



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Trabajo Final de Graduación

**Efecto de los cambios climático-ambientales del
Antropoceno en la distribución de tres especies forestales
no maderables del Chaco Semiárido**

Autor: Joaquin Ortiz

Directora: Viviana Griselda Solís Neffa

Co-directora: Gisela Mariel Via Do Pico

**Instituto de Botánica del Nordeste (UNNE-CONICET), Laboratorio de
Citogenética y Evolución Vegetal**

Año: 2022

Agradecimientos

Fueron años de muchísimo trabajo, sacrificio y esfuerzo para poder estar hoy acá, para poder ver que, después de tanto tiempo, lo que uno sembró al fin tiene una cosecha, para poder estar recibíendome y siguiendo lo que siempre me apasionó que es la investigación. Todo esto, sin embargo, no lo hice solo, de hecho, hacerlo solo hubiera sido imposible.

Tener un título es un honor grandísimo y cada vez que pienso en eso, pienso en mi mamá y en mi familia, apoyo vital para que todo esto este pasando, de no ser por la gente que banca desde atrás no sería posible todo esto.

También pienso en Sofía, Mauri y Guada que estuvieron conmigo durante 5 años aguantándome y me ayudaron un montón, no solo en la facultad, sino también en la vida, se encargaron de transformarla, también Tomás, Guille y Camila que entre todos hicieron de la facultad un lugar menos hostil desde el minuto 0, que nunca encontré personas más apasionadas por esto que ellos 6 y son aquellos que hacen mi vida un poco más fácil.

Gracias a la universidad pública y a todos los profesores, en especial a la profe Viviana y a Gise, que en todo este tiempo me tendieron una mano, que me soportaron mis tantos mensajes y ansiedades y que por sobre todo me guiaron y me dieron miles de oportunidades, sin todo eso nada de esto habría sucedido.

Gracias a todos mis amigos, que conozco desde los 6 años y que siempre estuvieron incondicionales, que de la vida sin ellos recuerdo poco y nada y que ya no conozco lo que es que no estén. Son un momento de calma entre la cantidad de cosas que siempre están pasando.

Es verdad que la carrera la hace uno, pero sería imposible sin la abuela que reza, los padres y amigos que bancan o los compañeros de estudio que siempre están en la misma que vos y que acompañan la ansiedad antes de rendir y te dejan un mensaje con todos sus ánimos para poder sacar ese final. Y con este pequeño homenaje a todos ustedes les dedico mi título, que no es más que una oportunidad para decirles lo que fueron y siguen siendo para mí, para asegurarles que su esfuerzo, su obra y su cariño generoso que pusieron en mi sigue acá, que a pesar de los años, nunca les voy a dejar de estar agradecido.

Índice General

Resumen	7
Introducción	8
Objetivos Generales y Particulares.....	12
Hipótesis del Trabajo	12
Materiales y Métodos	13
Especies estudiadas.....	13
Área de Estudio.....	16
Modelado de Nicho Ecológico (MNE).....	18
Datos de ocurrencia.....	19
Delimitación del área M	19
Datos ambientales	20
Modelado de nicho ecológico del presente	22
Evaluación de los modelos	22
Modelado bajo escenarios de cambio climático	23
Uso y cobertura del suelo	23
Zonas y áreas protegidas.....	25
Resultados.....	27
Distribución actual.....	27
Escenarios futuros	33
Conservación.....	63
Discusión.....	67
Distribución actual.....	67
Escenarios futuros	68
Conservación.....	69
Conclusión.....	71
Bibliografía	72
Anexo	77

Índice de Tablas

Tabla 1. . Superficie del área modelada (Área M) de las 3 especies estudiadas.....	19
Tabla 2. Variables climáticas y edáficas no correlacionadas utilizadas para la construcción de los modelos de nicho ecológico de las especies estudiadas	21
Tabla 3. Clasificación de las clases de uso y cobertura de suelo	24
Tabla 4. Métricas de validación y umbral de corte.....	27
Tabla 5. Métricas de validación y umbral de corte para modelos con suelo	28
Tabla 6. Número de áreas protegidas (APs) y superficie	64

Índice de Figuras

Figura 1. Especies estudiadas	16
Figura 2. Mapa topográfico del Gran Chaco Americano	18
Figura 3. Puntos de ocurrencia y área modelada (área M)	26
Figura 4. Modelo de nicho ecológico de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) en el presente	30
Figura 5. Modelado de nicho ecológico de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) en el presente	31
Figura 6. Modelado de nicho ecológico de <i>S. mistol</i> (Griseb.) en el presente	32
Figura 7. Distribución potencial de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) en el futuro según el MCG MIROC6, escenario SSP1-2.6.....	34
Figura 8. Distribución potencial de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) en el futuro según MCG MIROC6, escenario SSP5-8.5.....	35
Figura 9. Distribución potencial de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP1-2.6.....	36
Figura 10. Distribución potencial de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP5-8.5.....	37
Figura 11. Superficie (km ²) del area de distribución predicha de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.). <i>praecox</i> en los distintos escenarios presentes y futuros.....	38
Figura 12. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP1-2.6	39

Figura 13. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP5-8.5	40
Figura 14. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP1-2.6	41
Figura 15. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>C. praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP5-8.5	42
Figura 16. Distribución potencial de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP1-2.6	44
Figura 17. Distribución potencial de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) en el futuro según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP5-8.5	45
Figura 18. Distribución potencial de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) en el futuro según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP1-2.6	46
Figura 19. Distribución potencial de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) en el futuro según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP5-8.5	47
Figura 20. Superficie (km ²) del area de distribución predicha de <i>G. decorticans</i> en los distintos escenarios presentes y futuros.....	48
Figura 21. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP1-2.6.....	49
Figura 22 Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP5-8.5.....	50
Figura 23. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP1-2.6.....	51
Figura 24. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>G. decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP5-8.5.....	52
Figura 25. Distribución potencial de <i>S. mistol</i> (Griseb.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP1-2.6.....	54
Figura 26. Distribución potencial de <i>S. mistol</i> (Griseb.) en el futuro según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP5-8.5	55
Figura 27. Distribución potencial de <i>S. mistol</i> (Griseb.) en el futuro según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP1-2.6.....	56
Figura 28. Distribución potencial de <i>S. mistol</i> (Griseb.) en el futuro según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP5-8.5.....	57
Figura 29. Superficie (km ²) del area de distribución predicha de <i>S. mistol</i> (Griseb.) en los distintos escenarios presentes y futuros.....	58

Figura 30. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>S. mistol</i> (Griseb.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP1-2.6	59
Figura 31. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>S. mistol</i> (Griseb.) según el modelo de circulación MIROC6 2,5m, escenario SSP5-8.5	60
Figura 32. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>S. mistol</i> (Griseb.) según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP1-2.6.....	61
Figura 33. Mapas de pérdida y ganancia de área de <i>S. mistol</i> (Griseb.) según el modelo de circulación MRI-ESM2-0 2,5m, escenario SSP5-8.5.....	62
Figura 34. Proporción del área de distribución potencial de las especies estudiadas que se encuentra en áreas protegidas y desprotegidas	65
Figura 35. Porcentaje de las áreas protegidas de cada país comprendida en las áreas predichas de las especies estudiadas	66

Índice del Anexo

Tabla 1. Puntos de ocurrencia utilizados para realizar los modelados	77
Figura 1. Mapa de uso cobertura de suelo dividido en 10 clases.....	84
Tabla 2. Contribución de las variables bioclimáticas y edáficas a los modelos del presente	85
Tabla 3. Variables bioclimáticas seleccionadas y porcentaje de contribución de cada una de ellas a los modelos (presente y futuros)	86
Tabla 4. Métricas de validación (AUC y ROC parcial) y umbral de corte para las tres especies estudiadas, tanto para el presente como para los modelos proyectados a futuro	87
Tabla 5. Superficie del área de probabilidad de ocurrencia de las especies estudiadas en los diferentes modelos predichos del presente y futuros.....	88
Figura 2. Mapas modelados del presente con uso de suelo (LC: Land Cover) y cobertura de suelo (LU: Land Use)	89
Tabla 6. Areas protegidas, categorías según UICN, país en el que se encuentran y superficie de las mismas que se encuentran en el área predicha de las especies estudiadas.....	91

Resumen

El Gran Chaco Americano (GC) contiene los bosques más extensos del continente después del Amazonas. Posee gran valor ecosistémico ya que sus bosques contribuyen a la mitigación y adaptación al cambio climático y la regulación hídrica. Por otro lado, presenta numerosas especies forestales maderables y no maderables que constituyen una fuente de importantes insumos, dando sustento a la vida de las comunidades locales y al desarrollo económico. Actualmente, el GC es una de las regiones más amenazadas de Argentina, por lo cual resulta prioritario desarrollar programas de conservación y uso sustentable que permitan la continuidad a largo plazo de los procesos que generan y mantienen la biodiversidad del GC.

El objetivo de este Trabajo Final de Graduación fue contribuir a la comprensión del efecto de los cambios climático-ambientales del Antropoceno sobre los patrones de distribución de *Cercidium praecox* (Ruiz & Pav. ex Hook. & Arn.) Harms (Fabaceae) “brea”, *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart (Fabaceae) “chañar” y *Sarcomphalus mistol* (Griseb.) Hauenschild (Rhamnaceae) “mistol”, tres especies forestales no maderables del Chaco Semiárido, mediante el modelado de distribución potencial (actual y futuro) y en base a estas predicciones orientar estrategias de conservación de estas especies.

Se llevó a cabo el modelado de nicho ecológico (MNE) actual y futuro de las tres especies utilizando variables climáticas y edáficas. Para obtener una estimación más realista del área de distribución de las especies se utilizó información sobre el uso y cobertura del suelo. Finalmente, las distribuciones predichas (actuales y futuras) se superpusieron a la red actual de áreas protegidas para identificar las zonas susceptibles y estimar los efectos del cambio climático en las áreas protegidas.

Los resultados permitieron evaluar el impacto del cambio ambiental sobre la distribución de las especies. El área de mayor probabilidad de ocurrencia de *C. praecox*, *G. decorticans* y *S. mistol* se encuentra en el Gran Chaco, principalmente en el Chaco boliviano y paraguayo. Tanto las condiciones climáticas, como el efecto del cambio de uso y de la cobertura del suelo afectaron la distribución potencial de las especies aunque, en general, el efecto de las condiciones climáticas y del cambio de uso de suelo tuvieron un impacto mayor. Los modelos futuros mostraron que, en general, las áreas de ocurrencia de las especies se mantienen estables, a excepción de *C. praecox* que muestra una clara tendencia de aumento. Asimismo, en las tres especies se aprecia una tendencia al desplazamiento hacia el sur de los óptimos climáticos y a una pérdida de superficie hacia el noreste. Los datos generados son de gran importancia para la conservación de las especies ya que permitieron identificar áreas donde la probabilidad de ocurrencia de las tres especies es muy alta y que, además, permanecieron estables aún en los modelos futuros más pesimistas, por lo que deberían ser consideradas para establecer nuevos espacios naturales protegidos o ampliando los límites de los ya existentes.

Introducción

Los bosques nativos sostienen una proporción sustancial de la diversidad biológica y las especies terrestres del planeta. La diversidad biológica hace posible que un ecosistema pueda responder a influencias externas, recuperarse tras una alteración y mantener los procesos ecológicos esenciales (Proceso de Montreal, 2003). Además, los bosques nativos son fuente de recursos económicos y proveedores de servicios ambientales indispensables para el mantenimiento de la biodiversidad y la regulación del clima a escala regional y global (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; IPCC, 2007).

Por lo tanto, prevenir la pérdida de la biodiversidad y mitigar el efecto del cambio climático sobre la conservación de la biodiversidad constituyen unos de los imperativos más urgentes del siglo XXI. En este sentido, numerosos documentos internacionales suscriptos por Argentina establecen las obligaciones y principios básicos que los países deben adoptar para alcanzar un desarrollo sostenible. Entre ellos, los aprobados en las cumbres de Estocolmo y Río, y tratados ambientales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica, en particular, el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, con sus Metas de Aichi para la Diversidad Biológica. Salvaguardar los ecosistemas, las especies y la diversidad genética es un objetivo en común de dichos instrumentos (Río, 1992; Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011-2020). Asimismo, el concepto de criterios e indicadores (C+I) captó la atención internacional como una herramienta para guiar el monitoreo, la evaluación y la preparación de informes, así como para mejorar las políticas y prácticas agro-forestales a escala nacional y mundial. De todas las iniciativas, los signatarios del Proceso de Montreal (PM) declararon el compromiso con la conservación y el manejo sostenible de sus bosques, y respaldaron el uso de C+I como referencia para el manejo forestal sostenible. El criterio I, la Conservación de la Diversidad Biológica, sugiere aportar datos sobre los efectos de la distribución de las especies y el efecto de la fragmentación, incluyendo pérdida de especies, diversidad genética y degradación de hábitats, así como sobre la respuesta de especies indicadoras, pioneras u otras relevantes como indicadores del estado de la fragmentación de bosques y de la diversidad genética (Proceso de Montreal, 2003; Ministerio de Agricultura y Pesca, 2015).

El Gran Chaco Americano (GC) contiene los bosques más extensos del continente después del Amazonas (TNC, 2005; Naumann, 2006; Brown et al., 2006; Matteucci & Camino, 2012). Es una gran planicie que se extiende por las zonas tropicales y subtropicales de Argentina, Paraguay, Bolivia y una pequeña porción de Brasil. El 60% de su superficie se encuentra en Argentina (Gran Chaco Argentino, GCA). Su gran extensión genera dos importantes gradientes climáticos: en sentido E-O disminuyen las precipitaciones mientras que en sentido N-S, decrecen las temperaturas. Asociado a los cambios de clima y a las condiciones edáficas, la vegetación varía desde bosques xerófitos en el NO a bosques semidecíduos y sabanas y pastizales en el SE (Morello & Adamoli, 1974; Iriondo, 1992; Biani et al., 2004; Gorleri, 2005; Matteucci & Camino, 2012). La región incluye cuatro provincias fitogeográficas y seis ecorregiones, siendo el Chaco Semiárido, la ecorregión más característica del GCA donde el bosque alcanza su mayor expresión en extensión, continuidad espacial y en la presencia de especies típicas de la región chaqueña (Naumann, 2006). Además de su interés biogeográfico, el GC también posee gran valor ecosistémico ya que sus bosques contribuyen a la mitigación y adaptación al cambio climático y la regulación hídrica. También presenta numerosas especies forestales maderables y no maderables que constituyen una fuente de importantes insumos, dando sustento a la vida de las comunidades locales, la

seguridad alimentaria y el desarrollo económico (Gimenez & Moglia, 2003; Ledesma et al., 2017). Todo esto se traduce en una alta diversidad biológica y cultural que hace del GC una de las regiones de mayor importancia socio-ambiental de Sudamérica y un área clave para la conservación de la biodiversidad.

A principios del siglo XX la Argentina tenía más del 30% de su superficie ocupada por bosques nativos. Sin embargo, esta superficie se redujo en un 66%, debido a la degradación y pérdida sostenida de su patrimonio natural, a causa del uso extractivo y no planificado de sus recursos naturales y la creciente expansión de la frontera agrícola. A la explotación desmedida de los recursos madereros, se agregan el avance de una ganadería no sustentable, la expansión de la frontera agrícola y el cambio en el uso/cobertura del suelo. Estas actividades impactan conjuntamente con el cambio climático actual, con implicancias de alta complejidad ambiental y con pasivos ambientales costosos para la sociedad en general (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2007; Zak et al., 2008). La velocidad con la que ocurren estos cambios, genera una pérdida importante de biodiversidad y ponen en riesgo la continuidad de los procesos que la generan y mantienen.

Actualmente, el GCA es una de las regiones más amenazadas del país, siendo los bosques los ambientes más comprometidos (Herrera & Martinez Ortiz, 2005; Brown et al., 2006, 2012). La Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Honorable Cámara de Diputados de la Nación, 2007), contempla la consolidación y el manejo efectivo de áreas prioritarias de conservación. Sin embargo, la superficie de áreas protegidas actualmente, corresponden a un porcentaje muy por debajo de los sugeridos (17%) en línea con la Meta 11 de Aichi (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011-2020; Kuemmerle et al., 2017), mientras que las restantes áreas naturales se encuentran altamente amenazadas. Por lo tanto, resulta prioritario disminuir la presión sobre los bosques remanentes, restaurar ambientes degradados y reforestar con especies nativas así como, desarrollar programas de conservación y uso sustentable que permitan la continuidad de los procesos que generan y mantienen la biodiversidad del GC, a fin de sostener a largo plazo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos y, en consecuencia, el sustento para llevar a cabo programas productivos así como evitar impactos socio-ambientales negativos (Eriksson et al., 1993; Noss, 2001; Hamrick, 2004).

Por este motivo, para la realización de planes de manejo sostenible en bosques de mediano o bajo valor de conservación, se establecieron los lineamientos generales y contenidos mínimos para asegurar la persistencia y las funciones ecológicas del bosque para lo cual dichas prácticas deben ser acordes a la capacidad del bosque de mantener su estabilidad y no le hagan perder su capacidad de resiliencia. En este contexto, las provincias realizaron el ordenamiento territorial de sus bosques nativos estableciendo las siguientes categorías: I - Rojo (áreas protegidas de muy alto valor de la conservación que no deben transformarse, comprendiendo áreas que por sus ubicaciones relativas a reservas, su valor de conectividad, la presencia de valores biológicos sobresalientes y/o la protección de cuencas que ejercen, ameritan su persistencia como bosque a perpetuidad), II - Amarillo (bosques de mediano valor de conservación, que no deben transformarse y, que aún degradados, con la implementación de actividades de restauración pueden tener un alto valor de conservación) y III - Verde (se permite el desmonte parcial para el desarrollo agropecuario). Entre las actividades contempladas en la elaboración de planes de manejo para los bosques chaqueños se encuentra el aprovechamiento forestal con manejo silvopastoril (SSP). Sin embargo, los SSP en la región no aseguran el mantenimiento de la capacidad del bosque de

generar productos y servicios a perpetuidad, ya que se prioriza la producción ganadera, produciendo una drástica reducción de los bosques. El uso de la madera, y con ello el manejo del bosque restante, tiene poca o ninguna importancia (Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia del Chaco). Los SSP se caracterizan por una alta fragmentación del paisaje, pérdida de hábitat de fauna nativa y la exposición de los suelos a erosión hídrica y eólica. Los SSP también incluyen la implantación de pasturas exóticas, desconociendo las potenciales consecuencias sobre los procesos ecológicos y la biodiversidad de los bosques nativos (Manghi et al., 2013). Además, el desmonte y siembra de pastura está prohibido en los bosques del país categorizados como de alto y medio valor de conservación. Por lo tanto, no es una opción de uso del suelo legal para sostener el desarrollo ganadero en estos bosques. Como una alternativa de desarrollo sustentable, el Plan Nacional de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) propone incluir la conservación del bosque y el manejo ganadero en una misma matriz productiva, posibilitando la integración de todos los componentes y aprovechando los beneficios que cada uno aporta al sistema. El MBGI apunta a la producción rentable de carne y productos maderables y no maderables, en un marco de sustentabilidad ambiental y socioeconómica. Para ello, es necesario el monitoreo de ciertas variables ambientales y socio-productivas a diferentes escalas espaciales (predial, de paisaje y regional) y temporales que permitan evaluar el impacto de las intervenciones realizadas sobre los principales procesos naturales en el estado de conservación de los bosques y en la calidad de vida de la población asociada a ellos, a fin de tomar medidas para garantizar la sustentabilidad de los bosques (Carranza et al., 2019).

Las actividades humanas y los procesos naturales pueden tener un impacto en la diversidad biológica al alterar o fragmentar los hábitats o reducir la población o el rango de distribución de las especies, a fin de sustentar la funcionalidad y la productividad de los bosques, es preciso conservar la diversidad de especies, sus hábitats y ecosistemas. En este contexto, el conocimiento de los patrones de distribución de especies forestales (maderables y no maderables) resulta relevante para hacer predicciones ante escenarios de cambio climático o disturbios antropogénicos, y en base a estas predicciones orientar estrategias de conservación y uso sustentable que contemplen los procesos que generan y mantienen la biodiversidad regional y que reduzcan su vulnerabilidad al cambio climático. En este sentido, los análisis de distribución basados en el modelado de nicho ecológico permiten describir la influencia de las condiciones ambientales actuales en la distribución de las especies (Elith et al., 2006; Pearson et al., 2007; Wiens & Graham, 2005) y, a partir de estos modelos, realizar predicciones sobre cómo se verá afectada la distribución de dichas especies ante futuros escenarios de cambio ambiental. Conocer si las áreas en las predicciones a futuro se encuentran dentro de sistemas de protección de organismos nacionales (por ejemplo, Parques Nacionales y Provinciales) es vital para poder protegerlas a futuro. Por otro lado, pueden surgir nuevas áreas que deberían ser consideradas para enmarcarlas dentro de áreas protegidas.

En el Chaco Semiárido los suelos y la vegetación se distribuyen a lo largo de una toposecuencia desde sitios altos con vegetación de bosque hasta sitios bajos con una vegetación de sabanas, con dominancia de pastizales, atravesando ecotonos o sitios de transición. En la mayoría de las situaciones, los sitios se encuentran dominados por leñosas arbustivas. Esta diversidad de especies permite alcanzar distintos objetivos: proveer forraje para el ganado, hábitat para la fauna, aprovechamiento forestal, recreación, etc (Morello et al., 2012). A pesar del valor de dichas especies, la información disponible acerca de los

patrones de distribución que permitan comprender la respuesta de las poblaciones a los procesos actuales de cambio en el paisaje es aún escasa o inexistente.

El Gran Chaco presenta numerosas especies nativas de uso maderero y también una gran diversidad de especies no maderables que son representativas de la región y son componentes estructurales clave de estos ecosistemas. Todos los bienes de origen biológico distintos de la madera, la leña y el carbón vegetal y los servicios brindados por los bosques, otras áreas forestales y los árboles fuera de los bosques, son considerados productos forestales no maderables (PFNM). Se reconoce que los PFNM son importantes para el bienestar de muchas comunidades rurales y contribuyen a los procesos de conservación de los bosques tropicales (López Camacho, 2008). Si bien el aprovechamiento de los productos del bosque es una actividad desarrollada hace miles de años (Godoy & Bawa, 1993), el interés por los PFNM es reciente (FAO 1991) y ha girado en torno a la búsqueda de opciones para el alivio de la pobreza y la conservación del ambiente (Redford & Sanderson, 2000; Arnold & Ruiz-Pérez, 2001), a través de estrategias de diversificación de las distintas actividades productivas que mejoren los ingresos de las comunidades locales, provean seguridad alimentaria y ayuden a la conservación de la diversidad biológica y cultural (De la Peña & Illsley, 2001). El potencial aprovechamiento que hoy presentan los PFNM puede ocasionar su sobreexplotación, y por lo tanto provocar una disminución de las poblaciones nativas con fuertes implicaciones ecológicas y económicas.

Cercidium praecox (Ruiz & Pav. ex Hook. & Arn.) Harms (Fabaceae) “brea”, *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart (Fabaceae) “chañar” y *Sarcomphalus mistol* (Griseb.) Hauenschild (Rhamnaceae) “mistol”, son tres especies forestales no maderables representativas del Gran Chaco, y en particular del Chaco Semiárido. Las tres especies tienen múltiples usos, siendo utilizadas tradicionalmente con fines alimenticios, medicinales e industriales (Cerino et al., 2015; Razavi, 2019; Franco & Camps, 2020), además de prestar servicios ecosistémicos (Cardozo et al., 2011).

Sobre la base de estos antecedentes, el objetivo de este Trabajo Final de Graduación fue contribuir a la comprensión del efecto de los cambios climático-ambientales del Antropoceno (época geológica propuesta por una parte de la comunidad científica para reemplazar al Holoceno, la época actual del período Cuaternario, denominada de esta forma debido al significativo impacto global que las actividades humanas (como la urbanización, la utilización de combustibles fósiles, la devastación de bosques, la demanda de agua o la explotación de recursos marítimos) ejercen sobre los patrones de distribución de *Cercidium praecox*, *Geoffroea decorticans* y *Sarcomphalus mistol* mediante el modelado de distribución potencial (actual y futuro) y en base a estas predicciones orientar estrategias de conservación de estas especies.

Objetivos general y particulares

Objetivo general:

- Contribuir a la comprensión del efecto de los cambios climático-ambientales sobre los patrones actuales de distribución de especies forestales no maderables del Chaco Semiárido, a fin de hacer predicciones ante escenarios futuros de cambio ambiental, y en base a estas predicciones orientar estrategias de conservación.

Objetivos Particulares:

- 1) Modelar la distribución potencial actual de *Cercidium praecox*, *Geoffroea decorticans* y *Sarcomphalus mistol*.
- 2) Inferir a partir de las condiciones ambientales actuales cómo futuros escenarios de cambio ambiental pueden afectar los patrones de distribución de las especies seleccionadas.
- 3) Identificar áreas prioritarias para la conservación de estas especies en el Chaco Semiárido.

Hipótesis de trabajo

H1) La existencia de gradientes de temperatura y humedad, las diferencias en la estacionalidad, así como las características topográficas y edáficas influyen en la distribución de las especies estudiadas.

H2) El uso del suelo en combinación con el cambio climático impactará en la distribución futura de dichas especies.

H3) Las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia de las especies en el futuro no se encuentran dentro de las áreas protegidas actuales, debiéndose considerar nuevas áreas a ser protegidas.

Materiales y Métodos

Especies estudiadas:

Cercidium praecox (“brea”, “chañar brea” o “palo verde”, Fig. 1 A y B) (LC, (UICN, 2021)). Es un arbusto o árbol pequeño caducifolio inercial de hasta 8 m de altura (Montana et al., 1997). Crece en las regiones semiáridas de Argentina (Bertuzzi et al., 2012) y, en general, en regiones áridas y semiáridas del continente americano, creciendo desde el sur de Estados Unidos de América hasta el norte de la Patagonia. La brea presenta hojas pequeñas y compuestas de segundo orden que se desarrollan tras las primeras lluvias y se desprenden poco después, por ello depende de un tallo fotosintético muy ramificado desde la base con espinas caulinares solitarias de hasta 2 cm de longitud en cada nudo. Es una especie freatófita con un sistema radicular dimórfico; un conjunto es de raíces superficiales finas y densas que se extienden desde la superficie hasta 2 m, mientras que el otro es un conjunto de raíces profundas y gruesas que llegan hacia abajo de 8 a 12 m, en su búsqueda de la capa freática. Sus flores son amarillas de 1-2 cm dispuestas en racimos. Los frutos son vainas dehiscentes de color castaño, con 2 a 5 semillas. La floración y fructificación ocurre durante la estación seca al perder las hojas, con un pico durante los meses más calurosos (abril-mayo) (Perroni-Ventura et al., 2006). Las flores aparecen en primavera y verano (enero a mayo), y el árbol fructifica a finales de verano y principios de otoño (febrero a abril) (Razavi, 2019). La corteza es lisa, de textura granulosa al tacto y color verde claro. La multiplicación de esta especie se realiza por semilla. El período reproductivo de cada planta se estima en 20 a 25 años, ya que en general no viven más de 30 o 35 años. Dada su característica de crecer y colonizar ambientes con suelos pobres o degradados, es una especie pionera frecuente de zonas cálidas, que contribuye a la restauración de los entornos (Razavi, 2019).

La madera de brea se descompone rápidamente, por lo que no tiene uso maderero o como carbón. Sin embargo, la planta produce un exudado gomoso soluble en agua, de forma natural o a través de heridas e incisiones en la corteza de su tronco o ramas principales (Razavi, 2019). Este exudado tiene características similares a la goma arábiga, teniendo aplicaciones como espesante en productos alimenticios, farmacéuticos y adhesivos, entre otros usos. Como producto forestal no maderero, es una alternativa productiva sostenible para los habitantes de estas regiones, permitiendo la diversificación de la producción y un uso del medio ambiente por parte de las comunidades rurales vulnerables (Razavi, 2019). La goma brea fue incorporada al Código Alimentario Argentino en el año 2013, en el artículo N° 1398 del capítulo XVIII, inciso N.º 72.1, como espesante, estabilizante y emulsionante. Se trata de una especie con un potencial de desarrollo muy amplio, siendo considerada un producto forestal no maderero importante para las economías regionales del país (HCDN, 2013).

Geoffroea decorticans (“chañar” o “chañarcillo”, Fig. 1 C) (LC, (UICN, 2021)). Es una planta nativa de la región del Chaco, siendo una de las dos únicas especies nativas del género en Sudamérica (Franco & Camps, 2020). En Argentina está ampliamente distribuida desde Jujuy hasta el norte de la Patagonia (Silva et al., 2004), principalmente en las ecoregiones Chaco Húmedo y Semiárido, el Espinal, la Prepuna y las Yungas (Demaio et al., 2002). Fuera de Argentina, su distribución incluye regiones semiáridas del norte de Chile, el Chaco paraguayo, el sur de Perú, Bolivia y el sur de Uruguay (Díaz et

al., 2018), siendo un árbol pionero en la sucesión y de amplia tolerancia al frío y la sequía (Franco & Camps, 2020).

Es un árbol pequeño a mediano que ronda entre los 3 a 10 m de altura, presenta un tronco de 30-35 cm de diámetro con una corteza verdosa y caediza en placas longitudinales, y en los árboles adultos cambia a una corteza rugosa y persistente. Las ramas son glabras y algunas son espinescientes. Sus hojas son alternas o fasciculadas, compuestas, pinnadas, con pecíolo y raquis glabros o algo pubescentes, compuestas de 3-9 folíolos subcoriáceos, sésiles o subsésiles, oblongos a elípticos-oblongos. Las flores son amarilla-anaranjadas, con estrías rojizas y se agrupan en racimos corimbosos fasciculados. El fruto es una drupa globosa, ovoide, rojiza, glabra, de 2-2,5 mm de diámetro, con 1-2 semillas fusiformes. Florece en septiembre y fructifica desde noviembre hasta abril (Silva et al., 2004).

El chañar tiene múltiples usos, presentando no solo un alto valor por sus propiedades alimenticias, sino también por aquellas medicinales e industriales, considerándose así un cultivo valioso, adaptado a condiciones de tierras áridas. Sus frutos presentan un elevado valor nutricional, consumiéndose frescos y/o secos, además se utiliza para la elaboración de harinas, arrope (un extracto dulce parecido a la miel) y bebidas alcohólicas (Franco & Camps, 2020). *Geoffroea decorticans* ha sido utilizada tradicionalmente con fines medicinales, usándose las flores, el fruto, la corteza y las hojas. El extracto acuoso de la fruta y el arrope poseen efectos antinociceptivos, antitusivos y expectorantes, así como propiedades antioxidantes (polifenoles bioactivos) contra las enfermedades asociadas al estrés oxidativo, los mediadores inflamatorios y el síndrome metabólico (Díaz et al., 2018). Su uso está indicado en bronquitis, tos rebelde y accesos asmáticos, siendo especialmente útil en forma de jarabe para el catarro de los fumadores. Presenta compuestos aislados como la naringenina, la quercetina, la apigenina y sus derivados (antiespasmódicos, antihistamínicos) (Silva et al., 2004). Estudios recientes revelaron el uso potencial de *G. decorticans* como materia prima para biodiésel y producción de pellets de biomasa (Díaz et al., 2018).

Sarcomphalus mistol ("mistol", Fig. 1 D) (LC, (UICN, 2021)). Es un árbol frutal ampliamente distribuido en Perú, Bolivia, Paraguay y Argentina. Habita típicamente en ambientes áridos de las regiones tropicales y subtropicales, aunque también son capaces de adaptarse a la sequía y al estrés salino de los bosques chaqueños (Cerino et al., 2015).

Es un gran arbusto o árbol melífero, caduco y espinoso de 4-15 m de altura, las ramas tienen espinas en pares y brotes cortos frondosos en los nudos (Maraghni et al., 2010). Sus hojas son de 2-6 cm de longitud, alternas, ampliamente elípticas u oblongas, más anchas en el centro, con tres nervios en la base: margen aserrado, crenado o entero (Cerino et al., 2015). Las inflorescencias son cimas umbeliformes axilares formadas por flores de color verde amarillento. Las flores son bisexuales, de 4-6 mm de diámetro, con cinco sépalos triangulares de 1,5-2 mm de longitud, cinco pétalos oblongo-espatulados de 1 mm de longitud y cinco estambres opuestos a los pétalos unidos en la base a un disco amarillento. El ovario tiene 2-3 cámaras, cada una con un solo óvulo, hundido en el disco y un estilo de 2 o 3 lóbulos. El ovario se desarrolla en un fruto drupáceo esférico de color marrón rojizo de aproximadamente 10-17 mm de diámetro con 1-3 semillas y una pulpa pegajosa y dulce. Se caracterizan, además, por la dicogamia protándrica sincrónica y la autoincompatibilidad (la autopolinización manual causa una fuerte depresión por endogamia) (Cerino et al., 2015).

La biología reproductiva depende de sus polinizadores para producir frutos y semillas. Sus polinizadores son insectos varios, entre ellos dípteros, himenópteros, coleópteros y lepidópteros. La floración tiene alta sincronía entre individuos, así como en la antesis floral entre inflorescencias dentro de los individuos. Las flores presentan una dicogamia intrafloral completa que impide totalmente la autopolinización autónoma, mientras que las fases sexuales se solapan dentro de la inflorescencia; por lo tanto, la geitonogamia puede producirse fácilmente (Cerino et al., 2015).

Sarcomphalus mistol representa un importante árbol frutal con valor alimenticio y medicinal y se cultiva comercialmente en regiones cálidas y áridas. Los frutos son tradicionalmente utilizados como forraje para el ganado y como alimento comestible. Actualmente, se obtienen en los mercados locales extraídos de poblaciones naturales, ya que no existen huertos comerciales de la especie (Cerino et al., 2015).

Muchas comunidades tradicionales del noroeste de Argentina utilizan la infusión o decocción de su corteza en el tratamiento de la caspa y la seborrea. Su corteza y raíces se utilizan como tintes y jabón, por la presencia de saponinas. Su fruto se ha utilizado durante mucho tiempo en la medicina popular. La infusión preparada con el fruto se toma contra el cólico biliar, la disentería, el “estómago frío” y el “empacho”, y como antitusivo y antídoto contra las picaduras de serpientes e insectos venenosos. El fruto también se tuesta y se muele para preparar “Café Mistol”, un preparado casero del que se dice que es bueno para enfermedades del sistema respiratorio, patologías cardíacas, hipertensión y diabetes, así también como energizante natural. Además, el fruto tiene un exquisito sabor y se aprovecha en otras preparaciones alimenticias. Además de estos usos tradicionales, el mistol también hace un a contribución significativa al medio ambiente al fijar el carbono y protegiendo los suelos y la biodiversidad (Cardozo et al., 2011).

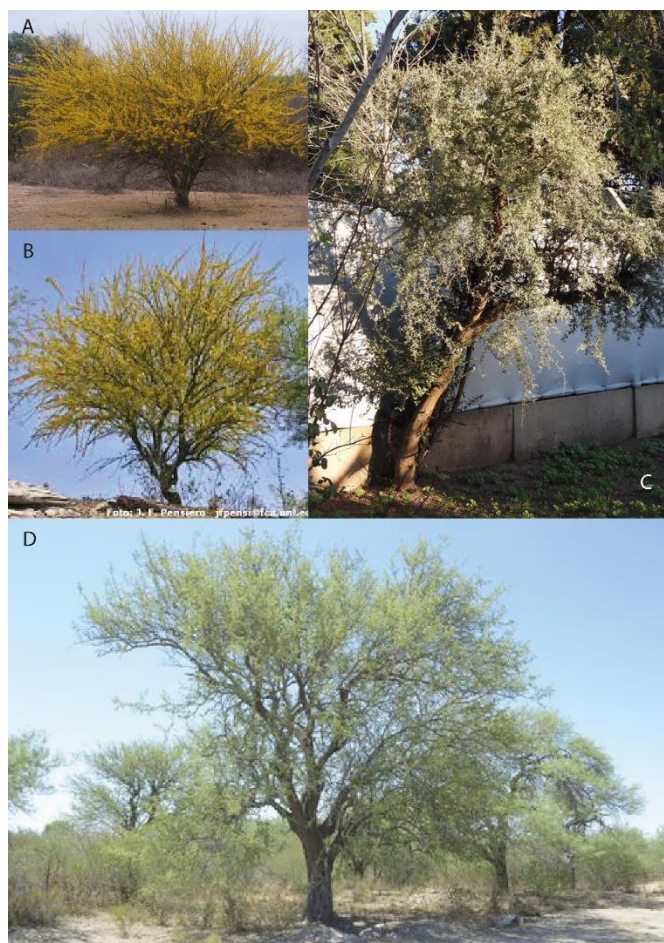


Figura 1. Especies estudiadas. A y B, *Cercidium praecox*. C, *Geoffroea decorticans*. D, *Sarcomphalus mistol*.

Área de estudio:

El Gran Chaco Americano (Fig. 2) representa una vasta región de alrededor de 1 millón de km², que contiene los bosques más extensos del continente después del Amazonas (TNC, 2005; Naumann, 2006; Brown et al., 2006; Matteucci & Camino, 2012). Es una gran planicie que se extiende por las zonas tropicales y subtropicales de Argentina, Paraguay, Bolivia y una pequeña porción de Brasil. El 60% de su superficie se encuentra en Argentina (Gran Chaco Argentino, GCA). Tiene un clima estacional semiárido, donde los veranos son cálidos y húmedos y los inviernos son secos y fríos. Presenta una temperatura media anual de 26 °C, precipitación media anual de 574 mm concentrada en la estación húmeda (Moro et al., 2021). Su gran extensión genera dos importantes gradientes climáticos: en sentido E-O disminuyen las precipitaciones mientras que en sentido N-S, decrecen las temperaturas. Asociado a los cambios de clima y a las condiciones edáficas, la vegetación varía desde bosques xerófitos en el NO a bosques semidecíduos y sabanas y pastizales en el SE (Morello & Adamoli, 1974; Iriondo, 1992; Biani et al., 2004; Gorleri, 2005; Matteucci & Camino, 2012). El Gran Chaco Americano incluye dos ecorregiones definidas fundamentalmente por las condiciones climáticas (Chaco Seco y Chaco Húmedo) y cuatro sub-regiones (Chaco Árido, Chaco Semiárido, Chaco Serrano y Chaco Húmedo) (Naumann, 2006).

El Chaco Semiárido es, en su mayor parte, una vasta llanura sedimentaria con escaso declive hacia el SE, modelada por la acción de los ríos que la atraviesan en sentido NO-SE, principalmente el Juramento-Salado, el Bermejo y el Pilcomayo. Sus altas cuencas se encuentran en la cordillera, desde donde transportan una gran cantidad de sedimentos. Predomina entre estos depósitos el loess, sedimento con abundante carbonato de calcio y escasa cantidad de arcilla, acumulado por el viento en períodos secos, alternando con limos y sedimentos aluviales depositados en épocas lluviosas luego de ser arrastrado por las aguas en los extensos llanos. Los sedimentos forman albardones a los costados del cauce o, frecuentemente, colmatan los cauces y dan origen a la divagación de los ríos sin formar valles profundos (Popolizio, 1970; Erize et al., 1993). Estas divagaciones forman con el tiempo verdaderos abanicos (o paleoabanicos) fluviales y paleocauces de suelos arenosos, que atraviesan la matriz boscosa característica de la región. Los paleocauces fueron, a finales del siglo XIX y comienzos del XX, las vías de acceso de los colonos ganaderos que se establecieron en la región. El clima se caracteriza por un déficit hídrico y un alto grado de continentalidad con importante amplitud térmica anual y escasa influencia de los vientos del Atlántico. El Chaco semiárido está incluido en el Polo de calor Sudamericano donde se presentan las máximas temperaturas absolutas del continente. Las precipitaciones varían entre los 500 y 700 mm anuales. Su gran extensión genera dos importantes gradientes climáticos: en sentido E-O disminuyen las precipitaciones y en sentido N-S, la temperatura.

El Chaco Semiárido es rico en especies xerófilas semicaducifolias, adaptadas a las importantes fluctuaciones de disponibilidad hídrica y a las variaciones térmicas (Cabrera, 1971, Cabrera & Willink, 1973, Morello et al., 2012). Los bosques de interfluvios son bosques densos de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl.) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl.) que se ubican en paleoalbardones e interfluvios. También se presentan bosques abiertos en zonas donde el relieve es plano o levemente cóncavo donde el quebracho blanco domina sobre el santiagueño, mientras que las depresiones son ocupadas por el guayacán y los algarrobos (*Prosopis* spp.). En el límite con el Chaco húmedo, estas especies coexisten con el quebracho colorado chaqueño, *S. balansae* Engl. (bosque de los Tres Quebrachos). En suelos deprimidos del centro y el oeste de la subregión aparece el Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorentz ex Griseb.). Integran el bosque árboles más bajos como *S. mistol* y varias especies de algarrobos (*Prosopis* spp.), acompañados por una gran variedad de arbustos. En los ríos Teuco y el interfluvio del Bermejito se forman selvas en galería. Los fachinales y arbustales con quimil constituyen una unidad de cobertura muy heterogénea, resultado de diversos usos sobre el bosque de interfluvio. En ellos se observa el suelo desnudo, árboles aislados, predominio de arbustos y abundancia de quimiles (*Opuntia quimilo* K. Schum.). Otro elemento muy importante del paisaje son los paleocauces, que están poblados por pastizales dominados por espartillo o aibe (*Elionurus* spp.) y arbustos cuando no hay influencia reciente de fuego. El fuego, frecuentemente de origen antrópico, es un elemento fundamental en el manejo y estabilización de estos sistemas y genera unidades fisonómicas de pastizal (pastizales por fuego), de dirección N-S, dada por una fuerte vinculación de los incendios forestales con la manifestación del viento norte. La composición específica de estos pastizales difiere de la de los paleocauces, ya que están dominados por especies del estrato arbustivo del quebrachal (*Trichloris* spp., *Gouinia* spp., *Setaria* spp.). El sobrepastoreo y las excesivas quemadas han disminuido la biomasa combustible, colaborando en el avance de especies leñosas sobre las comunidades de pastizal (Morello et al., 2012).

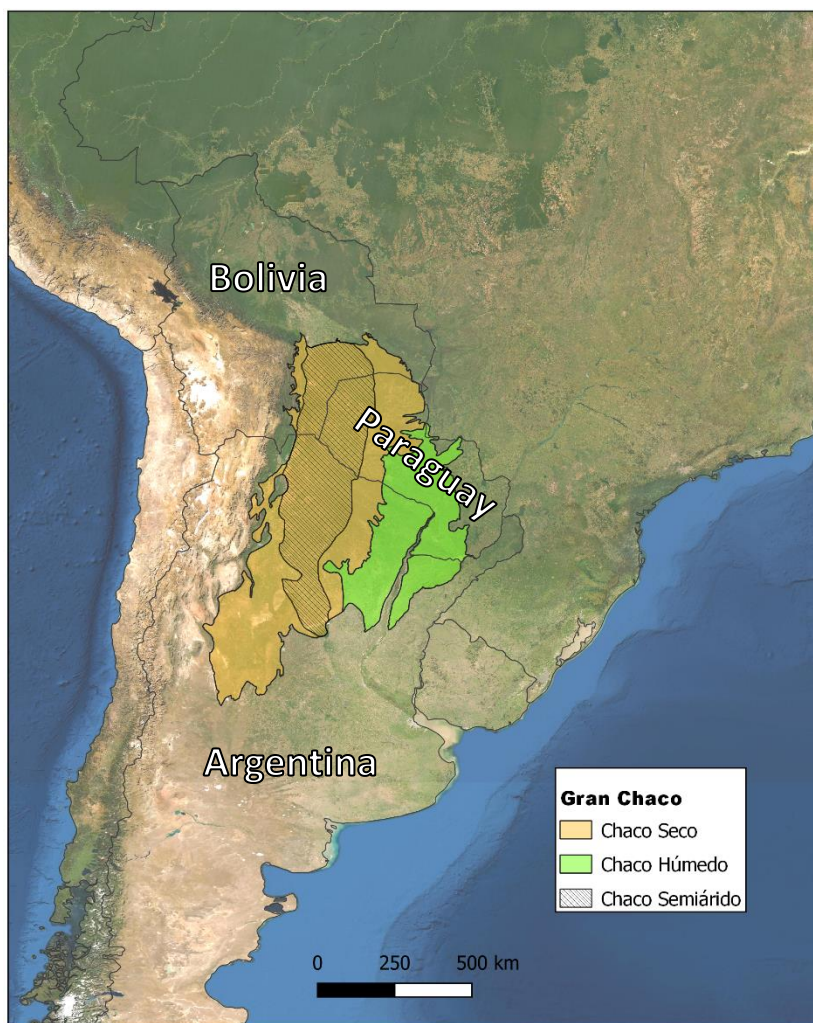


Figura 2. Mapa topográfico del Gran Chaco Americano.

Modelado de Nicho Ecológico (MNE):

Se llevó a cabo el modelado de nicho ecológico (MNE) actual y futuro para tres especies forestales no maderables de la región chaqueña (*G. decorticans*, *C. praecox* y *S. mistol*). Para el tiempo presente se llevaron a cabo dos MNE, uno con variables climáticas y edáficas, y otro con variables climáticas solamente. Este último modelado es el que se utilizó para la extrapolación a los escenarios climáticos futuros.

Con el fin de determinar el nicho más adecuado ocupado por cada especie en el presente y proyectarlo a múltiples escenarios climáticos futuros se realizó un análisis multivariado utilizando el enfoque de máxima entropía implementado en MaxEnt v3.4.4 (Phillips et al., 2006, 2017, www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/). MaxEnt es un algoritmo que estima la distribución de máxima entropía (es decir, la más cercana a la uniforme) de las especies sujeta a la restricción de que el valor esperado de cada función del ambiente bajo esta distribución estimada es igual al esperado de la función bajo la distribución empírica (Phillips et al., 2006). Para estimar las distribuciones potenciales se utilizan los registros de presencia de las especies en combinación con la distribución y el análisis de las

variables ambientales sobre el área de estudio para estimar una distribución de probabilidad para las especies.

Datos de ocurrencia:

Los datos de ocurrencia (coordenadas geográficas) de cada especie se obtuvieron de la base de datos Global Biodiversity Information Facility - GBIF (*Cercidium praecox*: Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.8pw2cx>; *Geoffroea decorticans*: Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.ajjema>; *Sarcomphalus mistol*: Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.knnqks>). Utilizando la plataforma Wallace en R (Kass et al., 2017) se realizó un adelgazamiento espacial de los registros de ocurrencia, eliminando los puntos duplicados y aquellos con una distancia de separación menor a 30 km en *G. decorticans* y 10 km en *C. praecox* y *S. mistol*. Esto ayudó a evitar la sobreestimación de los modelos por el efecto de la autocorrelación espacial (Peterson & Nakazawa, 2008). Al final del proceso de depuración, se obtuvo una base de datos con un total de 161 puntos para *G. decorticans*, 51 puntos para *C. praecox* y 107 puntos para *S. mistol* (Fig. 3, Tabla 1 del anexo).

Los datos de ocurrencia se separaron en dos conjuntos: uno de ellos se empleó para la calibración del modelo (70% de los puntos) y el otro para la evaluación del modelo (30% de los puntos).

Delimitación del área M:

El área de modelado espacial (área M), es el espacio geográfico y ambiental donde se ha registrado la presencia de una especie y se ha delimitado de acuerdo con el conocimiento de la biología de cada especie y de su capacidad de dispersión (Bertuzzi et al., 2012; Cerino et al., 2015; Franco & Camps, 2020; Perroni-Ventura et al., 2006; Silva et al., 2004). Es un paso crítico para la calibración, validación y comparación de los MNE.

Para delimitar el área M se emplearon los registros de presencia de cada especie y las ecorregiones terrestres del mundo (Olson et al., 2001) que coincidían con la distribución de cada una. Se creó un área buffer de aproximadamente 300 km. El área M fue delimitada para cada especie (Fig. 3, Tabla 1) y se utilizó para recortar las capas ambientales.

Tabla 1. Superficie del área modelada (Área M) de las 3 especies estudiadas.

Especie	Área modelada (km²)
<i>Cercidium praecox</i>	3.412.377,217
<i>Geoffroea decorticans</i>	4.848.299,516
<i>Sarcomphalus mistol</i>	3.636.307,212

Datos ambientales:

Los **datos ambientales** se obtuvieron de la base de datos WorldClim v. 2.0 (Hijmans et al., 2005; Fick & Hijmans, 2017). Se descargaron las 19 variables "bioclimáticas" (Bio 1 a Bio 19) para el periodo presente (1970-2000), a una resolución espacial de 2,5 arc-min (~5 km) y en formato GeoTiff (Tiff).

Las **variables climáticas** son distintas combinaciones o parámetros como temperatura y precipitación, por lo que pueden estar correlacionadas entre sí. Por ende, para evitar los efectos de confusión de calibración de los modelos en un espacio ambiental (Peterson & Nakazawa, 2008), se eligió un subconjunto de las 19 variables bioclimáticas. Para la selección de un conjunto reducido de variables y comprobar el aporte de cada una de ellas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de correlación de Pearson para eliminar las variables altamente correlacionadas, optando por un umbral de 0,8. Esto ayudó a maximizar la contribución de las variables en los modelos de distribución. Estos análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa RStudio (ver. 3.3.1; R Core Team 2014). Las variables no correlacionadas seleccionadas para la construcción de los modelos de cada especie se detallan en la **Tabla 2**.

Las variables edáficas se obtuvieron de la base de datos ISRIC—World Soil Information database (Hengl et al., 2014, Hengl et al., 2017; <https://www.isric.org/>) (BLDFIE, CLYPPT, ORCDRC, PHIHOX, SALMAP y SNDPPT) a una resolución de 250 m, por lo cual fueron transformadas a una resolución de 2,5 arc-min (~5 km). Para seleccionar las variables edáficas se procedió de la misma manera que con las variables bioclimáticas, realizándose un análisis de correlación de Pearson entre ellas únicamente, con un umbral de 0,8 y un análisis de componentes principales (ACP). Mediante este último análisis también se estimó la contribución de las variables al conjunto de variables utilizadas para la construcción de los modelos, las variables edáficas se detallan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Variables climáticas y edáficas no correlacionadas utilizadas para la construcción de los modelos de nicho ecológico de las especies estudiadas.

Código de la variable	Descripción	Unidad
Bio 2	Rango medio diurno (Media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima)	°C
Bio 3	Isotermalidad (Bio 2/ Bio 7) × (100)	°C
Bio 4	Estacionalidad de la Temperatura (desviación estándar × 100)	°C
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío	°C
Bio 13	Precipitación del mes más húmedo	mm
Bio 14	Precipitación del mes más seco	mm
Bio 15	Estacionalidad en las precipitaciones (Coeficiente de variación)	mm
Bio 19	Precipitación del cuatrimestre más frío	mm
BLDFIE	Densidad aparente (tierra fina)	kg/m3
CLYPPT	Porcentaje en peso de las partículas de arcilla (<0,0002 mm)	Porcentaje (%)
ORCDRC	Carbono orgánico del suelo	Contenido por mil
PHIHOX	Índice de pH medido en solución acuosa	pH
SALMAP	Salinidad	ds/m (decisiemens/m)
SNDPPT	Porcentaje en peso de las partículas de arena (0,05-2 mm)	Porcentaje (%)

Modelado de nicho ecológico del presente:

Los parámetros utilizados para ejecutar MaxEnt se calibraron utilizando la plataforma Wallace en Rstudio (Kass et al., 2017). Se seleccionaron los tres mejores modelos en función de los valores más bajos del criterio de información de Akaike corregido (AICc). Una vez definidos los parámetros óptimos de los diferentes modelos, se realizó la modelización final del nicho ecológico.

MaxEnt se ejecutó utilizando los siguientes ajustes para el modelo del presente de cada especie: *S. mistol* y *G. decorticans*: Parámetros: LQ (Lineal y cuadrático), multiplicador de regularización: 2; *C. praecox*: Parámetros: LQHP (Lineal, cuadrático, bisagra y producto), multiplicador de regularización: 3. Para todas las especies se corrieron 10 réplicas, 1000 iteraciones máximas, formato de salida CogLog y 10000 puntos máximos de background.

Una vez obtenidos los modelos finales, los mapas probabilísticos se transformaron en mapas binarios (presencia 0 - ausencia 1) utilizando un valor umbral correspondiente a la presencia mínima de entrenamiento, que incluye el 90% del total de registros utilizados para calibrar el modelo, el cuál fue proporcionado por MaxEnt. Para la construcción de todos los mapas y figuras se utilizó Quantum GIS 3.4.2 (QGIS Development Team, <http://www.qgis.org/>).

Evaluación de los modelos:

La evaluación de la eficiencia de los modelos se realizó mediante la validación cruzada en 10 réplicas. Se realizaron dos tipos de validaciones: (1) Primero fueron valorados por el operador de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) a modo de validación interna, el ROC relaciona dos características del rendimiento del modelo, la sensibilidad y la especificidad (Phillips et al., 2006). La sensibilidad se define como la proporción de presencias en relación con el número total de presencias predichas por el modelo. También es una medida de la ausencia de errores de omisión; los modelos de calidad deberían mostrar una mayor sensibilidad. La especificidad es la proporción de ausencias verdaderas en relación con el número total de ausencias predichas por el modelo; la especificidad es una medida del grado de las áreas predichas que superan la ocurrencia observada (Costa et al., 2014).

Del operador ROC se deriva el indicador del área bajo la curva (AUC). El área bajo la curva del gráfico de características operativas del receptor proporciona una medida del rendimiento del modelo, mide la capacidad de un modelo para discriminar entre los sitios en los que una especie está presente, frente a aquellos en los que está ausente. Esto proporciona una indicación de la utilidad de los modelos para priorizar las zonas en función de su importancia relativa como hábitat para la especie en cuestión (Elith et al., 2006). Este estadístico oscila entre cero y uno, donde una puntuación de 1 indica una discriminación perfecta. Por lo general, los valores AUC de 0,5 a 0,7 tienen una baja predictibilidad y mal rendimiento (es un modelo predictivo que no es mejor que una suposición aleatoria), valores entre 0,7 y 0,9 tienen una aplicación útil en el modelo y los valores mayores a 0,9 tienen una alta confianza. Valores debajo de 0,5 indican un rendimiento peor que el aleatorio (Elith et al., 2006). Esto puede producirse porque un modelo puede ajustarse a los datos de modelado, pero predecir mal, y probamos el rendimiento predictivo con datos independientes en lugar del ajuste del modelo. Los valores AUC pueden interpretarse como indicadores de la probabilidad de que, cuando un lugar de presencia y un sitio de

ausencia se extraigan al azar de la población, el primero tenga un valor de predicción más alto que el segundo (Elith et al., 2006).

(2) El poder predictivo de los modelos también fue comparado con una hipótesis nula aleatoria generada por NicheTool Box y evaluado mediante un análisis de ROC parcial. Este estadístico genera proporciones con valores que van de uno a dos, a partir de las proporciones descritas mediante la tasa de identificación correcta de presencias frente a la superficie total predicha por el algoritmo (Barve et al., 2008). Las proporciones con valores cercanos a uno describen un comportamiento similar al azar y los cercanos a dos sugieren un mejor rendimiento al analizar la presencia frente a la ausencia de la especie en el modelo. Utiliza el área parcial de distribución, que proporciona una base más sólida para la evaluación de las predicciones, ya que evalúa de manera correcta el peso de los errores de omisión y comisión, además de no subestimar los modelos (como lo hace el ROC total).

El modelo desarrollado comprobaba si los puntos de prueba, que representan el 30% del total, caían en áreas que se preveía que estuvieran presentes más de lo que se esperaba al azar, dada la proporción global de píxeles que mostraban la presencia predicha frente a la ausencia prevista para esa especie. Además de la importancia del modelo (desviación de las predicciones aleatorias), la precisión del modelo se evaluó por la proporción de puntos de prueba que caen en regiones de presencia prevista (Costa et al., 2014).

Modelado bajo escenarios de cambio climático:

Para generar los modelos de distribución bajo escenarios de cambio climático, se transfirieron los parámetros del modelo climático de distribución actual con el mejor ajuste estadístico al programa MaxEnt Ver. 3.4.4. Se utilizaron dos modelos de circulación global (MCG) MIROC6 y MRI-ESM2-0 para dos trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP) 2.6 (mitigación) y 8.5 (pesimista), y tres períodos de tiempo (2041-2060, 2061-2080 y 2081-2100). Las capas climáticas de los escenarios futuros fueron extraídas de WorldClim v.2.0 con misma resolución y formato que los datos para el tiempo presente. Los modelos de distribución también se evaluaron mediante la prueba estadística del área bajo la curva (AUC) del análisis de las características operativas del receptor (ROC).

Uso y cobertura del suelo:

Para obtener una estimación más realista del área de distribución de las especies focales, la distribución potencial inferida a partir de las variables climáticas se ajustó con información sobre la cobertura del suelo (es decir, agua, vegetación inundada, suelo desnudo, etc.). Por último, se estimaron los cambios en el patrón de la distribución potencial actual (basada en la información sobre el clima y la cubierta del suelo) teniendo en cuenta la información sobre el uso y la cubierta del suelo (LULC). Para ello se utilizó un mapa de uso y cobertura de suelo derivado de las imágenes Sentinel-2 de la ESA. El mapa consiste de predicciones de uso y cobertura del suelo para 10 clases (Tabla 3, Fig. 1 del anexo) a lo largo del año con el fin de generar una instantánea representativa de 2020 (ESRI 2020 Global Land Use Land Cover, Karra et al., 2021) <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=fc92d38533d440078f17678ebc20e8e2>).

Tabla 3. Clasificación de las 10 clases de uso y cobertura de suelo utilizadas.

Clase	Definición
1. Agua	Zonas en las que el agua ha estado presente de forma predominante durante todo el año; puede no abarcar zonas con agua esporádica o efímera; contiene poca o ninguna vegetación dispersa, no hay afloramiento de rocas ni elementos construidos como muelles.
2. Árboles	Cualquier agrupación significativa de vegetación densa alta (~15 m o más), normalmente con un dosel cerrado o denso.
3. Hierba	Zonas abiertas cubiertas de hierbas homogéneas con poca o ninguna vegetación más alta; cereales y hierbas silvestres sin parcelación humana evidente.
4. Vegetación inundada	Zonas de cualquier tipo de vegetación con evidente mezcla de agua durante la mayor parte del año; zona estacionalmente inundada que es una mezcla de hierba/arbustos/árboles/suelo desnudo.
5. Cultivos	Cereales plantados/parcelados por el hombre, hierbas y cultivos que no están a la altura de los árboles.
6. Matorrales/arbustos	Mezcla de pequeños grupos de plantas o plantas individuales dispersas en un paisaje que muestra suelo o roca expuesta; claros llenos de matorrales dentro de bosques densos que no son más altos que los árboles.
7. Área construida	Estructuras hechas por el hombre; grandes redes de carreteras y ferrocarriles; grandes superficies impermeables homogéneas, incluyendo estructuras de aparcamiento, edificios de oficinas y viviendas.
8. Suelo desnudo	Zonas de roca o suelo con vegetación muy escasa o nula durante todo el año; grandes zonas de arena y desiertos sin o con poca vegetación.
9. Nieve/hielo	Grandes áreas homogéneas de nieve o hielo permanente, normalmente sólo en zonas de montaña o en las latitudes más altas.
10. Nubes	No hay información sobre la cobertura del suelo debido a la nubosidad persistente.

Los mapas de la distribución potencial actual inferida a partir de las variables climáticas se superpusieron con información sobre la cobertura del suelo (LC), el uso del suelo (LU), y el uso y cobertura del suelo (LULC) de forma combinada. Se obtuvieron tres mapas finales: 1) MNE+LC, utilizando las clases de cobertura del suelo no antropogénicas (clase 1: agua, clase 4: vegetación inundada, clase 6: matorrales/arbustos, clase 8: suelo desnudo, clase 9: áreas con hielo o nieve y clase 10: zonas sin información debido a la nubosidad persistente); 2) MNE+LU, que utiliza únicamente las clases de uso antropogénico del suelo (clase 5: cultivos, clase 7: zona construida) MNE+LULC, que combina ambas clases (uso antropogénico del suelo + cobertura no antropogénica).

Zonas y áreas protegidas:

La información sobre las áreas protegidas de la región estudiada se obtuvo de la Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas (UNEP-WCMC, 2021). Esta es la fuente más actualizada y completa de datos sobre áreas protegidas y otras medidas efectivas de conservación basadas en áreas, que se actualiza mensualmente con aportaciones de gobiernos, organizaciones no gubernamentales, propietarios de tierras y comunidades. Se descargaron archivos en formato shapefile y se trabajó con QGIS 3.4.2. Las distribuciones predichas (actuales y futuras) se superpusieron a la red actual de áreas protegidas para identificar las zonas susceptibles y estimar los efectos del cambio climático en las áreas protegidas. Para todos los periodos de tiempo y escenarios futuros, se estimó la superficie (km²) y el porcentaje de pérdida de área de distribución, con respecto a la distribución potencial actual (**Tabla 2 del anexo**).

Se utilizó la información para observar los resultados de los distintos escenarios y optar por iniciativas y áreas que tienen más probabilidades de tener un impacto positivo en la conservación futura.

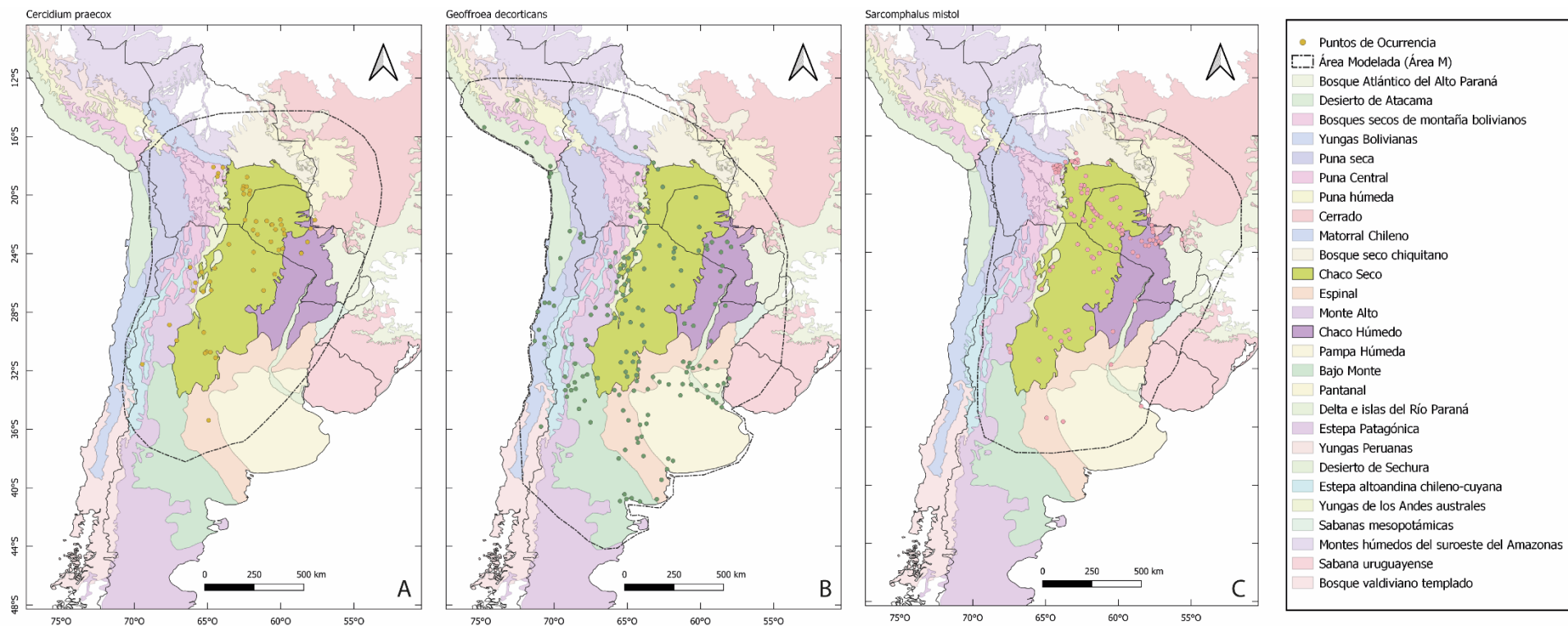


Figura 3. Puntos de ocurrencia y área modelada (área M) de las especies estudiadas. A, *Cercidium praecox*. B, *Geoffroea decorticans*. C, *Sarcomphalus mistol*. Basado en Ecorregiones Terrestres del Mundo (Olson et al., 2001).

Resultados

Distribución actual:

La contribución de las variables bioclimáticas y edáficas a los modelos del presente de cada una de las especies analizadas se muestran en la Tabla 3 del Anexo. Asimismo, la contribución de las variables bioclimáticas exclusivamente a los modelos del presente y futuros se resumen en la Tabla 4 del Anexo. Las métricas de validación para los tres principales modelos del presente arrojados por Wallace basados en datos climáticos y edáficos, así como los modelos seleccionados en cada una de las especies analizadas se resumen en las Tablas 4 y 5 respectivamente; mientras que las métricas de validación para los modelos proyectados a futuro se resumen en la Tabla 5 del anexo.

Tabla 4. Métricas de validación y umbral de corte de los tres modelos del presente basados en las variables bioclimáticas de las tres especies estudiadas. *Modelo seleccionado.

<i>C. praecox</i>			
Métricas de Validación	Modelo LQ3	Modelo L4	Modelo LQHP3*
AUC	0,832	0,826	0,830
ROC parcial	1,511	1,507	1,570
Umbral 10%	0,276	0,280	0,428
<i>G. decorticans</i>			
Métricas de Validación	Modelo LQ2*	Modelo LQ3	Modelo LQH4
AUC	0,750	0,748	0,746
ROC parcial	1,346	1,343	1,347
Umbral 10%	0,359	0,366	0,388
<i>S. mistol</i>			
Métricas de Validación	Modelo LQ1	Modelo LQ2*	Modelo LQH3
AUC	0,842	0,849	0,85
ROC parcial	1,679	1,679	1,697
Umbral 10%	0,218	0,263	0,261

Tabla 5. Métricas de validación y umbral de corte de los tres modelos del presente basados en las variables climáticas y edáficas de las tres especies estudiadas. *Modelo seleccionado.

<i>Cercidium praecox</i>			
Métricas de Validación	Modelo LQH3*	Modelo LQH4	Modelo LQH2
AUC	0,839	0,832	0,838
ROC parcial	1,577	1,558	1,605
Umbral 10%	0,328	0,341	0,333
<i>G. decorticans</i>			
Métricas de Validación	Modelo LQHP2	Modelo LQ1	Modelo LQHP5*
AUC	0,742	0,739	0,749
ROC parcial	1,458	1,410	1,415
Umbral 10%	0,354	0,369	0,383
<i>S. mistol</i>			
Métricas de Validación	Modelo LQH1*	Modelo LQHP1	Modelo LQHP2
AUC	0,849	0,854	0,854
ROC parcial	1,698	1,694	1,684
Umbral 10%	0,208	0,248	0,271

En las Figs. 4 a 6 se muestran los modelos resultantes de las tres especies estudiadas. La superficie total del área ocupada por cada especie se muestra en la Tabla 2 del Anexo.

El área de ocurrencia de *C. praecox* (Fig. 4 A) incluye el este de Chile, el NO de Argentina, sur de Bolivia, NO de Paraguay y una pequeña porción de Brasil (1.209.678,745 km²). Aunque la mayor probabilidad de ocurrencia se concentra principalmente en Paraguay, Bolivia y Argentina. Dicha área disminuye hacia el NE de Bolivia y el O de Brasil (1.131.123,59 km²) al incluir las variables edáficas al análisis (Fig. 4 B). El área de mayor probabilidad de ocurrencia de la especie en la Argentina disminuye, quedando limitada al E de Bolivia y O de Paraguay. Asimismo, cuando se incorpora el efecto del uso y de la cobertura del suelo (Fig. 4 C, Anexo Fig. 2 A y B), el área probabilidad de ocurrencia disminuye hacia el N de Paraguay.

En *G. decorticans*, el área de ocurrencia (2.456.770,53 km²) incluye áreas disyuntas separadas por la cordillera de los Andes, siendo el Gran Chaco Argentino el área de mayor probabilidad de ocurrencia de la especie. Hacia el O de los Andes, el área modelada se extiende desde de Chile central hacia el S de Perú (Fig. 5 A). Al incorporar las variables edáficas, el nuevo modelo, presenta el área de ocurrencia de la especie (2.339.752,66 km², Tabla 2 del Anexo) disminuido, desapareciendo las áreas de menor probabilidad de ocurrencia predichas a partir de las variables bioclimáticas exclusivamente (Fig. 5 B). Por otra parte, al incorporar las capas de cobertura y uso de suelo (Fig. 5 C) se observa una clara reducción del área estimada para la especie, principalmente en Chile y el centro de Argentina.

En *S. mistol* el área de mayor probabilidad de ocurrencia de la especie incluye el norte de Paraguay y el SE Bolivia. El área de ocurrencia se extiende hacia el N y centro de Argentina y pequeñas áreas en Brasil y Chile (Fig. 6 A). El área de distribución de *S. mistol* en el presente (1.264.125,66 km²) disminuye al incorporar las variables edáficas (1.114.161,24 km², Fig. 6 B), principalmente en Bolivia y Argentina; mientras que cuando se incorporan las capas de uso y cobertura del suelo (Fig. 6 C), el área disminuye aún más en el norte de Paraguay.

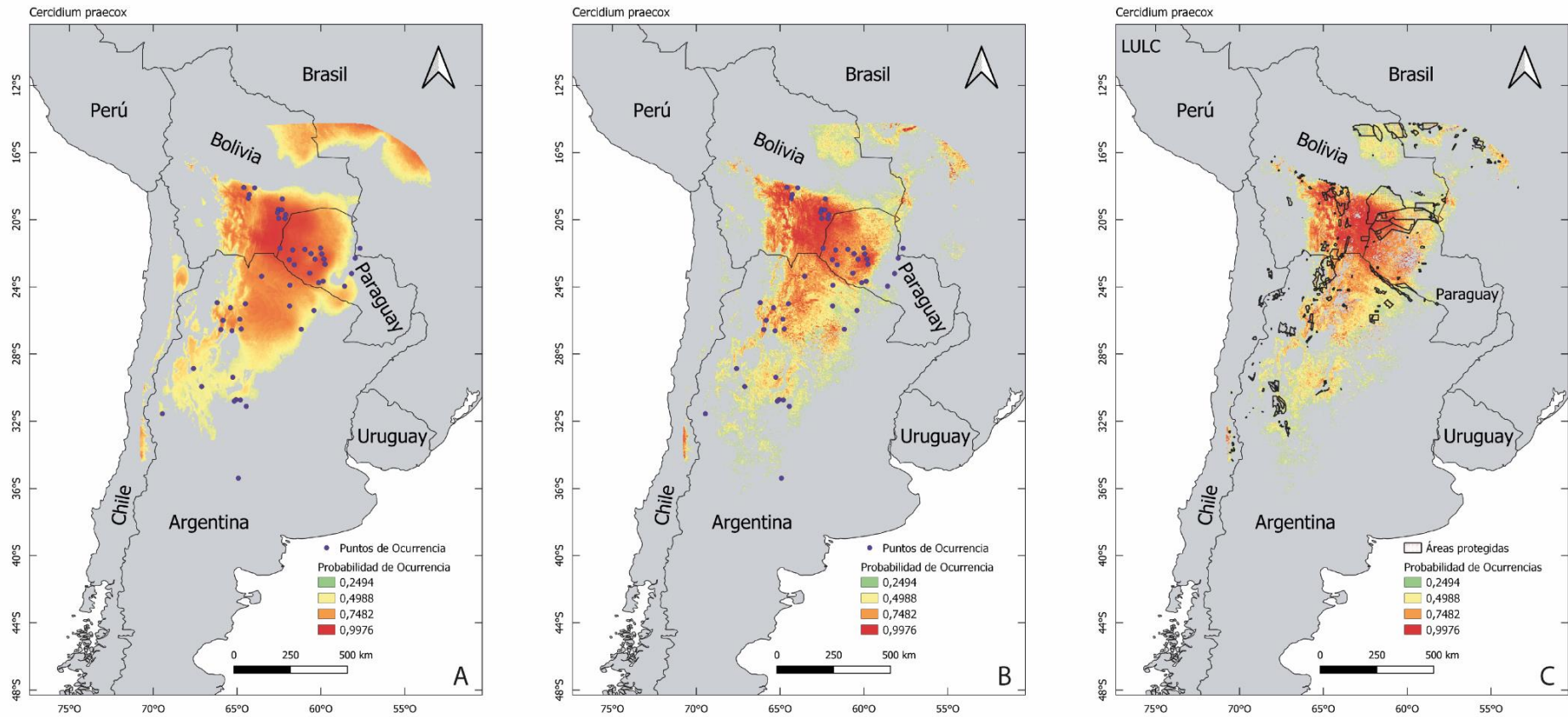


Figura 4. Modelo de nicho ecológico de *C. praecox* en el presente. A, MNE basado en variables bioclimáticas. B, MNE basado en variables bioclimáticas y edáficas. C, MNE basado en datos bioclimáticos en combinación con el uso y la cobertura de suelo (LULC) sumado a las áreas protegidas.

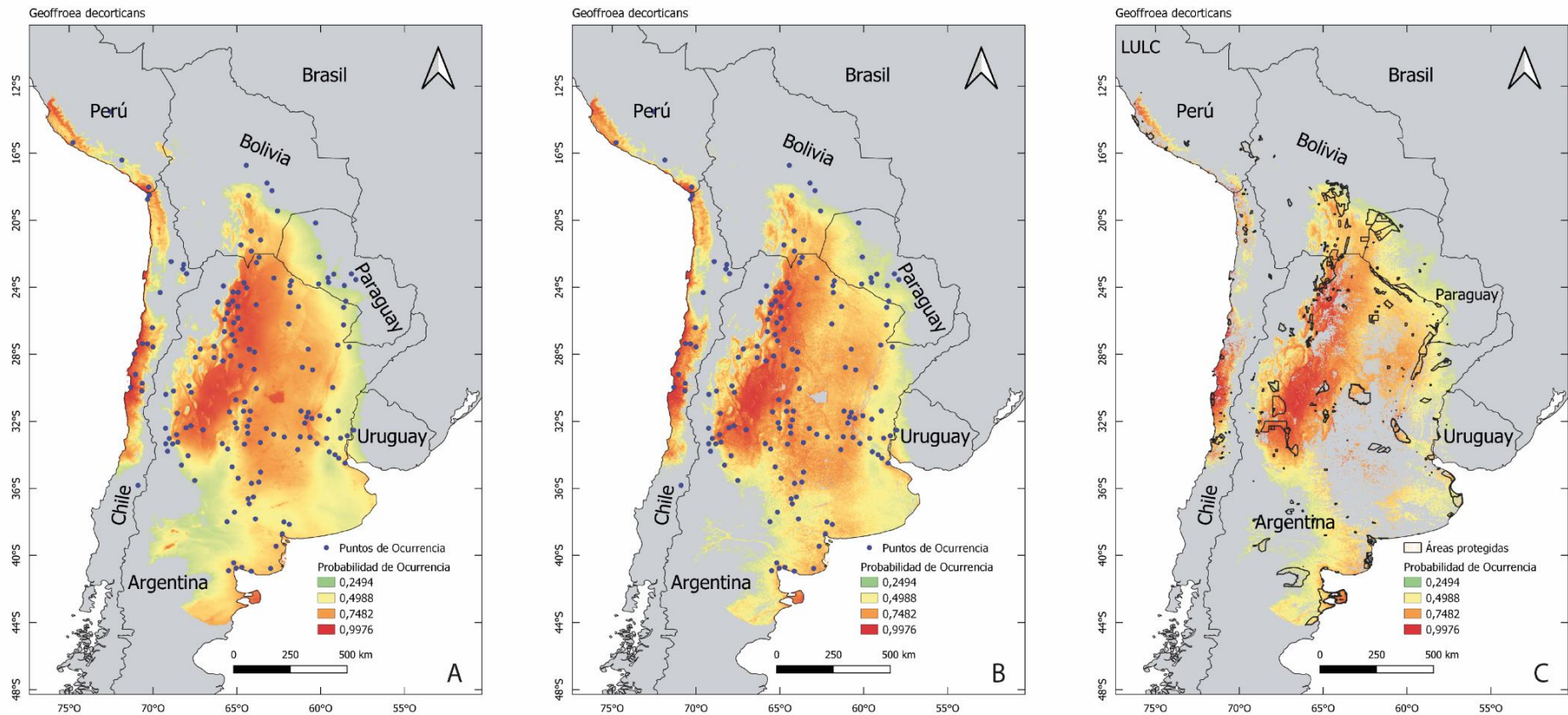


Figura 5. Modelado de nicho ecológico de *G. decorticans* en el presente. A, MNE basado en variables bioclimáticas. B, MNE basado en variables bioclimáticas y edáficas. C, MNE basado en datos bioclimáticos en combinación con el uso y la cobertura de suelo (LULC) sumado a las áreas protegidas.

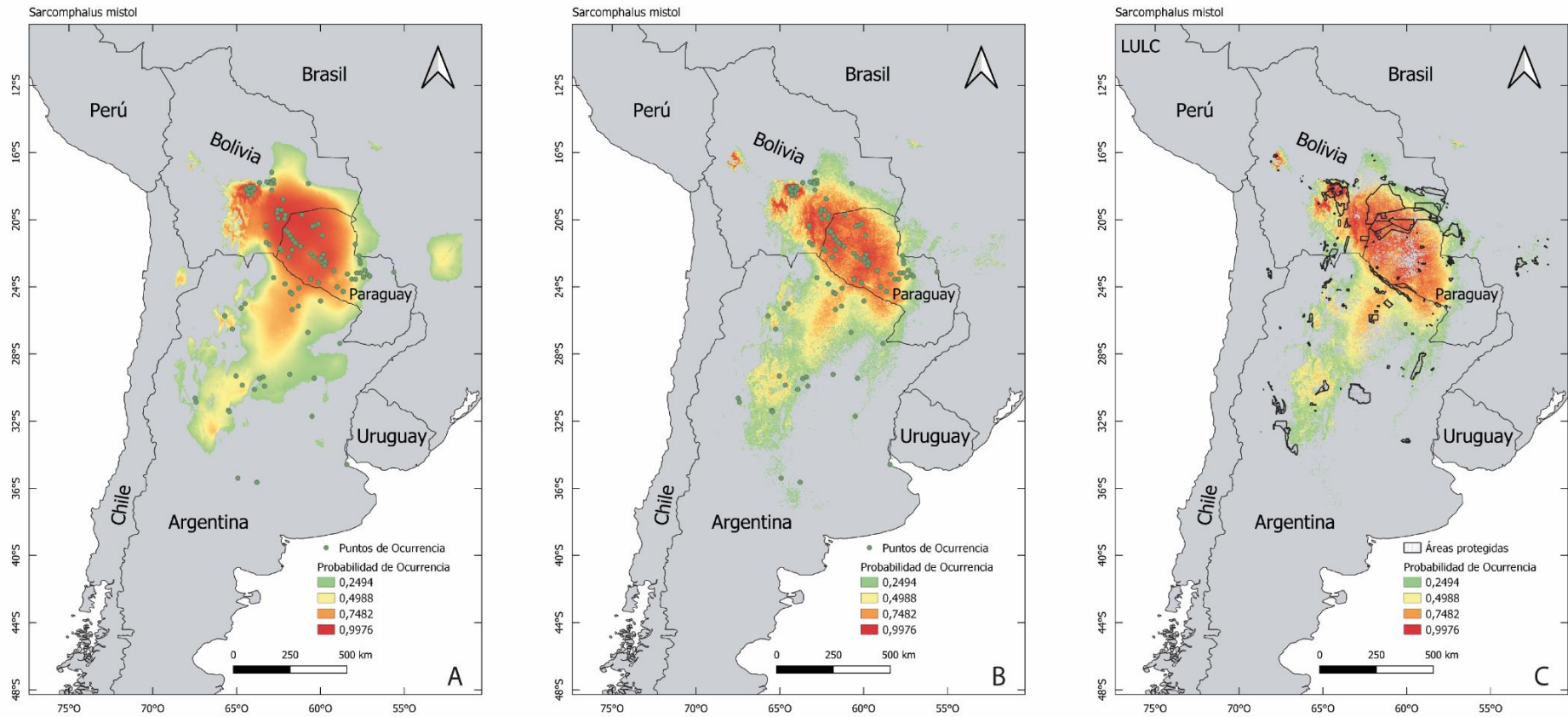


Figura 6. Modelado de nicho ecológico de *S. mistol* en el presente. A, MNE basado en variables bioclimáticas. B, MNE basado en variables bioclimáticas y edáficas. C, MNE basado en datos bioclimáticos en combinación con el uso y la cobertura de suelo (LULC) sumado a las áreas protegidas.

Escenarios Futuros:

En *C. praecox* el área de distribución potencial, en general, se mantiene estable en los modelos de circulación MIROC6 en el escenario SSP1-2.6 proyectados a futuro (Fig. 7), excepto en el período 2061-2080 donde se observa una conexión entre el área de mayor probabilidad de ocurrencia en la región chaqueña y el área disyunta localizada en el NE de Bolivia y O de Brasil. En el mismo modelo (MIROC6) pero en el escenario SSP5-8.5 (Fig. 8), se aprecia una expansión del área de probabilidad de ocurrencia en el tiempo hacia el N y principalmente hacia el S del área predicha para el presente. Por otra parte, en el modelo de circulación global MRI-ESM2-0, escenario SSP1-2.6, la distribución de la especie se extiende hacia el sur en el período 2081-2100, de manera similar al escenario SSP5-8.5 de MIROC6; mientras que en los períodos 2041-2060 y 2061-2080 el área disyunta del NE de Bolivia y el O de Brasil se encuentra conectada con el área de mayor probabilidad de ocurrencia en el Gran Chaco, conexión que desaparece en el último período (Fig. 9).

En el escenario SSP5-8.5 para el modelo MRI-ESM2-0, se observa la conexión entre el área central y el área brasilero-boliviana en los períodos 2061-2080 y 2081-2100, pero no en el período 2041-2060. El área de ocurrencia de la especie aumenta en todos los períodos, principalmente hacia el O y el S; mientras que en el período 2041-2060 el área de mayor probabilidad de ocurrencia se localiza en el Gran Chaco boliviano y paraguayo y se extiende hacia el Gran Chaco Argentino en los períodos 2061-2080 y 2081-2100. (Fig. 10).

En las Fig. 11 se aprecia la superficie del área de ocurrencia ganada o perdida en todos los escenarios. En el escenario SSP1-2.6 a corto plazo (2041-2060) la superficie del área de ocurrencia de *C. praecox* es un poco mayor a la presente, este aumento alcanza el máximo en el escenario a mediano plazo (2061-2080), y disminuye en el escenario a largo plazo (2081-2100). En el escenario SSP5-8.5, a pesar de ser el modelo pesimista, la superficie del área de la especie se incrementa sostenidamente hasta casi un tercio desde el presente hasta el período 2081-2100 (Fig. 12 a 15).

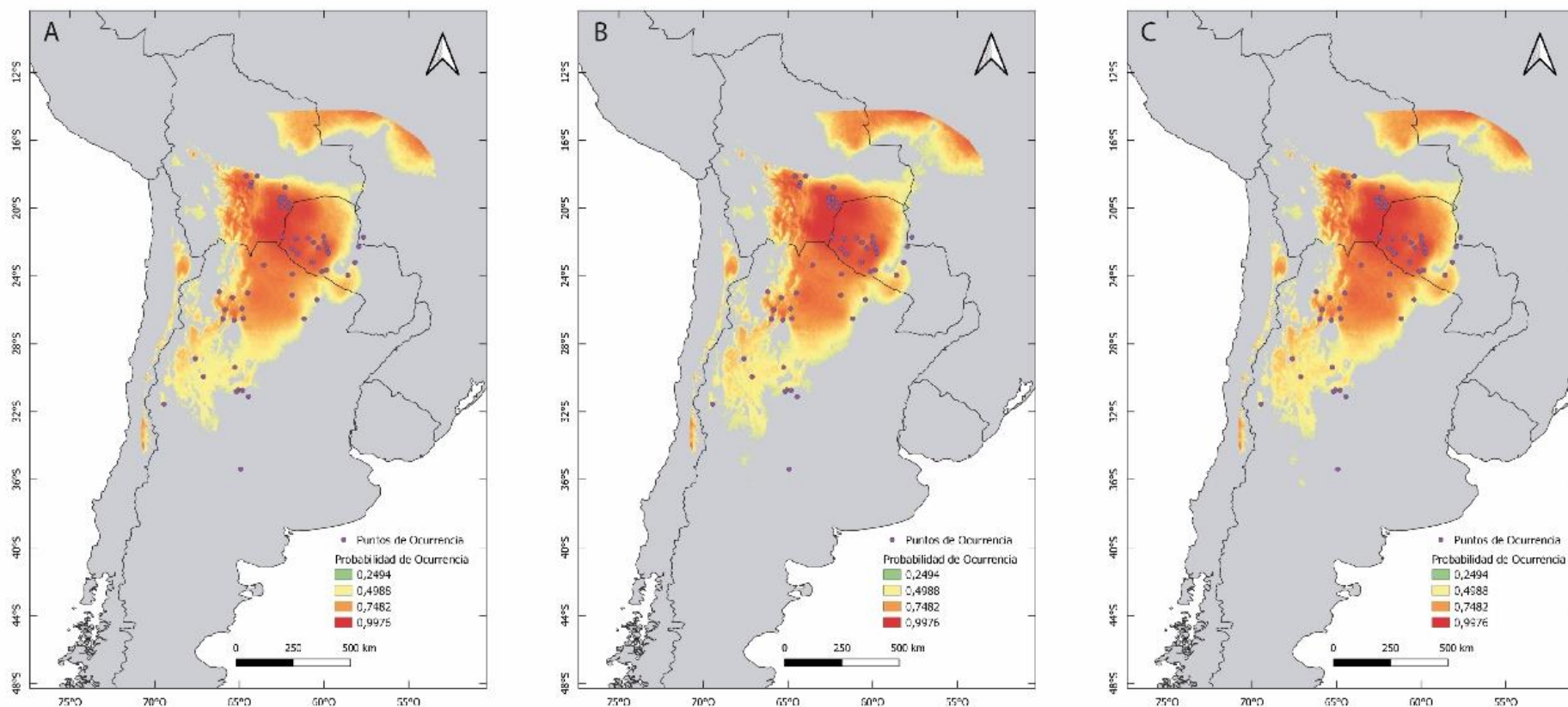


Figura 7. Distribución potencial de *C. praecox* en el futuro según el MCG MIROC6, escenario SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

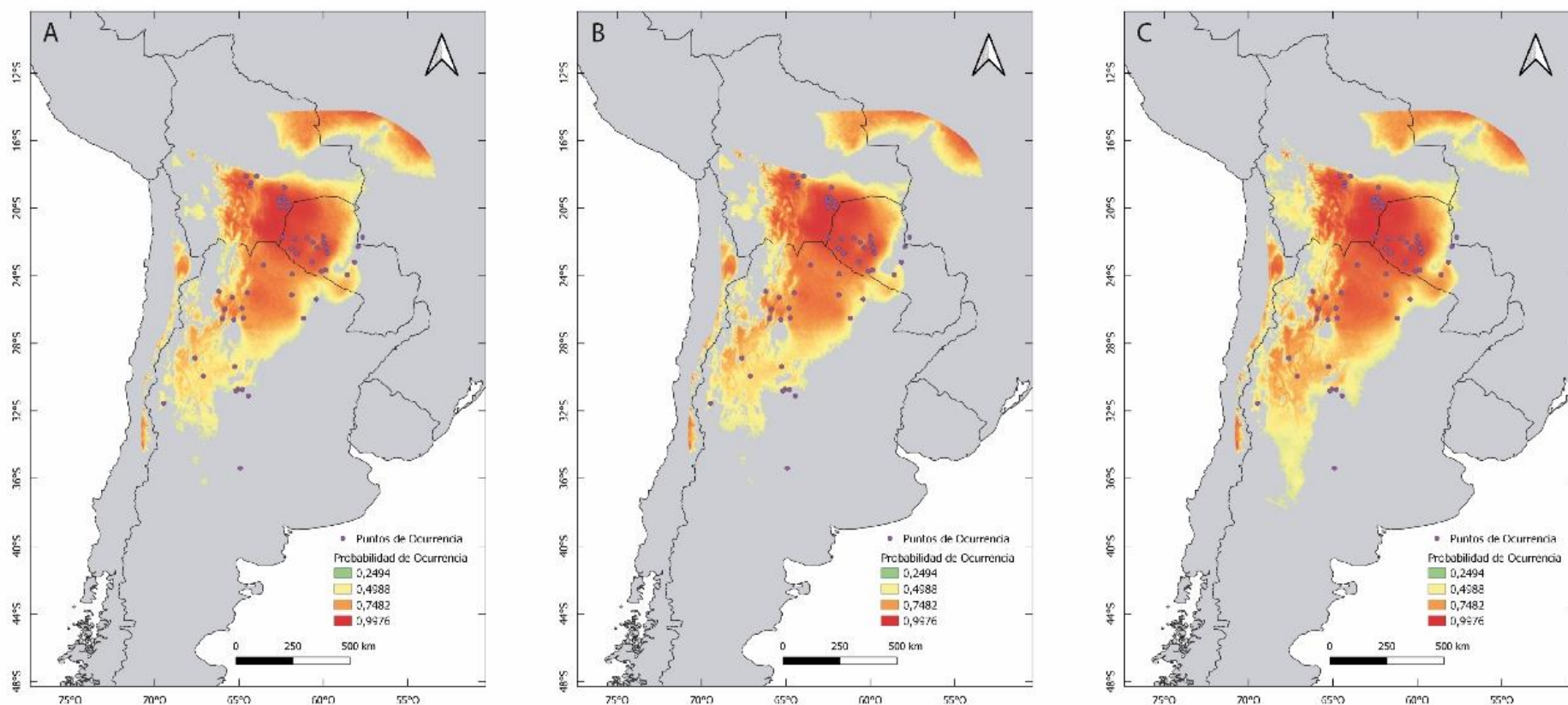


Figura 8. Distribución potencial de *C. praecox* en el futuro según MCG MIROC6, escenario SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

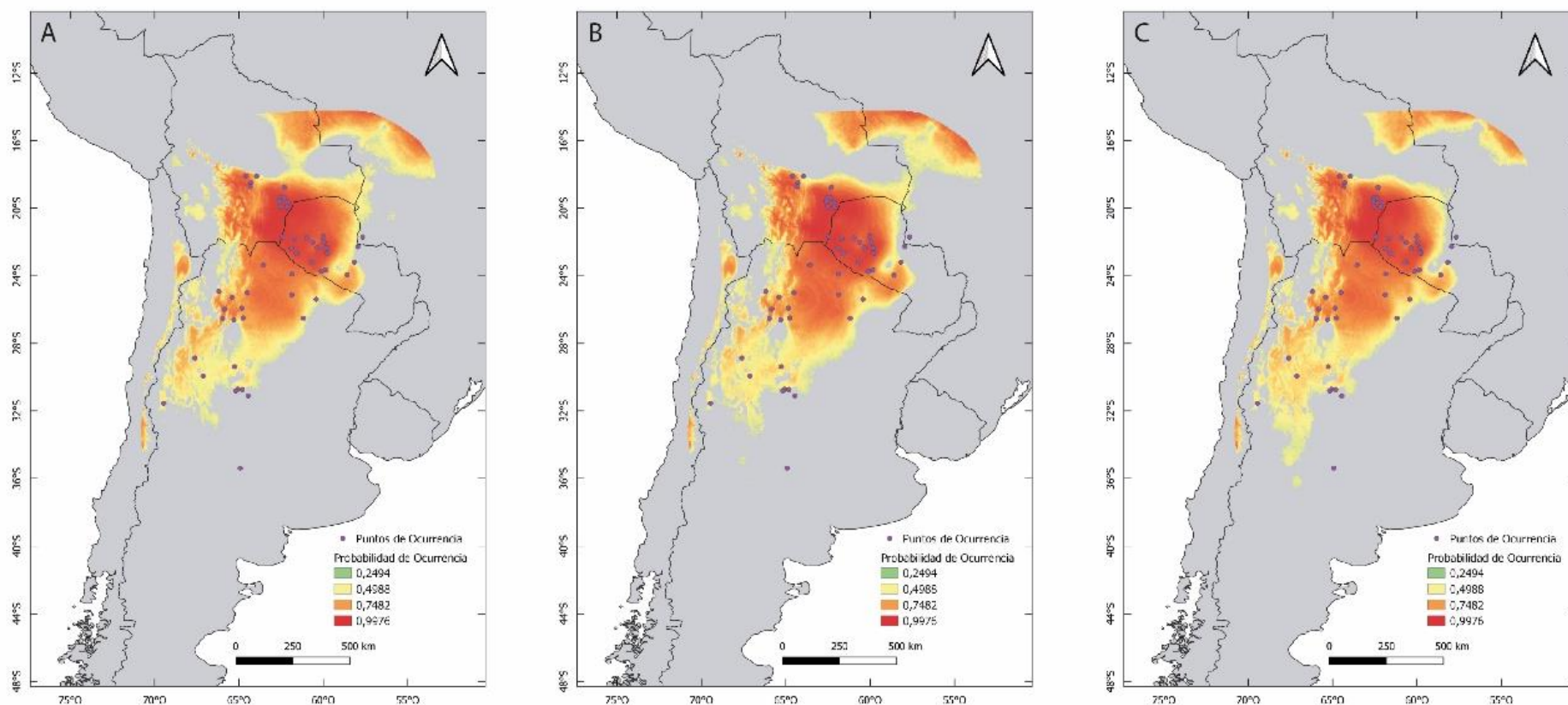


Figura 9. Distribución potencial de *C. praecox* en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

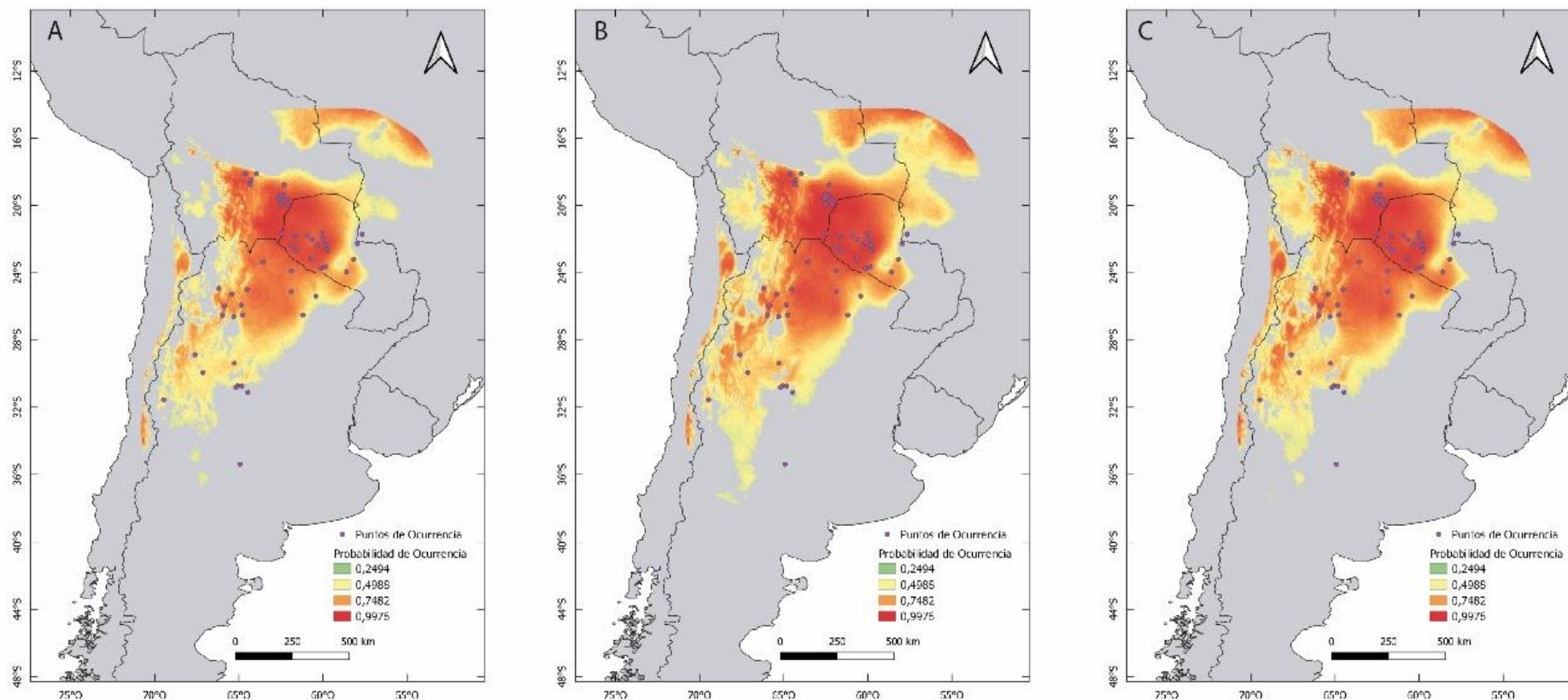


Figura 10. Distribución potencial de *C. praecox* en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

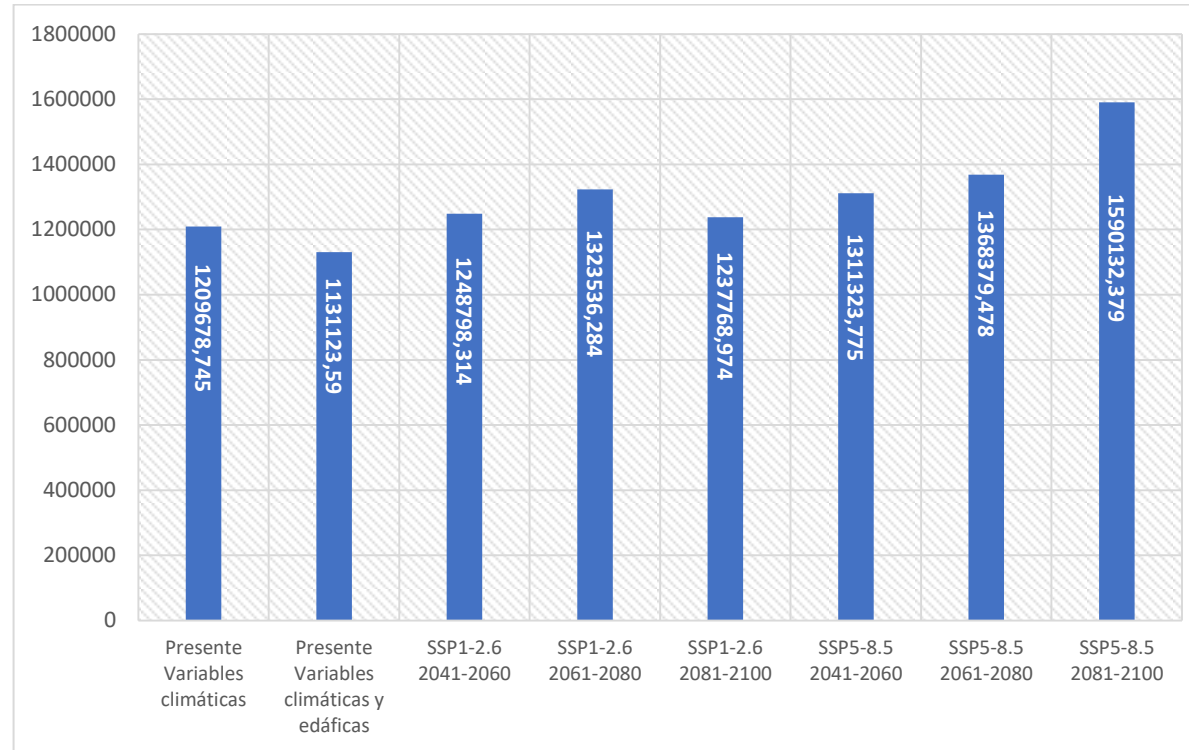


Figura 11. Superficie (km²) del area de distribución predicha de *C. praecox* en los distintos escenarios presentes y futuros.

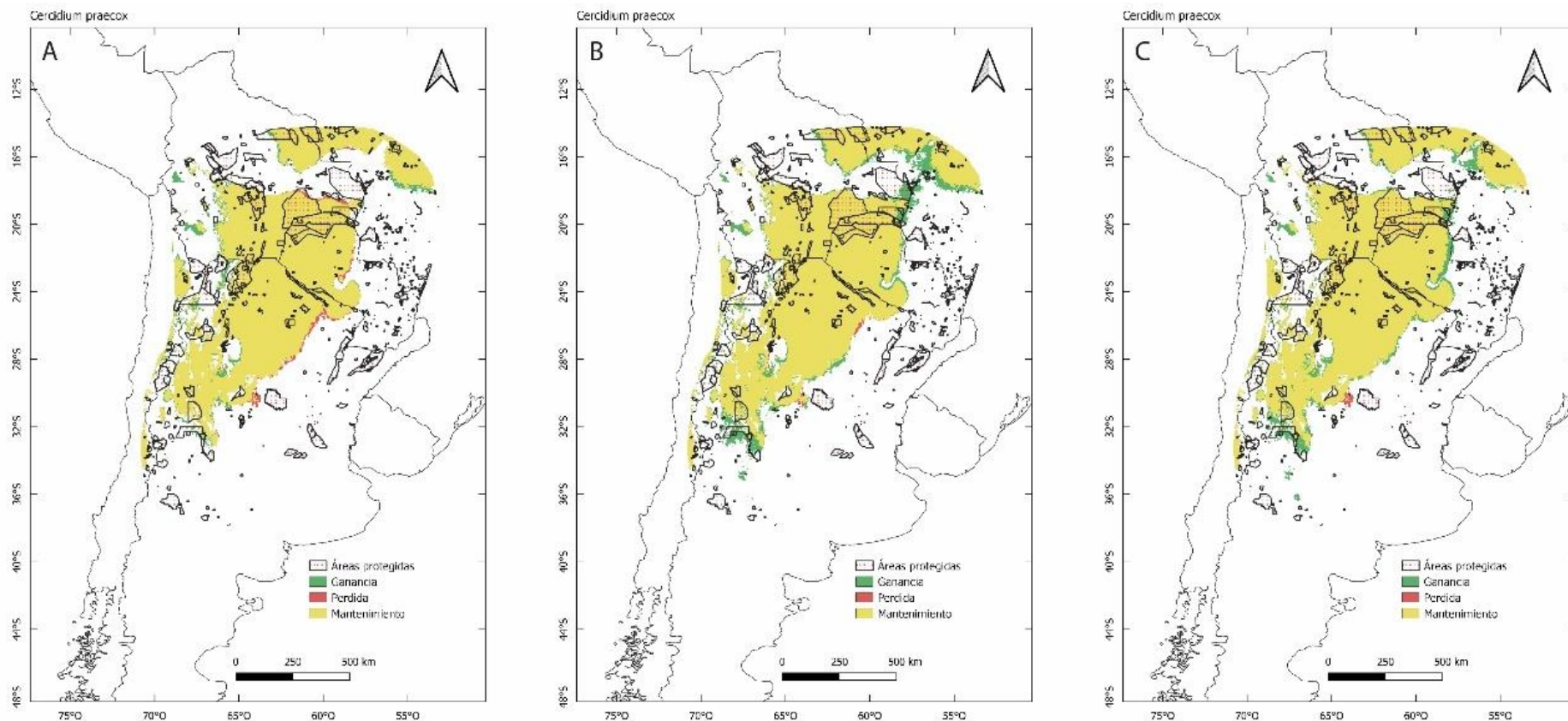


Figura 12. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *C. praecox*. MCG MIROC6, SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

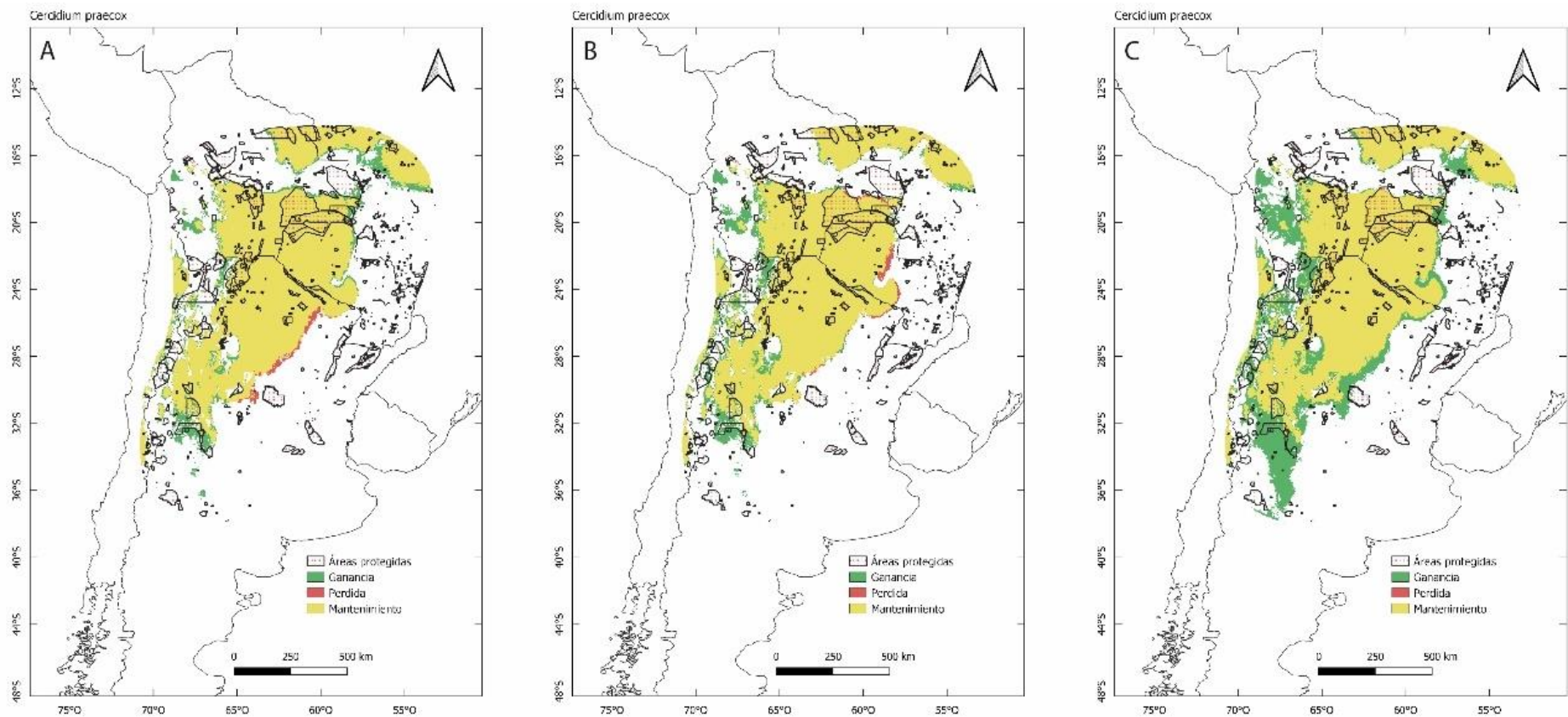


Figura 13. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *C. praecox*. MCG MIROC6, SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

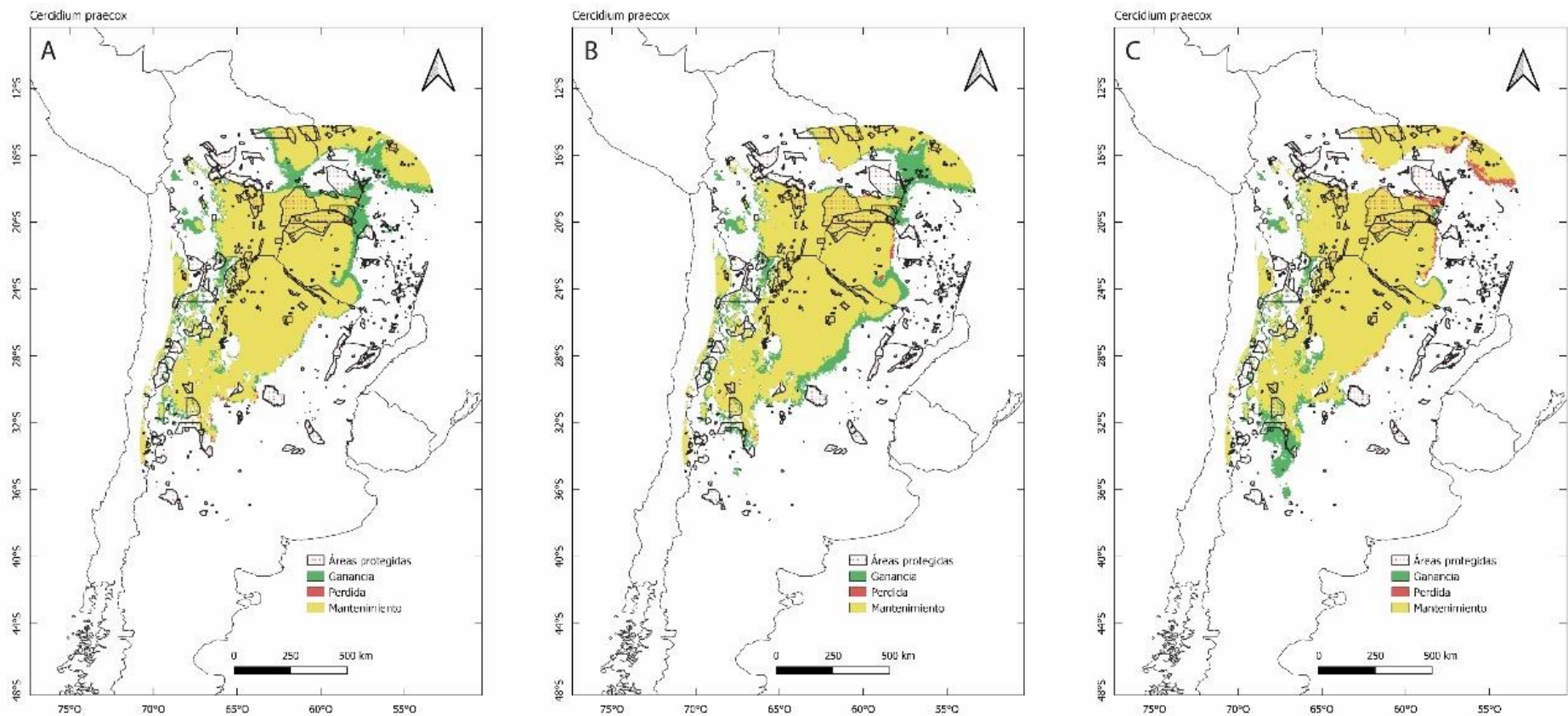


Figura 14. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *C. praecox*. MCG MRI-ESM2-0, SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

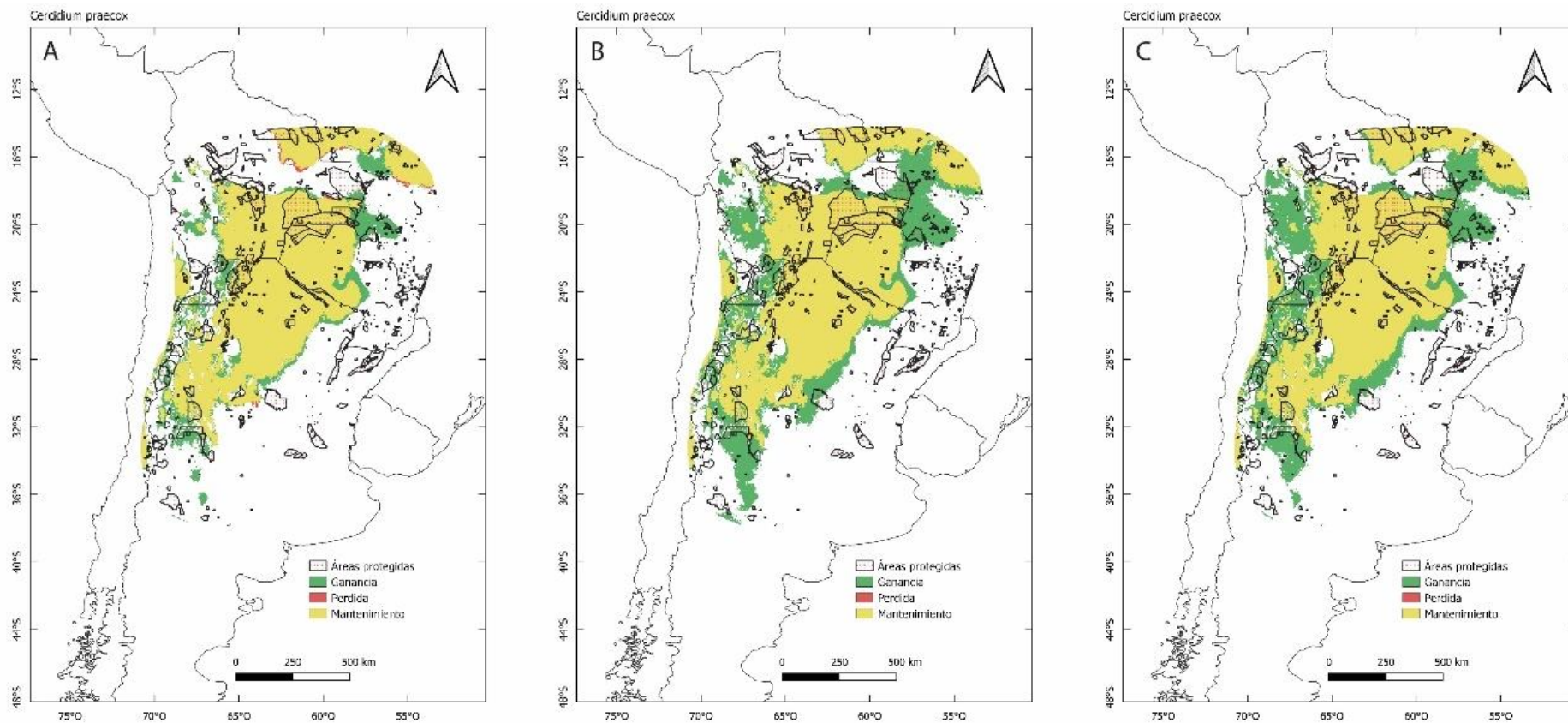


Figura 15. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *C. praecox*. MCG MRI-ESM2-0, SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

Geoffroea decorticans (Fig. 16) presenta dos áreas de probabilidad de ocurrencia separadas por la Cordillera de los Andes. Hacia el E de los Andes, el área se extiende ampliamente por Argentina hasta el NE de la Patagonia, aunque la mayor probabilidad de ocurrencia se concentra en el Gran Chaco. Hacia el O de la Cordillera se extiende por la costa del Pacífico desde el S de Perú hasta el centro de Chile. En el período 2061-2080 (Fig. 16 B) el área se expande hacia el centro y el O de Paraguay y hacia el O de Uruguay. En el escenario más pesimista (Fig. 17) el área de probabilidad de ocurrencia en general se mantiene en la región del Gran Chaco. A medida que pasan los distintos períodos de tiempo, el límite NE del área se retrae ligeramente, mientras que el área de mayor probabilidad de ocurrencia se intensifica hacia el SO. Al N de Chile y S de Perú el área de ocurrencia se retrae y fragmenta.

En el escenario SSP1-2.6 del modelo de circulación global MRI-ESM2-0 (Fig. 18) el área de probabilidad de ocurrencia de esta especie es estable en el tiempo. Asimismo, en el escenario SSP5-8.5 del modelo de circulación global MRI-ESM2-0 (Fig. 19), las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia se extienden en el tiempo hacia el SO y el S en Argentina y Chile, respectivamente; mientras que el área de mayor probabilidad de ocurrencia se intensifica en el Chaco Seco.

En los distintos escenarios analizados la superficie del área de ocurrencia de *G. decorticans* no difiere de manera significativa en el tiempo (Fig. 20). En las Figuras 21 a 24 se aprecia una tendencia a la pérdida de la superficie del área de ocurrencia de *G. decorticans* hacia el E y una ganancia al SO, dando como resultado una estabilidad en la superficie total del área.

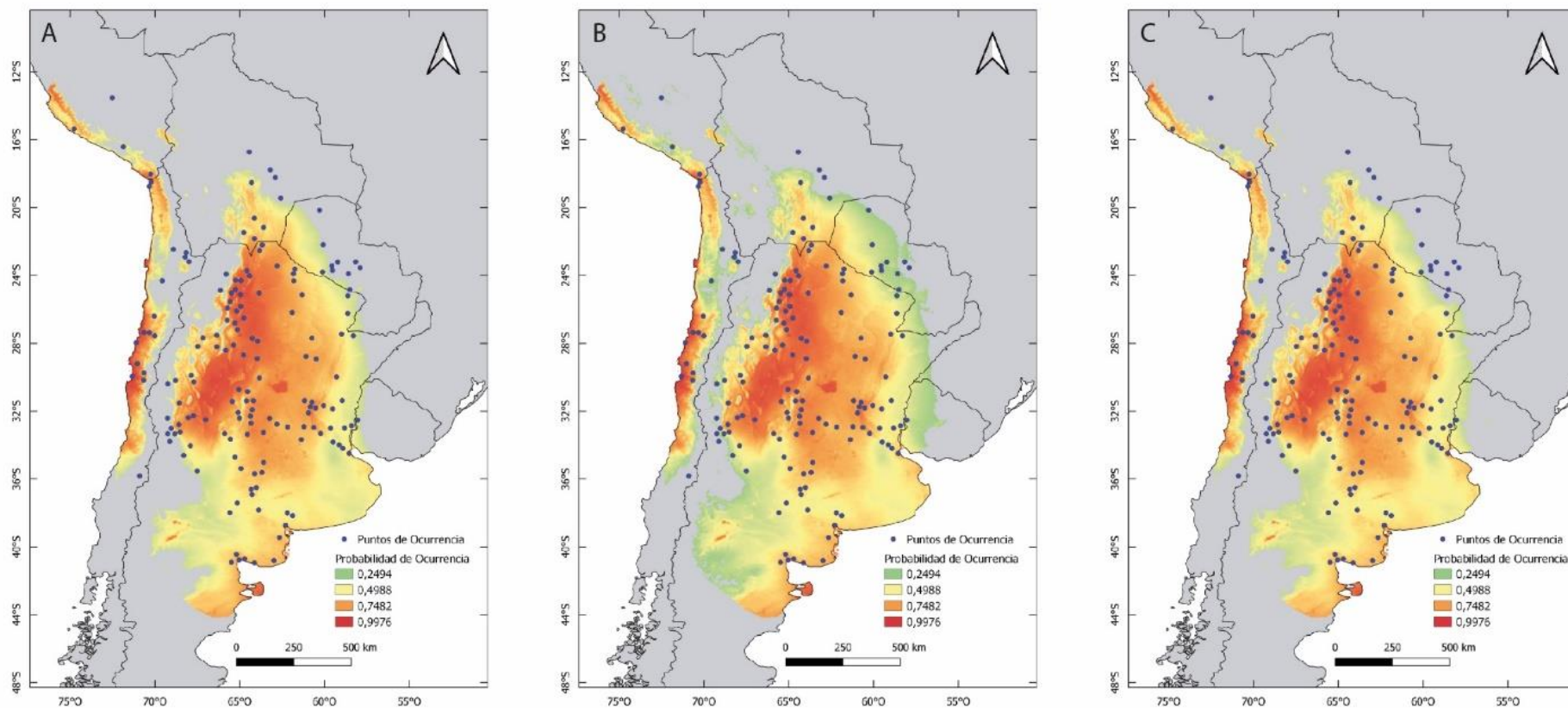


Figura 16. Distribución potencial de *G. decorticans* en el futuro según el MCG MIROC6, escenario SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

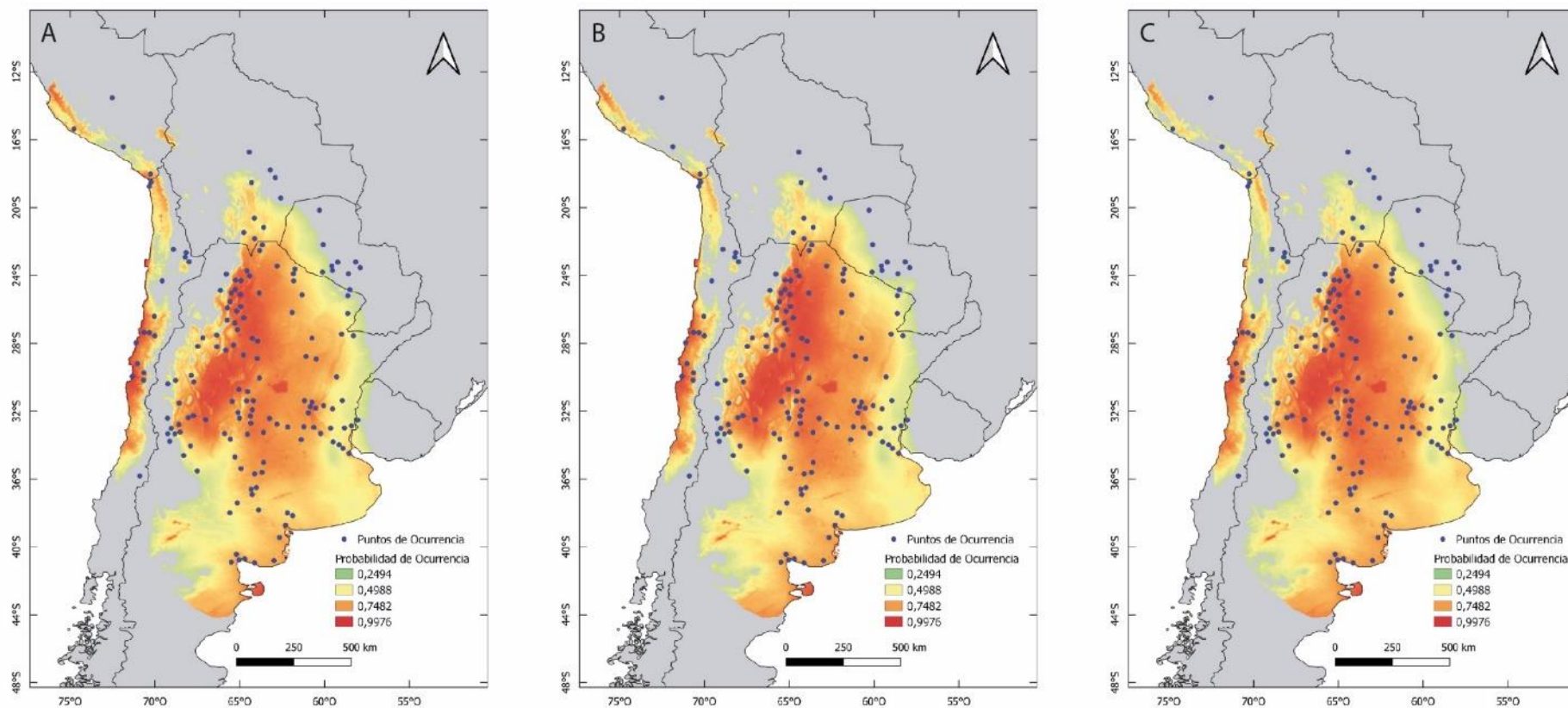


Figura 17. Distribución potencial de *G. decorticans* en el futuro según el MCG MIROC6, escenario SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

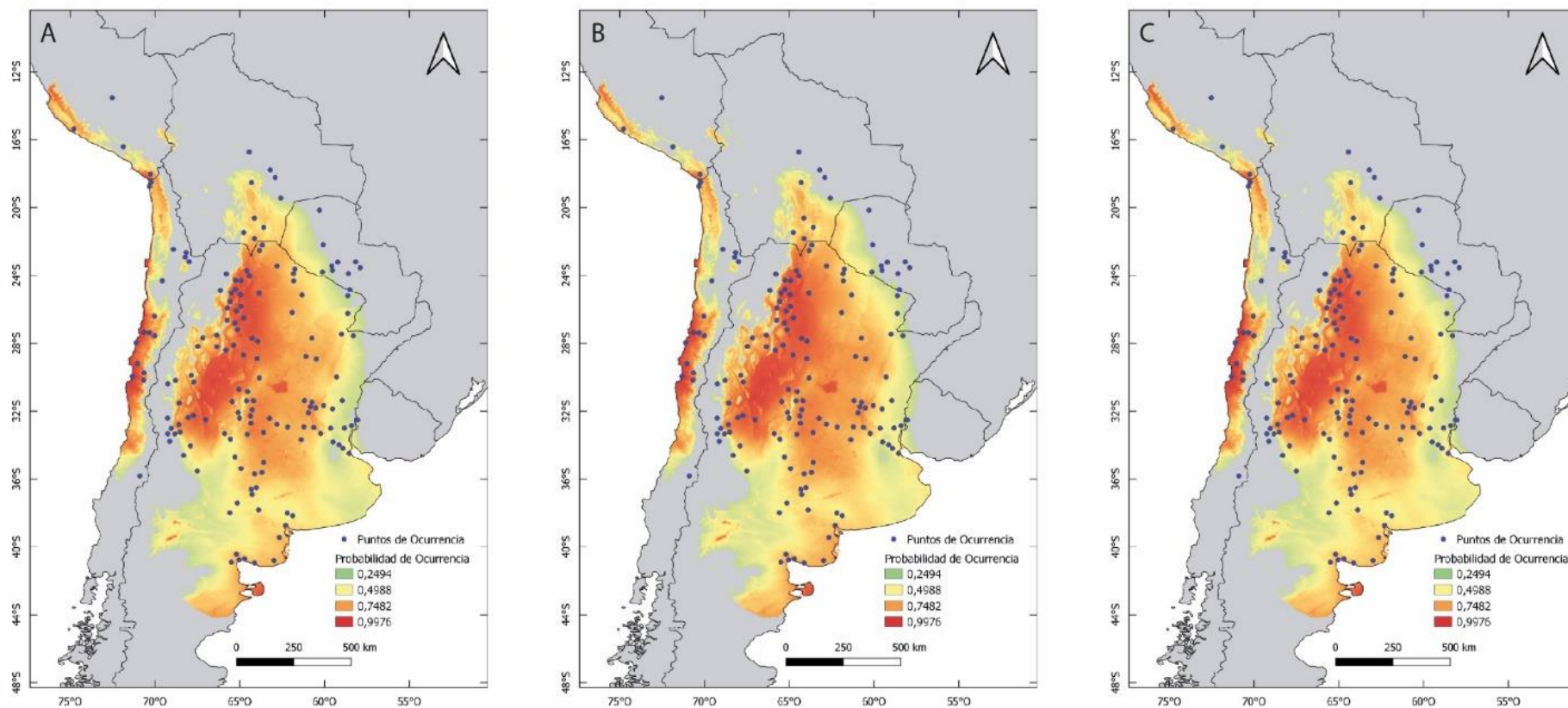


Figura 18. Distribución potencial de *G. decorticans* en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

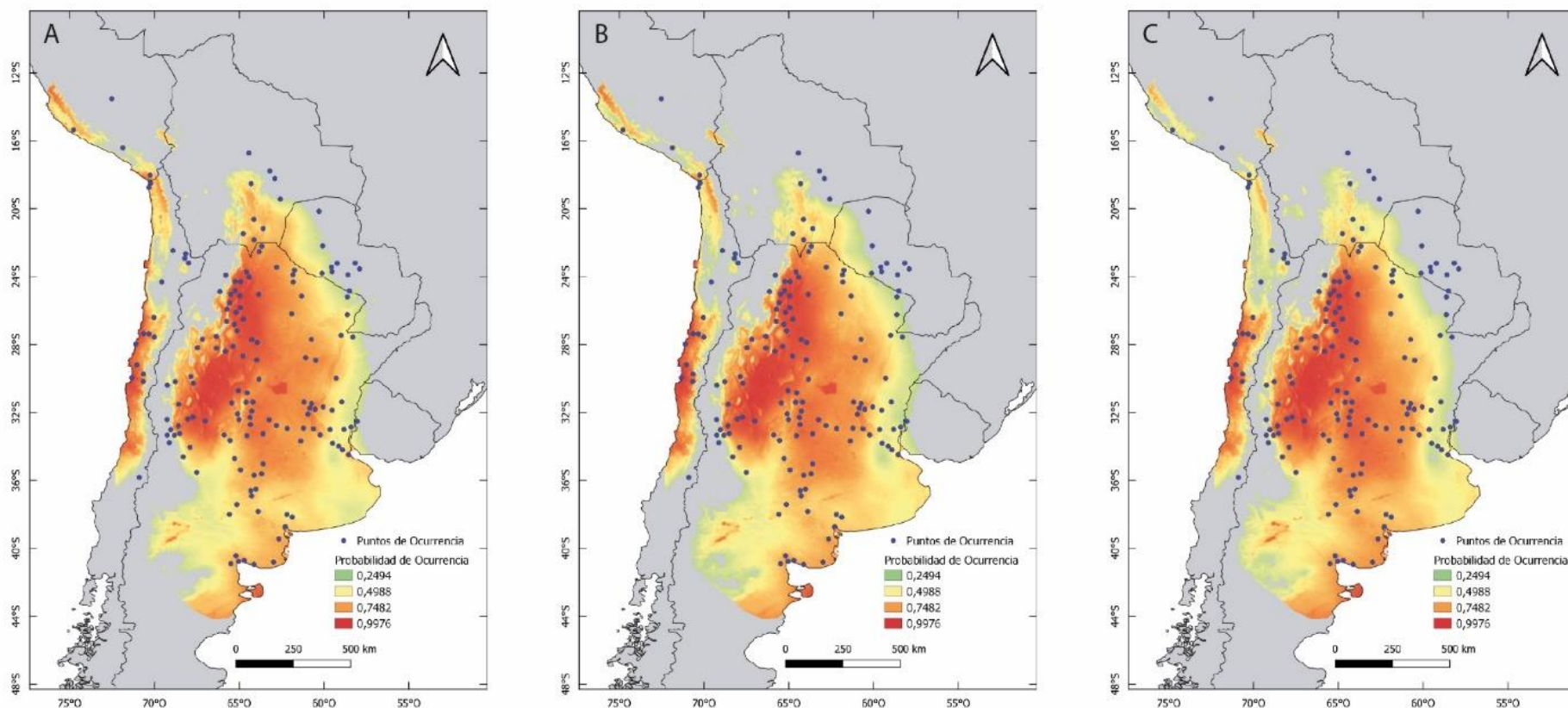


Figura 19. Distribución potencial de *G. decorticans* en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP5-8.5 A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

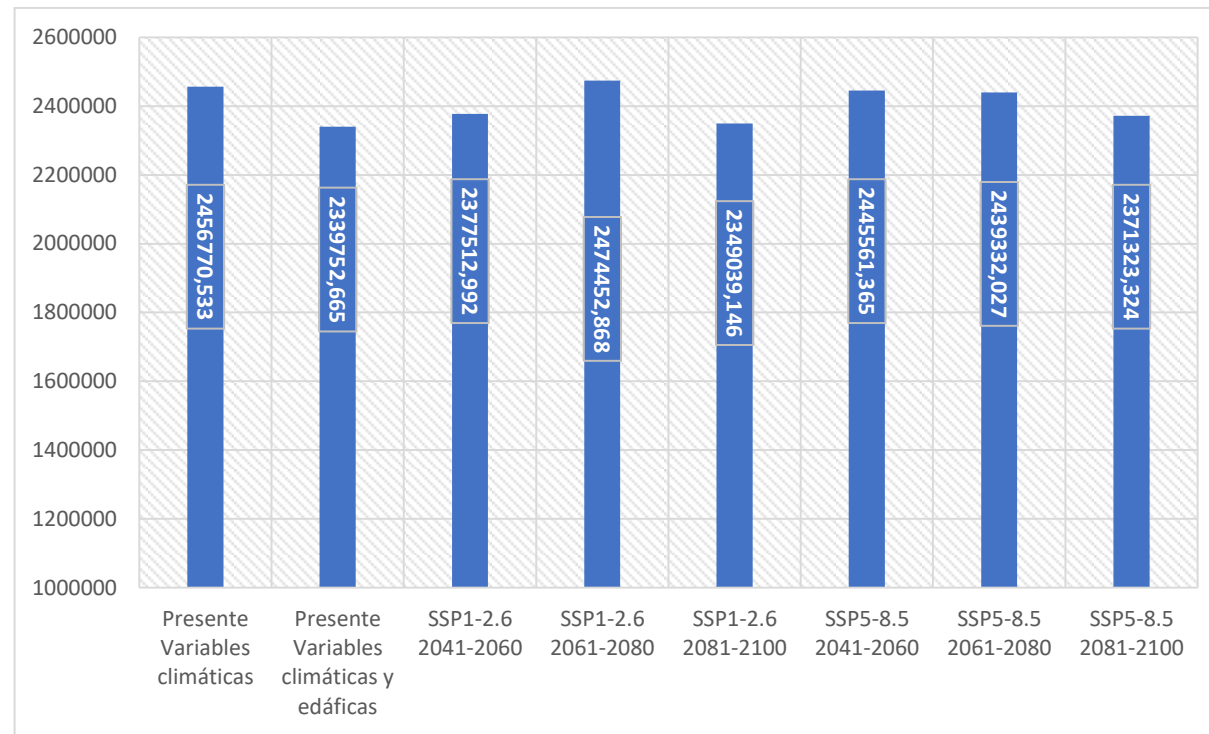


Figura 20. Superficie (km²) del area de distribución predicha de *G. decorticans* en los distintos escenarios presentes y futuros.

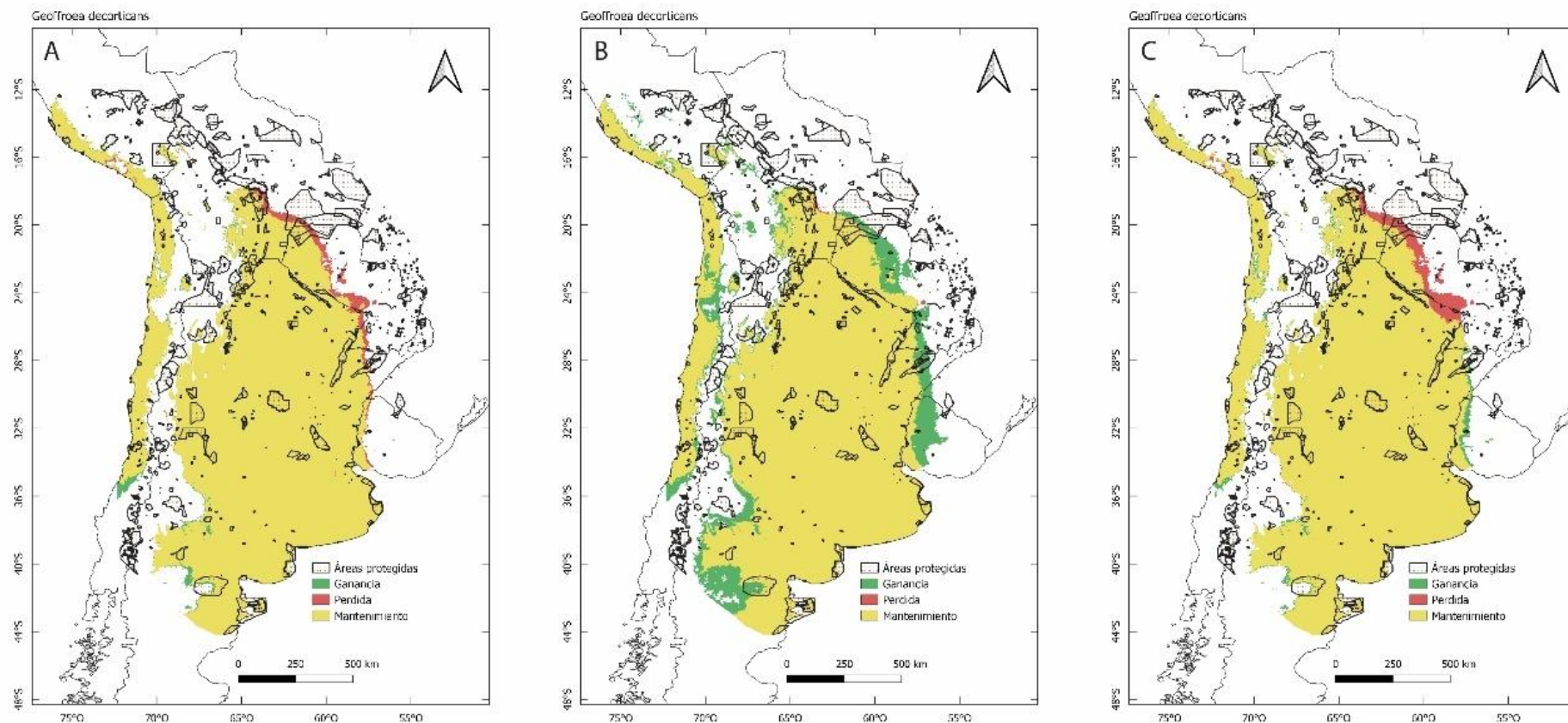


Figura 21. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *G. decorticans*. MCG MIROC6, SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

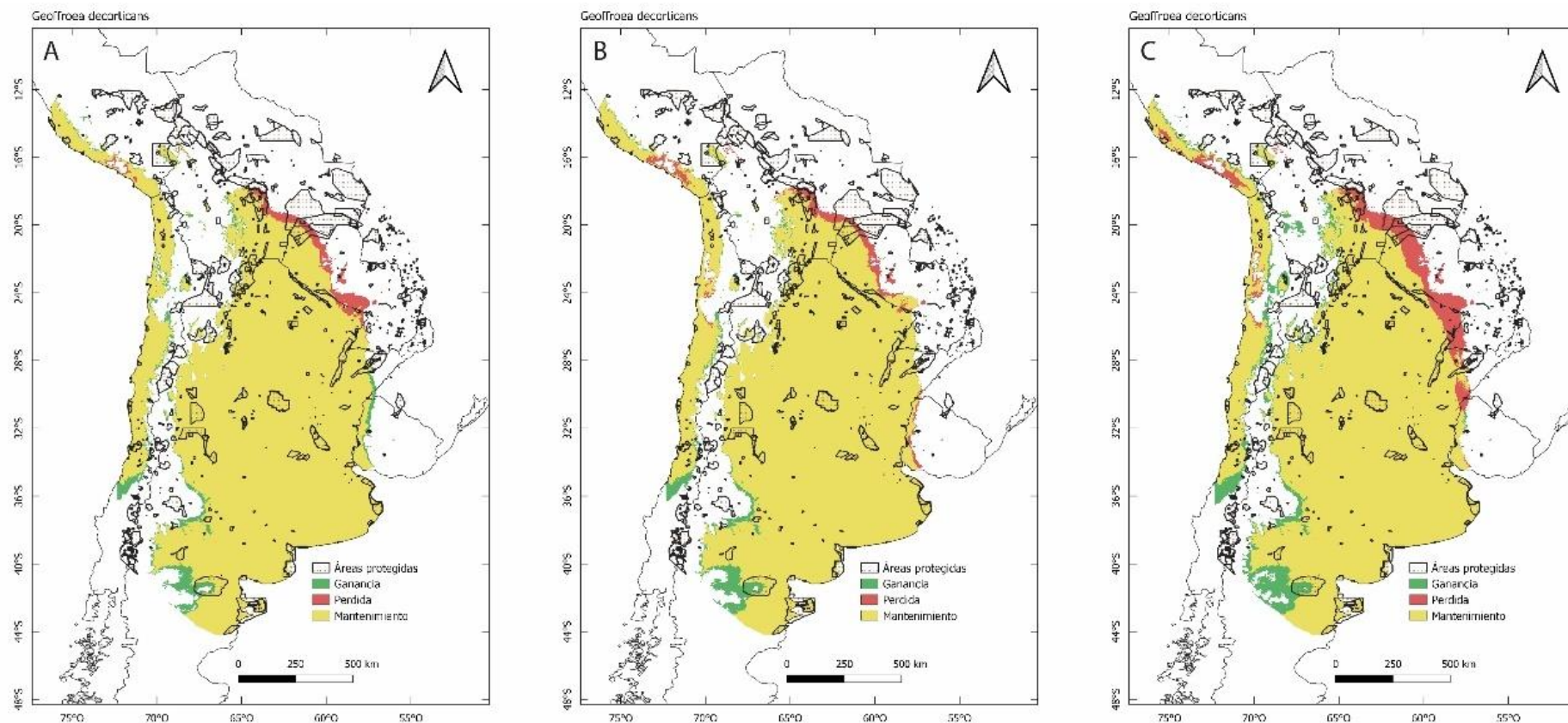


Figura 22. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *G. decorticans*. MCG MIROC6, SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

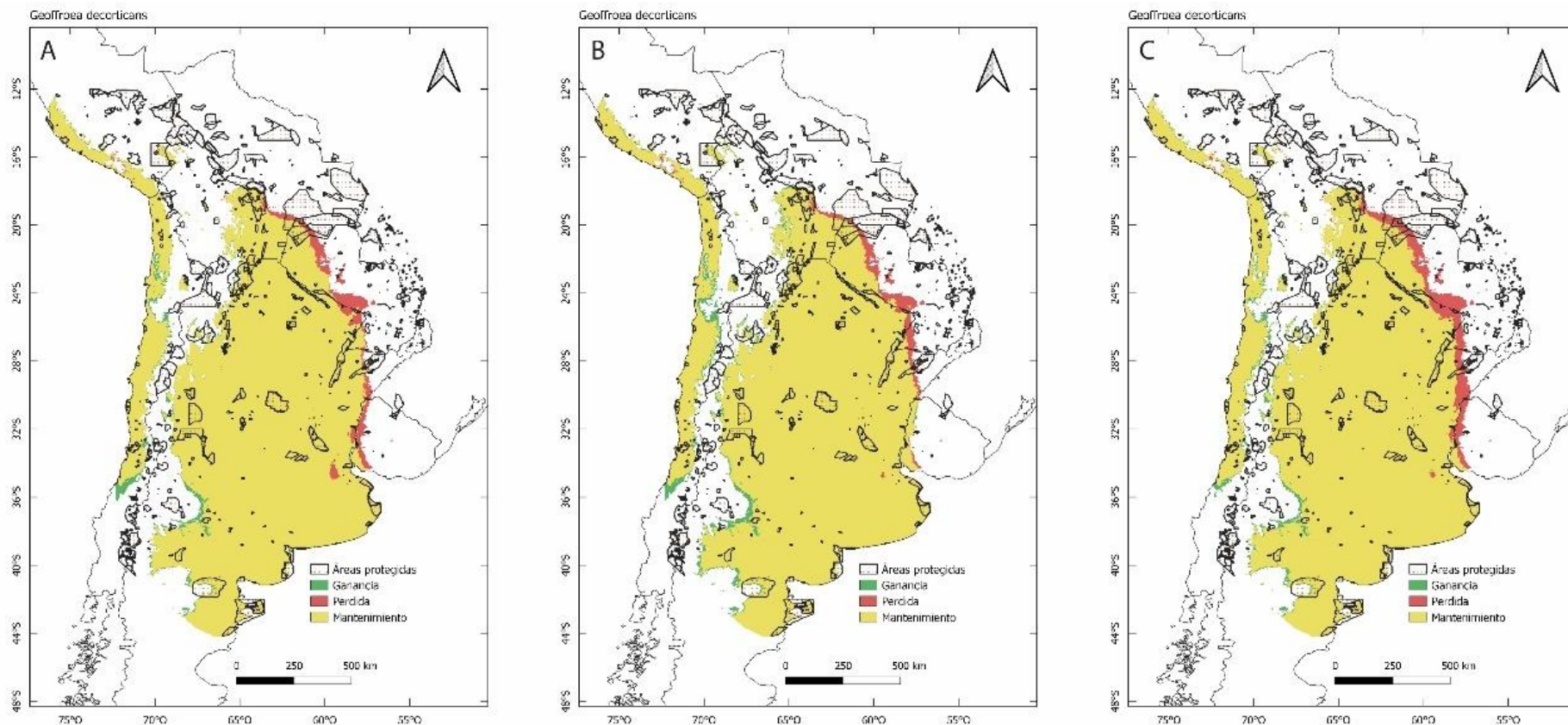


Figura 23. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estable de *G. decorticans*. MCG MRI-ESM2-0, SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

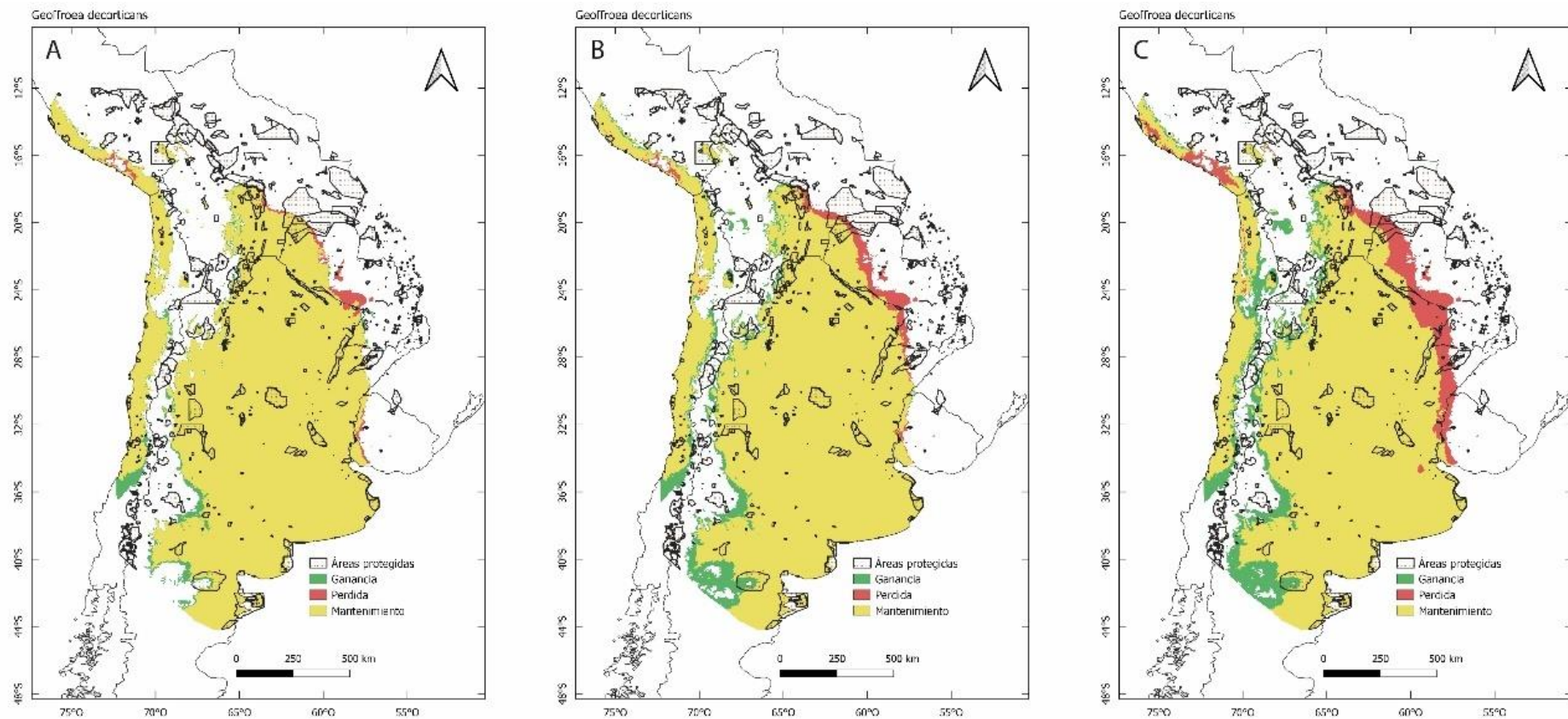


Figura 24. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *G. decorticans*. MCG MRI-ESM2-0, SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

Finalmente, en *S. mistol* (Fig. 25), se aprecia un ligero aumento hacia el E del área de probabilidad de ocurrencia de la especie. En el escenario SSP5-8.5 del modelo de circulación MIROC6 (Fig. 26) el óptimo climático se desplaza hacia el S y se aprecia que el área de mayor probabilidad de ocurrencia se retrae hacia el Gran Chaco boliviano y paraguayo, pero aumenta hacia el centro-oeste de Argentina.

En el escenario SSP1-2.6 del modelo de circulación global MRI-ESM2-0 (Fig. 27), en general el área de probabilidad de ocurrencia se mantiene en el tiempo, aumentando ligeramente hacia el S. Asimismo, se aprecia un aumento del área de mayor probabilidad en el centro de Argentina.

En el escenario pesimista del modelo de circulación MRI-ESM2-0 (Fig. 28) se aprecia un aumento en el tiempo hacia el sur del área de probabilidad de ocurrencia; mientras que el área de mayor probabilidad va disminuyendo en el Chaco boliviano y paraguayo, mientras que aumenta hacia el centro y O de la Argentina.

En esta especie, en particular en el escenario SSP1-2.6 a corto plazo (2041-2060) se evidencia una pequeña pérdida neta del área de probabilidad de ocurrencia, mientras que a mediano plazo (2061-2080) la pérdida es más pronunciada (1.101.705,189 km²), sin embargo, a largo plazo (2081-2100) la superficie total del área vuelve a aumentar (Fig. 29). Para el escenario pesimista SSP5-8.5 la proyección a corto plazo es de una disminución del área potencial de la especie, no obstante, esto se ve revertido en el escenario a mediano y largo plazo, llegando a recuperar casi la totalidad de la superficie que tiene en el presente (Figs. 30 a 33).

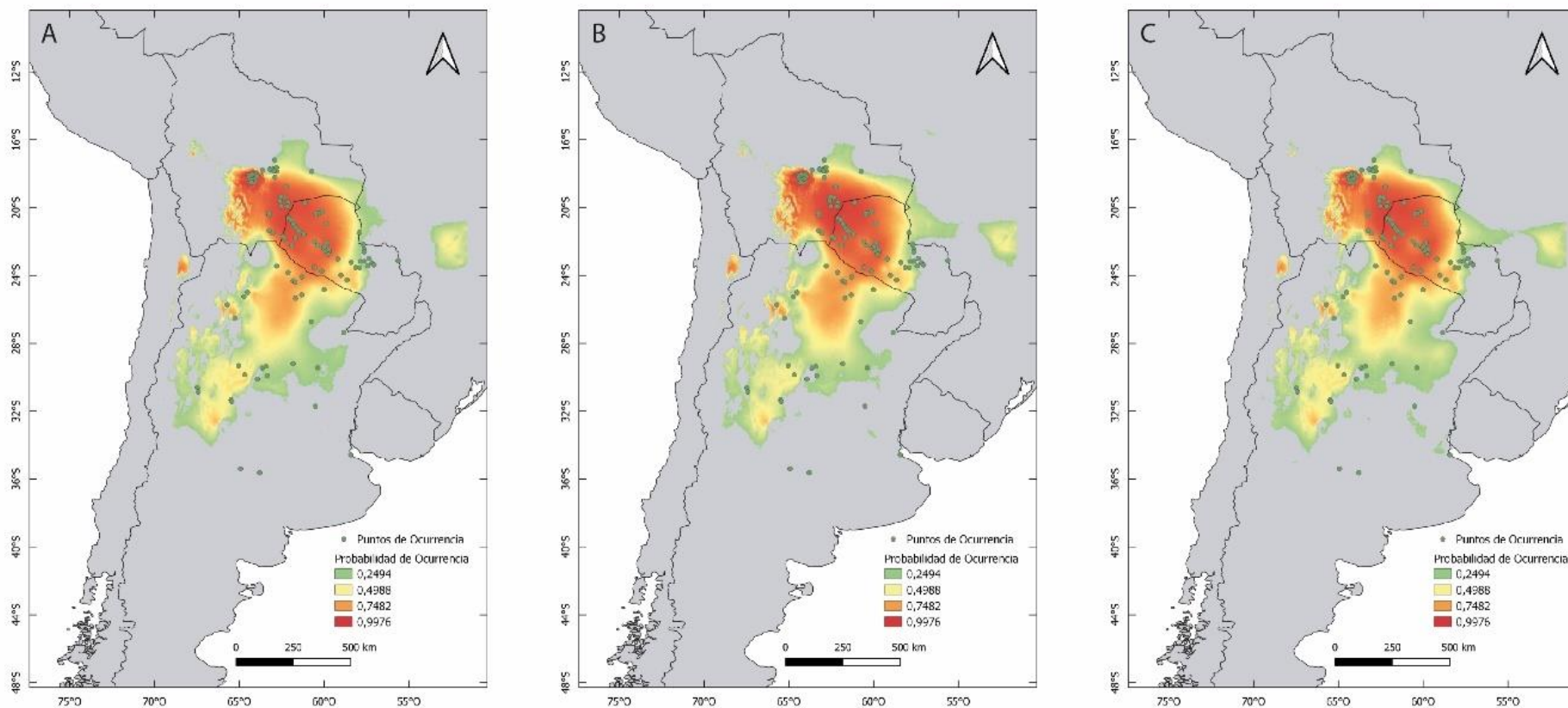


Figura 25. Distribución potencial de *S. mistol* en el futuro según MCG MIROC6 escenario SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

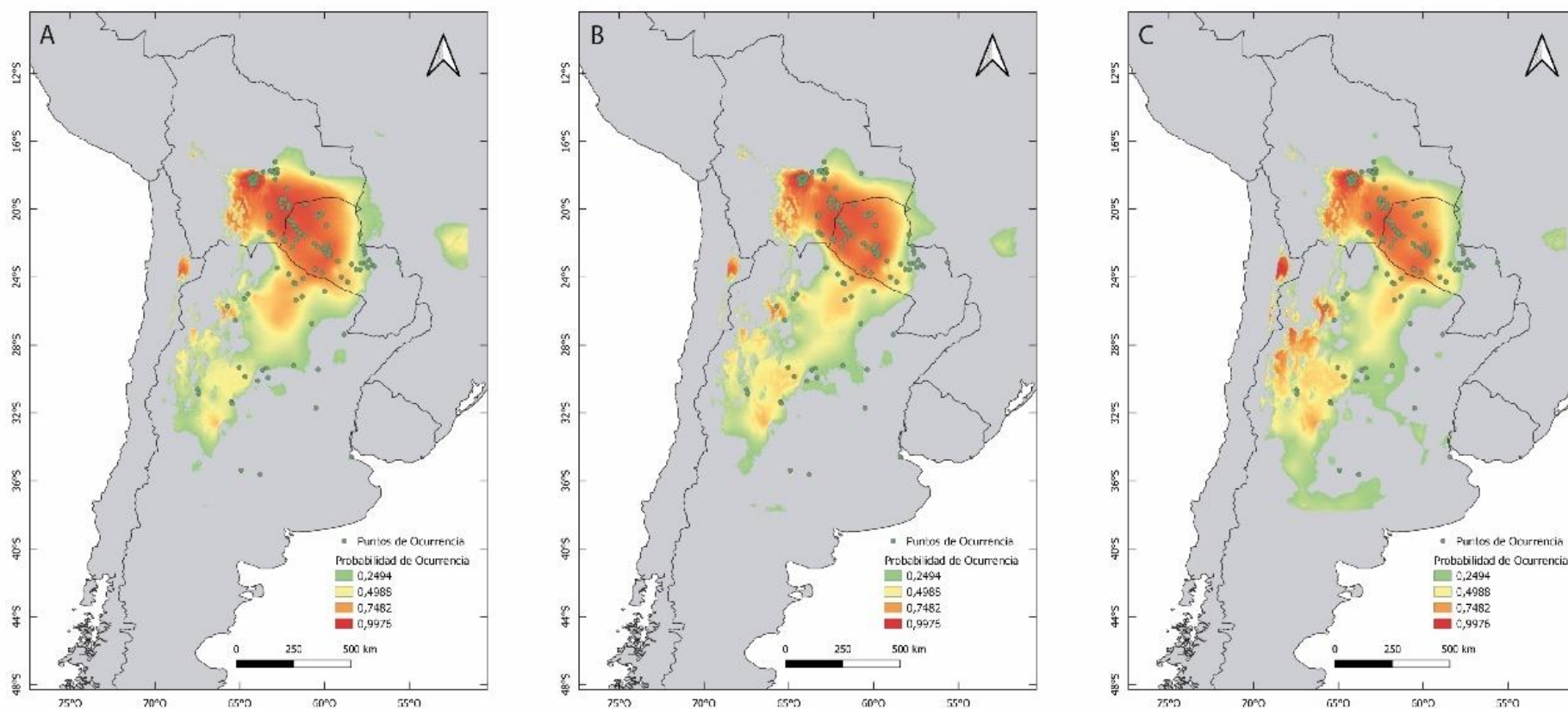


Figura 26. Distribución potencial de *S. mistol* en el futuro según el MCG MIROC6, escenario SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

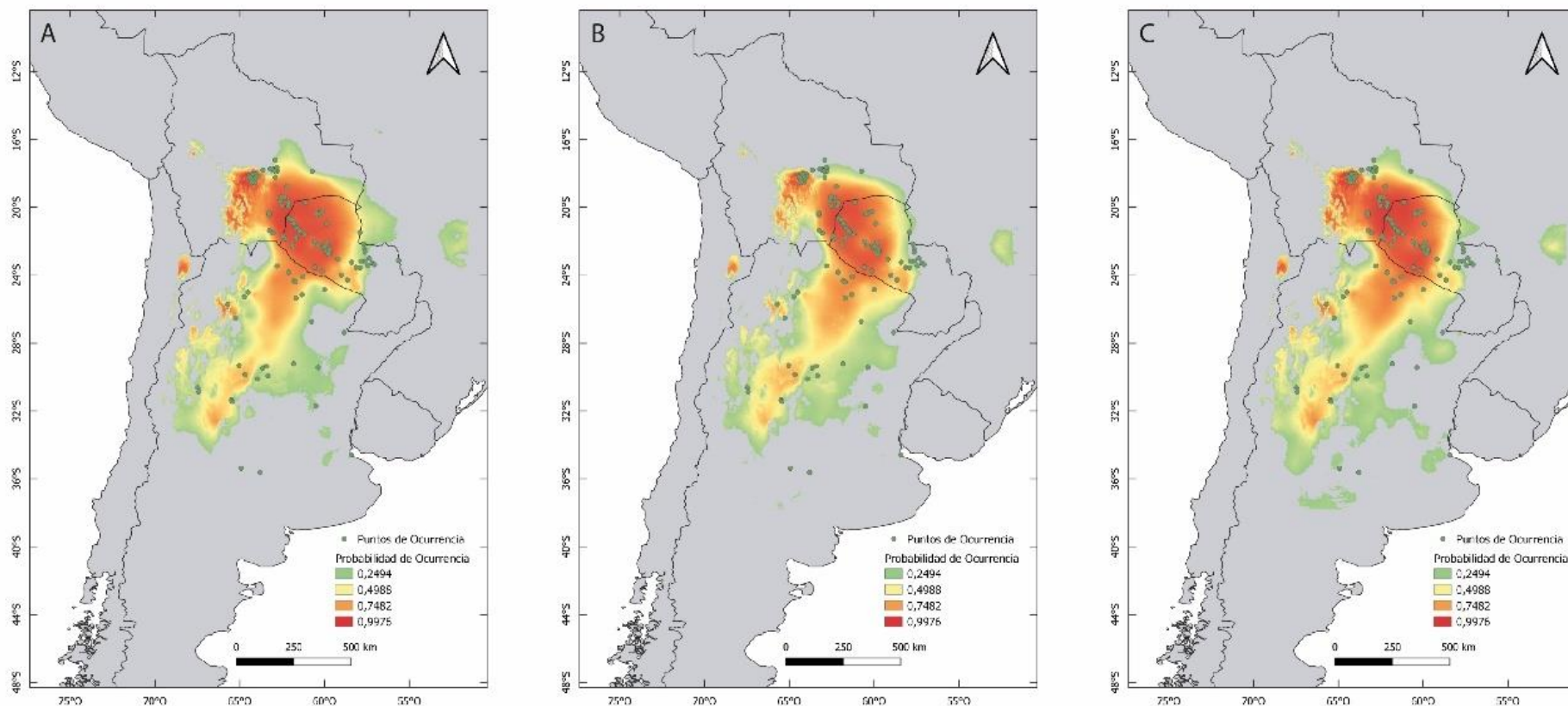


Figura 27. Distribución potencial de *S. mistol* en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

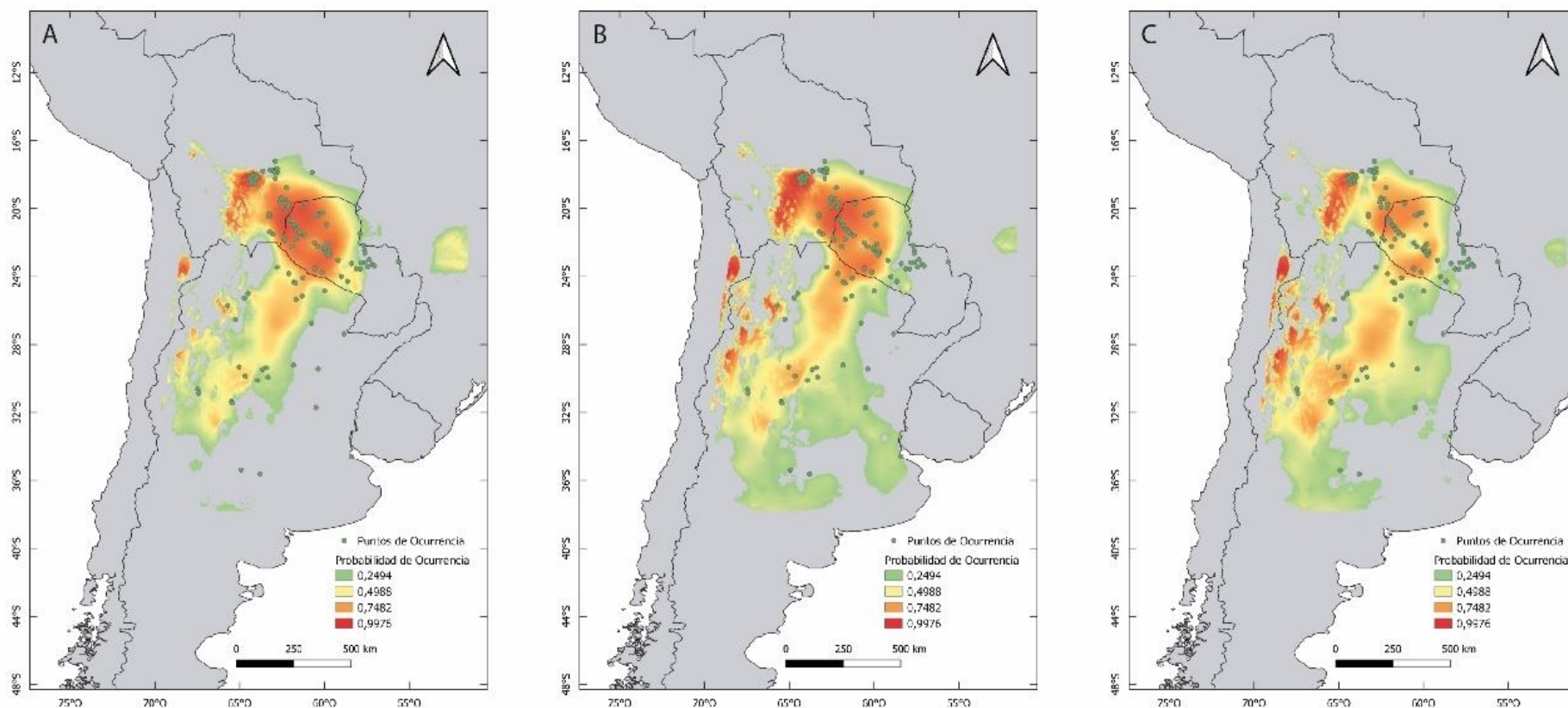


Figura 28. Distribución potencial de *S. mistol* en el futuro según el MCG MRI-ESM2-0, escenario SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

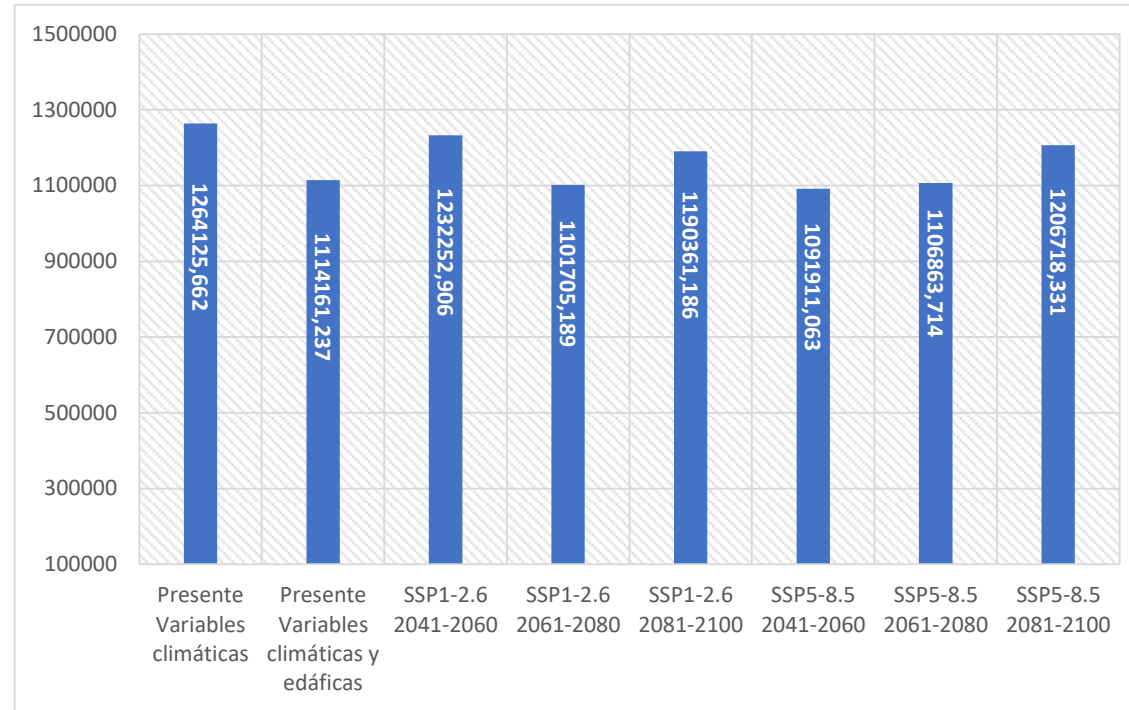


Figura 29. Superficie (km²) del area de distribución predicha de *S. mistol* en los distintos escenarios presentes y futuros.

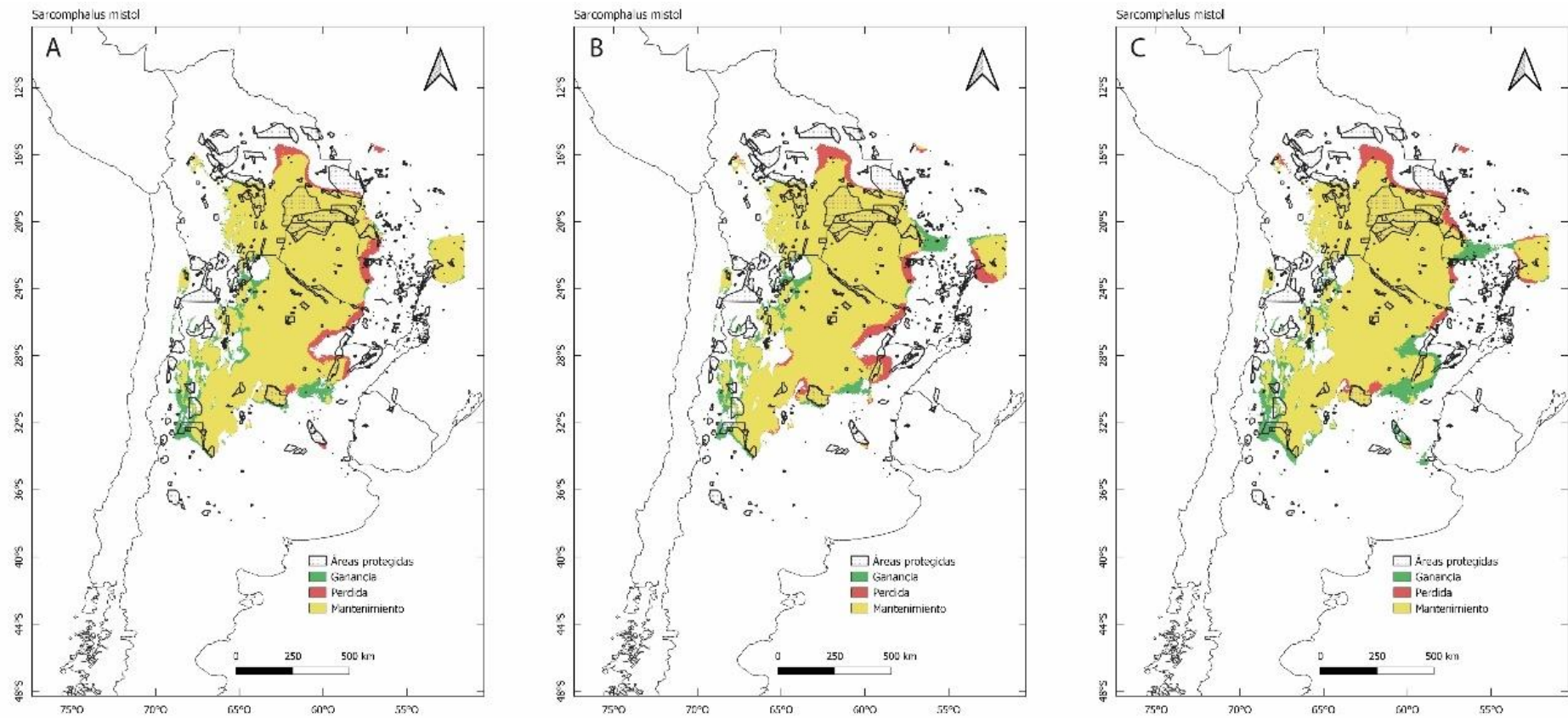


Figura 30. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *S. mistol*. MCG MIROC6, SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

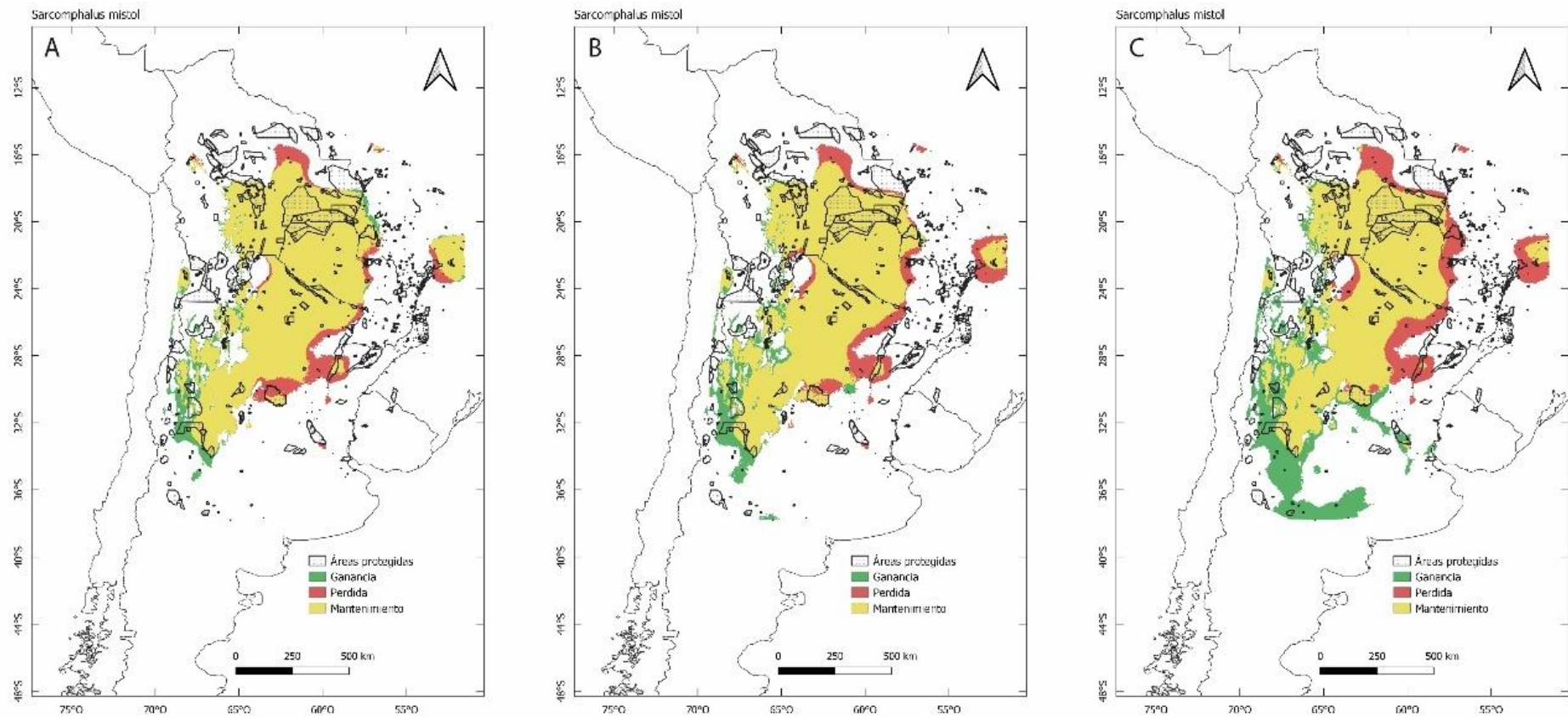


Figura 31. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *S. mistol*. MCG MIROC6, SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

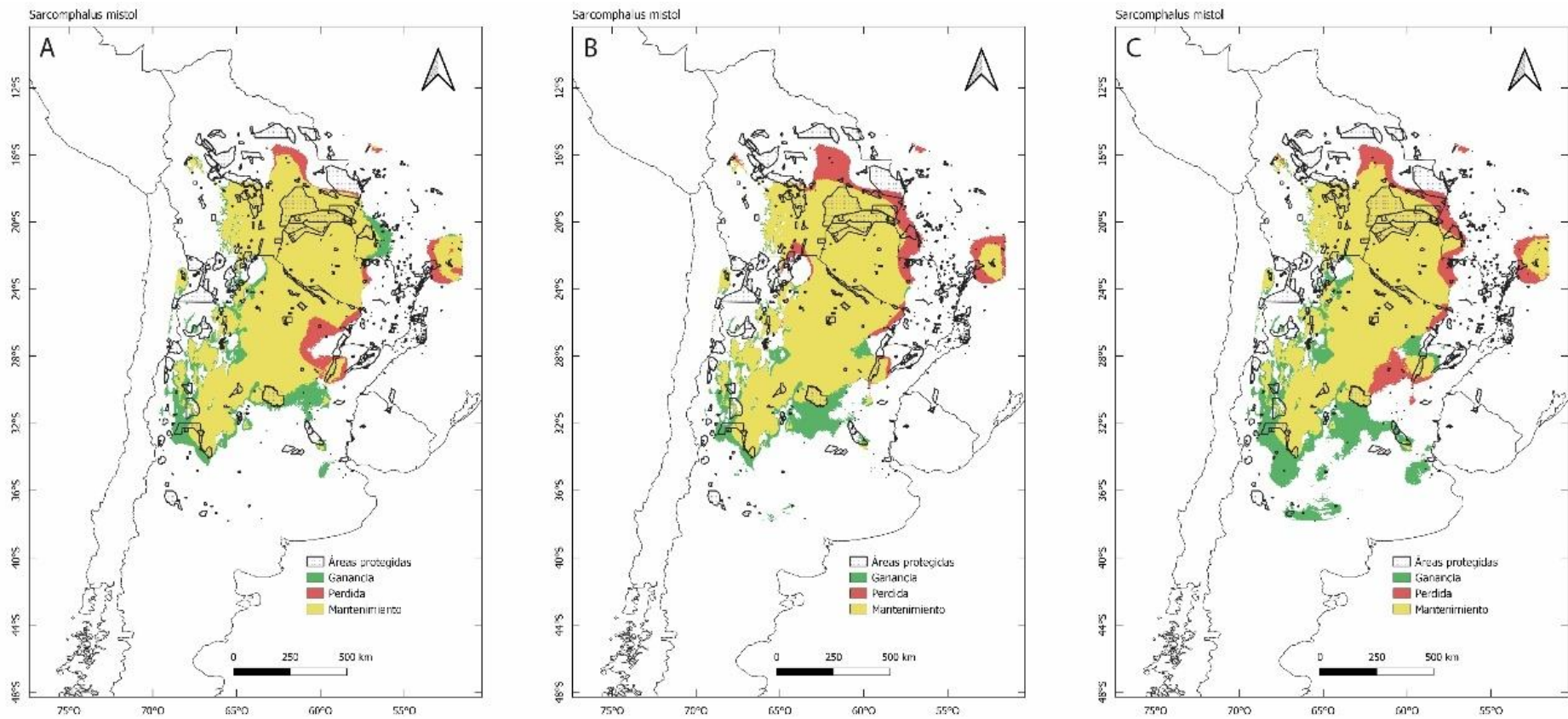


Figura 32. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *S. mistol*. MCG MRI-ESM2-0, SSP1-2.6. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

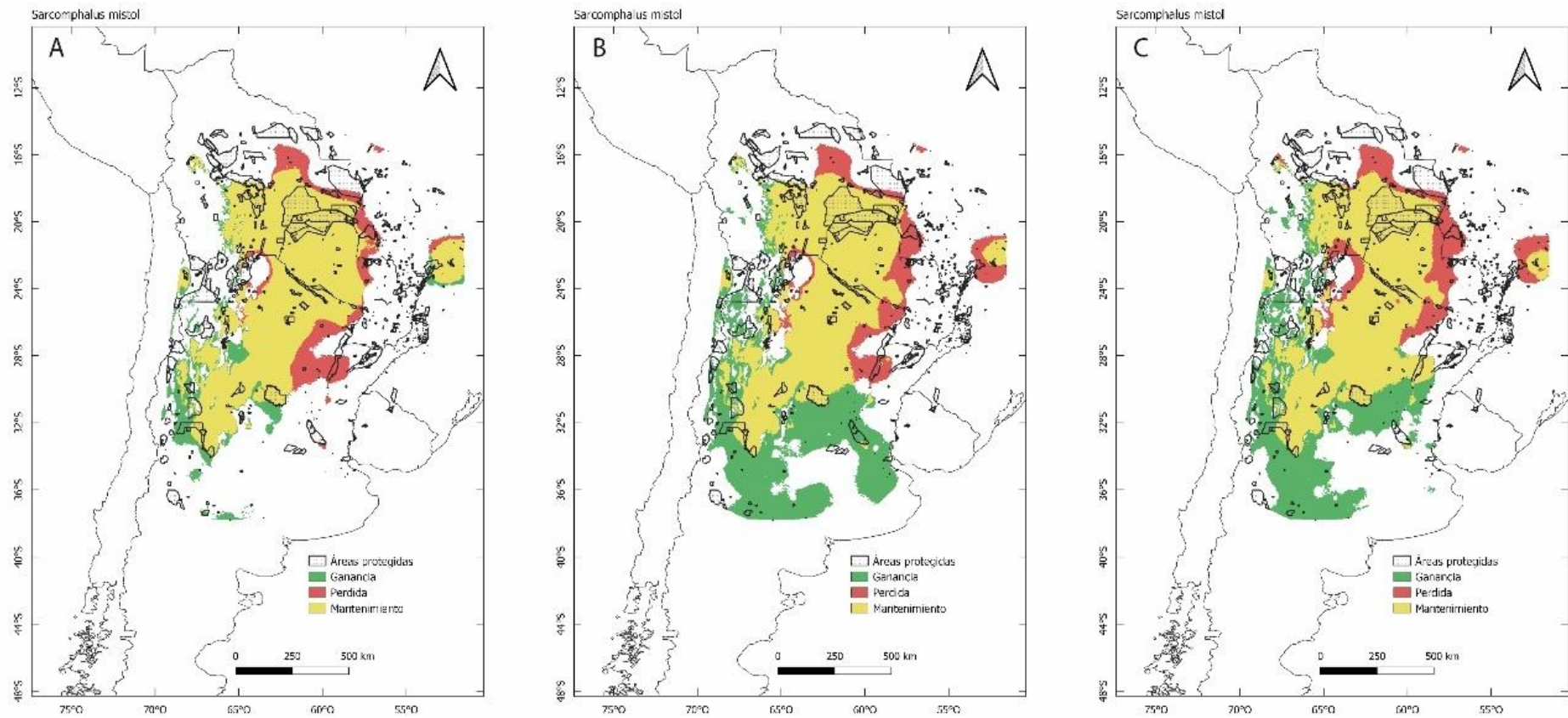


Figura 33. Mapas de áreas ganadas, perdidas y estables de *S. mistol*. MCG MRI-ESM2-0, SSP5-8.5. A, Período 2041-2060. B, Período 2061-2080. C, Período 2081-2100.

Conservación:

El número de áreas protegidas (APs) y la superficie de las mismas por país que se encuentra comprendida en el área predicha de las especies estudiadas se resume en la Tabla 6 y en el Anexo Tabla 6. Asimismo, la proporción del área de distribución potencial de dichas especies que se encuentra en áreas protegidas y desprotegidas se muestra en las Figs. 34 y 35. *Geoffroea decorticans* es la especie con una mayor superficie de su área predicha protegida (216.786,4 km²), se encuentra presente en un número mayor de áreas protegidas (353) y es la única especie cuya distribución está comprendida en áreas protegidas de los 7 países (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Perú, Paraguay y Uruguay) incluidos en el área modelada. Sin embargo, *C. praecox* es de las especies estudiadas la que presenta el mayor porcentaje (17,21%) del total de su área predicha para el presente en áreas protegidas. Finalmente, *S. mistol* es la especie en estudio que presenta menos áreas protegidas, aún así su superficie protegida alcanza el 15% de su área predicha.

Si bien Argentina es el país con el mayor número de áreas protegidas, Bolivia presenta un mayor porcentaje de áreas protegidas que incluyen parte de la distribución potencial de *C. praecox* y *S. mistol* (Fig. 35).

Tabla 6. Número de áreas protegidas (APs) y superficie total de las mismas por país que se encuentran comprendida en el área predicha de las especies estudiadas.

	<i>C. praecox</i>		<i>G. decorticans</i>		<i>S. mistol</i>	
País	N° de APs	Superficie total (km ²)	N° de APs	Superficie (km ²)	N° de APs	Superficie (km ²)
Argentina	72	461.66,05	203	145.171,03	63	42.623,31
Bolivia	74	82.443,18	37	28.542,95	74	77.507,32
Brasil	32	11.652,04	1	16,09	21	9.415,24
Chile	19	2.584,91	73	7.639,79	4	1.006,63
Perú	0	0	14	7.737,93	0	0
Paraguay	22	65.351,73	20	27.479,67	38	67.543,38
Uruguay	0	0	5	198,94	0	0
Total en el área predicha	219	208.197,91	353	216.786,40	200	198.095,88

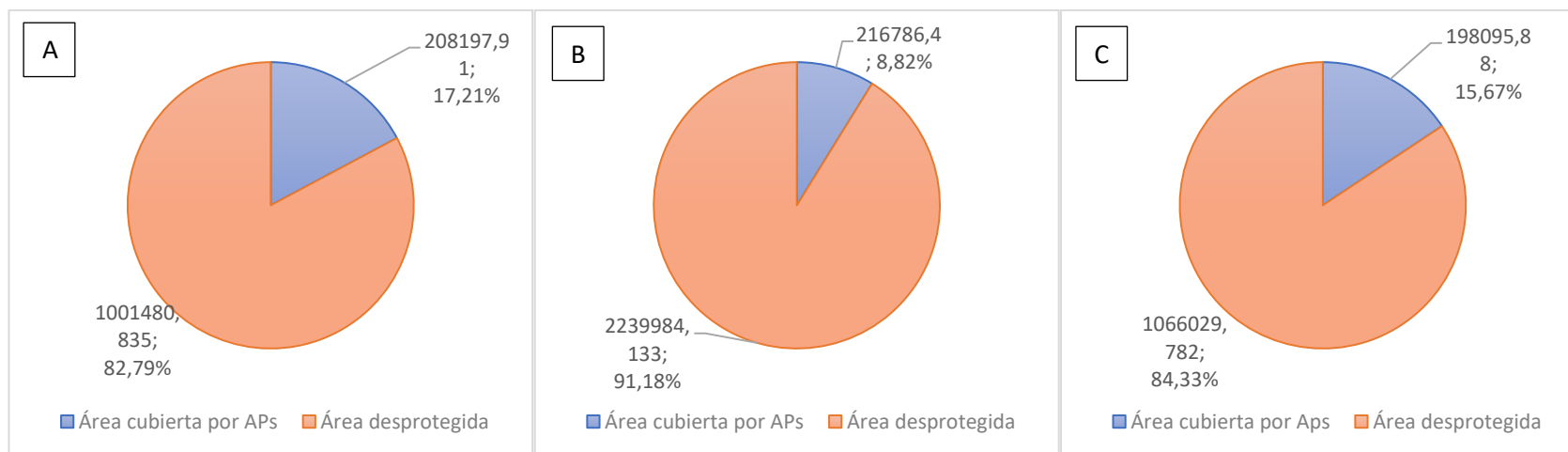


Figura 34. Superficie en km² y proporción del área de distribución potencial de las especies estudiadas que se encuentra en áreas protegidas y desprotegidas. A, *C. praecox*, B, *G. decorticans*, C, *S. mistol*.

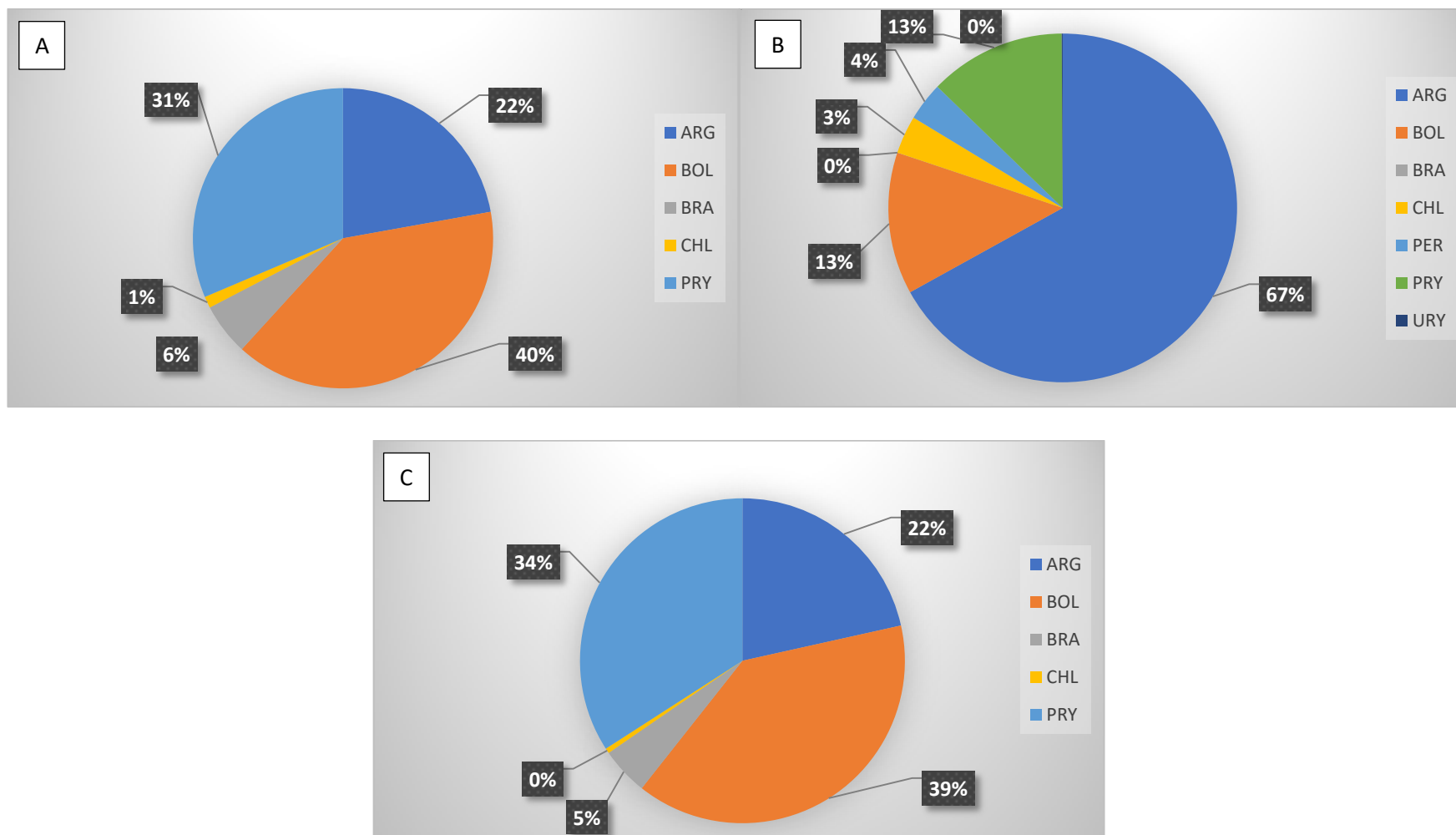


Figura 35. Porcentaje de las áreas protegidas de cada país comprendida en las áreas predichas de las especies estudiadas. **A, C. *praecox*, B, G. *decorticans*, C, S. *mistol*.**

Discusión

En este Trabajo Final de Graduación se analiza por primera vez la distribución potencial de *Cercidium praecox*, *Geoffroea decorticans* y *Sarcomphalus mistol*, tres especies forestales no maderables del Gran Chaco, mediante el modelado de nicho ecológico basado en datos climáticos y edáficos. Los resultados de estos análisis permitieron evaluar el impacto del cambio ambiental (presente y futuro) sobre la distribución de dichas especies e identificar áreas prioritarias para la conservación de las mismas en el Chaco Semiárido.

Distribución actual:

El área de mayor probabilidad de ocurrencia de *G. decorticans*, *C. praecox* y *S. mistol* se encuentra en el Gran Chaco, principalmente en el Chaco boliviano y paraguayo. Sin embargo, de las tres especies analizadas, *G. decorticans* es la que tiene la mayor distribución en el gradiente latitudinal del área de estudio. En general, las áreas de ocurrencia de las especies son continuas, aunque *G. decorticans* se distribuye en dos áreas disyuntas a ambos lados de la cordillera de los Andes.

En el Gran Chaco, la existencia de gradientes, latitudinales y longitudinales, de temperatura y humedad, las diferencias en la estacionalidad, así como las características geomorfológicas, topográficas y edáficas influyen en la distribución de las especies y de las comunidades vegetales (Oyarzabal et al., 2018). Dichos factores pueden actuar de manera combinada y expresarse diferencialmente a distintas escalas espaciales y temporales. A escala regional el clima es generalmente el principal factor limitante, mientras que, a escala local, la distribución de especies y comunidades puede estar condicionada por las características geomorfológicas y edáficas (Lindeman, 1942; Southwood, 1987).

Los resultados obtenidos en este trabajo demostraron que las variables bioclimáticas, como ser, la temperatura mínima del mes más frío y las precipitaciones del mes más seco, influyen significativamente en la distribución de las tres especies estudiadas. Asimismo, al incorporar las variables edáficas a los modelos, el área de probabilidad de ocurrencia de las especies disminuye ligeramente, sugiriendo que las características edáficas, en particular el pH y el contenido de arena y arcilla, también influyen en la distribución de dichas especies, aunque la contribución de las variables climáticas sería mayor que la de las variables edáficas. Los resultados aquí obtenidos sustentan lo propuesto en estudios previos (Morello et al., 2012; Oyarzabal et al., 2018) que sugieren que las distintas unidades de vegetación del Gran Chaco están asociadas a diferentes tipos de suelo. Por ejemplo, el Bosque abierto freatofítico de *Prosopis flexuosa*, *Prosopis chilensis* y *Geoffroea decorticans* se desarrolla en suelos arcillo-limosos, mientras que ciertos bosques semiabiertos de xerófitas dominados por *S. mistol*, entre otras especies típicas, se asocian a suelos arenosos (Oyarzabal et al., 2018).

Por otra parte, el cambio en el uso y la cobertura del suelo, puede conducir a un proceso de fragmentación del área de las especies, afectando además la estructura y la dinámica de los

ecosistemas (Tabarelli et al., 2010; Campos-Krauer & Wisely, 2011; Medina et al., 2016), en especial los forestales (Manzanilla-Quñones et al., 2019). En el Gran Chaco, la tala selectiva de bosques y el avance de la frontera agro-ganadera ha disminuido y fragmentado profundamente el hábitat de las especies leñosas (Morello et al., 2012). Esta fragmentación y perturbación del ambiente puede tener implicancias adversas para la viabilidad y conservación de las especies. Los resultados aquí obtenidos evidenciaron que tanto el efecto del cambio de uso como de la cobertura del suelo afectaron la distribución potencial de las especies estudiadas, aunque, en general, el efecto del cambio de uso de suelo tuvo un impacto mayor que el cambio de cobertura de suelo cuando fueron usados por separados. Asimismo, ambas variables afectaron de distinta manera la distribución potencial de cada una de las especies estudiadas. En *G. decorticans* la reducción del área modelada fue mayor que en las otras dos especies, mientras que en *S. mistol* no se produjo un cambio evidente en el área de ocurrencia de la especie como resultado del cambio de uso y de la cobertura del suelo. Para finalizar, *C. praecox* obtuvo un resultado intermedio al agregar las capas de uso y cobertura de suelo, manteniendo su área de probabilidad de ocurrencia, pero mostrando áreas favorables fragmentadas más pequeñas.

Escenarios Futuros:

A lo largo de la historia evolutiva, las especies han estado expuestas a cambios climáticos. Sin embargo, en la actualidad, el ritmo de esos cambios supera por mucho a las fluctuaciones del pasado. El cambio climático es un fenómeno global que ha causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos, y ha sido documentado desde la mitad del siglo XX (IPCC, 2014; Manzanilla-Quñones et al., 2019).

Los efectos del cambio climático sobre las comunidades y las especies es motivo de preocupación para la comunidad científica de todo el mundo (IPCC, 2014; Manzanilla-Quñones et al., 2019). El aumento de la temperatura y los cambios en las precipitaciones proyectados a futuro podrían afectar de diversas maneras a las especies. Los cambios drásticos podrían afectar la distribución de las especies y la diversidad de las comunidades, siendo perjudiciales para la conservación y funcionamiento de los ecosistemas (Quesada-Quirós et al., 2017). En este sentido, los modelos de nicho ecológico han sido de utilidad para realizar predicciones sobre los posibles efectos del calentamiento global (Campos-Krauer & Wisely, 2011; Quesada-Quirós et al., 2017). De acuerdo con las proyecciones del clima a futuro, muchas especies verían reducidas sus áreas de distribución ante tales modificaciones en el clima. Las especies contemporáneas tendrían tres posibles alternativas: tolerar las alteraciones climáticas, desaparecer o cambiar sus áreas de distribución actuales (Campos-Krauer & Wisely, 2011; Manzanilla-Quñones et al., 2019).

Las tres especies aquí estudiadas (*C. praecox*, *G. decorticans* y *S. mistol*) son resistentes a la sequía y a otros estreses ambientales (Ávila et al., 2014; Cerino et al., 2015; Franco & Camps, 2020) por lo que se podría esperar una respuesta similar de las mismas en

los diferentes escenarios climáticos. Sin embargo, los resultados obtenidos revelaron diferentes cambios en las áreas de ocurrencia de dichas especies. *G. decorticans* y *S. mistol* son especies pioneras y, debido a que son resistentes al frío y la sequía en el caso del chañar y al estrés salino y la sequía en el caso del mistol (Cerino et al., 2015). Se hubiera esperado un aumento de la superficie de su área de ocurrencia con el aumento de la temperatura global, sin embargo, las áreas de ambas especies se mantuvieron estables en el tiempo. Por otra parte, *C. praecox* es la única especie estudiada que mostró una clara tendencia al aumento de su área de ocurrencia a lo largo del tiempo; debido posiblemente a su capacidad de crecer y colonizar ambientes con suelos pobres o degradados (Razavi, 2019). Chacoff y colaboradores (2004) investigaron los efectos de la fragmentación sobre la cantidad de semillas abortadas, depredadas y sanas de *C. praecox*. Los resultados mostraron que la fragmentación no causaba el aumento de semillas abortadas, pero si se observó un aumento de polinizadores exóticos y de tubos polínicos abortados a medida que disminuía el tamaño del parche. Por lo tanto, a pesar de las predicciones de incremento de la superficie del área de distribución de esta especie a futuro, los efectos de la fragmentación sobre las interacciones que ocurren a nivel de las semillas podrían influir sobre su éxito reproductivo (Chacoff et al., 2004).

En general, al comparar los modelos de circulación MIROC6 y MRI-ESM2-0, se aprecia que los cambios en el último de los modelos son mucho más drásticos. La reducción del área de probabilidad de ocurrencia de las especies en comparación al área actual ocurre a mediano plazo (2061-2080) o largo plazo (2081-2100). Asimismo, en las tres especies se aprecia una tendencia al desplazamiento hacia el sur de los óptimos climáticos, y a una pérdida de superficie hacia el nordeste, en particular en *G. decorticans* y en *S. mistol*.

Conservación:

El Gran Chaco posee el segundo bosque continuo más grande de Sudamérica, luego de la Selva Amazónica, y representa un Activo importante para la conservación de la biodiversidad a escala continental (Medina et al., 2016). Sin embargo, es una región que está sufriendo una rápida y expansiva alteración, siendo los bosques chaqueños los segundos ecosistemas sudamericanos con mayor tasa de deforestación absoluta. Además, la mayor parte de los bosques y pastizales del Gran Chaco argentino han sido convertidos al uso agrícola; mientras que las presiones económicas amenazan con aumentar la deforestación y el sobrepastoreo del Chaco de Paraguay y Bolivia (Campos-Krauer & Wisely, 2011). Por este motivo, los bosques chaqueños son considerados un ecosistema en peligro de extinción y con alto valor de conservación debido a la presencia de especies endémicas (Campos-Krauer & Wisely, 2011).

Las especies forestales no maderables, como las tres especies aquí estudiadas, desempeñan un papel importante en la vida diaria y en el bienestar de millones de personas en todo el mundo. La población rural, en particular, depende de estos productos como fuentes de alimentación, forraje, medicinas, gomas, resinas y materiales de construcción. Además de contribuir a satisfacer las necesidades cotidianas de esa población, proporcionan empleo, así

como ingresos (FAO, 2002). A pesar de la actual tasa de destrucción del hábitat y del valor ecosistémico del Gran Chaco el sistema de áreas protegidas es escaso e ineficiente en la mayor parte de su extensión, por ejemplo, sólo el 2% del Chaco Seco argentino está protegido bajo algún tipo de legislación (Medina et al., 2016).

Además, los datos de MNE junto con el análisis de la distribución de la diversidad genética son fundamentales para caracterizar la geografía de la vulnerabilidad de las especies. Estos análisis combinados contribuyen a la definición de estrategias de conservación que consideren tanto las áreas de baja diversidad genética como las áreas de alta diversidad genética amenazadas por el cambio ambiental actual (Soliani et al., 2017; Sistri et al., 2021; Sunny et al., 2022).

Los datos obtenidos en este trabajo evidenciaron la escasa superficie del área de ocurrencia de las especies estudiadas que se encuentra actualmente protegida (menos del 20%), en particular *G. decorticans* que, a pesar de ser la especie con la mayor superficie predicha, es también la especie con la menor superficie comprendida en áreas protegidas (menos del 10%). Por otra parte, las especies estudiadas no están o están mal categorizadas en las bases de datos como PlaneAr o UICN. *Cercidium praecox* (= *Parkinsonia praecox*), está incluida en la categoría de preocupación menor (LC), i.e. no se conoce el tamaño de la población de esta especie, pero se supone que es grande, aunque se encuentra en disminución continua de la superficie, extensión y/o calidad de hábitat. En el caso de *G. decorticans*, especie considerada como LC, no se cuenta con información acerca de su distribución, solo comenta que “se sabe que *G. decorticans* está presente en varias zonas protegidas y las semillas han sido recogidas y almacenadas por el Proyecto del Banco de Semillas del Milenio como método de conservación ex situ” (UICN, 2022). Finalmente, no se cuenta con ningún tipo de información sobre *S. mistol* (= *Ziziphus mistol*).

La información del análisis de modelado de nicho ecológico junto con el análisis de la distribución de la diversidad genética es fundamental para caracterizar la geografía de la vulnerabilidad de las especies y definir estrategias e identificar áreas valiosas de conservación (Soliani et al., 2017; Sistri et al., 2021; Sunny et al., 2022). Sin embargo, a la falta de información sobre la ecología, morfología, anatomía y fisiología de *C. praecox*, *G. decorticans* y *S. mistol* (Ávila et al., 2014), se suma la escasez de datos sobre la variabilidad y estructura genética de estas especies. La única información disponible se refiere a algunas poblaciones chilenas de *G. decorticans* (Contreras Diaz et al., 2018; Contreras Diaz et al., 2019) y a poblaciones de *S. mistol* del centro de Argentina (Tomas et al., 2017). No obstante, las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia de *C. praecox*, *G. decorticans* y *S. mistol* se superponen en la región del Gran Chaco, en particular en la triple frontera Paraguay-Bolivia-Argentina. Dicha área favorable en general permanece estable en los modelos proyectados a futuro y en dicha región el número y superficie de áreas protegidas es baja. Sería necesario establecer nuevos espacios naturales protegidos o ampliar los límites de los ya existentes en dicha región. Un análisis futuro sobre la variabilidad y estructura genética de las poblaciones representativas

de toda el área de distribución de estas especies en combinación con los resultados aquí obtenidos contribuirá a una mejor definición de estrategias de conservación que consideren, no solo las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia, sino además las áreas de baja diversidad genética y las áreas de alta diversidad genética amenazadas por el cambio ambiental actual.

Los resultados obtenidos en este Trabajo Final de Graduación sentarán las bases para los análisis en curso de modelado de nicho ecológico en escenarios climáticos pasados, que permitan modelar la paleodistribución de las especies aquí estudiadas y de esta forma obtener información sobre sus rangos de distribución históricos. La comparación de la distribución histórica con la distribución potencial actual, permitirá inferir cómo las condiciones climáticas del pasado afectaron a las especies; y así establecer posibles rutas de expansión, contracción y/o fragmentación de sus rangos de distribución. Finalmente, la comparación de los patrones de distribución de especies codistribuidas permite discernir si los cambios en la distribución y el tamaño de las poblaciones son producto de factores extrínsecos que afectan a las comunidades vegetales del Gran Chaco, o a factores propios de cada organismo.

Conclusión

El modelado de nicho ecológico resultó ser una metodología muy útil para conocer la distribución potencial y las áreas de mayor probabilidad de ocurrencia de *C. praecox*, *G. decorticans* y *S. mistol*, así como para predecir la distribución de las mismas en escenarios futuros de cambio climático.

Además, los datos generados en este trabajo son de gran importancia para la conservación de las especies, ya que permitieron identificar áreas donde la probabilidad de ocurrencia de las tres especies es muy alta y que además permanecieron estables aún en los modelos futuros más pesimistas, por lo que deberían ser consideradas para establecer nuevos espacios naturales protegidos o ampliando los límites de los ya existentes.

Bibliografía

- Arnold, M. & Ruíz-Pérez, M. 2001. Can Non-Timber Forest Products Match Tropical Forest Conservation and Development Objectives? *Ecological Economics* 39: 437-447.
- Ávila, E., Almeida, J. D. & Tezara, W. 2014. Ecophysiological and anatomic comparison of photosynthetic tissues of *Cercidium praecox* (Ruiz & Pav. ex Hook.) Harms (Fabaceae, Caesalpinioideae). *Acta Botanica Venezuelica* 37 (1): 59-76.
- Barve, N. 2008. Tool for Partial-ROC, ver 1.0. Biodiversity Institute, Lawrence, KS
- Bertuzzi, M. A., Slavutsky, A. M., & Armada, M. 2012. Physicochemical characterisation of the hydrocolloid from Brea tree (*Cercidium praecox*). *International Journal of Food Science & Technology* 47(4): 768-775.
- Biani N., Vesprini J. & Prado D. 2004. Conocimiento sobre el gran Chaco Argentino en el siglo XX. En: Arturi M., Frangi J., Goya J. (Eds.) *Ecología y Manejo de los bosques de Argentina*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-Facultad de Cs Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata.
- Brown A., Martínez Ortiz U., Acerbi M. & Corcuera J. (eds.). 2006. La situación ambiental argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires. 586 pp.
- Campos-Krauer, J. M. & Wisely, S. M. 2011. Deforestation and cattle ranching drive rapid range expansion of capybara in the Gran Chaco ecosystem. *Global Change Biology* 17(1): 206-218.
- Cardozo, M. L., Ordóñez, R. M., Alberto, M. R., Zampini, I. C., & Isla, M. I. 2011. Antioxidant and anti-inflammatory activity characterization and genotoxicity evaluation of *Ziziphus mistol* ripe berries, exotic Argentinean fruit. *Food Research International*, 44(7), 2063-2071.
- Carranza C. A., Peri P. L., Navall M. (Eds). 2019. Manual de Indicadores para Monitoreo de Planes Prediales MBGI Región Parque Chaqueño.
- Chacoff, N. P., Morales, J. M., & Vaquera, M. del P. 2004. Efectos de la Fragmentation Sobre la Aborcion y Depredacion de Semillas en el Chaco Serrano. *Biotropica*, 36(1), 109–117. doi:10.1111/j.1744-7429.2004.tb00301.x
- *Cercidium praecox* (Ruiz & Pav.) Harms in GBIF Secretariat (2021) GBIF.org (18 April 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.8pw2cx>
- Cerino, M. C., Richard, G. A., Torretta, J. P., Gutiérrez, H. F., & Pensiero, J. F. 2015. Reproductive biology of *Ziziphus mistol* Griseb. (Rhamnaceae), a wild fruit tree of saline environments. *Flora-morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 211, 18-25.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica, Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. Metas de Aichi para la Diversidad Biológica. <http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-EN.pdf>
- Costa, M. da S. G., Batista, R. de C., & Gurgel-Gonçalves, R. 2014. Predicting geographic distributions of *Phacellodomus* species (Aves: Furnariidae) in South America based on ecological niche modeling. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 36(3), 299-306. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v36i3.22165>
- Contreras Díaz, R. C., Saavedra, V. P., & Cruces, F. A. 2018. Genetic diversity of *Geoffroea decorticans*, a native woody leguminous species from Atacama Desert in Chile. *Bosque*, 39(2), 321-332.
- Contreras Díaz, R. C., Saavedra, V. P., & Cruces, F. A. 2019. Microsatellites reveal a high genetic differentiation among native *Geoffroea decorticans* populations in Chilean Atacama Desert. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 54: 225-240.
- De la Peña, G. & Illsley, C. 2001. Los productos forestales no maderables: su potencial económico, social y de conservación. En: *Ecología*, 27 de Agosto de 2001. <http://www.jornadaunam.mx/2001/08/27eco-a.html>
- Demaio, P. H., Medina, M., & Karlin, U. O. 2002. *Árboles nativos del centro de Argentina*.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A.,

- Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. McC., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K. S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M. S. & Zimmermann, N. E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Eriksson, G., Namkoong, G., & Roberds, J. H. 1993. Dynamic gene conservation for uncertain futures. *Forest Ecology and Management*, 62(1-4), 15-37.
 - FAO. 1991. Non-Wood Forest Products: the Way Ahead. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. <http://www.fao.org/docrep/T0431E00.htmcontents>.
 - Fick, S. E. & Hijmans, R. J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315.
 - Franco, F. & Camps, G. A. 2020. La aplicación de modelos de distribución de especies para la realización de inferencias arqueológicas. Una ejemplificación a partir de *Geoffroea decorticans* en el área Sudcalchaquí (Noroeste, Argentina). *Intersecciones en Antropología*, 21(2), 131-144.
 - *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart in GBIF Secretariat (2021). GBIF.org (18 April 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.aqjema>
 - Gimenez A.M. & Moglia J.G. 2003. Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina.
 - Ginzburg, R., Adámoli, J., Herrera, P., & Torrella, S. 2005. Los Humedales del Chaco: clasificación, inventario y mapeo a escala regional. *Miscelánea* 14: 121-138.
 - Godoy, R. A. & Bawa, K. S. 1993. The Economic Value and Sustainable Harvest of Plants and Animals from the Tropical Forest: Assumptions, Hypotheses, and Methods. *Economic Botany* 47: 215-219.
 - Gorleri M.C. 2005. Caracterización climática del Chaco Húmedo. Di Giácomo A. (Eds.), Temas de Naturaleza y Conservación 4: 13–25. Monografía de Aves Argentinas. Bs As.
 - Hamrick, J.L. 2004. *Forest Ecology and Management* 197: 323–335.
 - Hengl, T., de Jesus, J. M., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B., Ribeiro, E., & Gonzalez, M. R. 2014. SoilGrids1km—global soil information based on automated mapping. *PLoS one*, 9(8), e105992.
 - Hengl, T., Mendes de Jesus, J., Heuvelink, G. B., Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one*, 12(2), e0169748.
 - Herrera P. & Martinez Ortiz U. 2005. En: A Brown et al. (eds.), La situación Ambiental Argentina 2005. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina. 94-97p.
 - Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G. & Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
 - Honorable Cámara de Diputados de la Nación (HCDN). 2007. Ley N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Boletín Oficial de la República Argentina N° 31.310.
 - Honorable Cámara de Diputados de la Nación (HCDN). 2013. Ley N° 18.284 del Código Alimentario Argentino.
 - iNaturalist contributors, iNaturalist. 2022. iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ab3s5x> accessed via GBIF.org on 2022-02-11. <https://www.gbif.org/occurrence/3112889546>.
 - iNaturalist contributors, iNaturalist. 2022. iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ab3s5x> accessed via GBIF.org on 2022-02-11. <https://www.gbif.org/occurrence/3399418226>.
 - IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. IPCC, Ginebra, Suiza.
 - IPCC. 2014. *Summary for policymakers In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA,).*
 - Iriondo M.H. 1992. El Chaco. Holoceno. *Cadina* 1: 50–63.

- Karra, K., Kontgis, C., Statman-Weil, Z., Mazzariello, J. C., Mathis, M., & Brumby, S. P. 2021. Global land use/land cover with Sentinel 2 and deep learning. In *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS* (pp. 4704-4707). IEEE.
- Kass, J. M., Vilela, B., Aeillo-Lammens, M. E., Muscarella, R., & Anderson, R. P. 2017. *Wallace: A modular platform for reproducible ecological modeling* (Version 0.6. 3).
- Kuemmerle T., Altrichter G., Baldi G., Cabido M., Camino M., Cuellar E., Cuellar R., Decarre J., Díaz S., Gasparri I., Pizarro G., Ginzburg R., Giordano A., Grau H., Jobbágy E., Leynaud G., Macchi L., Mastrangelo M., Matteucci S., Noss A., Paruelo J., Piquer-Rodríguez M., Romero-Muñoz A., Semper-Pascual A., Thompson J., Torrella S., Torres R., Volante J., Yanosky R., Zak M. 2017. *Forest conservation: Remember Gran Chaco. Science* 355: 465–466.
- Ledesma R., Saracco F., Coria R.D., Epstein F., Gomez A., Kunst C., Ávila M. & Pensiero J.F. 2017. Guía de forrajeras herbáceas y leñosas del Chaco Seco: identificación y características para su manejo. Buenas prácticas para una ganadería sustentable. Kit de extensión para el Gran Chaco. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires.
- López Camacho, R. 2008. Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal* 11:215-231.
- Lindeman, R. L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23(4), 399-417.
- Manghi E. et al. 2013. Actas 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano (Iguazú).
- Manzanilla-Quiñones, U., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., & Yerena-Yamallel, J. I. 2019. Distribución actual y futura del bosque subalpino de *Pinus hartwegii* Lindl en el Eje Neovolcánico Transversal. *Madera y bosques* 25(2).
- Maraghni, M. Gorai, M & Neffati, M. 2010. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. *South African Journal of Botany* 76(3): 453-459. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.02.092>.
- Matteucci S.D & Camino M. 2012. Protected Areas Isolation in the Chaco Region, Argentina. *Journal of Geography and Geology* 4(3): 15-28.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Ministerio de Agricultura y Pesca. Presidencia de la Nación. 2015. Segundo Reporte de Argentina al Proceso de Montreal. Reporte Nacional en base a los Criterios e indicadores del Proceso de Montreal.
- Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia del Chaco. Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la Provincia del Chaco.
- Medina, R. G., Ponssa, M. L., & Aráoz, E. 2016. Environmental, land cover and land use constraints on the distributional patterns of anurans: *Leptodactylus* species (Anura, Leptodactylidae) from Dry Chaco. *PeerJ* 4: e2605.
- Morello, J., Matteucci, S. D., Rodriguez, A. F., Silva, M. E., Mesopotámica, P., & Llana, P. 2012. Ecorregiones y complejos Ecosistémicos de Argentina. *Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires*.
- Morello J. & Adámoli J. 1974. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Segunda parte: vegetación y ambiente de la provincia del Chaco. Serie Fitogeográfica N° 13. INTA-Bs As 130p.
- Moro, A. V. I., Bravo, S. J., Abdala, N. R., Borghetti, F., Chaib, A. M., & Galetto, L. 2021. Heat shock effects on germination and seed survival of five woody species from the Chaco region. *Flora* 275: 151751.
- Naumann M. 2006. Atlas del Gran Chaco Sudamericano. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). ErreGé & Asoc. Buenos Aires. 92 pp.
- Noss R.F. 2001. *Cons Biol* 15:578–590.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V., Underwood, E. C., & Kassem, K. R. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on EarthA new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933-938.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2002. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000 - Informe Principal.
- Oyarzabal, M., Clavijo, J. R., Oakley, L. J., Biganzoli, F., Tognetti, P. M., Barberis, I. M. & Leon, R. J. C. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina.
- Pearson R.G., Raxworthy C.J., Nakamura M., Peterson A.T. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Perroni-Ventura, Y., Montaña, C., & García-Oliva, F. 2006. Relationship between soil nutrient availability and plant species richness in a tropical semi-arid environment. *Journal of Vegetation Science* 17(6): 719-728.
- Peterson, A. T., & Nakazawa, Y. 2008. Environmental data sets matter in ecological niche modelling: an example with *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri*. *Global ecology and Biogeography* 17(1): 135-144.
- Phillips S., Anderson R., Schapire R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell.* 190: 231-259.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Dudík M., Schapire R.E., Blair M. 2017. Opening the black box: an open-source release of MaxEnt. *Ecography* 40: 887-893.
- Proceso de Montreal. 2003. Primer Informe Forestal General del Proceso de Montreal e Informes Nacionales de los Países http://www.mpci.org/rep-pub/2003/contents_s.html.
- QGIS Development Team. 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Quesada-Quirós, M., Acosta-Vargas, L. G., Arias-Aguilar, D., & Rodríguez-González, A. 2017. Modelación de nichos ecológicos basado en tres escenarios de cambio climático para cinco especies de plantas en zonas altas de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(34), 01-12.
- Razavi, S. M. (Ed.). 2019. *Emerging natural hydrocolloids: rheology and functions*. John Wiley & Sons.
- Redford KH, Sanderson SE. 2000. Extracting Humans from Nature. *Conservation Biology* 14: 1362-1364.
- Rio. 1992. Alianza sobre indicadores de biodiversidad (BIP). 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional. PNUMA World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, Reino Unido. 40pp.
- *Sarcomphalus mistol* (Griseb.) Hauenschild in GBIF Secretariat (2021). GBIF.org (18 April 2021) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.knnqks>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2007. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Parque Chaqueño. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR 1998-2005. Pág 1 a 87.
- Siga. 2022. ARBOREA. Arborea. <http://arborea.proyungas.org.ar/especie/205#/>
- Silva, R. A., López de Ruiz, R. E., & Ruiz, S. O. 2004. Estudio fitoquímico de flores de *Geoffroea decorticans* (Gill. ex Hook. et Arm.) Burk, Leguminosae (Fabaceae). *Acta Farmaceutica Bonaerense* 23.
- Sistri, G., Menchetti, M., Santini, L., Pasquali, L., Sapianti, S., Cini, A. & Dapporto, L. 2021. The isolated *Erebia pandrose* Apennine population is genetically unique and endangered by climate change. *Insect Conservation and Diversity*, 15(1), 136-148.
- Soliani, C., Umaña, F., Mondino, V. A., Thomas, E., Pastorino, M. J., Gallo, L. A. & Marchelli, P. 2017. *Zonas genéticas de lenga y ñire en Argentina. Y su aplicación en la conservación y manejo de los recursos forestales*. Ediciones INTA.
- Southwood, D. J. 1987. The ionospheric signature of flux transfer events. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 92(A4), 3207-3213.
- Sunny, A., López-Sánchez, M., Ramírez-Corona, F., Suárez-Atilano, M., González-Fernández, A. 2022. *Genetic diversity and functional connectivity of a critically endangered salamander*. *Biotropica* 54:42-56.
- Tabarelli, M., Aguiar, A. V., Ribeiro, M. C., Metzger, J. P. & Peres, C. A. 2010. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, 143(10), 2328-2340.

- The Nature Conservancy (TNC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DESDELCHACO) y Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). 2005. Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano (Gran Chaco Americano Ecorregional Assessment). Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Tomas, P. A., Zietz, R., & Cerino, M. C. 2017. Análisis de diversidad genética en *Ziziphus mistol* griseb. mediante marcadores moleculares ISSR. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 16(1), 153-162.
- IUCN. 2021. IUCN Red List of Threatened Species (ver. 2021.3). Available at: <http://www.iucnredlist.org>. (Accessed: 15 March 2022).
- UNEP-WCMC and IUCN. 2022. Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) and World Database on Other Effective Area-based Conservation Measures (WD-OECM) [Online], January 2022, Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN. Available at: www.protectedplanet.net.
- Wiens, J. J., & Graham, C. H. 2005. Niche Conservatism: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36(1): 519-539.
- Zak, M. R., Cabido, M., Cáceres, D., & Díaz, S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environmental management*, 42(2), 181-189.

Anexo

Tabla 1. Puntos de ocurrencia (coordenadas geográficas) de las especies estudiadas utilizados para realizar los modelos de nicho ecológico

Nombre	Longitud	Latitud	País	Provincia/Departamento
<i>Cercidium praecox</i>	-65,26	-29,38	Argentina	Catamarca
	-61,87	-25,13	Argentina	Chaco
	-60,42	-25,40	Argentina	Chaco
	-61,17	-26,52	Argentina	Chaco
	-65,17	-30,80	Argentina	Córdoba
	-64,80	-30,73	Argentina	Córdoba
	-65,06	-30,71	Argentina	Córdoba
	-64,45	-31,12	Argentina	Córdoba
	-61,85	-23,90	Argentina	Formosa
	-64,92	-35,39	Argentina	La Pampa
	-67,11	-29,94	Argentina	La Rioja
	-67,60	-28,87	Argentina	La Rioja
	-63,53	-23,36	Argentina	Salta
	-66,18	-24,93	Argentina	Salta
	-64,50	-25,00	Argentina	Salta
	-65,83	-25,98	Argentina	Salta
	-65,39	-25,24	Argentina	Salta
	-64,83	-25,92	Argentina	Salta
	-69,46	-31,56	Argentina	San Juan
	-65,30	-26,60	Argentina	Tucumán
	-65,97	-26,53	Argentina	Tucumán
	-64,75	-26,50	Argentina	Tucumán
	-64,32	-18,73	Bolivia	Chuquisaca
	-62,52	-19,92	Bolivia	Santa Cruz
	-64,27	-18,51	Bolivia	Santa Cruz
	-63,95	-18,11	Bolivia	Santa Cruz
	-62,54	-19,40	Bolivia	Santa Cruz
	-62,58	-19,58	Bolivia	Santa Cruz
	-62,10	-19,70	Bolivia	Santa Cruz
	-62,33	-19,42	Bolivia	Santa Cruz
	-62,30	-18,77	Bolivia	Santa Cruz
	-64,59	-18,08	Bolivia	Santa Cruz
	-62,13	-19,93	Bolivia	Santa Cruz
	-57,67	-21,70	Brasil	Mato Grosso do Sul
	-57,95	-22,28	Paraguay	Alto Paraguay
	-60,35	-22,35	Paraguay	Boquerón
	-61,88	-22,38	Paraguay	Boquerón
	-60,95	-21,77	Paraguay	Boquerón
	-60,02	-21,68	Paraguay	Boquerón
	-60,66	-23,18	Paraguay	Boquerón
	-61,68	-21,80	Paraguay	Boquerón
	-60,61	-22,03	Paraguay	Boquerón
	-61,58	-22,68	Paraguay	Boquerón
	-62,43	-21,70	Paraguay	Boquerón
	-59,82	-22,35	Paraguay	Boquerón

	-59,95	-22,03	Paraguay	Boquerón
	-59,86	-23,66	Paraguay	Presidente Hayes
	-60,13	-23,75	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,17	-23,20	Paraguay	Presidente Hayes
	-59,75	-22,65	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,59	-23,95	Paraguay	Presidente Hayes
<i>Geoffroea decorticans</i>	-62,98	-40,78	Argentina	Buenos Aires
	-58,92	-34,20	Argentina	Buenos Aires
	-60,22	-33,32	Argentina	Buenos Aires
	-59,49	-33,81	Argentina	Buenos Aires
	-61,87	-38,16	Argentina	Buenos Aires
	-58,54	-34,49	Argentina	Buenos Aires
	-62,19	-38,01	Argentina	Buenos Aires
	-62,66	-39,46	Argentina	Buenos Aires
	-62,29	-38,72	Argentina	Buenos Aires
	-59,14	-33,99	Argentina	Buenos Aires
	-67,48	-28,18	Argentina	Catamarca
	-66,35	-27,53	Argentina	Catamarca
	-65,83	-28,40	Argentina	Catamarca
	-66,35	-28,20	Argentina	Catamarca
	-67,18	-27,69	Argentina	Catamarca
	-65,36	-28,10	Argentina	Catamarca
	-61,32	-25,15	Argentina	Chaco
	-60,74	-27,70	Argentina	Chaco
	-58,99	-27,45	Argentina	Chaco
	-63,59	-33,26	Argentina	Córdoba
	-63,24	-32,42	Argentina	Córdoba
	-64,61	-31,39	Argentina	Córdoba
	-63,83	-30,04	Argentina	Córdoba
	-64,19	-31,39	Argentina	Córdoba
	-64,54	-33,36	Argentina	Córdoba
	-62,17	-32,93	Argentina	Córdoba
	-64,35	-32,71	Argentina	Córdoba
	-65,10	-32,08	Argentina	Córdoba
	-65,43	-31,43	Argentina	Córdoba
	-64,25	-31,92	Argentina	Córdoba
	-64,52	-30,85	Argentina	Córdoba
	-62,80	-32,77	Argentina	Córdoba
	-65,06	-30,71	Argentina	Córdoba
	-64,37	-32,30	Argentina	Córdoba
	-59,28	-29,98	Argentina	Corrientes
	-58,29	-27,56	Argentina	Corrientes
	-60,52	-31,82	Argentina	Entre Ríos
	-59,52	-31,87	Argentina	Entre Ríos
	-60,05	-31,67	Argentina	Entre Ríos
	-59,64	-33,01	Argentina	Entre Ríos
	-58,95	-31,38	Argentina	Entre Ríos
	-58,41	-32,86	Argentina	Entre Ríos
	-58,81	-33,00	Argentina	Entre Ríos
	-58,63	-26,23	Argentina	Formosa
	-61,83	-23,90	Argentina	Formosa

	-61,75	-23,62	Argentina	Formosa
	-58,63	-25,20	Argentina	Formosa
	-61,81	-24,31	Argentina	Formosa
	-64,57	-23,73	Argentina	Jujuy
	-64,92	-24,30	Argentina	Jujuy
	-65,80	-23,92	Argentina	Jujuy
	-64,42	-24,03	Argentina	Jujuy
	-65,23	-24,28	Argentina	Jujuy
	-63,59	-35,02	Argentina	La Pampa
	-64,13	-35,70	Argentina	La Pampa
	-63,68	-35,62	Argentina	La Pampa
	-64,26	-36,91	Argentina	La Pampa
	-64,92	-35,39	Argentina	La Pampa
	-63,89	-37,83	Argentina	La Pampa
	-65,58	-38,00	Argentina	La Pampa
	-64,33	-36,61	Argentina	La Pampa
	-65,14	-37,41	Argentina	La Pampa
	-64,01	-36,50	Argentina	La Pampa
	-67,85	-29,89	Argentina	La Rioja
	-68,03	-32,38	Argentina	Mendoza
	-68,82	-33,34	Argentina	Mendoza
	-68,30	-34,61	Argentina	Mendoza
	-69,03	-33,02	Argentina	Mendoza
	-68,59	-32,80	Argentina	Mendoza
	-67,50	-35,52	Argentina	Mendoza
	-69,24	-33,33	Argentina	Mendoza
	-68,51	-33,24	Argentina	Mendoza
	-67,74	-32,26	Argentina	Mendoza
	-67,91	-34,04	Argentina	Mendoza
	-69,13	-33,78	Argentina	Mendoza
	-69,25	-32,41	Argentina	Mendoza
	-64,14	-40,95	Argentina	Río Negro
	-64,70	-40,71	Argentina	Río Negro
	-65,05	-40,77	Argentina	Río Negro
	-65,19	-40,45	Argentina	Río Negro
	-65,49	-40,91	Argentina	Río Negro
	-64,93	-25,83	Argentina	Salta
	-64,95	-25,13	Argentina	Salta
	-63,82	-22,53	Argentina	Salta
	-66,13	-24,88	Argentina	Salta
	-63,85	-25,03	Argentina	Salta
	-65,25	-24,82	Argentina	Salta
	-62,79	-23,45	Argentina	Salta
	-63,67	-22,20	Argentina	Salta
	-65,18	-26,11	Argentina	Salta
	-65,71	-25,91	Argentina	Salta
	-65,57	-25,53	Argentina	Salta
	-65,48	-25,03	Argentina	Salta
	-68,56	-31,52	Argentina	San Juan
	-68,78	-30,19	Argentina	San Juan
	-69,23	-30,40	Argentina	San Juan

	-67,71	-30,27	Argentina	San Juan
	-65,55	-33,65	Argentina	San Luis
	-65,87	-33,32	Argentina	San Luis
	-65,01	-32,41	Argentina	San Luis
	-67,01	-32,50	Argentina	San Luis
	-65,28	-34,71	Argentina	San Luis
	-61,09	-28,78	Argentina	Santa Fe
	-60,74	-31,46	Argentina	Santa Fe
	-61,17	-31,39	Argentina	Santa Fe
	-61,36	-33,68	Argentina	Santa Fe
	-60,48	-28,93	Argentina	Santa Fe
	-60,95	-32,10	Argentina	Santa Fe
	-60,84	-31,74	Argentina	Santa Fe
	-60,62	-32,96	Argentina	Santa Fe
	-61,21	-32,92	Argentina	Santa Fe
	-64,25	-27,71	Argentina	Santiago del Estero
	-64,78	-28,69	Argentina	Santiago del Estero
	-63,97	-28,90	Argentina	Santiago del Estero
	-61,90	-26,18	Argentina	Santiago del Estero
	-63,94	-27,87	Argentina	Santiago del Estero
	-65,29	-26,82	Argentina	Tucumán
	-64,75	-26,50	Argentina	Tucumán
	-65,13	-27,19	Argentina	Tucumán
	-65,74	-26,64	Argentina	Tucumán
	-64,14	-20,63	Bolivia	Chuquisaca
	-64,44	-16,73	Bolivia	Santa Cruz
	-63,20	-17,78	Bolivia	Santa Cruz
	-62,57	-19,44	Bolivia	Santa Cruz
	-64,30	-18,52	Bolivia	Santa Cruz
	-62,90	-18,23	Bolivia	Santa Cruz
	-63,58	-21,17	Bolivia	Tarija
	-64,75	-21,46	Bolivia	Tarija
	-64,13	-21,83	Bolivia	Tarija
	-68,92	-22,46	Chile	Antofagasta
	-67,99	-23,19	Chile	Antofagasta
	-69,57	-24,31	Chile	Antofagasta
	-68,17	-22,65	Chile	Antofagasta
	-68,22	-22,92	Chile	Antofagasta
	-70,33	-18,76	Chile	Arica y Parinacota
	-70,22	-18,50	Chile	Arica y Parinacota
	-70,64	-27,35	Chile	Atacama
	-70,03	-26,41	Chile	Atacama
	-70,33	-27,37	Chile	Atacama
	-71,03	-29,20	Chile	Atacama
	-71,10	-27,97	Chile	Atacama
	-70,00	-27,56	Chile	Atacama
	-70,66	-30,19	Chile	Coquimbo
	-70,64	-29,74	Chile	Coquimbo
	-71,33	-29,97	Chile	Coquimbo
	-70,89	-35,82	Chile	Maule
	-60,30	-20,16	Paraguay	Alto Paraguay

	-60,08	-22,18	Paraguay	Boquerón
	-59,52	-23,71	Paraguay	Presidente Hayes
	-60,12	-23,80	Paraguay	Presidente Hayes
	-57,90	-23,54	Paraguay	Presidente Hayes
	-59,22	-23,22	Paraguay	Presidente Hayes
	-59,57	-23,43	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,50	-24,83	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,17	-23,20	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,59	-23,90	Paraguay	Presidente Hayes
	-71,86	-16,41	Peru	Arequipa
	-74,77	-15,37	Peru	Arequipa
	-72,52	-13,53	Peru	Cusco
	-70,25	-18,02	Peru	Tacna
	-58,04	-32,53	Uruguay	Río Negro
<i>Sarcomphalus mistol</i>	-65,04	-29,31	Argentina	Catamarca
	-61,68	-25,35	Argentina	Chaco
	-58,84	-27,37	Argentina	Chaco
	-61,32	-25,15	Argentina	Chaco
	-60,75	-26,71	Argentina	Chaco
	-63,33	-29,92	Argentina	Córdoba
	-65,49	-31,35	Argentina	Córdoba
	-63,93	-30,11	Argentina	Córdoba
	-65,43	-31,43	Argentina	Córdoba
	-64,67	-29,85	Argentina	Córdoba
	-60,50	-31,71	Argentina	Entre Ríos
	-61,81	-24,31	Argentina	Formosa
	-61,70	-24,40	Argentina	Formosa
	-62,11	-23,82	Argentina	Formosa
	-59,99	-24,84	Argentina	Formosa
	-61,29	-24,07	Argentina	Formosa
	-61,29	-24,07	Argentina	Formosa
	-63,79	-35,64	Argentina	La Pampa
	-64,92	-35,39	Argentina	La Pampa
	-64,72	-25,25	Argentina	Salta
	-65,70	-25,72	Argentina	Salta
	-64,50	-25,00	Argentina	Salta
	-62,79	-23,45	Argentina	Salta
	-67,48	-30,63	Argentina	San Juan
	-67,42	-30,87	Argentina	San Juan
	-60,37	-29,45	Argentina	Santa Fe
	-61,82	-29,22	Argentina	Santa Fe
	-63,64	-29,46	Argentina	Santiago del Estero
	-63,42	-29,37	Argentina	Santiago del Estero
	-65,25	-26,52	Argentina	Tucumán
	-60,72	-17,85	Bolivia	Santa Cruz
	-63,04	-21,50	Bolivia	Tarija
	-62,96	-17,72	Bolivia	Santa Cruz
	-64,22	-18,15	Bolivia	Santa Cruz
	-64,10	-18,03	Bolivia	Santa Cruz
	-62,90	-17,18	Bolivia	Santa Cruz
	-64,43	-18,10	Bolivia	Santa Cruz

	-63,25	-20,45	Bolivia	Santa Cruz
	-62,58	-19,58	Bolivia	Santa Cruz
	-62,10	-19,70	Bolivia	Santa Cruz
	-62,23	-18,77	Bolivia	Santa Cruz
	-64,00	-18,03	Bolivia	Santa Cruz
	-63,07	-17,78	Bolivia	Santa Cruz
	-64,24	-18,05	Bolivia	Santa Cruz
	-63,97	-18,17	Bolivia	Santa Cruz
	-62,53	-19,38	Bolivia	Santa Cruz
	-63,25	-20,33	Bolivia	Santa Cruz
	-64,41	-18,21	Bolivia	Santa Cruz
	-64,29	-18,36	Bolivia	Santa Cruz
	-64,30	-18,52	Bolivia	Santa Cruz
	-62,13	-19,93	Bolivia	Santa Cruz
	-62,78	-17,85	Bolivia	Santa Cruz
	-63,63	-17,80	Bolivia	Santa Cruz
	-62,80	-17,63	Bolivia	Santa Cruz
	-62,52	-19,92	Bolivia	Santa Cruz
	-62,33	-19,42	Bolivia	Santa Cruz
	-62,90	-18,22	Bolivia	Santa Cruz
	-62,95	-17,83	Bolivia	Santa Cruz
	-63,20	-17,74	Bolivia	Santa Cruz
	-64,11	-18,49	Bolivia	Santa Cruz
	-64,12	-18,31	Bolivia	Santa Cruz
	-63,24	-21,36	Bolivia	Tarija
	-57,92	-21,47	Brasil	Mato Grosso do Sul
	-60,12	-20,23	Paraguay	Alto Paraguay
	-60,33	-20,35	Paraguay	Alto Paraguay
	-60,47	-20,38	Paraguay	Alto Paraguay
	-61,12	-19,70	Paraguay	Alto Paraguay
	-55,62	-23,12	Paraguay	Amambay
	-62,32	-21,84	Paraguay	Boquerón
	-59,83	-22,08	Paraguay	Boquerón
	-61,68	-21,80	Paraguay	Boquerón
	-61,63	-21,22	Paraguay	Boquerón
	-61,42	-21,43	Paraguay	Boquerón
	-60,57	-23,53	Paraguay	Boquerón
	-62,43	-21,70	Paraguay	Boquerón
	-59,90	-22,53	Paraguay	Boquerón
	-61,88	-22,22	Paraguay	Boquerón
	-61,95	-20,72	Paraguay	Boquerón
	-60,05	-22,35	Paraguay	Boquerón
	-59,97	-22,30	Paraguay	Boquerón
	-60,38	-22,23	Paraguay	Boquerón
	-61,75	-21,07	Paraguay	Boquerón
	-61,81	-20,95	Paraguay	Boquerón
	-62,08	-20,63	Paraguay	Boquerón
	-61,50	-21,37	Paraguay	Boquerón
	-61,18	-21,58	Paraguay	Boquerón
	-60,58	-22,02	Paraguay	Boquerón
	-59,72	-22,48	Paraguay	Boquerón

	-59,88	-20,94	Paraguay	Boquerón
	-57,18	-23,27	Paraguay	Concepción
	-57,43	-23,43	Paraguay	Concepción
	-57,70	-22,15	Paraguay	Concepción
	-57,62	-23,17	Paraguay	Concepción
	-57,62	-22,62	Paraguay	Concepción
	-57,35	-23,00	Paraguay	Concepción
	-57,05	-23,37	Paraguay	Concepción
	-57,63	-22,43	Paraguay	Concepción
	-59,70	-22,60	Paraguay	Presidente Hayes
	-59,75	-22,75	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,65	-24,27	Paraguay	Presidente Hayes
	-60,13	-23,75	Paraguay	Presidente Hayes
	-59,00	-24,00	Paraguay	Presidente Hayes
	-57,83	-23,17	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,39	-23,24	Paraguay	Presidente Hayes
	-58,13	-23,53	Paraguay	Presidente Hayes
	-59,19	-23,04	Paraguay	Presidente Hayes
	-57,90	-23,54	Paraguay	Presidente Hayes

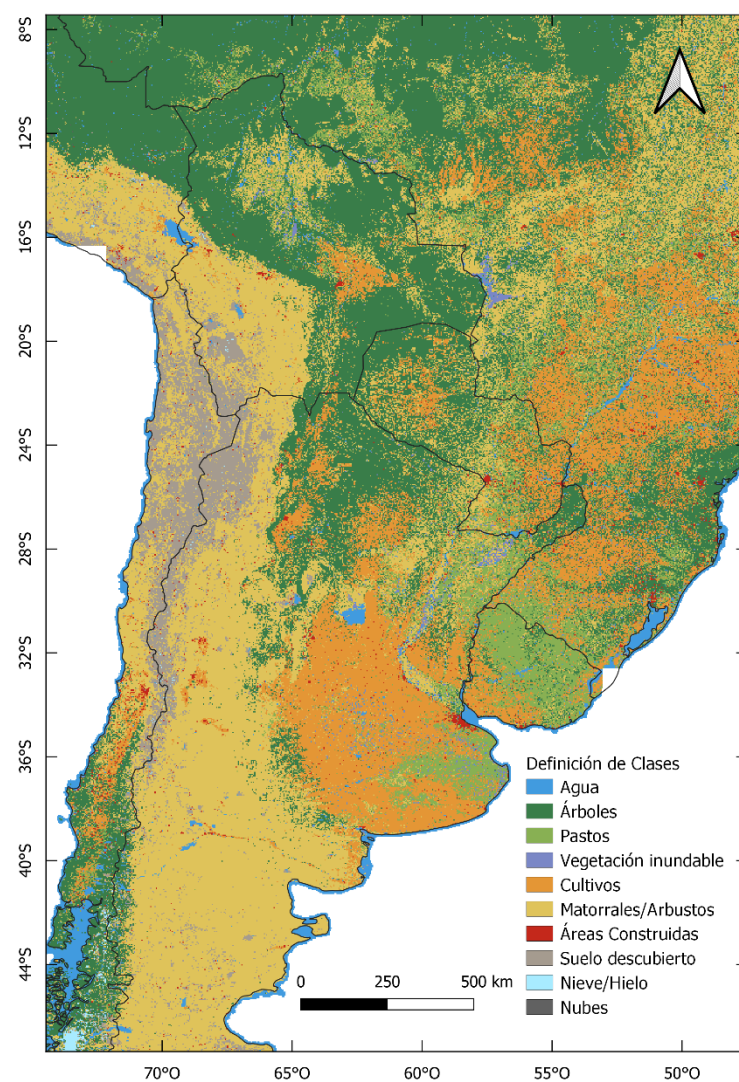


Figura 1. Mapa de uso y cobertura de suelo (LULC) (Esri, 2021).

Tabla 2. Superficie del área de probabilidad de ocurrencia de las especies estudiadas en los diferentes modelos predichos del presente y futuros. Entre paréntesis se señala el porcentaje de pérdida o ganancia respecto al modelo del presente. Siendo SSP1-2.6 y SSP5-8.5 escenarios de trayectoria socioeconómica compartida, y representando un escenario de mitigación y un escenario pesimista respectivamente.

Superficie (km ²)								
	Presente Variables bioclimáticas	Presente Variables bioclimáticas y edáficas	2041-2060		2061-2080		2081-2100	
			SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
<i>C. praecox</i>	1.209.678,74 (--%)	1.131.123,59 (-6,49%)	1.248.798,31 (+3,23%)	1.311.323,77 (+8,40%)	1.323.536,28 (+9,41%)	1368379,48 (+13,12%)	1.237.768,97 (+2,32%)	1.590.132,38 (+31,45%)
<i>G. decorticans</i>	2.456.770,53 (--%)	2.339.752,66 (-4,76%)	2.377.512,99 (-3,23%)	2.445.561,36 (-0,46%)	2.474.452,87 (+0,72%)	2.439.332,03 (-0,71%)	2.349.039,15 (-4,39%)	2.371.323,32 (-3,48%)
<i>S. mistol</i>	1.264.125,66 (--%)	1.114.161,24 (-11,86%)	1.232.252,91 (-2,52%)	1.091.911,06 (-13,62%)	1.101.705,19 (-12,85%)	1.106.863,71 (-12,44%)	1.190.361,19 (-5,84%)	1.206.718,33 (-4,54%)

Tabla 3. Contribución de las variables bioclimáticas y edáficas a los modelos del presente de las tres especies estudiadas. En negritas se destacan las variables que más contribuyen a los modelos. Ver el significado de los códigos de las variables en la Tabla 2 del texto principal.

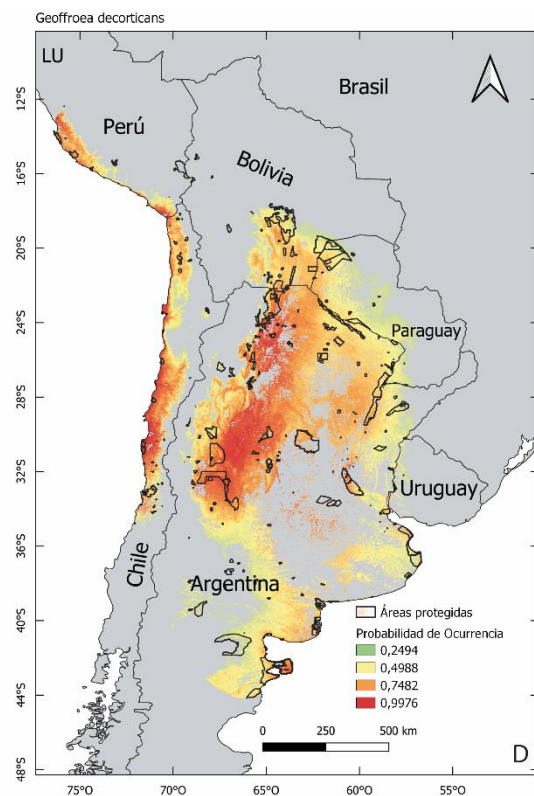
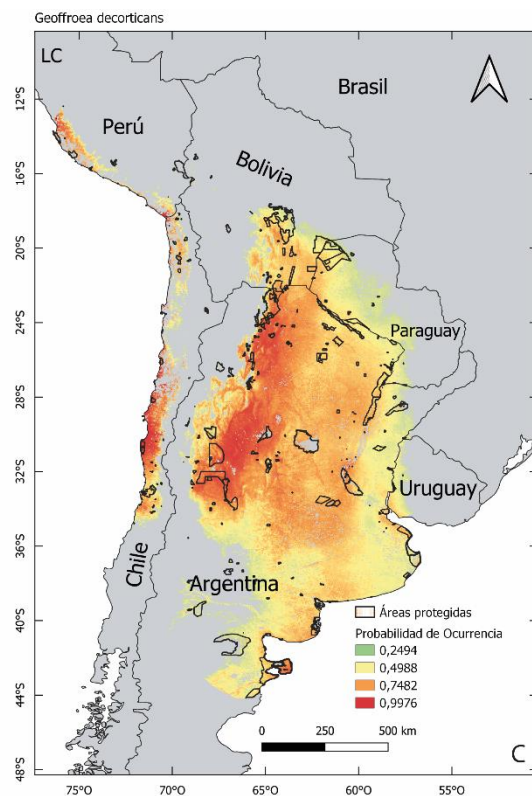
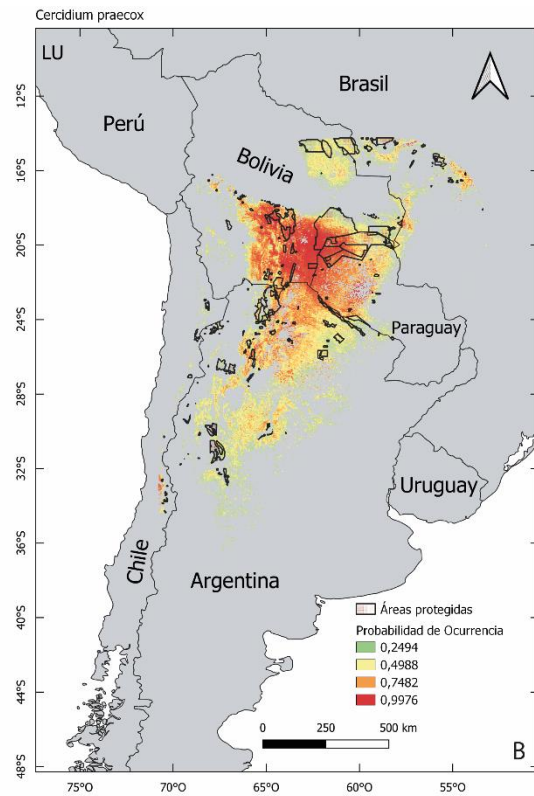
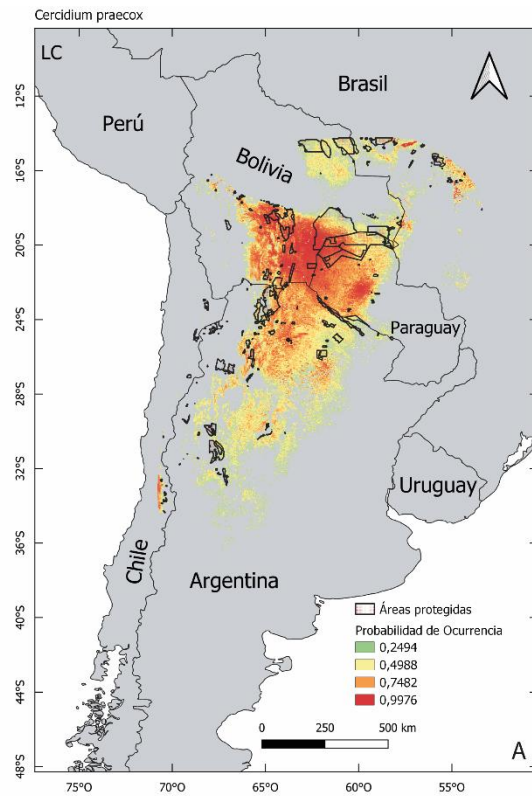
Variable	<i>C. praecox</i>	<i>G. decorticans</i>	<i>S. mistol</i>
Bio 2	0	15,5	-
Bio 3	4,3	-	9,7
Bio 4	-	17,5	-
Bio 6	25,9	32,6	30,5
Bio 13	-	-	15,4
Bio 14	47,6	1,1	12,5
Bio 15	0	10,1	4,9
Bio 19	-	8,8	-
SNDPPT	0,8	0,5	10,3
PHIHOX	6,3	-	14,1
SALMAP	0,3	0,3	0,2
ORCDRC	0,2	0	0,1
BLDFIE	-	5,6	2,1
CLYPPT	14,6	8	-

Tabla 4. Variables bioclimáticas seleccionadas y porcentaje de contribución de cada una de ellas a los modelos (presente y futuros) de las especies estudiadas. En cada especie, las variables se ordenan de mayor a menor porcentaje de contribución a los modelos. Ver el significado de los códigos de las variables en la Tabla 2 del texto principal.

Variables bioclimáticas	Presente	MIROC6						MRI-ESM2-0					
		2041-2060		2061-2080		2081-2100		2041-2060		2061-2080		2081-2100	
		SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
C. praecox													
Bio 14	57,5	59,6	57,6	58,2	58,1	59,3	61,6	59,4	60	58,9	58,6	59,5	58,7
Bio 6	32,7	32,2	28,8	32,7	33,2	32,1	26,3	28,9	32,2	32,3	33,7	32,7	33,1
Bio 3	6,3	5,4	4,9	4,7	5,6	5,2	2,4	5,1	4	5,2	4,1	3,8	4,1
Bio 2	0,7	0,7	4,3	2	1,2	1	7,1	4,3	0,9	1	1,4	1,2	1,2
Bio 15	2,9	2,1	4,3	2,4	1,9	2,5	2,6	2,3	2,9	2,5	2,2	2,8	2,8
G. decorticans													
Bio 6	26,9	40,8	33,4	34,6	38,6	38,5	42,1	40,3	39,3	40,4	39,3	39,4	42,6
Bio 4	23,5	16,3	18,7	17,3	17	15,6	13,7	14,9	16,3	14,8	15,1	16,2	13,5
Bio 19	21,1	18,8	21,9	21,7	20,3	21,2	21,8	21	19	20,8	18,5	19,7	20,4
Bio 2	20,2	15,4	18,5	17,3	16,4	17	15,7	16,4	16	17,1	17,1	16,5	16,2
Bio 15	7,1	5,5	5,4	5,2	5,2	5,8	5,7	6,5	4,7	5,3	6,1	6,3	5
Bio 14	1,1	3,2	2	3,9	2,4	1,9	1,1	1	4,7	1,6	4	2	2,4
S. mistol													
Bio 6	43,6	44,9	44,6	43,8	42,8	42,5	44,1	43,1	43,5	43,1	43,2	44,7	42,7
Bio 13	30,5	27,9	30,4	29,5	30,8	30,1	28,8	30,7	30,5	30,1	29,8	29	29,3
Bio 14	25,2	26,6	24,3	26	25,7	26,8	26,4	25,6	25,3	26,1	26,3	25,9	27,5
Bio 3	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4
Bio 15	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5. Métricas de validación (AUC y ROC parcial) y umbral de corte para las tres especies estudiadas, tanto para el presente como para los modelos proyectados a futuro.

	Presente	MIROC6						MRI-ESM2-0					
		2041-2060		2061-2080		2081-2100		2041-2060		2061-2080		2081-2100	
		SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
C. praecox													
AUC	0,830	0,824	0,833	0,837	0,826	0,842	0,837	0,832	0,833	0,842	0,838	0,837	0,831
ROC parcial	1,570	1,560	1,543	1,551	1,515	1,599	1,553	1,571	1,547	1,494	1,505	1,554	1,478
Umbral 10%	0,4281	0,4360	0,4328	0,4188	0,4399	0,4318	0,4256	0,4263	0,4298	0,4153	0,4306	0,4292	0,4332
G. decorticans													
AUC	0,75	0,742	0,743	0,743	0,747	0,74	0,744	0,746	0,746	0,745	0,75	0,753	0,742
ROC parcial	1,346	1,354	1,358	1,344	1,353	1,352	1,357	1,353	1,358	1,363	1,368	1,357	1,378
Umbral 10%	0,3593	0,3753	0,3652	0,3743	0,3731	0,3624	0,3649	0,3634	0,3756	0,3594	0,3470	0,3622	0,3630
S. mistol													
AUC	0,849	0,841	0,845	0,845	0,849	0,848	0,847	0,844	0,844	0,841	0,844	0,845	0,848
ROC parcial	1,679	1,638	1,661	1,650	1,620	1,658	1,539	1,652	1,563	1,580	1,458	1,566	1,405
Umbral 10%	0,2631	0,2604	0,2586	0,2671	0,2561	0,2573	0,2546	0,2592	0,2614	0,2650	0,2639	0,2566	0,2679



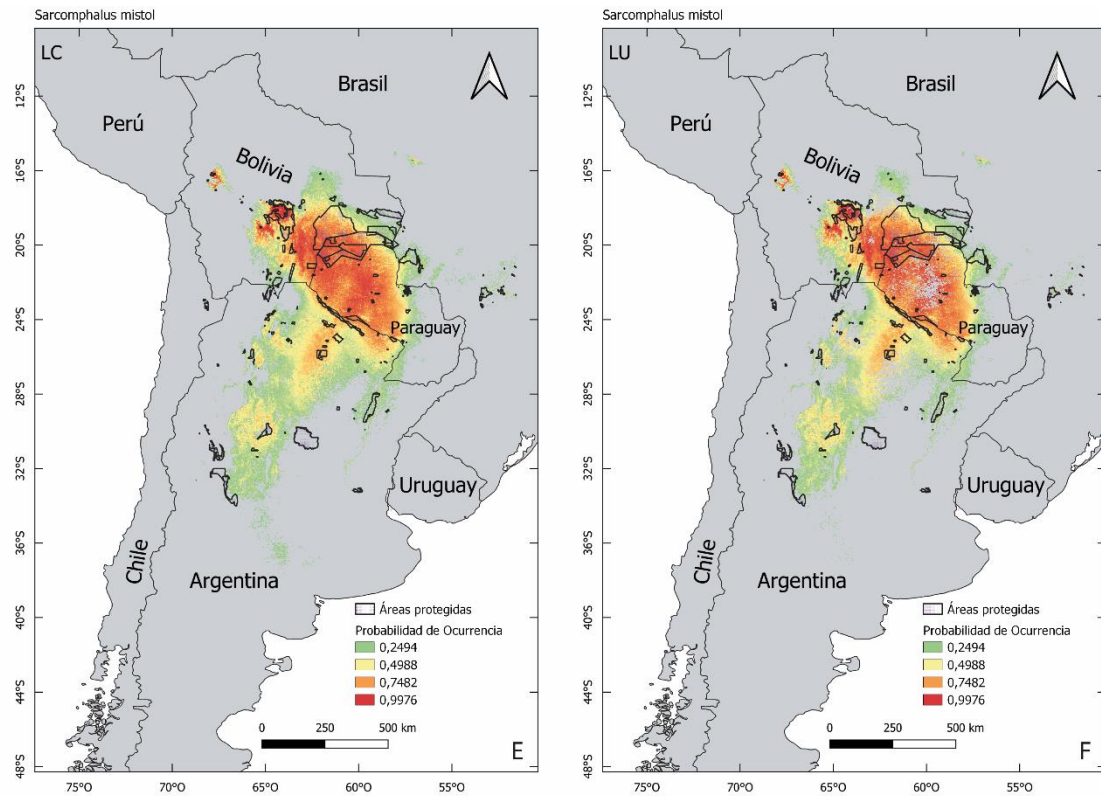


Figura 2. Mapas de MNE del presente con uso de suelo (LC: Land Cover), y cobertura de suelo (LU: Land Use) para *C. praecox* (A y B), *G. decorticans* (C y D) y *S. mistol* (E y F).

Tabla 6. Areas protegidas, categorías según UICN, país en el que se encuentran y superficie de las mismas que se encuentran en el área predicha de las especies estudiadas.

Nombre	Designación	Categoría UICN	País	Área total (km ²)		
				<i>C. praecox</i>	<i>G. decorticans</i>	<i>mistol</i>
Abra del Acay	Monumento Natural	III	Argentina	79,02		
Acambuco	Reserva de Flora y Fauna	VI	Argentina	80,04	80,04	85,21
Aconquija	Parque Nacional	II	Argentina	137,12	518,46	
Aconquija	Reserva Nacional	VI	Argentina	84,95	93	
Afloramiento Limoso	Paisaje Protegido	V	Argentina	1,21	6,55	
Agua Dulce	Reserva de Caza	VI	Argentina	79,3	79,3	79,3
Angastaco	Monumento Natural	III	Argentina	137,42	137,42	117,73
Arroyo El Durazno	Reserva Natural	IV	Argentina		4,41	
Arroyo Los Gauchos	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		5,66	
Arroyo Ramirez	Reserva de Pesca	VI	Argentina		2,19	
Arroyo Saladillo	Reserva Hídrica Natural	VI	Argentina		1883,81	
Arroyo Sauce-Pavón	Reserva Hídrica Natural	No reportado	Argentina		803,32	
Arroyo Zabala	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		15,8	
Ascochinga	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		33,97	
Auca Mahuida	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		163,96	
Bahía Blanca, Bahía Falsa y Bahía Verde	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		1228,48	
Bahía de Samborombón	Reserva Natural Integral	VI	Argentina		3870,47	
Bahía de Samborombón	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		1821,19	
Bahía de San Antonio	Paisaje Protegido	V	Argentina		359,91	

Bahía San Blas	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		1310,81	
Bahía San Blas	Refugio de Vida Silvestre	VI	Argentina			
Bañado la Estrella	Reserva Natural Provincial	No reportado	Argentina	3728,13	3728,13	3728,13
Bañados del Río Dulce y Laguna de Mar Chiquita	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		10902,89	10690,2
Baritú	Parque Nacional	II	Argentina	682,07	682,07	214,24
Barranca Norte	Reserva Natural	IV	Argentina		1,17	
Baterías - Charles Darwin	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		10,11	
Boca de la Laguna Herradura	Reserva de Pesca	VI	Argentina		2,19	
Boca del Río Bermejo	Reserva de Pesca	VI	Argentina		3,57	
Bosque Petrificado Valcheta	Monumento Natural	VI	Argentina		1,64	
Bosques Protectores	Reserva Pública	VI	Argentina	18,4	18,4	
Caleta de los Loros	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina		78,47	
Calilegua	Parque Nacional	II	Argentina	775,21	775,21	125,29
Campo Garabato	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		26,55	26,55
Campos del Tuyú	Parque Nacional	II	Argentina		30,05	
Carabajal	Reserva de Fauna Silvestre	IV	Argentina	11	11	
Cayastá	Parque Natural Provincial	II	Argentina		3,7	
Centro Biológico Pilaga – Zoo	Reserva Provincial	VI	Argentina		5,96	5,96
Cerro Alcázar	Monumento Natural	III	Argentina	1,02	1,02	
Cerro Colorado	Reserva Cultural Natural	VI	Argentina	9,76	28,15	22
Chaco	Parque Nacional	II	Argentina		149,31	62,98
Chancani	Parque Natural Provincial y Reserva Forestal Natural	VI	Argentina		50,04	46,56
Chasico	Reserva Natural de Objetos Definidos	IV	Argentina		78,13	

Ciervo de los Pantanos	Parque Nacional	II	Argentina		55,59	
Colonia Benítez	Reserva Natural Educativa	Ia	Argentina		0,07	
Complejo Islote Lobos	Reserva Natural Científica	VI	Argentina		123,2	
Copo	Reserva Provincial de Uso Múltiple	VI	Argentina			
Copo	Parque Nacional	II	Argentina	1180,75	1180,75	1180,75
Costanera Sur	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		3,59	
Cumbres Calchaquies	Parque Provincial	II	Argentina	472,47	399,96	102,68
Del Medio - Los Caballos	Parque Natural Provincial	II	Argentina		16	2,41
Delta del Paraná	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		2430,98	
Dique Quebrada de Ullum	Paisaje Protegido	V	Argentina		4,4	
Divisadero Largo	Reserva Natural	Ia	Argentina		5,08	
Don Carmelo	Reserva Privada	VI	Argentina	6,83	30,86	
Dragones	Refugio de Vida Silvestre	VI	Argentina	36,94	36,94	36,94
El Bagual	Reserva Privada	Ia	Argentina		32,25	32,25
El Fisco	Reserva Natural Manejada	VI	Argentina		15,93	
El Gato y Lomas Limpias	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina		997,75	
El Impenetrable	Parque Nacional	II	Argentina	1278,23	1278,23	1278,23
El Mangrullo	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina		87,52	
El Nogalar de Los Toldos	Reserva Nacional	VI	Argentina	32,74		
El Nogalar de Los Toldos	Reserva Nacional	VI	Argentina		32,74	32,15
El Palmar	Parque Nacional	II	Argentina		82,21	
El Rey	Parque Nacional	II	Argentina	401,91	401,91	158,17
Embalse Casa de Piedra	Reserva Natural	VI	Argentina		89,44	
Ernesto Tornquist	Parque Provincial	II	Argentina		70,26	

Escuela Rural Enrique Berduc	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina		5,64	
Escuela Rural Juan B. Alberdi	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina		0,15	
Estancia Ralicó	Reserva Forestal Natural	VI	Argentina		152,48	
Estancia Santa Catalina	Reserva Privada de Uso Múltiple	VI	Argentina		10,14	
Federico Wildermuth	Reserva Privada de Uso Múltiple	VI	Argentina		16,48	
Finca Las Costas	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina	108,09	108,09	
Formosa	Reserva Natural	Ia	Argentina	90,75	90,75	90,75
Fracciones 50 y 51 del Lote Fiscal 3	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina	76,22	76,22	
Fracciones 50 y 51 del Lote Fiscal 3	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina			
Fuerte Esperanza	Parque Provincial	II	Argentina		104,91	104,91
Garrapata	Reserva Natural Privada	VI	Argentina	43,53	43,53	22,86
Golfo San José	Reserva Natural Turística	II	Argentina		181,69	
Granja Esperanza	Reserva Universitaria de Recursos	VI	Argentina		0,65	
Guardia del Juncal	Reserva Natural	IV	Argentina		1,3	
Humedal Laguna Melincué	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		935,86	
Humedales Chaco	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		4821,61	209,36
Humedales de Península Valdés	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		427,48	
Iberá	Reserva Natural Provincial	VI	Argentina		3321,98	140,31
Iberá - Núcleo Carambola	Parque Nacional	II	Argentina		103,12	
Iberá - Núcleo Carambola	Reserva Nacional	VI	Argentina		75,14	
Iberá - Núcleo San Nicolás/San Alonso	Parque Nacional	II	Argentina		87,54	

Iberá - Rincón del Socorro/Iberá	Parque Nacional	II	Argentina		0,88	
Inversora Juramento	Reserva Privada	VI	Argentina	126,39	126,39	126,39
Ischigualasto	Parque Provincial	II	Argentina			
Ischigualasto / Talampaya Natural Parks	Sitio Patrimonio de la Humanidad (natural o mixto)	No aplicable	Argentina	2416,11	2694,79	148,74
Isla de Las Damas	Reserva Natural Municipal	VI	Argentina		15,06	15,06
Isla de Las Damas	Reserva Natural Municipal	VI	Argentina			
Isla Del Cerrito	Parque Provincial	IV	Argentina		109,12	
Isla El Tala	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		69,29	69,29
Isla Martin Garcia	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		1,94	
Islas de Santa Fé	Parque Nacional	II	Argentina		35,21	
Islas de Victoria	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		4303,18	530,56
Isleta Linda	Reserva Privada de Uso Múltiple	VI	Argentina		222,38	222,38
Islote de la Gaviota Cangrejera	Reserva Natural Integral	No reportado	Argentina		2,92	
Islote Muicipal Curupi	Reserva Municipal	VI	Argentina		0,17	
Jaaukanigás	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		4402,96	4396,48
La Angostura	Reserva Natural Estricta	Ia	Argentina	16,72	16,72	
La Aurora del Palmar	Refugio Privado de Vida Silvestre	VI	Argentina		21,23	
La Calera	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		136,23	
La Ciénaga	Área Natural Protegida	VI	Argentina	139,66	139,66	7,22
La Florida	Parque Provincial	Ia	Argentina	48,56	57,13	
La Loca	Reserva Natural	VI	Argentina	21,75	21,75	
La Quebrada	Reserva Hídrica Natural	VI	Argentina		42,19	
La Reforma	Reserva Natural	VI	Argentina		82,94	

Laguna Blanca	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina	1438,57	555,48	
Laguna Brava	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina	23,91	2,24	
Laguna Brava	Reserva Natural Provincial	VI	Argentina			
Laguna Brava	Refugio Provincial	IV	Argentina			
Laguna de los Pozuelos	Monumento Natural	III	Argentina			
Laguna de los Pozuelos	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina			
Laguna de los Pozuelos - Zona de amortiguamiento	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina	72,6		
Laguna de los Pozuelos - Zona núcleo	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina			
Laguna Guatrache	Reserva Natural	VI	Argentina		54,62	
Laguna Hu	Reserva de Caza	VI	Argentina		14,31	14,31
Laguna La Felipa	Reserva Natural de Fauna	VI	Argentina		12,76	
Laguna Leandro	Monumento Natural	III	Argentina	3,52		
Laguna Oca del Rio Paraguay	Reserva de la Biósfera	No reportado	Argentina		617,18	45,36
Laguna Pintascayo	Parque Provincial	II	Argentina	158,11		
Laguna Pintascayo	Parque Provincial	II	Argentina		158,11	
Laguna Salada Grande	Reserva Forestal	VI	Argentina		2976,23	
Lagunas Altoandinas y Puneñas de Catamarca	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina	2274,64	1396,67	95,92
Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina	1005,86		
Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		9630,56	6065,1
Lagunas de San Vicente	Reserva Natural Municipal	No reportado	Argentina		7,19	

Las Lancitas	Reserva Natural Provincial	VI	Argentina	110,83	110,83	
Las Yungas	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina	12847,15	11858,9	2880,34
Lihué Calel	Parque Nacional	II	Argentina		325,55	
Limay Mahuida	Reserva Natural	VI	Argentina		71,74	
Loma de las Tapias	Parque Natural	V	Argentina	16,2	55,82	
Loro Hablador	Reserva Provincial	IV	Argentina	190,86	190,86	190,86
Los Andes	Reserva Natural de Fauna Silvestre	VI	Argentina	1522,56		
Los Cardones	Parque Nacional	II	Argentina	626,12	330,42	
Los Diques	Reserva Provincial	VI	Argentina	203,21	216,13	
Los Morrillos	Refugio de Vida Silvestre	Ia	Argentina	31,01		
Los Palmares	Reserva de Flora y Fauna	VI	Argentina	141,78	141,78	141,78
Los Sosa	Reserva Natural	VI	Argentina		27	
Lote 11 Ñacuñan	Reserva Forestal	No reportado	Argentina		77,58	14,32
Lote 9 Ñacuñan	Reserva Forestal	No reportado	Argentina		152,45	
Lotes 1703-1704-4325-4326-4336-19866	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina	253,52	253,52	0,54
Mar Chiquita	Refugio de Vida Silvestre	VI	Argentina		629,43	
Mar Chiquita	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina			
Mar Chiquita - Dragones de Malvinas	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		18,62	
Mburucuyá	Parque Nacional	II	Argentina		177,19	
Meseta de Somuncurá	Área Natural Protegida	VI	Argentina		9075,42	
Monte de las Barrancas	Refugio de Vida Silvestre	VI	Argentina		76,52	76,52
Ñacuñan	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina		281,94	
Ñancuñan	Reserva Ecológica y Forestal	VI	Argentina		129,49	
Ñochilei-co	Reserva Natural	VI	Argentina		247,7	

Palmar Yatay	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		228,06	
Pampa de Achala	Reserva Hídrica Provincial	VI	Argentina		1543,72	
Pampa del Indio	Parque Natural	II	Argentina		222,86	222,86
Parque Atlántico Mar Chiquito	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina		286,07	
Parque Costero del Sur	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina		267,66	
Parque Luro	Reserva Flora y Fauna con Recursos Manejados	VI	Argentina		96,77	
Parque Nacional Río Pilcomayo	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina	184,8	515,01	515,01
Patagonia Azul	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina		1724,68	
Pedernal	Paisaje Protegido	V	Argentina		191,92	
Pehuen Co-Monte Hermoso	Reserva Natural	IV	Argentina		168,9	
Península de Valdés	Reserva Natural Turística	VI	Argentina		3870,49	
Península Valdés	Sitio Patrimonio de la Humanidad (natural o mixto)	No aplicable	Argentina		3842,85	
Pereyra Iraola	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina		102,77	
Pichi Mahuida	Reserva Natural	VI	Argentina		78,97	
Pizarro	Reserva Nacional	VI	Argentina	78,74	78,74	51,57
Potrero 7b	Reserva Natural Manejada	IV	Argentina		20,15	20,15
Potrero de Yala	Parque Provincial	II	Argentina	45,46	45,46	
Pre-Delta	Parque Nacional	II	Argentina		26,73	
Presidente Sarmiento	Parque Provincial	II	Argentina		9,2	
Puerto Dalmacia	Reserva de Pesca	VI	Argentina		1,65	
Puerto Lobos	Paisaje Protegido	V	Argentina		68,76	
Punta Bermeja	Área Natural Protegida	No reportado	Argentina		16,22	
Punta Buenos Aires	Reserva Natural de la Defensa	No reportado	Argentina		82,23	

Punta Lara	Reserva Natural Integral Mixta	Ia	Argentina		55,82	
Punta León	Reserva Natural Turística	No reportado	Argentina		3,41	
Punta Loma	Reserva Natural Turística	IV	Argentina		17,11	
Quebrada de Cafayate	Reserva Natural Manejada	VI	Argentina	951,19	951,19	864,68
Quebrada de Humahuaca	Paisaje Protegido	V	Argentina	2099,11	644,07	
Quebrada del Condorito	Reserva Nacional	VI	Argentina		108,03	
Quebrada del Condorito	Parque Nacional	II	Argentina		245,79	
Quebrada del Portugués	Reserva Natural	Ia	Argentina	60,41	60,41	
Reserva Natural Otamendi	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		40,85	
Reserva Natural Villavicencio	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	V	Argentina		230,67	
Reserva Provincial Laguna de Llancanelo	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Argentina		17,46	
Restinga del Faro	Reserva Natural Provincial	IV	Argentina		0,91	
Riacho Teuquito	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina	897,23	897,23	897,23
Rincón de Ajó	Reserva Natural Integral	IV	Argentina		14,93	
Rincón de Santa María	Reserva Natural Provincial	Ia	Argentina		71,38	
Rio Lujan	Reserva Natural de Uso Múltiple	VI	Argentina		12,52	
Río Pilcomayo	Parque Nacional	II	Argentina	179,87	508,32	508,32
Salinas Grandes	Reserva Provincial de Uso Múltiple	VI	Argentina	348,16	2217,34	2217,34
Salitral Encantado	Reserva Natural	VI	Argentina		915,72	
San Guillermo	Parque Nacional	II	Argentina			
San Guillermo	Parque Provincial	II	Argentina	287,14	105,56	
San Guillermo - Zona de amortiguamiento	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina			
San Guillermo - Zona núcleo	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina			

San Justo	Reserva Municipal	II	Argentina		0,14	
Santa Ana	Reserva Natural	VI	Argentina		172,61	82,43
Santa Fe la Vieja	Parque Arqueológico	VI	Argentina		0,98	
Serranias de Zapla	Reserva Ecologica Municipal de Uso Multiple	VI	Argentina	325,46	371,32	6,02
Sierra de las Quijadas	Parque Nacional	II	Argentina	337,14	737,61	737,61
Sierra de San Javier	Parque Universitario	II	Argentina	56,81	121,28	0,32
Sierra Pintada	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina		46,34	
Talampaya	Parque Nacional	II	Argentina	1869,83	2131,1	57,46
Telteca	Reserva Natural y Cultural	VI	Argentina		384,35	105,54
Traslasierra	Parque Nacional	II	Argentina		278,36	278,36
Valdés	Reserva de la Biósfera	No aplicable	Argentina		10745,95	
Valle Cretacico	Paisaje Protegido	V	Argentina		2407,3	
Valle Fértil	Reserva de Uso Múltiple	VI	Argentina	5118,79	7611,12	2399,57
Villavicencio	Reserva Privada	No reportado	Argentina		230,67	
Aguarague	Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	1108,6	1108,6	1029,26
Amboró	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	29,88	784,98	2861,16
Amboró	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	231,38	592,05	870,04
Apolobamba	Area Natural de Manejo Integado Nacional	No reportado	Bolivia		348,45	
Area de proteccion del Pino del Cerro	Refugio de Vida Silvestre	No reportado	Bolivia	47,04	47,04	47,04
Area de proteccion del Quebracho Colorado	Wildlife Refuge	IV	Bolivia	1315,52	1315,52	1315,52
Bosque de Bolognia	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,73		0,73
Carrasco	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	108,22	111,52	288,59
Cerro Aruntaya (23 de	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,57		0,57

marzo)						
Cerro Ticani	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,49		0,49
Cerro Uchumachi	Santuario Municipal	No reportado	Bolivia			74,79
Cerros de Llucancari y Taraqui	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,9		0,9
Churo Negro	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	74,11	74,11	74,11
Cobaipo	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	3431,73		
Colcapirhua	Parque Metropolitano	No reportado	Bolivia	74,33		7,7
Cóndores Lakota	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,11		0,11
Cordillera de Sama	Reserva Biológica	No reportado	Bolivia	1018,1	420,21	387,01
Corvalan	Private Protected Area	No reportado	Bolivia	49,22	49,22	49,22
Cos Challaloma-Condor Samaña, Snias Amor de Dios-Coloradas de La Florida, Co Azusinani	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	4,33		4,33
Cotapachi	Monumento Arqueologico Natural	No reportado	Bolivia	74,32		
Cotapata	Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia			
Cotapata	Integrated Management Natural Area	IV	Bolivia	20,54	61,63	
Cotapata	Integrated Management Natural Area	IV	Bolivia			266,89
Curichi La Madre	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia			35,88
El Cardón	Parque Natural y Área de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	65,07	48,61	17,61
El Palmar	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	602,66	602,66	602,66
El Villar	Zona de Inmovilizacion Forestal e Hídrica	No reportado	Bolivia	73,38	73,38	73,38
Entre Ríos	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	201,84	201,84	201,84
Espejillos	Monumento Natural	No reportado	Bolivia			12,38

Gran Jardín de la Revolución	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	2,76		2,76
Huayllani	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	0,53		0,53
Iñaño	Área Natural de Manejo Integrado y Parque Nacional	No reportado	Bolivia	2634,54	2634,54	2634,54
Jardín de Cactáceas de Bolivia	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	224,96	224,96	224,96
Jonkhomarca	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	1,66		1,66
Kaa-iyá del Gran Chaco	Área Natural de Manejo Integrado y Parque Nacional	No reportado	Bolivia	33263,17	5279,3	34176,09
Kellumani	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	0,17		0,17
Lagarpampa	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	303,29	303,29	303,29
Laguna Alalay	Área de Protección Ambiental	No reportado	Bolivia	2,16		
Laguna Concepción	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia			467,85
Laguna Cota Cota	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	0,02		0,02
Laguna de Marfil	Reserva Municipal	No reportado	Bolivia	67,53		
Laguna Quirusillas	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	61,39	61,39	61,39
Laguna Represa Sapocó	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	10,92		18,56
Las Animas Putupampa	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	0,01		0,01
Las Barrancas	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	2,25	2,25	2,25
Lomas de Arena	Parque Regional	No reportado	Bolivia			128,35
Mallasa	Patrimonio Natural Paisajístico y Parque Nacional	No reportado	Bolivia	2,17		0,06
Monteagudo	Área de Protección de Cuencas	No reportado	Bolivia	20,09	20,09	20,09
Muela del Diablo	Monumento Natural	No reportado	Bolivia	54,66	54,66	54,66
Muela del Diablo y Cerro Pachajalla	Patrimonio Natural Paisajístico	No reportado	Bolivia	8,95		0,61
Noel Kempff Mercado	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	7213,01		

Noel Kempff Mercado National Park	World Heritage Site (natural or mixed)	No aplicable	Bolivia			
Norte de Tiquipaya	Reserva de Vida Silvestre	No reportado	Bolivia	50,34		3,73
Orquídeas del Encanto	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia			28,62
Otuquis	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	6246,64		9017,55
Otuquis	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	241,15		1032,81
Palmera de Sao	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia			7,58
Parabanó	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	375,16	350,24	375,16
Parque de Aranjuez	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,31		0,31
Parque Ecológico Auquisamaña	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	1,01		
Parque Urbano Central	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,2		0,2
Pasorapa	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	1796,37	1796,37	1796,37
Pocotaika	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	74,2		66,74
Poopo	Patrimonio Nacional y Reserva Ecológica	No reportado	Bolivia	853,42	646,7	
Quebrada El Chape	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	9,03	35,85	35,85
Rio Grande Valles Crucenos	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	7406,98	7418,61	7421,9
Río Piraí	Parque de Protección Ecológica	No reportado	Bolivia			291,17
Ríos Blanco y Negro	Reserva de Vida Silvestre	No reportado	Bolivia	7679,11		
San Agustin	Reserva Forestal de Flora y Fauna	No reportado	Bolivia	72,5	72,5	72,5
San Ignacio	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	766,52		
San Matías	Área Natural de Manejo Integrado	No reportado	Bolivia	51,68		4677,11
San Nicolas	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	90,97	90,97	90,97
Santa Cruz la Vieja	National Historical Park	No reportado	Bolivia			296,89
Santa Cruz La Vieja	Parque Nacional Histórico	No reportado	Bolivia			172,94

Serranía Cordillera de los Milagros	Área de Protección Ambiental	No reportado	Bolivia	496,38	496,38	496,38
Serrania de Ticoma	Reserva de Vida Silvestre	No reportado	Bolivia	65,59		57,7
Serrania Sararenda-Camiri	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	114,02	114,02	114,02
Serrania Sararenda-Cuevo	Área Protegida Municipal	No reportado	Bolivia	528,98	528,98	528,98
Serranías de Aruntaya	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,7		0,7
Tariquía	Reserva Nacional de Flora y Fauna	No reportado	Bolivia	2473,13	2473,13	1802,81
Toro Toro	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	168,06	25,26	83,57
Tunari	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	240,74		0,25
Valle de la Luna y Cactareo	Patrimonio Natural Paisajistico	No reportado	Bolivia	0,44		0,44
Valle de Tucavaca	Reserva Departamental	No reportado	Bolivia	157,69		2640,37
Yura	Parque Nacional	No reportado	Bolivia	0,91		
Zona de Proteccion Paisajistica	Zona de Proteccion Paisajistica	No reportado	Bolivia	73,64	73,64	
Zona de Proteccion Paisajistica	Zona de Proteccion Paisajistica	No reportado	Bolivia			
Área De Proteção Ambiental Baía Negra	Área de Proteção Ambiental	V	Brasil			15,34
Área De Proteção Ambiental Da Chapada Dos Guimarães	Área de Proteção Ambiental	V	Brasil	2534,37		
Área De Proteção Ambiental Ilhas E Várzeas Do Rio Paraná	Área de Proteção Ambiental	V	Brasil			2465,88
Área De Proteção Ambiental Municipal Do Aricá-Açu	Área de Proteção Ambiental	V	Brasil	754,46		
Área De Proteção Ambiental Nascentes Do Rio Paraguai	Área de Proteção Ambiental	V	Brasil	213,14		
Chiquitano de Baía Grande	Terra Indígena	No reportado	Brasil	66,17		
Estação Ecológica Da Serra Das Araras	Estação Ecológica	Ia	Brasil	260,14		0,16

Estação Ecológica Do Caiuá	Estação Ecológica	Ia	Brasil			14,49
Estação Ecológica Mico Leão Preto	Estação Ecológica	Ia	Brasil			66,81
Estação Ecológica Veredas De Taquarussu	Estação Ecológica	Ia	Brasil			30,37
Estivadinho	Terra Indígena	No reportado	Brasil	20,34		
Figueiras	Terra Indígena	No reportado	Brasil	98,54		
Jarudore	Reserva Indígena	No reportado	Brasil	47,69		
Juininha	Terra Indígena	No reportado	Brasil	703,25		
Kadiwéu	Terra Indígena	No reportado	Brasil			5373,79
Monumento Natural Da Gruta Do Lago Azul	Monumento Natural	III	Brasil			2,39
Monumento Natural Morro De Santo Antônio	Monumento Natural	III	Brasil	2,58		
Ofayé-Xavante	Terra Indígena	No reportado	Brasil			19,38
Paresi	Terra Indígena	No reportado	Brasil	2775,49		
Parque Estadual Das Nascentes Do Rio Taquari	Parque	II	Brasil	17,2		
Parque Estadual Das Várzeas Do Rio Ivinhema	Parque	II	Brasil			63,41
Parque Estadual De Águas Quentes	Parque	II	Brasil	15,07		
Parque Estadual De Amaporã	Parque	II	Brasil			2,09
Parque Estadual Do Aguapeí	Parque	II	Brasil			30,84
Parque Estadual Do Espinilho	Parque	II	Brasil		16,09	
Parque Estadual Do Morro Do Diabo	Parque	II	Brasil			365,72
Parque Estadual Do Rio Peixe	Parque	II	Brasil			77,13

Parque Estadual Dom Osório Stoffel	Parque	II	Brasil	64,21		
Parque Estadual Mãe Bonifácia	Parque	II	Brasil	0,77		
Parque Estadual Massairo Okamura	Parque	II	Brasil	0,53		
Parque Estadual Serra Ricardo Franco	Parque	II	Brasil	1392,65		
Parque Estadual Serra Santa Bárbara	Parque	II	Brasil	85,41		
Parque Estadual Zé Bolo Flô	Parque	II	Brasil	0,52		
Parque Nacional Da Chapada Dos Guimarães	Parque	II	Brasil	326,47		
Parque Nacional Da Serra Da Bodoquena	Parque	II	Brasil			769,75
Parque Natural Municipal De Piraputangas	Parque	II	Brasil			19,23
Paukalirajausu	Terra Indígena	No reportado	Brasil	100,8		
Pequizal	Terra Indígena	No reportado	Brasil	67,94		
Perigara	Terra Indígena	No reportado	Brasil	23,07		
Reserva Particular Do Patrimônio Natural Cara Da Onça	Reserva Particular do Patrimônio Natural	IV	Brasil			0,12
Reserva Particular Do Patrimônio Natural Douradinho	Reserva Particular do Patrimônio Natural	IV	Brasil			9,79
Reserva Particular Do Patrimônio Natural Fazenda São Geraldo	Reserva Particular do Patrimônio Natural	IV	Brasil			6,77
Rio Formoso	Terra Indígena	No reportado	Brasil	100,9		
Rio Formoso	Terra Indígena	No reportado	Brasil	200,88		
Rppn Mosquito	Reserva Particular do Patrimônio	IV	Brasil			3,92

	Natural					
Sararé	Terra Indígena	No reportado	Brasil	674,49		
Tadarimana	Terra Indígena	No reportado	Brasil	95,43		
Tereza Cristina	Terra Indígena	No reportado	Brasil	100,01		
Tereza Cristina	Reserva Indígena	No reportado	Brasil	290,08		
Uirapuru	Terra Indígena	No reportado	Brasil	216,66		
Umutina	Terra Indígena	No reportado	Brasil	276,1		
Vale do Guaporé	Terra Indígena	No reportado	Brasil	126,68		
Xetá	Terra Indígena	No reportado	Brasil			77,86
Acantilados Federico Santa María	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		5,25	
Aguas Calientes IV	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile	73,66		
Área de Palma Chilena de Monte Aranda	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		4,77	
Bahía Moreno - La Rinconada	Reserva Marina	IV	Chile		3,4	
Bosque de Calabacillo de Navidad	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		0,09	
Bosque Fray Jorge	Parque Nacional	II	Chile			
Bosque Fray Jorge	Reserva Biósfera	No aplicable	Chile		1331,98	
Campo dunar de la punta de Concón	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,3	
Cerro Dragón	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		3,37	
Cerro Poqui	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		10,26	
Cerro Santa Inés	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		7,13	
Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile	307,97	9,65	

El Ajal	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile	21,35	1,84	
El Yali	Reserva Nacional	IV	Chile		5,03	
El Zaino - Laguna El Copín	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile	59,76	37,33	
Estero Derecho	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile	29,06	29,06	
Granito Orbicular	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,4	
Horcón de Piedra (Fundo Rinconada de Chocalán)	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		19,01	
Humedal Costero Carrizal Bajo	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		0,47	
Humedal de la Desembocadura del Río Lluta	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,3	
Humedal de Tunquén	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		0,96	
Humedal del río Limarí, desde Salala hasta su desembocadura	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile		5,27	
Humedal el Yali	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile		4,79	
Humedal Río Maipo	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		0,6	
Humedales Costeros de la Bahía Tongoy	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile		2,59	
Humedales de Tongoy	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		1,06	
Isla Cachagua	Monumento Natural	III	Chile		0,06	
Isla Chañaral	Reserva Marina	IV	Chile		17,15	
Isla de Cachagua	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile			
Islas Choros - Damas	Reserva Marina	IV	Chile		29,78	
Islote o Peñón de Peña Blanca y las formaciones rocosas de la Punta de Peña Blanca	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,02	
Islote Pájaros Niños	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,06	

La Campana	Parque Nacional	II	Chile			
La Campana - Peñuelas	Reserva Biósfera	No aplicable	Chile		2383,83	
La Chimba	Reserva Nacional	IV	Chile		24,82	
La Portada	Monumento Natural	III	Chile		0,27	
Lago Peñuelas	Reserva Forestal	IV	Chile		96,9	
Laguna Conchalí	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile			
Laguna Conchalí	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,51	
Laguna El Peral	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,39	
Laguna Tebenquiche	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile	12,99		12,99
Laguna Torca	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile			
Laguna Torca	Reserva Nacional	IV	Chile		5,26	
Las Chinchillas	Reserva Nacional	IV	Chile		43,19	
Las Petras de Quintero y su Entorno	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,41	
Las Salinas de Huentelauquén (LSH)	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile		27,71	
Las Torcazas de Pirque	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile	8,26		
Lauca	Parque Nacional	II	Chile		55,84	
Lauca	Reserva Biósfera	No aplicable	Chile			
Llanos del Challe	Parque Nacional	II	Chile		447,48	
Llullaillaco	Parque Nacional	II	Chile	457,08		
Los Flamencos	Reserva Nacional	IV	Chile	202,31	89,45	202,31
Los Nogales	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile	42,19		
Morro Moreno	Parque Nacional	II	Chile		72,54	
Nevado Tres Cruces	Parque Nacional	II	Chile	309,17		
Nevado Tres Cruces	Parque Nacional	II	Chile		9,96	

Palmar El Salto	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		3,28	
Palmas de Cocalán	Parque Nacional	II	Chile		33,39	
Pampa del Tamarugal	Reserva Nacional	IV	Chile		1257,08	
Pan de Azúcar	Parque Nacional	II	Chile		433,71	
Paposo Norte	Monumento Natural	No reportado	Chile		75,34	
Picaflor de Arica	Monumento Natural	No reportado	Chile		0,11	
Pichasca	Monumento Natural	III	Chile		1,29	
Pingüino de Humboldt	Reserva Nacional	IV	Chile		8,23	
Predio Cascada de las Ánimas	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile	22,43		
Predio Sector "Altos de Cantillana - Horcón de Piedra y Roblería Cajón de Lisboa"	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,17	
Predios San Francisco de Lagunilla y Quillayal	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile	34,5		
Punta Morro - Desembocadura río Copiapó - Isla grande de Atacama	Área Marina Costera Protegida	IV	Chile		21,2	
Quebrada Cardones	Monumento Natural	III	Chile		116,77	
Quebrada de Chacarilla	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		140,85	
Quebrada de Córdova	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		1,37	
Quebrada de La Plata	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		11,11	
Quebrada Llau Llau	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		17,79	
Raja de Manquehua - Poza Azul	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		22,42	
Río Blanco	Reserva Forestal	IV	Chile	31,71		
Río Clarillo	Reserva Nacional	IV	Chile	82,95		

Río Los Cipreses	Reserva Nacional	IV	Chile	29,42		
Roblería del Cobre de Loncha	Reserva Nacional	IV	Chile		33,08	
Roca Oceánica	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		0,01	
San Juan de Piche	Santuario de la Naturaleza	No reportado	Chile		14,41	
Sector del Cerro El Roble	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		8,99	
Serranía el Ciprés	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile		28,49	
Sistema Hidrológico de Soncor	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Chile	671,74	385,41	671,74
Valle de La Luna y parte de la Sierra de Orbate	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile	119,59		119,59
Volcan Isluga	Parque Nacional	II	Chile		234,75	
Yerba Loca	Santuario de la Naturaleza	IV	Chile	68,77		
Aledaño a la Bocatoma del Canal Nuevo Imperial	Bosque de Protección	VI	Perú		0,18	
de Paracas	Reserva Nacional	VI	Perú		937,4	
del Titicaca	Reserva Nacional	VI	Perú		81,96	
Lago Titicaca (Peruvian sector)	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Perú		3728,06	
Laguna de Huacachina	Área de Conservación Regional	VI	Perú		24,09	
Lagunas de Mejía	Santuario Nacional	III	Perú		6,9	
Lomas de Atiquipa	Área de Conservación Privada	VI	Perú		190,41	
Nor Yauyos - Cochas	Reserva Paisajística	V	Perú		6,18	
Paracas	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Perú		938,38	
San Fernando	Reserva Nacional	VI	Perú		1242,99	
Santuario Nacional Lagunas de Mejía	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Perú		7,19	
Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras	Reserva Nacional	VI	Perú		92,84	

Subcuenca del Cotahuasi	Reserva Paisajistica	V	Perú		480,95	
Vilacota Maure	Área de Conservación Regional	VI	Perú		0,4	
Arcadia	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	47,38	47,38	47,38
Arrecife	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay			77,78
Banco San Miguel y Bahía de Asunción	Reserva Ecológica - Publico	No reportado	Paraguay			7,41
Cañada El Carmen	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	39,65	39,65	39,65
Caverna Kamba Hopo	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay			0,17
Cerrado del Río Apa	Reservas de la Biosfera - Publico	No reportado	Paraguay			226,99
Cerrados del Tagatiya	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay			52,85
Cerro Cabrera - Timane	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay	1210,6	1013,92	1210,6
Cerro Chovoreca	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay	983,43		983,43
Cerro Morado Caverna Ycua Pai	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay			0,77
Defensores del Chaco	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay	7204,97	585,4	7204,97
El Ceibo	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	57,91		57,91
Estancia Salazar	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	122,27	97,83	122,27
Estero Milagro	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Paraguay			265,23
Gran Chaco	UNESCO-MAB Biosphere Reserve	No aplicable	Paraguay	45277,88		
Gran Chaco	Reservas de la Biosfera - Publico	No reportado	Paraguay			
Gran Chaco	UNESCO-MAB Biosphere Reserve	No aplicable	Paraguay			
Gran Chaco	Reservas de la Biosfera - Publico	No reportado	Paraguay		16497,67	
Gran Chaco	UNESCO-MAB Biosphere Reserve	No aplicable	Paraguay			
Gran Chaco	Reservas de la Biosfera - Publico	No reportado	Paraguay			45768,09
Guayacan I II III	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay			14,48

Humedales del Bajo Chaco	Reserva de Recursos Manejados	VI	Paraguay			82,92
Lago Ypacarai	Reserva de Recursos Manejados - Publico	VI	Paraguay			13,37
Lago Ypoa	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay		11,58	
Laguna Chaco Lodge	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Paraguay	15,62		
Laguna Chaco Lodge	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Paraguay			15,62
Laguna Méndez	Monumento Natura - Publico	III	Paraguay		2,12	
Laguna Sisi	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay		7,64	
Laguna Teniente Rojas Silva	Ramsar Site, Wetland of International Importance	No reportado	Paraguay	126,25	57,79	126,25
Lote N° 1	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	49,43	49,43	49,43
Medanos del Chaco	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay	6053,12	6053,12	
Ñu Guazu	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	495,81	495,81	495,81
Palmar Quemado	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	96,75	96,75	96,75
Paso Bravo	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay			226,16
Punie Pasoi	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	36,45		36,45
Reserva Para Parque Nacional Carrizales del Paraná	Otras Categorías - Publico	No reportado	Paraguay		63,36	
Reserva Para Parque Nacional Isla Carrizal	Otras Categorías - Publico	No reportado	Paraguay		43,74	
Riacho Florida II	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	10,74		10,74
Rio Negro	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay	930,37		1266,89
Santa Elena	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay			0,36
Serrania San Luis	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay			106,99
Tagatiya-mi	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay			287,77
Teniente Agripino Enciso	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay	394,69	394,69	394,69

Tinfunque	Parque Nacional - Publico	II	Paraguay	1744,82	1744,82	1744,82
Toro Mocho	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	176,97	176,97	176,97
Tres Cerros-santa caverna-14 de Julio y Santa Caverna	Monumento Natural - Publico	III	Paraguay			1,4
Yaguarete Pora	Reserva Natural - Privado	IV	Paraguay	276,62		276,62
Zona Nacional de Reserva Cerro Lambare	Otras Categorías - Publico	No reportado	Paraguay			0,27
Esteros y Algarrobales del Río Uruguay	Area de Manejo de Hábitat/Especies	IV	Uruguay		15,5	
Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay	Parque Nacional	II	Uruguay			
Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay	Sitio Ramsar, Humedal de Importancia Internacional	No reportado	Uruguay		168,19	
Montes del Queguay	Área Protegida de Recursos Manejados	VI	Uruguay		3,52	
Rincón de Franquía	Area de Manejo de Hábitat/Especies	IV	Uruguay		11,73	

EVALUACIÓN DEL DIRECTOR Y CODIRECTOR DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

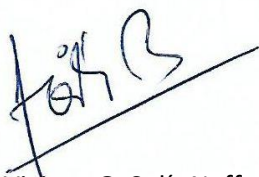
El alumno Joaquín Ortiz ha dado muestras de responsabilidad, iniciativa y perseverancia en sus trabajos. Además, posee las cualidades necesarias para integrar un equipo de trabajo y llevar a cabo tareas en colaboración.

El alumno Ortiz se ha mostrado proactivo durante todo el desarrollo del TFG y llevó cabo todas las tareas propuestas en el plan presentado oportunamente. Ha demostrado un gran compromiso y gran interés por formarse y capacitarse. Mostró una gran predisposición para aprender cosas nuevas, inclusive de forma autodidacta. Se ha mostrado inquieto y curioso, investigando por su cuenta sobre la temática de estudio y aportando ideas para incorporar al TFG.

Dadas las restricciones por la pandemia de Covid y la imposibilidad de concurrir al laboratorio durante parte del desarrollo del TFG, las actividades llevadas a cabo por el alumno fueron realizadas en modalidad de teletrabajo y mediante reuniones sincrónicas vía Meet. En ese período realizó prácticas tendientes a adquirir destrezas en el uso de los programas QGIS, Maxent y RStudio, así como para la obtención de datos georeferenciados y bioclimáticos de las bases GBIF y WorldClim, respectivamente. Confeccionó las bases de datos y llevó a cabo análisis estadísticos a fin de seleccionar las variables bioclimáticas a utilizar en los modelados. A pesar de las dificultades iniciales, posteriormente pudo llevar a cabo el procesamiento de los datos de manera presencial.

Finalmente, cabe destacar la minuciosidad del trabajo realizado. Los resultados a los que arribó son de gran interés no sólo desde un punto de vista biogeográfico sino también de la conservación. Los mismos sentaron las bases para trabajos en curso del grupo de investigación.

Por los motivos antes expuestos, consideramos que el desempeño del alumno Joaquín Ortiz ha sido muy satisfactorio.



Dra. Viviana G. Solís Neffa

Directora



Dra. Gisela M. Via do Pico

Co-Directora