., además del sur de Iximas el sureste de Apolo y Palos Blancos y el sur de Mapiri. Por su parte el escenario A2a 2050 prolonga las áreas de alto impacto al sureste de Apolo y al sur de Palos Blancos y en menor proporción el norte de Iximas. Sin embargo este modelo prevé menos áreas de expansión que el resto mostrando que estas sucederán en la parte norte de Iximas y en menor proporción al noreste de Charazani, Curva y la parte sur de Mapiri.

El escenario B2a 2050 difiere con el resto de los modelos indicado una mayor variación con respecto al área de distribución potencial actual, esta retracción es del 5,5 % limitando su distribución por el norte de Iximas la parte central y sur este de Apolo prolongándose de forma intermitente hasta Palos Blancos además de gran parte del territorio de Mapiri y la zona más elevada del noreste de Charazani, Curva y Pelechuco. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación para la especie estas ocurrirían al sur de Iximas de forma poco simbólica.

21. Distribución potencial actual y futura de *Podocarpus oleifolius* en la Región Madidi. (Fig. 25)

Las zonas de adecuación potencial para *Podocarpus oleifolius* representada de tonalidad amarilla en la **Figura 25 (A)** comprende 6045 Km² (18,6%) **Figura 25 (F)** presentes en la parte central del municipio de Apolo, noreste de Pelechuco, Curva y Charazani incluyendo según (Ibishi & Merida 2003) Yungas y una pequeña porción de Bosques Secos Interandinos al sur de Charazani desde los 1200 – 4000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los modelos bajo escenarios de cambio climático A2a y B2a para ambos periodos de tiempo 2020 y 2050 respectivamente **Figura 25 (B, C, D, E)**. Indican similar cambio potencial de la distribución, siendo aproximadamente 16,4% **Figura 25 (F)** zonas de bajo

impacto, manteniendo estable la distribución sobre los municipios mencionados en relación al área de distribución potencial actual **Figura 25 (A)**. De manera similar los modelos predicen una retracción del área de distribución el impacto es del 2,3% **Figura 25 (F)** coincidiendo que estas áreas sucederán en la intersección municipal de Apolo con Ixiamas además de la parte central de este último con dirección oeste y sureste. Por su parte el escenario A2a 2020 prolonga estas áreas al sureste de Charazani. Cabe resaltar que si bien los modelos coinciden en la ubicación de las zonas de alto impacto estas difieren en la intensidad siendo el B2a 2050 el menos intenso **Figura 25 (F)**. Con respecto a la expansión de nuevas áreas de adecuación el modelo A2a y B2a 2020 **Figura 25 (B, C)** coinciden en que estas ocuparan la zona central de Apolo siendo este último escenario quien prolonga dichas áreas al sureste de este municipio.

22. Distribución potencial actual y futura de *Polylepis pepeii* en la Región Madidi. (Fig. 26)

Polylepis pepeii posee una distribución restringida hacia el suroeste de la región Madidi. Ocupando los municipios de Pelechuco, Curva, Charazani entre los 3000 – 5500 m.s.n.m., Mapiri ascendiendo por el este de Charazani desde los 800 – 1600 m.s.n.m. en menor grado al sureste de Apolo en la intersección municipal con Guanay incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas y Puna Norteña **Figura 26 (A)**. Estas áreas con aproximadamente 3924 Km² (12,1%) **Figura 26 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 26 (B)** indica una retracción del 3,2% **Figura 26 (F)** con respecto al área de distribución potencial actual, estas zonas de alto impacto se registran en gran medida sobre los municipios de Mapiri y la zona más elevada de Charazani además del sureste de Apolo en la intersección municipal con Guanay. Limitando su distribución al municipio de Pelechuco y Curva con aproximadamente 9% **Figura 26 (F)** como áreas de bajo impacto. Sin embargo el modelo prevé con poca significancia 0,3% **Figura 26 (F)** nuevas áreas de adecuación sobre el noreste de Charazani.

El escenario B2a 2020 **Figura 26 (C)** indica una expansión en la distribución de la especie del 6 % **Figura 26 (F)**, estas nuevas áreas de adecuación ocuparan la parte central de Mapiri al noreste de Charazani y sureste de Apolo.

El escenario A2a 2050 **Figura 26 (D)** nos indica una variación negativa del área de distribución, aproximadamente el 2% **Figura 26 (F)** son áreas de alto impacto esta se registran sobre Mapiri, Charazani y el sureste de Apolo en la intersección municipal con Guanay limitando su distribución a un 10% **Figura 26 (F)** correspondientes a zonas de bajo impacto distribuidos aun sobre los municipios mencionados.

El escenario B2a 2050 **Figura 26 (F)** indica que el municipio más afectado por el registro de áreas de alto impacto es Mapiri y el sureste de Apolo en la intersección municipal con Guanay. En contraste indica una pequeña expansión sobre el noreste de Charazani y sureste de Apolo. Dejando el 10,7% **Figura 26 (F)** como áreas de bajo impacto en relación al área de distribución potencial actual.

23. Distribución potencial actual y futura de *Polylepis sericea* en la Región Madidi. (Fig. 27)

Polylepis sericea posee una distribución restringida hacia el suroeste de la región Madidi. Ocupando los municipios de Pelechuco, Curva, Charazani entre los 3000 – 5500 m.s.n.m., en menor grado al oeste y sureste de Apolo en la intersección municipal con Guanay incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas y Puna Norteña **Figura 27 (A)**. Estas áreas con aproximadamente con 5130 Km² (15,8%) **Figura 27 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 y 2050 respectivamente **Figura 27 (B, D)** son bastante similares, coincidiendo en que el 14,5% **Figura 27 (F)** son áreas de bajo impacto distribuidos sobre los municipios mencionados. Sin embargo A2a 2050 **Figura 27 (D)** es más intenso que A2a 2020 **Figura 27 (B)** con respecto al registro de áreas de alto impacto, ambos coinciden

en que la parte sureste de Apolo se verá afectada, mientras A2a 2020 prolonga estas áreas al este de Charazani y parte de Mapiri el escenario A2a 2050 lo hace cerca a la parte central de Pelechuco. Con 1,4% **Figura 27 (F)** ambos modelos coinciden en la adecuación de nuevas áreas, aunque difieren en la dirección de la expansión, mientras A2a 2020 indica una expansión discontinua desde el extremo sureste de Charazani en proximidades con Mapiri y de manera ascendente hasta llegar al noreste de Pelechuco. El escenario A2a 2050 indica que esta expansión sucederá en dirección suroeste y noreste de Pelechuco llegando a cubrir parte de Apolo. De forma similar ambos escenarios coinciden que la zona más elevada de Charazani se verá beneficiada con la adecuación de la especie.

Los escenarios B2a 2020 y 2050 respectivamente **Figura 27 (C, E)** demuestran que el área de distribución se verá beneficiada con una expansión del 6% y 9% para B2a (2020 y 2050) respectivamente **Figura 27 (F)**. Coincidiendo en que esto sucederá sobre el territorio de Apolo, mientras B2a 2020 **Figura 27 (C)** lo hace por el sur, B2a 2050 **Figura 27 (E)** explica que estas se concentran cerca a la parte central del mismo. De forma similar coinciden en que esta adecuación de nuevas áreas se dará sobre la zona más elevada de Charazani y en dirección suroeste y noreste de Pelechuco. En contraste el escenario B2a 2020 prolonga estas áreas al municipio de Mapiri prolongándola de forma ascendente hacia la intersección municipal de este con Curva y Apolo.

24. Distribución potencial actual y futura de *Richeria grandis* en la Región Madidi. (Fig. 28)

La **Figura 28 (A)** representa la distribución potencial actual de *Richeria grandis* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 9525 Km² (29,4%) **Figura 28 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando el sur de Ixiamas, gran parte de Apolo en dirección sur el municipio de Mapiri ascendiendo por Charazani, el noreste de Curva y Pelechuco. Incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos entre 1000 – 3700 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El área de bajo impacto es bastante similar en los cuatro escenarios **Figura 28(B, C, D, E)**. Aproximadamente el 28,4 % **Figura 28 (F)** corresponde a zonas en las que la especie probablemente ocurra tanto en las condiciones climáticas actuales como en las condiciones climáticas futuras incluyendo los municipios antes mencionados.

El escenario A2a 2020 y B2a 2050 **Figura 28 (B, D)** son bastante similares indicando nuevas áreas de adecuación del 9% y 5% respectivamente **Figura 28 (F)**, ambos concuerdan que esta expansión ocurrirá sobre la zona más elevada de los municipios de Charazani, Curva y Pelechuco entre los 2500 – 4300 m.s.n.m., además de la parte central de Apolo hacia el sureste de Palos Blancos desde los 700 – 1400 m.s.n.m. De forma similar los modelos demuestran que las áreas de alto impacto con poca relevancia se dará por encima de la intersección municipal de Apolo e Ixiamas.

El escenario B2a 2020 **Figura 28 (C)** indica una pequeña variación de la distribución. Aproximadamente el 2% **Figura 28 (F)** corresponde a zonas de alto impacto registrándose sobre la zona más elevada de los municipios de Charazani, Curva y Pelechuco por encima de los 3000 m.s.n.m., además de la parte central de Apolo hacia el sureste del mismo en los 800 m.s.n.m., y en menor medida el sur de Mapiri. En contraste a las zonas perdidas el modelo prevé una expansión del 1,4% **Figura 28 (F)** sobre el norte y suroeste de Ixiamas de forma espaciada además del sur de Palos Blancos.

El escenario A2a 2050 **Figura 28 (E)** indica una retracción del 1% **Figura 28 (F)** en la parte central de Apolo en los 1000 m.s.n.m. En contraste, la adecuación de nuevas áreas será del 4% **Figura 28(F)** esta expansión ocupara la zona más elevada de los municipios de Charazani, Curva y Pelechuco entre los 2500 – 4300 m.s.n.m., coincidiendo con los escenarios A2a 2020 y B2a 2050, también muestra la presencia de estas áreas al sur de Ixiamas y Palos Blancos.

25. Distribución potencial actual y futura de *Schefflera trollii* en la Región Madidi. (Fig. 29)

Schefflera trollii posee una distribución restringida hacia el suroeste de la región Madidi. Ocupando desde el oeste de Apolo hacia los municipios de Pelechuco, Curva y Charazani

entre los 2000 – 5500 m.s.n.m., además de la parte central hacia el sureste de Apolo desde los 1500 – 2200 m.s.n.m., incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Puna Norteña y una pequeña parte de Bosques Secos Interandinos hacia el sur de Charazani **Figura 29 (A)**. Estas áreas con aproximadamente con 6392 Km² (19,7%) **Figura 29 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 y 2050 **Figura 29 (B, D)** son bastante similares indicando que aproximadamente el 16 % **Figura 29 (F)** son áreas de bajo impacto, manteniendo dicha distribución en los municipios mencionados. El remanente 4% **Figura 29 (F)** corresponde a sitios de alto impacto coincidiendo que el municipio de Apolo es el más afectado ente los 1500 – 2200 m.s.n.m. Este último escenario también indica que estas áreas se encuentran sobre la intersección de Charazani con Mapiri extendiéndose de manera discontinua por el noreste de Curva y Pelechuco desde los 1200 – 2300 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 29 (C)** demuestra una expansión del 4,6% **Figura 29 (F)** en la distribución de la especie, desde Mapiri ascendiendo por el noreste de Charazani, Curva y Pelechuco conectándose con el sur de Apolo prolongándose por la parte central hasta el sureste del municipio desde los 800 – 2000 m.s.n.m. En contraste a la expansión de nuevas áreas de adecuación el modelo explica una pequeña retracción de la distribución debido a la presencia de zonas de alto impacto al oeste y parte central de Apolo.

El escenario B2a 2050 **Figura 29 (E)** por su parte prevé una expansión del 1,4% **Figura 29 (F)** al oeste de Apolo en la intersección con Pelechuco, además de la parte central y una pequeña proporción hacia el norte en la intersección con Ixiamas en los 2000 m.s.n.m. De forma contraria indica que las áreas de alto impacto sucederán sobre el noreste de Charazani entre los 1300 – 1800 m.s.n.m., y en menor proporción al sureste de Apolo y suroeste de Pelechuco, comprendiendo al 1% **Figura 29 (F)** con respecto al área de distribución potencial actual.

26. Distribución potencial actual y futura de *Schinopsis brasiliensis* en la Región Madidi. (Fig. 30)

La **Figura 30 (A)** representa la distribución potencial actual de *Schinopsis brasiliensis* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 9189 Km² (31,68%) **Figura 30 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando el municipio de Ixiamas, Apolo hacia el sur, el municipio de Mapiri ascendiendo por el noreste de Charazani y una pequeña proporción de Pelechuco. Incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos y una parte del Sudoeste de la Amazonía entre 1000 – 4000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 30 (B)** muestra una pequeña variación del 4% correspondientes a zonas de alto impacto esta retracción en la distribución se dará en dirección sureste desde Ixiamas hasta alcanzar parte del territorio de Apolo entre los 200 – 800 m.s.n.m. El remanente 24,4% son áreas estables distribuidas sobre los municipios mencionados. En contraste a la retracción del área de distribución el modelo prevé un 13,5% de expansión desde Ixiamas en dirección sureste por Apolo, San Buenaventura, Rurrenabaque, Palos Blancos y San Borja. Además de una pequeña parte del municipio de Mapiri desde los 300 – 1600 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 30 (C)** con el 4% **Figura 30 (F)** y A2a 2050 **Figura 30 (D)** con el 2,2% **Figura 30 (F)** prevé una contracción del área de distribución sobre el territorio de Ixiamas y de manera dispersa sobre el municipio de Apolo, además del noreste de Charazani hasta llegar a Pelechuco. La adecuación de nuevas áreas corresponde al 13% **Figura 30 (F)** esta expansión ocupara el norte y sureste del territorio de Ixiamas, el sureste de Apolo extendiéndose por Rurrenabaque, Palos Blancos y San Borja incluyendo una pequeña parte de San Buenaventura.

El escenario B2a 2050 **Figura 30 (E)** por su parte prevé una contracción del 2,5% **Figura 30 (F)** desde la zona central de Ixiamas extendiéndose por el sureste de Apolo entre los 300 – 1500 m.s.n.m. En contraste, la adecuación de nuevas áreas es del 5,4% **Figura 30 (F)**

ocupando en gran medida la zona norte de Ixiamas a los 200 m.s.n.m. y el sureste de Apolo extendiéndose al sur de Palos Blancos incluyendo el sureste de Mapiri 500 - 1600 m.s.n.m.

27. Distribución potencial actual y futura de *Symplocos fimbriata* en la Región Madidi.(Fig. 31)

Symplocos fimbriata posee una distribución restringida en la región Madidi. Ocupando parte de los territorios de Pelechuco, Curva, Charazani y pequeñas proporciones de Apolo entre los 1500 – 4500 m.s.n.m., incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas y en menor proporción Puna Norteña y Bosques Secos Interandinos **Figura 31 (A)**. Estas áreas con aproximadamente con 2624 Km² (8,1%) **Figura 31 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los escenarios A2a y B2a 2020 **Figura 31 (B, C)** son bastante similares, indicando que el 7,8% **Figura 30 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto manteniendo su distribución sobre los municipios mencionados. De forma reducida el modelo explica que aproximadamente el 0,27% **Figura 31 (F)** son áreas de alto impacto, esta retracción sucederá sobre el reducido territorio ocupado por la especie en Apolo, además del suroeste de Curva y Charazani. Ambos escenarios coinciden en una expansión del área de distribución sobre el municipio de Pelechuco mientras el escenario A2a 2020 refleja una expansión del 1,3% **Figura 31 (F)** el escenario B2a 2020 indica un 2,3 % **Figura 31 (F)** prolongando la adecuación de nuevas áreas al municipio de Curva y Charazani.

Por su parte los escenarios A2a y B2a 2050 **Figura 31 (D, F)** indican una mayor variación con respecto al área de distribución actual. Aproximadamente el 1,4 % **Figura 31 (F)** corresponde a sitios de alto impacto concordando que este impacto sucederá sobre el municipio de Charazani, Curva, Pelechuco y en menor grado al sureste de Apolo. El remanente 6,7% **Figura 31 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto distribuidas sobre los municipios mencionados. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación estas serán mínimas registrándose sobre Pelechuco y Apolo.

28. Distribución potencial actual y futura de *Trichilia elegans* en la Región Madidi. (Fig. 32)

Las zonas de adecuación potencial para *Trichilia elegans* representada de tonalidad amarilla en la **Figura 32 (A)** 6678 Km² (20,6%) **Figura 32 (F)** presentes Ixiamas, Apolo, Mapiri, noreste de Charazani y Pelechuco incluyendo según (Ibish & Merida 2003) el Sudoeste de la Amazonia, Yungas y Bosques Secos Interandinos desde los 300 – 2000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a - B2a 2020 y B2a 2050 **Figura 32 (B, C, E)** indican que aproximadamente el 17,9% **Figura 32 (F)** corresponden a sitios de bajo impacto manteniendo su distribución en relación al área de distribución actual. El remanente 2,6% **Figura 32 (F)** se relaciona a zonas de alto impacto el escenario A2a 2020 y 2050 **Figura 32 (B)** muestra estas áreas sobre gran parte de Ixiamas la intersección de este con San Buenaventura y Apolo extendiéndose de forma dispersa hacia el sureste. Mientras B2a 2020 **Figura 32 (C)** intensifica estas áreas al sureste de Apolo. Con respecto a la adecuación de nuevas áreas para la especie los modelos incluyendo el escenario A2a 2050 **Figura 32 (D)** difieren en intensidad **Figura 32 (F)** pero coinciden en que esta expansión ocupara el territorio de Ixiamas, Apolo extendiéndose en dirección sureste por Palos Blancos, Rurrenabaque y San Borja, además de Mapiri y el noreste de Charazani y Pelechuco.

29. Distribución potencial actual y futura de *Vallea stipularis* en la Región Madidi. (Fig. 33)

Vallea stipularis posee una distribución restringida en la región Madidi. Ocupando parte de los territorios de Pelechuco, Curva, Charazani y una reducida proporción al oeste de Apolo entre los 2000 – 5500 m.s.n.m., incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas y en menor proporción Puna Norteña **Figura 33 (A)**. Estas áreas con aproximadamente 2194 Km² (6,8%) **Figura 33 (F)** denotadas de amarillo indican la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie. Fuera de estos rangos y representados de color

blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

Los cuatro escenarios de cambio climático para la especie **Figura 33 (B, C, D, E)** son bastante similares, indican que aproximadamente el 6,4% **Figura 33 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto manteniendo su distribución por los municipios mencionados con respecto al área de distribución actual. El remanente 0,4% **Figura 33 (F)** se relaciona a sitios de alto impacto esta variación en el área de distribución ocurrirá al este de Charazani, la parte central de Pelechuco y la reducida proporción al oeste de Apolo. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación los modelos prevén una pequeña expansión ocupando la parte central de Charazani, Curva y Pelechuco.

30. Distribución potencial actual y futura de *Weinmannia fagaroides* en la Región Madidi. (Fig. 34)

La **Figura 34 (A)** representa la distribución potencial actual de *Weinmannia fagaroides* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 3395 Km² (31,68%) **Figura 34 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando el municipio de Pelechuco, Curva, Charazani y una proporción al oeste y sureste de Apolo Incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Puna Norteña y una pequeña parte de Bosques Secos Interandinos entre 2000 – 5300 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 34 (B)** indica que el 1,6% **Figura 34 (F)** corresponde a zona de alto impacto limitando su distribución a los extremos oeste y este de Charazani y Curva además de el suroeste de Pelechuco, el oeste y sureste de Apolo. El remanente 8,8% se relaciona a zonas de bajo impacto distribuidos sobre los municipios mencionados con respecto al área de distribución actual. El 0.6% **Figura 34 (F)** muestra que la expansión del área de distribución sucederá al noreste de Charazani, Curva y Pelechuco.

Los escenarios B2a 2020 y A2a 2050 **Figura 34 (C, D)** concuerdan en que la retracción del área de distribución será del 1,3 % **Figura 34 (F)** afectando la parte este de Charazani el sureste de Apolo y de forma dispersa sobre Pelechuco, dejando aproximadamente el 9% **Figura 34 (F)** como áreas de bajo impacto distribuidas en los municipios mencionados esto en relación al área de distribución actual. Con respecto a la adecuación de nuevas áreas estas ocurrirán de manera poco simbólica sobre la zona más elevada de Charazani, Curva y Pelechuco.

El escenario B2a 2050 **Figura 34 (E)** indica una pequeña variación con respecto al área de distribución actual aproximadamente el 10 % **Figura 34 (F)** son áreas de bajo impacto manteniendo de esta forma su distribución. Sin embargo el modelo prevé una expansión del 1,6% **Figura 34 (F)** ocupando la zona oeste de Charazani Curva y Pelechuco además de la parte central y sureste de Apolo.

31. Distribución potencial actual y futura de *Weinmannia pinnata* en la Región Madidi. (Fig. 35)

Las zonas de adecuación potencial para *Weinmannia pinnata* representada de tonalidad amarilla en la **Figura 35 (A)** comprende 3989 Km² (12,3%) **Figura 35 (F)** presentes en Pelechuco, Curva, Charazani y una proporción al oeste y sureste de Apolo incluyendo según (Ibishi & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos y una pequeña porción de Puna Norteña y Bosques Secos Interandinos entre los 1500 – 5000 m.s.n.m. Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 35 (B)** muestra que el 10,4% **Figura 35 (F)** son áreas de bajo impacto conservando su distribución sobre los municipios mencionados. El remanente 2% **Figura 35 (F)** son áreas de alto impacto esta variación negativa del área de distribución se registra sobre el municipio de Apolo y el suroeste de Pelechuco, Curva y Charazani. Sin embargo el modelo prevé una expansión del 3,2% **Figura 35 (F)** hacia la zona más elevada de Pelechuco además de una extensión hacia el este de Charazani.

El escenario B2a 2020 **Figura 35 (C)** muestra que el 11,7% **Figura 35 (F)** son áreas de bajo impacto, de tal forma que la variación en el área de distribución es mínima aproximadamente el 0,6% **Figura 35 (F)** serán áreas de alto impacto coincidiendo con el escenario A2a que esta se registrara sobre el municipio de Apolo y la parte central de Pelechuco. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación el modelo prevé un expansión del 7,3% **Figura 35 (F)** sobre Pelechuco, Curva y Charazani y en menor medida hacia el sur de la parte central de Apolo.

El escenario A2a 2050 **Figura 35 (D)** muestra poca variación en el área de distribución. Aproximadamente el 11,4% **Figura 35 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto, manteniendo estable su distribución por los municipios, mencionados. El remanente 0,9% **Figura 35 (F)** está relacionada a sitios de alto impacto esta retracción del área de distribución ocurrirá sobre Apolo y la parte central de Pelechuco en dirección suroeste. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación el modelo muestra de manera similar que la expansión se dará en la parte central de Pelechuco, Curva y Charazani.

Por su parte el escenario B2a 2050 **Figura 35 (E)** indica que aproximadamente el 10% **Figura 35 (F)** corresponde a zonas de bajo impacto. El remanente 2,4% **Figura 35 (F)** se relaciona a sitios de bajo impacto limitando su distribución en Apolo y el suroeste de Pelechuco además del este de Charazani. Con respecto a las nuevas áreas de adecuación el escenario indica una mínima expansión sobre la parte central de Pelechuco y Curva.

32. Distribución potencial actual y futura de *Weinmannia sorbifolia* en la Región Madidi. (Fig. 36)

La **Figura 36 (A)** representa la distribución potencial actual de *Weinmannia sorbifolia* en la región Madidi. La tonalidad en amarillo con un área aproximada de 8769 Km² (27%) **Figura 36 (F)** indica la adecuación potencial de las zonas para el desarrollo de esta especie ocupando el municipio de Mapiiri, Charazani, Curva, Pelechuco, Apolo prolongándose en menor medida al sur de Polos Blancos. Incluyendo según (Ibish & Merida 2003) Yungas, Bosques Secos Interandinos y una parte de la Puna Norteña entre 1000 – 4300 m.s.n.m.

Fuera de estos rangos y representados de color blanco están las zonas en las cuales las condiciones climáticas limitarían el crecimiento de la misma.

El escenario A2a 2020 **Figura 36 (B)** indica que aproximadamente el 24% **Figura 36 (F)** representa a sitios de bajo impacto con respecto al área de distribución actual. El remanente 3% **Figura 36 (F)** corresponde a zonas de alto impacto limitando su distribución hacia el norte de Apolo y la intersección de este con Ixiamas en los 2000 m.s.n.m., además de la zona más elevada de Charazani, Curva y Pelechuco por encima de los 3800 m.s.n.m. En contraste a esta pérdida de áreas el modelo prevé una expansión del 1,2% **Figura 36 (F)** estas nuevas áreas de adecuación se sitúan al norte de Ixiamas sobre los 200 m.s.n.m. cerca al límite departamental con Pando y el sureste de Apolo y Palos Blancos en los 1000 m.s.n.m.

El escenario B2a 2020 **Figura 36 (C)** muestra una mayor variación con respecto al área de distribución actual aproximadamente el 6% **Figura 36 (F)** corresponde a sitios de alto impacto situadas en gran medida en Mapiri y la zona más elevada de los municipios de Charazani, Curva y Pelechuco por encima de los 3500 m.s.n.m., incluyendo la intersección municipal Ixiamas Apolo y la prolongación al sureste de Palos Blancos. En contraste a la retracción del área de ocupación el remanente 21% **Figura 36 (F)** se relaciona a zonas de bajo impacto manteniendo su distribución en los municipios mencionados esto en relación al área de distribución actual. La adecuación de nuevas áreas es muy reducida situándose en la parte central de Apolo.

El escenario A2a 2050 **Figura 36 (D)** muestra una pequeña variación del área de distribución el 26% **Figura 36 (F)** son áreas de bajo impacto manteniendo su distribución por los municipios mencionados en comparación al área de distribución actual. La retracción del área de distribución es del 1% **Figura 36 (F)** afectando el norte de Apolo y la intersección de este con Iximas además del sureste de Palos Blancos. Sin embargo el modelo explica una expansión del 1,7% **Figura 36 (F)** estas nuevas reas de adecuación ocuparan la zona más elevada de Chrazani, Curva y Pelechuco incluyendo pequeñas proporciones de la pare central y sureste de Apolo.

Por su parte el escenario B2a 2050 **Figura 36 (E)** indica que aproximadamente el 25% **Figura 36 (F)** son áreas de bajo impacto manteniendo estable su distribución por los municipios mencionados. El remanente 2% **Figura 36 (F)** son áreas de alto impacto esta retracción ocurrirá en gran medida sobre el norte de Apolo y la intersección de este con Ixiamas y en menor medida la zona más elevada de Charazani, Curva y Pelehuco incluyendo la pequeña proporción al sureste de Palos Blancos. Con respecto a la adecuación de nuevas áreas para la especie el modelo prevé una pequeña expansión al sureste de Apolo.

