



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Diversidad de plantas vasculares en zonas áridas del Noroeste de Argentina (NOA): Patrones de Distribución, Prioridades de Conservación y Cambio climático

Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias Naturales de la
Universidad Nacional de La Plata

Ing. Ana Carolina Godoy-Bürki

Director: Dr. Fernando O. Zuloaga
Co-directora: Dra. Lone Aagesen

2015

*“Todo logro empieza con la
decisión de intentarlo.”*

A mi familia y amigos...

Agradecimientos

“Cómo empezar sin olvidar a nadie en tan largo camino...”

Agradezco con todo el corazón a todos aquellos que me acompañaron en este trayecto de mi vida directa o indirectamente, interesada o desinteresadamente. Gracias por ayudarme a crecer, a florecer, y a madurar para dar, como paso final, el tan anhelado fruto: esta tan querida y por momentos tan odiada tesis doctoral.

A mis directores, Dr. Fernando Zuloaga y Dra. Lone Aagesen que me tuvieron gran paciencia en mis momentos difíciles, sin dejar de alentarme ni un solo día. Fernando gracias por las oportunidades brindadas, desde aceptarme como becaria suya, hasta por darme el aliento y la confianza suficiente para no abandonar el camino a medias. Lone, esta tesis se la debo a tu apoyo constante, tus consejos, críticas, a tu sabiduría y experiencia. Gracias por no desistir en ser y seguir siendo mi mentora, te quiero mucho.

Al Dr. Fernando Biganzoli, quien participó en uno de mis trabajos y tuvo toda la paciencia del mundo en enseñarme conceptos divertidísimos de los análisis estadísticos sin los que el estudio no hubiera sido posible. Gracias Doc por el tiempo y mails compartidos!!!

A los darwinianos...

Especialmente a Christian Zanotti, cuyas palabras o la forma en que las dijo, hicieron que hoy siga acá y que haya llegado hasta el final, a este gran día. Chris, gracias por bancarme en todas y por la cantidad de momentos compartidos...te quiero muchísimo bolas!!!

Al tridente; Lu Salomon, Soledad Nomdedeu y Marce Nicola por el apoyo, consejos y escuchas tanto profesionales como personales, especialmente en los momentos de catarsis crítica. Gracias por tantas risas y llantos compartidos chikis y, lo más importante, por nunca dejarme sola!! Las quiero x mil!!!

A mis compañeritas y compañerito de sala; Julia Bena, Aguitos Sassone, Lucio Zavala y en su momento Alicia Lopez por escuchar mis quejas diarias y sacarme de dudas constantemente. Gracias x la paciencia, mimos y los más que necesarios retos (especialmente de Agos) que permitieron volver a enfocarme en lo realmente importante. También les agradezco haber sido mis receptores diarios de catarsis, sobre todo en los últimos pasos!!! Hay chicas chicas...las quiero !!!

Al equipo de fuchibol!! Por brindarme rodillas y tobillos donde descargar el stress semanal!!

Lu, Sole, Marce, Gaby, Adol, Juanin, Juanca, Rudy, Marcelito, Gabriel, Guille...gracias los quiero! Y a pesar que a veces me enoja, deseo que el equipo siga y siga...

Al resto de los darwinianos por la calidez y contenciones diarias, que no se dan en todos lados y hacen del Darwincomio un lugar tan especial. Gracias por tanto amor, por ser gente tan linda!!! Grace, Horacio, Fer, Mony, Pao, Lili G. y Lili M...y en su momento Osvaldo. Gracias de corazón.

A mi familia por creer en mí y darme todo el apoyo necesario para concretar mi crecimiento profesional. Gracias por ayudarme a encontrarme cuando me perdí en el camino, gracias a ustedes soy mejor persona. Me siento profundamente orgullosa de quién soy y de donde vengo. Gody, Mami, Vir...los amo. Esta tesis es para ustedes.

A Guillermo Núñez, por esas largas charlas mantenidas sobre cómo saltar obstáculos que se fueron presentando durante la tesis y la vida. Gracias a tus soluciones acertadas y a tanto amor. Gracias por ser mi cable a tierra, por la paciencia, mimos. Gracias x tanta felicidad e intensidad en tan poco tiempo...agradezco que nuestros caminos se hayan cruzado.

A mi Dakota...la "lauchita" de mi vida quien me recibió y recibe a diario dando saltos de alegría cada vez que cruzo la puerta de casa...mi chikita no sabes lo que esos gestos me producen y no tenés idea las veces que me han mejorado el humor e incluso el día. Te amo princesita mía.

A gente de mi Salta querida que alguna vez estuvo para mí con algún consejo, alguna solución práctica o simplemente para escucharme desahogarme. A Florencia Briz, Jimena Chanampa, Silvia Bravo, Jesús Sajama y Florencia Ferrary Laguzzy. Gracias por seguir estando, aunque sea a lo lejos, para mí eso no tiene precio. Los quiero un montón.

A los jurados, Susana Freire, Maria Lujan Luna y Cecilia Ezcurra por las críticas constructivas que hicieron de esta tesis, un mejor trabajo. Por su experiencia y tiempo, gracias.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL	
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivo general	7
1.3 Objetivos específicos	8
1.4 Hipótesis de trabajo	8
1.5 Área de estudio	
1.5.1 Drylands: definición, importancia y amenazas	8
1.5.2 Noroeste Argentino (NOA)	10
1.6 Recopilación de datos de distribución de las especies	11
1.7 Modelado de distribución basado en el nicho ecológico de las especies	12
1.7.1 MAXENT software	14
2. CAPÍTULO II: PATRONES DE DISTRIBUCION	
2.1. Introducción	
2.1.1 Introducción general	26
2.1.2 Objetivos	27
2.2. Metodología	
2.2.1. Base de datos	28
2.2.2. Determinación de hotspots de riqueza y endemismo de especies	28
2.2.3. Análisis de los determinantes potenciales de la diversidad de especies	28
2.2.3.1. Regresión lineal múltiple entre variables	29
2.3. Resultados	
2.3.1. Hotspots de riqueza y endemismo de especies	
2.3.1.1. Hotspots a nivel regional (NOA)	30
2.3.1.2. Hotspots a nivel de familia	31
2.3.1.2a. Riqueza	31
2.3.1.2b. Endemismo	31
2.3.2. Determinantes potenciales de la diversidad de especies	
2.3.2.1 Determinantes a nivel de familia	32
2.3.2.2 Determinantes a nivel ecoregional	32

2.4 Discusión

2.4.1 A nivel de familia	32
2.4.2 A nivel ecoregional	33
2.4.3 Conclusiones finales	36

3. CAPITULO III: PRIORIDADES DE CONSERVACION

3.1. Introducción

3.1.1 Introducción general	51
3.1.2 Objetivos	53

3.2. Metodología

3.2.1. Base de datos	53
3.2.2. Determinación de hotspots de endemismo	54
3.2.3. Evaluación del estado de conservación actual de la flora regional	54
3.2.4. Análisis de áreas prioritarias potenciales para conservación	55

3.3. Resultados

3.3.1. Hotspots de endemismo	56
3.3.2 Estado de conservación actual de la flora regional	56
3.3.3 Áreas prioritarias potenciales para conservación	57

3.4 Discusión

3.4.1 Estado de conservación actual de la flora y áreas prioritarias potenciales	58
3.4.2 Conclusiones finales	61

4. CAPITULO IV: CAMBIO CLIMATICO

4.1 Introducción

4.1.1 Introducción general	70
4.1.2 Objetivos	71

4.2 Metodología

4.2.1 Base de datos	71
4.2.2 Modelado de distribuciones futuras de especies endémicas	72
4.2.3 Determinación de hotspots de endemismo frente al cambio climático	72
4.2.4 Análisis del cambio climático sobre las especies y ecoregiones	72
4.2.5 Evaluación del estado de conservación futuro de la flora endémica	73

4.3 Resultados

4.3.1 Hotspots de endemismo en 2050 y 2080 (escenarios A2 y B1)	73
4.3.2 Efecto del cambio climático sobre las distribuciones y ecoregiones	74
4.3.3. Estado de conservación futuro de las especies endémicas	74

4.4 Discusión

4.4.1 Efecto del cambio climático sobre la flora endémica del NOA_____	75
4.4.2 Prioridades de conservación futura de la flora endémica_____	77
4.4.3 Conclusiones finales_____	78

5. CAPITULO V: CONCLUSIONES FINALES

5.1 Sumario de conclusiones_____	98
5.2 Trabajos producto de esta tesis_____	100
5.3 Bibliografía_____	101
5.4 Anexos	
5.4.1 Anexo 1_____	114
5.4.2 Anexo 2_____	137

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL

Fig. 1 Provincias fitogeográficas de Argentina y el NOA <i>sensu</i> Cabrera (1976) _____	18
Fig. 2 Área de estudio Noroeste Argentino (NOA) _____	19
Fig. 3 Drylands del NOA siguiendo el índice de aridez _____	20
Fig. 4 Ecoregiones del Noroeste Argentino <i>sensu</i> Olson et al. (2001) _____	21
Fig. 5 Patrones altitudinales y patrones de precipitación del NOA _____	22
Fig. 6 Gradiente altitudinal de la región del NOA, por ecoregión _____	23
Fig. 7 Curva ROC y valores de AUC para <i>Gymnocalycium saglionis</i> _____	24

CAPÍTULO II: PATRONES DE DISTRIBUCION

Fig. 8 Hotspots de endemismo y de riqueza en el NOA _____	43
Fig. 9 Diversidad (nº de especies/celda) en función de las clases climáticas de aridez en cada ecoregion _____	44
Fig. 10 Hotspots de riqueza en cada familia del NOA _____	45
Fig. 11 Hotspots de endemismo en cada familia del NOA _____	46
Fig. 12 Relación entre precipitación de verano y la diversidad por ecoregión _____	47
Fig. 13 Relación entre la precipitación de invierno y diversidad por ecoregión _____	48
Fig. 14 Relación entre la evapotranspiración potencial y diversidad por ecoregión _____	49

CAPITULO III: PRIORIDADES DE CONSERVACION

Fig. 15 Localización de las áreas protegidas actuales del NOA _____	64
Fig. 16 Hotspots de endemismo en el Noroeste de Argentina _____	65
Fig. 17 N° de especies gap, especies parcialmente protegidas y especies protegidas bajo diferentes objetivos de conservación _____	66

Fig. 18 Porcentaje de especies protegidas en el actual sistema de reservas vs sistema con nuevas áreas prioritarias _____ 66

Fig. 19 N° de especies endémicas protegidas vs. N° de total de especies por área de endemismo _____ 67

Fig. 20 Soluciones de MARXAN al aplicar el concepto irreemplazabilidad: 5% vs 50% _____ 68

CAPITULO IV: CAMBIO CLIMATICO

Fig. 21 Hotspots de riqueza presente vs futura (Escenario A2) _____ 82

Fig. 22 Hotspots de riqueza presente vs futura (Escenario B1) _____ 83

Fig. 23 N° de contracciones, expansiones y/o extinciones de especies endémicas bajo el cambio climático _____ 84

Fig. 24 Distribución potencial futura de *Maytenus cuezoi* _____ 85

Fig. 25 Distribución potencial futura de *Vernonia lipoensis* _____ 86

Fig. 26 Distribución potencial futura de *Panicum chloroleucum* _____ 87

Fig. 27 Distribución potencial futura de *Bulnesia schickendantzii* _____ 88

Fig. 28 Distribución potencial futura de *Trichocereus terscheckii* _____ 89

Fig. 29 Distribución potencial futura de *Plectocarpa rougesii* _____ 90

Fig. 30 Distribución potencial futura de *Nototriche copon* _____ 91

Fig. 31 Distribución potencial futura de *Astragalus boelckeii* _____ 92

Fig. 32 Distribución potencial futura de *Hieronymiella speciosa* _____ 93

Fig. 33 Distribución potencial futura de *Phemeranthus punae* _____ 94

Fig. 34 Distribución potencial de futura *Fabiana punensis* _____ 95

Fig. 35 Distribución potencial futura de *Adesmia friesii* _____ 96

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL

Tabla 1. Variables bioclimáticas de Worldclim_____	17
---	----

CAPÍTULO II: PATRONES DE DISTRIBUCION

Tabla 2. Coeficiente correlación de Pearson_____	38
---	----

Tabla 3. Determinantes de especies endémicas y no endémicas en cada familia_____	41
---	----

Tabla 4. Determinantes de la diversidad de cada ecoregión_____	42
---	----

CAPITULO III: PRIORIDADES DE CONSERVACION

Tabla 5. Nº de unidades de planificación para lograr la máxima conservación de especies ____	63
---	----

CAPITULO IV: CAMBIO CLIMATICO

Tabla 6. Especies endémicas elegidas como representativas de cada ecoregión_____	80
---	----

Tabla 7. Efecto del cambio climático sobre los rangos geográficos_____	80
---	----

Tabla 8. Nº especies protegidas y parcialmente protegidas en el presente vs futuro_____	81
--	----

RESUMEN

Globalmente, los drylands abarcan más del 41.3% de la superficie de la tierra y son habitados por más de dos billones de personas que dependen de sus servicios ecológicos y culturales. Se denomina drylands a todas aquellas tierras en donde el promedio de precipitaciones es menor a las pérdidas potenciales de humedad que ocurren a través de la evaporación y la transpiración. Dentro de estas tierras, se incluye a las regiones hiper áridas, áridas, semiáridas y sub-húmedas secas. Estas regiones, si bien presentan una riqueza de especies relativamente baja, albergan una gran concentración de especies endémicas con adaptaciones particulares, lo que convierte a estas regiones en ecosistemas únicos.

La Argentina es definida como un país árido ya que un 70% de su superficie es árida, semiárida o sub-húmeda seca. Aproximadamente un 30% de su población habita en estas áreas debido al alto valor agrícola que estas tierras poseen. La región noroeste del país (NOA) representa la región más heterogénea en términos de variabilidad climática y altitudinal, dando lugar a toda clase de drylands y a una alta diversidad de flora y fauna. Estudios recientes realizados en la zona, revelaron además la existencia de varios centros con un alto endemismo de plantas vasculares concentradas en la región.

En la actualidad, se documentaron evidencias de cambios en el clima, como aumentos en la temperatura y una disminución en la cantidad de precipitaciones que, junto a los cambios en el uso del suelo, la deforestación, la contaminación y la erosión, están acelerando los procesos de desertificación del suelo del NOA. A pesar de esto, pocos trabajos han evaluado los patrones de diversidad de la flora regional, al igual que los factores ambientales y climáticos que determinan esta diversidad. De igual modo, se desconoce el estado de conservación actual en el que se encuentra la flora endémica, y los efectos que los cambios climáticos ocasionarían sobre las distribuciones de plantas vasculares de la porción noroeste de Argentina. Este desconocimiento impide la generación de cualquier tipo de acción preventiva que permita evitar pérdidas de biodiversidad, asegurando la conservación a largo plazo de la flora vascular de la región.

En este contexto, se propone la realización de la presente tesis doctoral “**Diversidad de plantas vasculares en zonas áridas del noroeste de Argentina (NOA): Patrones de distribución, prioridades de conservación y cambio climático**” para acceder al título de Doctor en Ciencias Naturales.

En el *primer capítulo* se hace una descripción breve del panorama general actual que enfrenta la biodiversidad respecto de las temáticas a desarrollar. Se busca contextualizar al lector dentro de las temáticas que dieron origen a la presente tesis doctoral. Asimismo se

describen puntualmente los objetivos e hipótesis de trabajo planteadas para la realización de la misma. Luego le sigue una introducción al área de estudio, recalcando la importancia del estudio de drylands a nivel global, regional y local. Se describe en detalle la región de estudio (noroeste argentino), analizando patrones, altitudinales y climáticos y otras características relevantes. El cierre del capítulo se hace con una descripción teórica de un método particular, que constituye la base de los análisis que se describirán en los siguientes capítulos, haciendo hincapié en las ventajas y desventajas de su aplicación.

El **segundo capítulo** de esta tesis describe los patrones de distribución de las especies de seis de las familias más representativas de la zona, seleccionadas por sus altos valores de diversidad y endemismo (*Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Solanaceae*). Se analiza la relación entre diversidad y determinantes climático/ambientales a nivel ecoregional y a nivel de familias. El estudio se restringe exclusivamente a las zonas áridas del NOA para poner a prueba si existen diferencias importantes con las relaciones ya documentadas para zonas húmedas.

En el **tercer capítulo**, se describe el estado de conservación actual de las especies endémicas de toda la región. Se ponen a prueba diferentes objetivos de conservación para determinar cuál es la alternativa más adecuada según los propósitos perseguidos. Se eligió evaluar el *status* de conservación sólo de las especies endémicas debido a que éstas tienen, en términos de conservación, una mayor prioridad. Asimismo se sugieren áreas potenciales a conservar para mejorar los niveles de protección que brindan las áreas protegidas actuales.

En el **cuarto capítulo** se presenta la situación de la flora endémica regional frente a efectos de un posible cambio climático futuro. Se evaluaron contracciones/expansiones y extinciones en las distribuciones de las especies entre dos condiciones climáticas futuras (2050 y 2080), y bajo dos escenarios diferentes. Asimismo, se evalúa la eficiencia de los actuales sistemas de reservas en proteger la flora regional ante posibles cambios climáticos.

En el **quinto capítulo** se exponen las conclusiones finales de la tesis, destacando los resultados más relevantes. Además se incluyen los trabajos publicados de la tesis y la bibliografía utilizada.

ABSTRACT

Globally, drylands account for more than 41.3% of the land surface and are inhabited by more than two billion people who depend on their ecological and cultural services. Drylands are those environments where the average rainfall is lesser than the potential loss of moisture through evaporation and transpiration. Drylands include hyper-arid, arid, semi-arid, and dry sub-humid regions. These regions have relatively low values of species richness but harbor high concentrations of endemic species with special adaptations, a fact that makes these ecosystems unique.

Argentina is defined as an arid country as 70% of the area is arid, semi-arid, or dry sub-humid. Approximately 30% of the population lives in these areas due to the high agricultural value of these lands. In Argentina the northwestern region (NOA) is the most diverse region in terms of climate variability and altitudes, resulting in a variety of drylands with a high diversity of the flora and fauna. Recent studies realized in the area revealed the existence of several vascular plants endemism centres concentrated in the region.

Currently, evidence documented of climate change such as temperature increases and decreases in precipitation together with land-use modification, deforestation, contamination and erosion are accelerating the soil desertification process in the NOA region. However, few studies have evaluated the diversity patterns of the regional flora, nor the environmental and climatic factors defining this diversity. Up to the present, few studies attempted to evaluate the diversity patterns of the regional flora, as well as the environmental and climatic factors determining them. Also, the current conservation status in which the flora is found, and the effects that climate change would cause on the vascular plants of the region, is unknown. This lack of knowledge prevents the generation of any kind of preventive action to avoid biodiversity loss and ensure the conservation of the flora of northwestern Argentina in the long term.

In this context, the realization of the thesis “**Diversity of vascular plants in drylands of northwestern Argentina (NOA): Distribution patterns, conservation priorities and climate change**” is proposed in order to access to the degree of Doctor of Science.

The *first chapter* comprehends a brief description of challenges of biodiversity in relation with the subjects to face in the present thesis. It seeks to introduce the reader to the issues that led to this thesis. Also, objectives, and hypotheses are summarized. Later, the study area is described, emphasizing the importance of studying drylands at global, regional, and local levels. The north-western Argentina region is described including altitudinal and climatic patterns together with other relevant characteristics. To conclude the chapter, a theoretical

description of the method employed in all the analyses of the following chapters is detailed, emphasizing the advantages and disadvantages of its application.

The *second chapter* describes the distribution patterns of six of the most representative families within the area, selected for their high levels of diversity and endemism (Asteraceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Fabaceae, Poaceae and Solanaceae). The analyses determine the relationship between diversity and the most relevant climate/environmental determinants at ecoregional and family level. Only the flora adapted to drylands was analyzed to examine whether it responds to different environmental determinants as those documented for humid environments.

The *third chapter* evaluates the current conservation status of the endemic species of the region. Several conservation targets are tested to find the best alternative according to the purposes. Endemic species were selected since they have, in conservative terms, higher priority. The studies also suggest new potential areas for conservation in order to improve the conservation levels currently existing in protected areas.

In the *fourth chapter* the situation of the regional endemic flora is analyzed against the possible effects of future climate changes. Contractions and expansions in species distributions were studied against two hypothetical future climate conditions (2050 and 2080), and under two different scenarios. Also, the efficiency of the current reserve systems in protecting the regional flora was tested under a climatic change scenario.

The *fifth chapter* includes a summary with the final conclusions of the thesis, highlighting the most relevant results and the papers resulting from the thesis. Future projections based on the results are also included together with references.

Capítulo I
INTRODUCCIÓN
GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del impacto actual del hombre sobre los ecosistemas naturales, las últimas décadas han sido testigo de una importante disminución en la biodiversidad (WCMC 1992, IUCN 2014), y de un significativo incremento en el número de especies amenazadas (Primack 2008, IUCN 2014). Esto, sumado a los cambios climáticos globales (aumento en la temperatura y variación en las precipitaciones; IPCC 2001) producto también de la actividad antrópica desmesurada, han resultado en intensos cambios en la biota incluyendo extinciones, expansiones o contracciones de rangos geográficos, migraciones y/o cambios en la fisiología de las especies (Hughes 2000, Walther et al. 2002, Araujo et al. 2006). Para poder conservar esta biodiversidad, es necesario entender cómo se distribuyen las especies y cuáles son los aspectos del ambiente que determinan sus patrones de distribución.

La biodiversidad, definida como la variedad de la vida, no se distribuye homogéneamente a lo largo de la tierra (Gaston 2000). Existen áreas con más especies (hotspots) que otras (coldspots), se encuentran más especies en las regiones tropicales que en las templadas, como así también más en las regiones húmedas que en las áridas (Brown & Lomolino 1998, Gaston 2000, Lomolino et al. 2006). Esta variación en la distribución de la biodiversidad no es aleatoria, sino que responde a un conjunto de patrones espacio-temporales (Gaston & Spicer 1998). Los patrones más ampliamente documentados son el gradiente latitudinal y altitudinal (Brown & Lomolino 1998, Gaston 2000, Willig et al. 2003). Estos patrones han sido registrados para una amplia variedad de organismos incluyendo mamíferos, aves, anfibios, peces, insectos y plantas y en casi todas las regiones del mundo (Brown & Lomolino 1998, Willig et al. 2003). No obstante, ni la latitud, ni la altitud pueden ser consideradas un agente causal *per se*, ya que si la diversidad cambia con ellas es porque otro factor (temperatura o precipitación) varía, siendo ése factor el que ejerce efectos sobre la distribución de las especies (Gaston 1996, Willig et al. 2003). Varias hipótesis históricas o evolutivas surgieron intentando dar explicación a las variaciones en la biodiversidad (por ejemplo, Wiens & Donoghue 2004, Svenning & Skov 2005, Hawkins et al. 2007). Según éstas, las variaciones en la biota ocurren debido a la influencia de factores históricos o evolutivos que generaron diferencias geográficas en la historia geológica y climática de las distintas regiones tales como las glaciaciones, los levantamientos de cadenas montañosas o los movimientos tectónicos; cuyo rol en la evolución, extinción y diversificación de los taxones ha sido determinante (Raven & Axelrod 1974, Lomolino et al. 2006).

Una de las estrategias globales y regionales para reducir la continua pérdida de biodiversidad y asegurar su conservación es la creación de áreas protegidas (Ferrier 2002, Gaston 1996, Margules & Pressey 2000, Primack 2008). Entre los criterios más empleados para

fijar prioridades de conservación se encuentran la riqueza de especies, la endemidad, la rareza de las especies y el grado de amenaza (Mittermeier et al. 1998, Ceballos et al. 1998, Myers et al. 2000, Rodrigues et al. 2004a, Orme et al. 2005, Lamoreux et al. 2006). Generalmente, las áreas con alta concentración de especies han sido consideradas prioritarias, ya que maximizan el número de especies representadas en el mínimo de superficie (Caldecott et al. 1996, Olson & Dinerstein 1998). En este contexto, las regiones húmedas tropicales y subtropicales, han recibido una mayor atención que las regiones templadas y/o áridas (Margules et al. 2002, Rodrigues et al. 2004a, GEF 2010).

Las regiones áridas, conocidas como “drylands”, han sido indicadas por poseer áreas de alto endemismo, es decir incluyen especies de distribución restringida a un área determinada (Cowling 2001). Como consecuencia de esa distribución, estas especies son potencialmente más sensibles a las perturbaciones ambientales que las especies de amplia distribución; por ende, son más vulnerables a la extinción (Gaston 1994). Esto, sumado a la baja resiliencia de los ambientes áridos y al impacto del cambio climático, convierte a estos ambientes en áreas vulnerables a perturbaciones o cambios en el ambiente (Ezcurra 2006). Recientemente, se ha indicado que el rango de variabilidad climática natural de los drylands de los Andes Tropicales ha comenzado a exceder los umbrales históricos documentados, provocando cambios sobre sus ecosistemas y sobre las poblaciones humanas que dependen de éstos (Anderson et al. 2011). El impacto no será uniforme, pues se estima que las áreas dónde se concentran las actividades productivas, como bordes de desiertos y áreas montanas, serán las más afectadas (Safriel et al. 2006).

Ante este escenario, conocer los patrones de distribución de las especies de los drylands constituye un punto clave para definir el actual *status* de su biota, predecir su respuesta probable frente a los cambios climáticos futuros y facilitar así la identificación de esquemas de conservación adecuados y efectivos que garanticen la protección de las especies en el largo plazo (Gaston 1996, Primack 2008).

1.2 Objetivo general

La presente tesis pretende llevar a cabo un estudio integral en las regiones áridas del noroeste argentino (NOA), incluyendo un análisis detallado de los patrones de distribución de las familias de plantas vasculares más importantes de la región, haciendo hincapié en las especies endémicas de la región. Se pretende además, describir la relación entre los patrones de distribución de la flora regional y factores ambientales y climáticos, los que potencialmente pueden influir sobre estos patrones, y determinar el probable efecto del cambio climático sobre la vegetación. Finalmente, el propósito de este trabajo es evaluar el estado de conservación actual de la especies y proponer áreas que aseguren su conservación a largo plazo y frente a cambios climáticos futuros.

1.3 Objetivos específicos

- 1) Analizar los patrones de distribución de las especies de las familias con mayor diversidad y endemismo del NOA (*Asteraceae*, *Cactaceae*, *Bromeliaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Solanaceae*) definiendo hotspots y coldspots de riqueza de especies y endemismo de especies a nivel general, a nivel ecoregional y a nivel de familia.
- 2) Evaluar las relaciones entre los hotspots y los coldspots de riqueza y endemismo con factores ambientales y climáticos.
- 3) Evaluar la efectividad de los sistemas de áreas protegidas existentes en la conservación de la flora endémica de la región del NOA y seleccionar nuevas áreas prioritarias, utilizando los principios de la planificación sistemática para conservación.
- 4) Evaluar el efecto del cambio climático sobre el rango geográfico de especies seleccionadas.

1.4 Hipótesis de trabajo

- 1) La flora de plantas vasculares en tierras áridas y semiáridas del noroeste argentino no se distribuye de forma homogénea. Pueden definirse hotspots y coldspots de diversidad.
- 2) En las regiones áridas del noroeste de Argentina los hotspots y los coldspots de diversidad se explican sobre la base de variables ambientales y climáticas.
- 3) La región del NOA presenta los mayores centros de endemismo del país. Sin embargo el actual sistema de áreas protegidas no es efectivo en conservar la flora endémica regional.
- 4) Frente a un posible cambio climático futuro, se esperan cambios en las distribuciones de las especies. Estos cambios modificarán la posición de los hotspots y coldspots de especies del NOA.

1.5 ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1 Drylands: definición, importancia y amenazas.

Globalmente, los “drylands” (tierras secas) cubren más del 41.3% de la superficie de la tierra y son habitados por más de dos billones de personas que dependen de sus servicios ecológicos y culturales (Ezcurra 2006). Estas tierras abarcan todos aquellos ambientes que presentan escasez de agua y que se caracterizan por la ocurrencia de extremos climáticos estacionales y patrones de lluvia poco predecibles (Bonkougou 2003, Safriel & Adeel 2005, Davies et al. 2012). Aunque no existen límites claros, se consideran drylands a aquellas áreas donde el promedio de lluvias es menor que las pérdidas potenciales de humedad que se producen a través de la evaporación y la transpiración (UNEP 1997).

La UNEP (Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente) ha definido como drylands a aquellas tierras con un índice de aridez <0.65 .

El Índice de Aridez (IA) se expresa como sigue:

$$\text{Índice de Aridez} = PMA/ETP$$

Donde **PMA** es la precipitación media anual y **ETP** la evapotranspiración potencial. Este índice fue modelado a nivel mundial utilizando valores promedios de precipitación y temperatura desde 1950 hasta 2000 y a una resolución espacial de 30' (datos disponibles de la base de datos climática global Worldclim; Hijmans et al. 2005)

Dentro de estas tierras se encuentran lo que comúnmente conocemos como regiones híper áridas, áridas, semiáridas y sub-húmedas secas (UNEP 1997, Trabucco & Zomer 2009). Estas regiones se caracterizan por presentar niveles de aridez que impiden el sustento de formaciones boscosas, dando lugar a ambientes dominados por pastizales, estepas y diferentes tipos de desiertos (Safriel & Adeel 2005).

Valores IA	Clase climática
<0.03	Hiper árida
0.03-0.2	Árida
0.2-0.5	Semiárida
0.5-0.65	Sub-húmeda seca
>0.65	Húmeda

Los drylands presentan una riqueza de especies relativamente baja, sin embargo, albergan una gran concentración de especies endémicas con adaptaciones particulares que convierten a estas regiones en ecosistemas únicos (Davies et al. 2012). Además, constituyen un importante porcentaje de los hotspots de biodiversidad definidas a nivel global (Myers et al. 2000), albergando importantes grupos de plantas vasculares (cactáceas, suculentas, árboles muchas de las gramíneas del mundo, Bonkougou 2003) y otros organismos como aves, mamíferos y anfibios. Muchos de estos organismos se encuentran citados en la Lista Roja de IUCN como en peligro o peligro crítico (www.iucn.org.ar, IUCN 2014) y, son considerados de importancia para la conservación (GEF 2010). A pesar de esto, los biomas más húmedos, como el bosque lluvioso tropical, han recibido una mayor atención en términos de conservación (GEF 2010).

El conocimiento actual sobre el estado y las amenazas que enfrenta la biodiversidad de los drylands es limitado y dificulta la planificación e implementación de estrategias de conservación. Pocos estudios han sido realizados a nivel mundial (como por ejemplo los de

Oldeman 1992, Lepers 2003, Bai et al. 2008) y otros pocos a nivel nacional/regional (por ejemplo, Li et al. 2013). La principal amenaza hacia estas tierras es el proceso de desertificación resultante de la combinación de varios factores, climáticos y antrópicos, que contribuyen a la disminución de su productividad primaria y al decline en la riqueza de especies. Esto, a su vez, reduce la capacidad de estos ecosistemas para proveer de servicios y recursos al hombre (Davies et al. 2012).

Globalmente, entre un 10 y un 20% de los drylands han sido degradados como resultado de la susceptibilidad a la erosión del viento y el agua provocada por la conversión continua del hábitat, el cambio climático, la minería a cielo abierto, la sobreexplotación, la presión de pastoreo, las especies introducidas y el uso inapropiado del suelo (Bonkougou 2003, Safriel & Adeel 2005, Davies et al. 2012). En Latinoamérica específicamente, los drylands se ven mayormente afectados por los cambios en el uso del suelo para agricultura o urbanización y por la minería a cielo abierto (Davies et al. 2012). En algunos casos, la ganadería también los ha afectado como producto del sobrepastoreo (véase Asner et al. 2003)

1.5.2 Noroeste Argentino (NOA)

El 70% de la superficie de Argentina ha sido definida como árida (Fernandez & Busso 1997, Adamo 2003). Siguiendo el esquema fitogeográfico más comúnmente usado en el país (Cabrera 1976), dentro de ese porcentaje, se encuentran representadas siete importantes provincias fitogeográficas áridas y semiáridas: del Monte, Prepuneña, Puneña, Altoandina, Espinal, Patagónica y la parte occidental de la provincia Chaqueña (Fig. 1).

La región del NOA comprende las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan (aprox. 520.000 km², Fig. 2) y constituye una muestra representativa de todas las clases de drylands, con excepción de la clase hiper árida que tiene extensión reducida (Fig. 3). De las provincias fitogeográficas indicadas por Cabrera (1976), cinco están representadas dentro del noroeste Argentino además de las Yungas (Fig. 1), la única unidad fitogeográfica que entra dentro de la zona húmeda del área (Fig. 3, Cabrera 1976). En la presente tesis se empleó un esquema biogeográfico ampliamente utilizado a nivel mundial: la clasificación de Ecorregiones Terrestres de Olson et al. (2001), donde los límites de las ecoregiones se basaron en Cabrera (1976) y que permite además la manipulación de datos en programas GIS (Fig. 4). Según este esquema, las ecoregiones secas dentro del NOA incluyen; Estepa Andina del Sur, Puna Seca Andina Central, Puna Andina Central, Monte Alto, parte del Chaco Seco y una pequeña porción del Monte Bajo (Fig. 4). Este esquema difiere con el de Cabrera (1976) en que la provincia Altoandina no se distingue de la Puna y que ésta última es dividida en tres sectores sobre la base de diferencias en la precipitación: Puna Seca Andina Central, Puna Andina Central y Estepa Andina del Sur (correspondería a la porción sur de la provincia Altoandina). Además,

la Prepuna (Cabrera 1976) se fusiona con el Monte septentrional para formar el Monte Alto (Morrone 2014, Fig. 1 y Fig. 4).

El NOA se caracteriza por una heterogeneidad climática asociada a la disponibilidad de masas cargadas de humedad a lo largo de diferentes límites altitudinales (Minneti 2005). La topografía de la región genera todo tipo de variaciones incluyendo climas cálidos y húmedos (subtropical) en la parte norte-oriental de la región, cálidos y secos (áridos) en la parte más central y frío y seco (árido) en la parte sur-occidental (Minneti 2005). Estos climas resultan de la interacción de dos gradientes (Fig. 5). El gradiente altitudinal oeste-este (Fig. 5), con la presencia de cadenas montañosas y sierras orientadas en dirección norte-sur e influenciado por la dirección de los vientos, genera un gradiente en la precipitación en dirección noreste-suroeste (Fig. 5). Las altitudes varían desde aproximadamente 500 msnm al este, coincidiendo con la ecoregión más baja (Chaco Seco, Fig. 6) hasta más de 4000 msnm al oeste, abarcando partes de la Puna Seca Andina Central y la Estepa Andina Sur (Fig. 6), con el pico más alto ubicado en esta última a aprox. 6300 msnm. (Cabrera 1976, Olson et al. 2001, Fig. 6). Entre estas ecoregiones ocurren aquellas de alturas relativamente intermedias como la Puna Central Andina, el Monte Alto y las Yungas Andinas (Fig. 6). El gradiente de precipitación (Fig. 5) varía desde 900-3500 mm por año en las laderas orientales de los Andes hasta menos de 100 mm por año en la vertiente occidental. La precipitación sigue un régimen monzónico, con lluvias estivales, de noviembre a febrero, y un periodo invernal seco (Bianchi & Yáñez 1992, Garreaud et al. 2003). La temperatura oscila mucho dentro de la zona, con la parte austral occidental presentando valores de temperatura bajo cero, durante el período de verano (Cabrera 1976).

1.6 Recopilación de datos de distribución de las especies

Las familias de plantas vasculares seleccionadas para el desarrollo de la presente tesis fueron *Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Solanaceae*, las que poseen una alta proporción de especies endémicas (Cabrera 1976, Ezcurra 2002, Roig et al. 2009) y, dentro de la región de estudio presentan una alta diversidad (Zuloaga et al. 1999). De cada familia, se seleccionaron sólo aquellas especies que habitan la zona de drylands (áreas hiper áridas, áridas y semiáridas), excluyendo a aquellas que habitan exclusivamente en zonas húmedas y sub-húmedo secas.

Del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga et al. 2008) disponible y actualizado en la base de datos Documenta Flora Australis (www.darwin.edu.ar/iris/) se descargó un listado con las especies a incluir. Esta base incluye datos las especies válidas de cada una de las familias, sinónimos, como así también información de especímenes de herbario de diversos lugares de Argentina y bibliografía relevante. Como tareas paralelas y complementarias se realizaron viajes de campo y visitas a herbarios (BA, BAA, LP, LIL además

de trabajar con plantas del herbario SI) para ampliar los datos de distribución de las especies. No se incluyeron sinónimos de las especies, solo aquellas con nombres válidos o aceptados.

Los datos fueron georeferenciados siguiendo el método de punto radio de Wieczorek et al. (2004) donde cada localidad se describe como un círculo, con un punto para indicar la posición más cercana en base a la descripción de la localidad. La distancia máxima desde ese punto (dentro de la cual se calcula que la localidad ocurra) se indica con un radio que, a su vez representa el error al que podemos incurrir a la hora de georeferenciar. El cálculo del radio tiene en cuenta la precisión y especificidad de la descripción de la localidad, la escala del mapa, y la precisión y exactitud de las fuentes utilizadas para determinar las coordenadas. Este método reduce al mínimo la subjetividad involucrada en el proceso de georreferenciación, resultando en georreferencias más consistentes, reproducibles, y que permiten el uso de incertidumbre en los análisis que utilizan estos datos.

1.7 Modelado de distribución basado en el nicho ecológico de las especies

El principal limitante a la hora de definir los patrones de distribución de las especies es la falta de datos; en muchas regiones del mundo y para la gran mayoría de las especies, la información es escasa (Pressey 2004, Phillips et al. 2006, Newbold 2010). Museos, colecciones privadas, herbarios y la literatura científica constituyen las principales fuentes de datos de las distribuciones de las especies, en forma de registros de ocurrencias/presencias (Ponder et al. 2001, Funk & Richardson 2002, Stockwell & Peterson 2002, Williams et al. 2002, Newbold 2010). Sin embargo, estos datos generalmente presentan inexactitudes respecto a la localización exacta de las especies (Graham & Hijmans 2006) y no contienen datos referidos a la ausencia de las especies (Newbold 2010). Esto, lleva a asumir que la especie está ausente en ciertas áreas sólo por el hecho de no contar con los registros de ausencia correspondientes, lo que genera graves errores de omisión en la representación de las distribuciones (Carvalho et al. 2010). Además, los registros de ocurrencia pueden contener sesgos como por ejemplo: espacialmente sesgados hacia sitios de fácil acceso, taxonómicamente sesgados hacia las especies más conspicuas o de interés científico, y temporalmente sesgados por la irregularidad en la toma de registros a lo largo del tiempo (Keller & Scallan 1999, Polansky et al. 2000, Funk & Richardson 2002, Reddy & Dávalos 2003). A su vez, los registros pueden sufrir de autocorrelación espacial (muchas colectas en localidades muy cercanas dentro de un área restringida) o, los métodos de muestreo y su intensidad pueden diferir dentro de una misma área de estudio (Anderson et al. 2003). Otros errores pueden surgir además como consecuencia de transcripciones o identificaciones taxonómicas incorrectas (Williams et al. 2002, Newborn 2010).

La metodología que busca superar estas dificultades es el modelado de nicho, método que, en función de variables ambientales derivadas de localidades geográficas donde la especie fue observada, predice los ambientes adecuados para esa especie en un área determinada. Las

variables son consideradas como muestras del nicho efectivo de las especies ya que actúan como limitantes de lo que sería el nicho fundamental de una especie. Se asume entonces que este tipo de modelado representaría una distribución potencial aproximada al nicho real de la especie dentro del área de estudio y las dimensiones ambientales consideradas (Phillips et al. 2006).

Dentro de las principales **ventajas** de este método se encuentran:

- 1) La habilidad de usar información incompleta para generar distribuciones exhaustivas de las especies, evitando incluso muchos de los problemas de escala (Rondini et al. 2006)
- 2) Mejorar el conocimiento del área de ocupancia de una especie (área apta y/o actualmente ocupada por las especies, Gaston & Fuller 2009) a través de la extrapolación de datos incompletos (Rondini et al. 2006)
- 3) Mejorar el conocimiento de la extensión de ocurrencia de las especies (área que se extiende dentro de los límites geográficos donde fue registrada la especie, Gaston & Fuller 2009) a través de la interpolación de la probabilidad de ocurrencia dentro de su rango geográfico (Rondini et al. 2006).

No obstante, estas técnicas tampoco están exentas de errores o imprecisiones (Segurado & Araujo 2004, Elith et al. 2006). Entre las dificultades más importantes se destacan: 1) Los registros de presencia en los que se basan pueden contener los errores antes mencionados (Kadmon et al. 2004); 2) No tienen en cuenta todas las variables que pueden influir en la distribución de las especies pudiéndose generar entonces errores de comisión u omisión (Segurado & Araujo 2004). La mayoría de los modelos incluyen sólo variables ambientales o ecológicas mientras las históricas o biogeográficas no son consideradas (Lomolino et al. 2006); 3) Pueden haber errores en las variables eco-geográficas utilizadas para crear los modelos predictivos, ya sea por errores en las mediciones de dichas variables o en los modelos usados para generarlas o, simplemente, por la resolución a la que los parámetros fueron interpolados (Huston 2002, Stockwell & Peterson 2002).

A pesar de estas dificultades, actualmente existen una gran cantidad de métodos basados en el modelado de distribución de especies utilizando solo datos de presencia, de gratis acceso al público (*Bioclim and Domain*; Busby 1991, Carpenter et al. 1993, *Biomapper*; Hirzel et al. 2001, *Maxent*; Phillips et al. 2006). Muchos trabajos han evaluado la exactitud predictiva de estos modelos, a través de estudios comparativos realizados en diferentes regiones del mundo, estableciendo diversos objetivos, analizando especies distintas o utilizando diferentes tipos de datos. (Elith et al. 2006, Hernández et al. 2006, Pearson 2007, Tsoar et al. 2007, Ortega-Huerta & Peterson 2008, Kumar & Stohlgren 2009). Uno de los métodos destacados en términos de

exactitud y precisión en el modelado de distribuciones es el software MAXENT (Phillips et al. 2006), en particular cuando se tiene pocos registros de la ocurrencia de las especies.

1.7.1 MAXENT software

Para llevar a cabo el modelado predictivo de las distribuciones de las especies, MAXENT (Phillips et al. 2006) requiere de puntos de registro georeferenciados donde se sabe que la especie está presente y coberturas geográficas de parámetros ambientales que pueden, potencialmente, limitar la capacidad de supervivencia de la especie. Las variables bioclimáticas (derivadas de datos de temperatura y precipitación) se encuentran disponibles en la base de datos de WorldClim (Hijmans et al. 2005; www.worldclim.org, Tabla 1) a diferentes resoluciones espaciales. En la presente tesis las variables utilizadas siempre tuvieron una resolución espacial de 30 segundos (expresados como segundos de un grado de longitud y latitud).

MAXENT intenta encontrar la distribución de probabilidad de la máxima entropía (aquella más cercana a la uniformidad), sujeta a las limitaciones impuestas por la información disponible sobre la distribución observada de las especies y las condiciones ambientales en el área de estudio. La totalidad de píxeles del área de estudio constituye el espacio en donde se define una distribución de probabilidades (la probabilidad de que la especie esté presente que va de 0 a 1). Los píxeles que albergan un registro de presencia constituyen puntos de muestra, y las variables asociadas a ese punto son las características que explican la ocurrencia de ese punto. Estas características, a su vez, constituyen las restricciones para el resto de celdas que no contienen un registro georeferenciado (Phillips et al. 2006, Phillips & Dudik 2008).

Entre las ventajas más sobresalientes de MAXENT encontramos:

1. No requiere de datos de ausencia de especies
2. Utiliza tantos datos categóricos como continuos y puede incorporar interacciones entre las variables.
3. Utiliza algoritmos determinísticos que garantizan converger en la distribución más óptima (máxima entropía).
4. El resultado es continuo, permitiendo distinguir dentro de la zona de estudio cuáles áreas son más aptas o adecuadas para la supervivencia de la especie
5. Presenta múltiples aplicaciones y usos en diferentes áreas

Para evaluar con qué efectividad se predijeron las distribuciones de las especies, MAXENT ofrece diferentes herramientas; entre las más usadas, el área bajo la curva ROC (AUC, Fig. 7). La curva ROC representa los pares ordenados de especificidad y sensibilidad de cada píxel, que expresan la exactitud diagnóstica (Fig. 7). La sensibilidad es la probabilidad de

predecir correctamente la presencia de una especie en un píxel en que estaba presente (verdaderos positivos). La especificidad es la probabilidad de predecir la ausencia de una especie en un píxel en que la especie no había sido registrada (verdaderos negativos). La línea roja (entrenamiento) de la curva representa el ajuste del modelo a los datos de muestreo. La línea azul (prueba) indica el grado de ajuste del modelo a los datos de prueba, y supone la prueba real del poder predictivo del modelo. La línea verde representa la línea esperada si el modelo no fuese mejor que "por azar". Si la curva azul (prueba) cae por debajo de la línea verde, indica que el modelo es peor que si la predicción se hubiese hecho al azar. Una mayor exactitud diagnóstica de la predicción se traduce en un desplazamiento "hacia arriba y a la izquierda" de la curva ROC (Fig. 7). Mientras más cerca se encuentre la línea azul del tope superior izquierdo mejor será el modelo para predecir la distribución geográfica potencial de cada especie. Esto sugiere que el AUC se puede emplear como un índice conveniente de la exactitud global de la prueba: la exactitud máxima correspondería a un valor de AUC de 1 y la mínima a uno de 0.5 (Phillips et al. 2006, Phillips & Dudik 2008, Fig. 7).

La aplicación de un umbral de corte constituye el paso final del modelado de distribución de las especies. Su función es separar aquellas áreas aptas para la especie, de aquellas que no lo son o tienen baja probabilidad de serlo (Liu et al. 2005). Utilizando ArcGIS versión 10.0 (ESRI 2010) las distribuciones potenciales probabilísticas obtenidas de MAXENT son transformadas en matrices de presencias (1) y ausencias (0). Muchos umbrales de corte se han desarrollado para este fin, pero pocos estudios los han evaluado comparativamente; Liu et al. (2005- Compararon 12 umbrales) y Jiménez-Valverde & Lobo (2007- compararon 4 umbrales). Los autores llegaron a una conclusión común; los umbrales de cortes objetivos son más efectivos que los subjetivos. No obstante, dentro de los umbrales objetivos, no existe un umbral más óptimo que otro y la elección del mismo depende de los objetivos del trabajo (Liu et al. 2005, Jiménez-Valverde & Lobo 2007).

En la presente tesis se utilizaron tanto valores subjetivos (umbral de corte 0.8), como objetivos (10 percentile training presence). Este último, selecciona los valores por encima de los cuáles se eligieron de forma correcta el 90% de las localidades, llegando a alcanzar resultados de mayor relevancia ecológica con respecto a umbrales más estrictos (Phillips & Dudik, 2008).

MAXENT permitió generar las distribuciones para los posteriores análisis:

CAPITULO II

- Determinar hotspots de riqueza y endemismo
- Determinar la relación entre diversidad y factores ambientales/climáticos

CAPITULO III

- Determinar la efectividad del actual sistema de reservas y seleccionar nuevas áreas prioritarias para conservación

CAPITULO IV

- Determinar el efecto del cambio climático sobre las distribuciones de las especies endémicas

Para modelar las distribuciones futuras de las especies, el modelado proyecta las distribuciones basándose en simulaciones de los diferentes caminos que podrían seguir fuerzas determinantes (tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socio-económico o el cambio tecnológico) y las emisiones de gases del efecto invernadero en un futuro (IPCC 2001). Estas simulaciones se representan a través de familias de escenarios proyectadas para diferentes años (IPCC 2001).

La naturaleza caótica de estos modelos hace que en sí tengan una alta proporción de incertidumbre ya que el clima no es el único factor que influencia las distribuciones de las especies y su tasa de distribución (Pearson & Dawson 2003, Hampe 2004). Estos modelos no consideran por ejemplo, las interacciones bióticas, los tiempos de adaptación o las habilidades de dispersión de las especies por lo que sus resultados deben ser interpretados con cautela (Pearson & Dawson 2003, Guisan & Thuiller 2005). No obstante, los modelos bioclimáticos ofrecen también ciertas ventajas:

- Realizan análisis relativamente rápidos para numerosas especies individuales y permiten la identificación de relaciones clave entre las especies y los factores que gobiernan sus distribuciones (Pearson & Dawson 2003, Gavin & Hu 2005).
- Proporcionan una idea de los efectos potenciales del calentamiento climático sobre la biodiversidad cuando se conoce poco de los factores fisiológicos que limitan las distribuciones de las especies estudiadas (Crumpacker et al. 2001).
- Los modelos de especies individuales proporcionan predicciones más precisas y realistas que las ofrecidas por los modelos de que consideran ensambles de especies (Iverson & Prasad 1998), ya que se cree que las respuestas al cambio climático son principalmente individualistas.

TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1. Variables climáticas de WorldClim (Hijmans et al. 2005)

Siglas	VARIABLES CLIMATICAS
TMA	Temperatura media anual (°C)
ODT	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
IT	Isotermalidad (°C)
ET	Estacionalidad de temperatura (°C)
TPC	Temperatura máxima del periodo más cálido (°C)
TPF	Temperatura mínima del periodo más frío (°C)
OAT	Oscilación anual de la temperatura (°C)
TMH	Temperatura media del trimestre más húmedo (°C)
TMS	Temperatura media del trimestre más seco (°C)
TMC	Temperatura media del trimestre más cálido (°C)
TMF	Temperatura media del trimestre más frío (°C)
PA	Precipitación anual (mm)
PPH	Precipitación del periodo más húmedo (mm)
PPS	Precipitación del periodo más seco (mm)
EP	Estacionalidad de la precipitación (MM)
PCH	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
PCS	Precipitación del trimestre más seco (mm)
PCC	Precipitación del trimestre más cálido (mm)
PCF	Precipitación del trimestre más frío (mm)

FIGURAS

Capítulo I

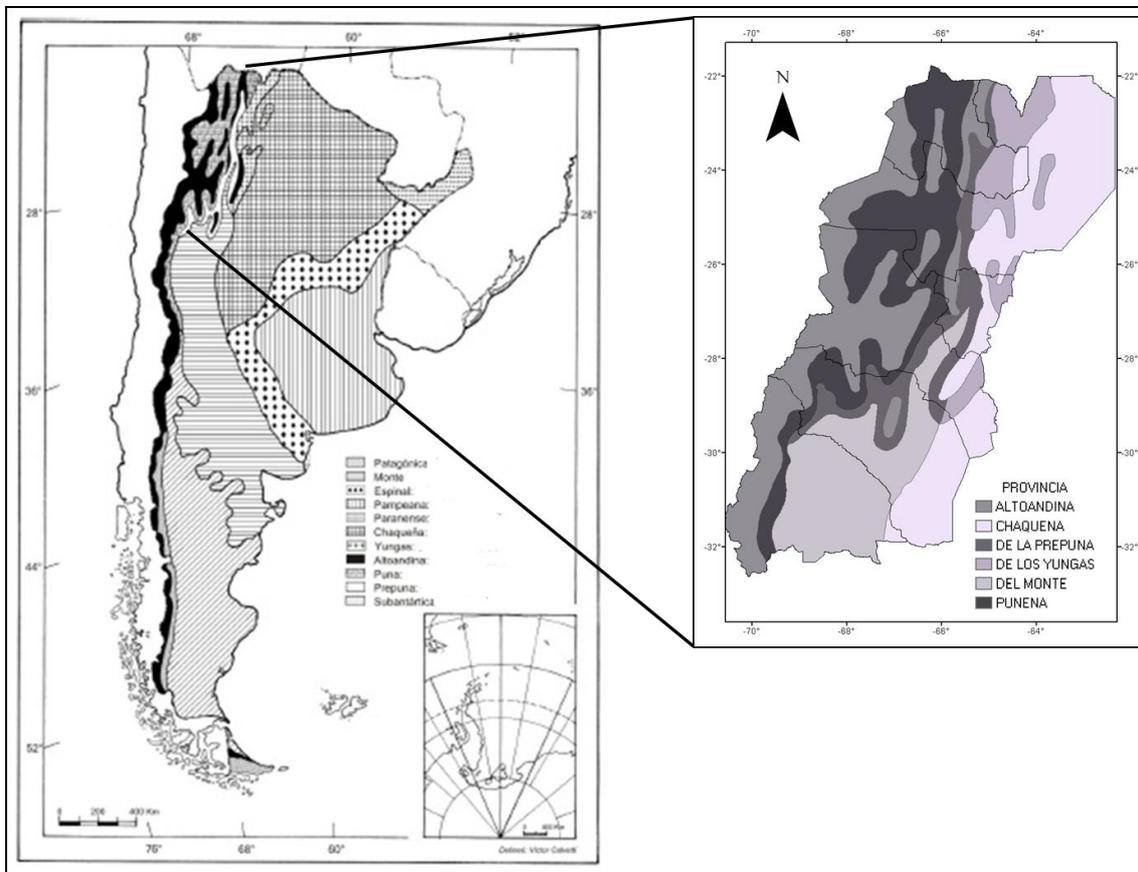


Fig. 1. Provincias fitogeográficas de Argentina *sensu* Cabrera (1976), detallando las provincias que se presentan en el área del Noroeste Argentino

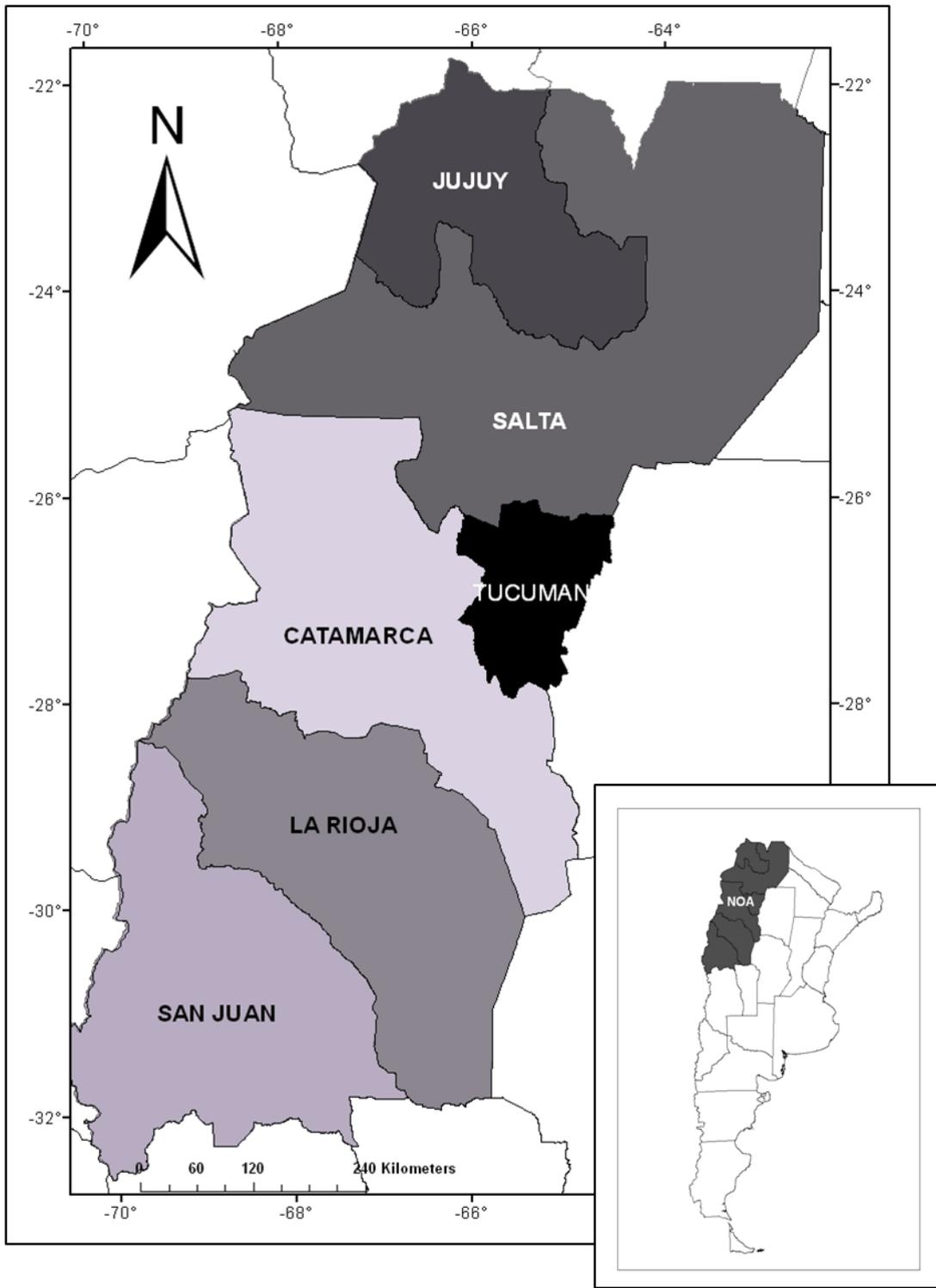


Fig. 2. ÁREA DE ESTUDIO: Noroeste Argentino (NOA)

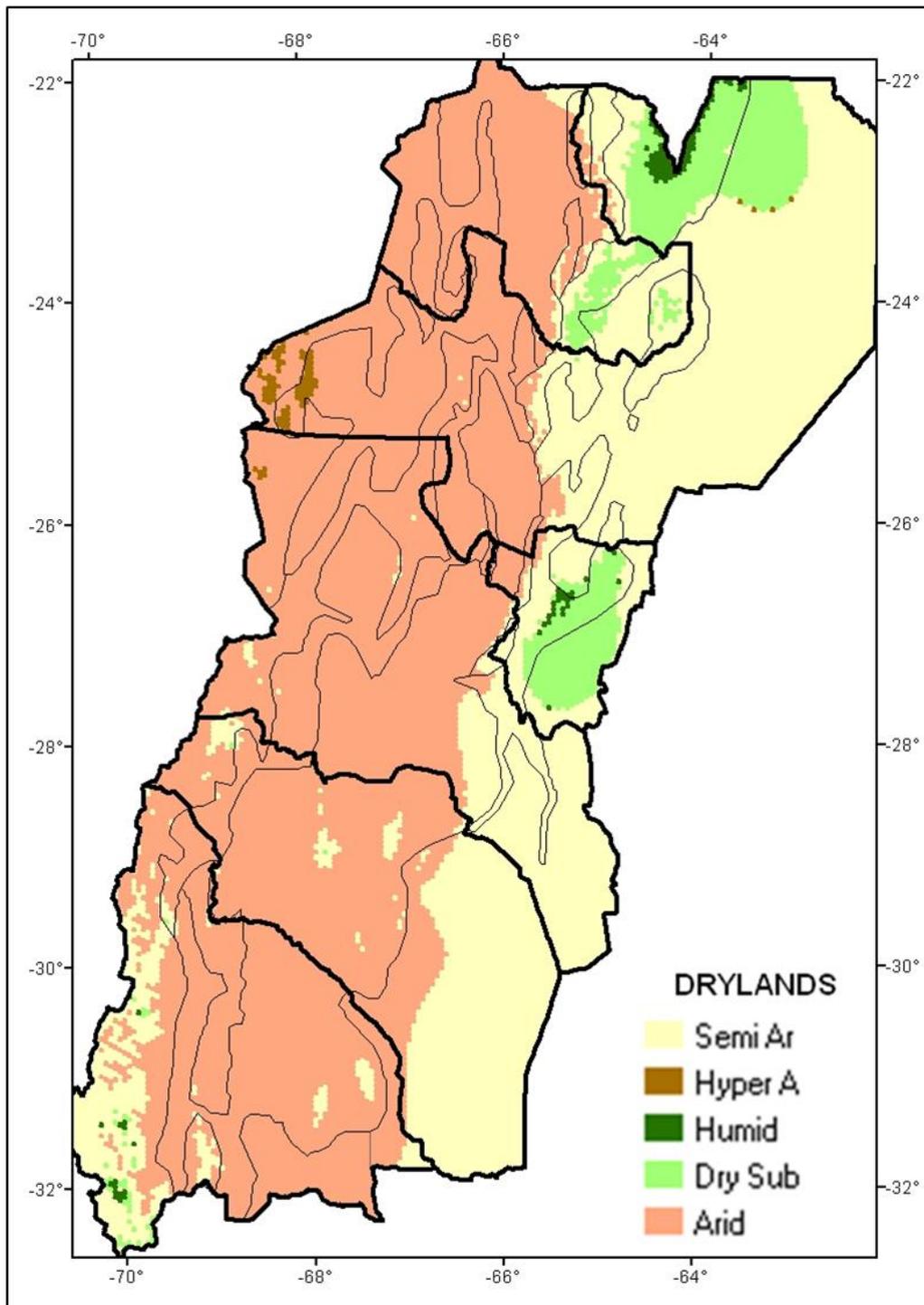


Fig. 3. Drylands del NOA siguiendo el índice de aridez (UNEP 1997). Las regiones áridas abarcan un 55.4% del área de estudio, las semiáridas un 37.4% y las hiper-áridas un 0.4%. Las secas sub-húmedas 6.3% y las húmedas 0.56%. Las líneas finas marcan los límites entre las ecoregiones mencionadas en la Fig. 4.

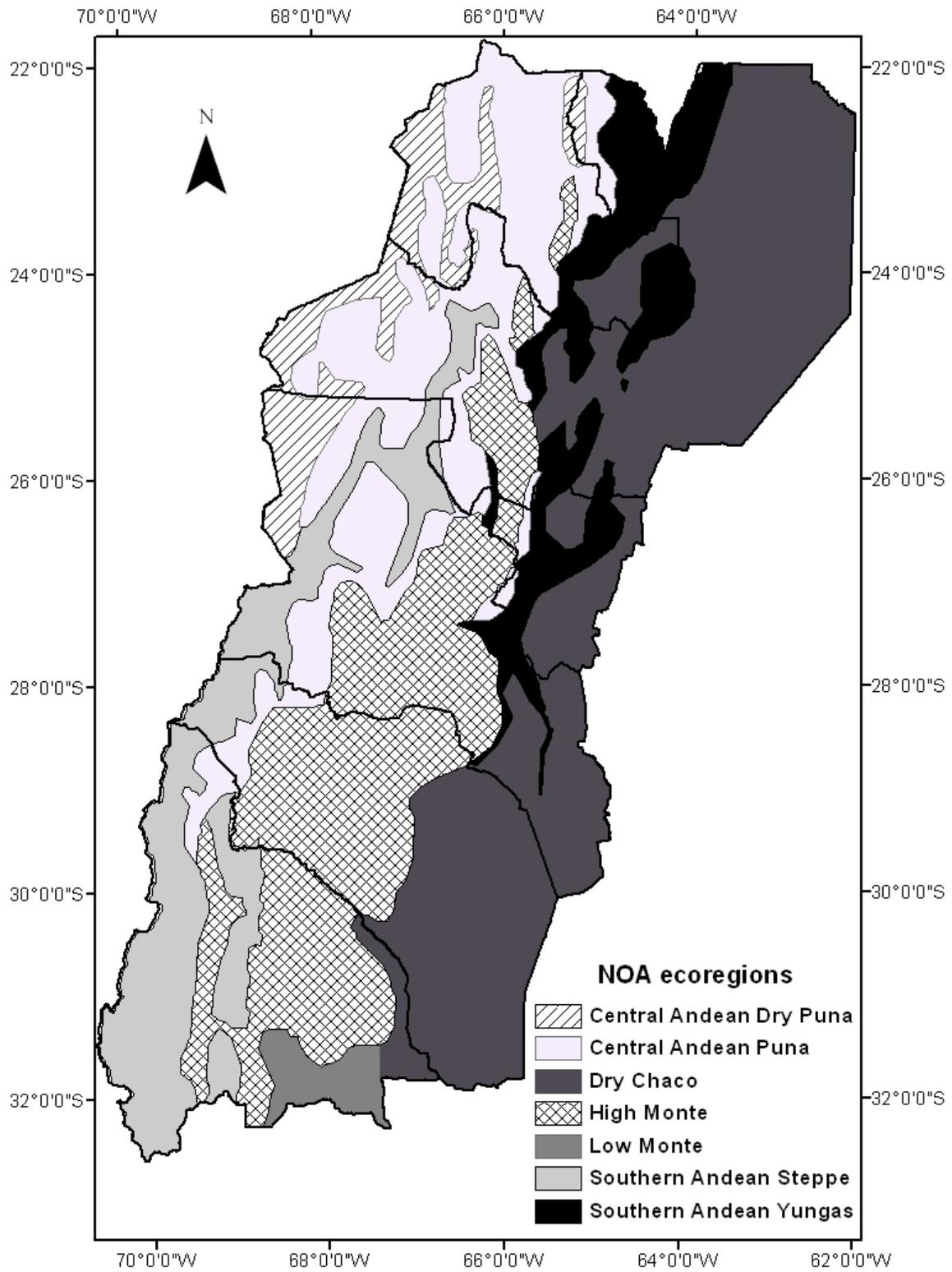


Fig. 4. Ecoregiones del Noroeste Argentino *sensu* Olson et al. (2001).

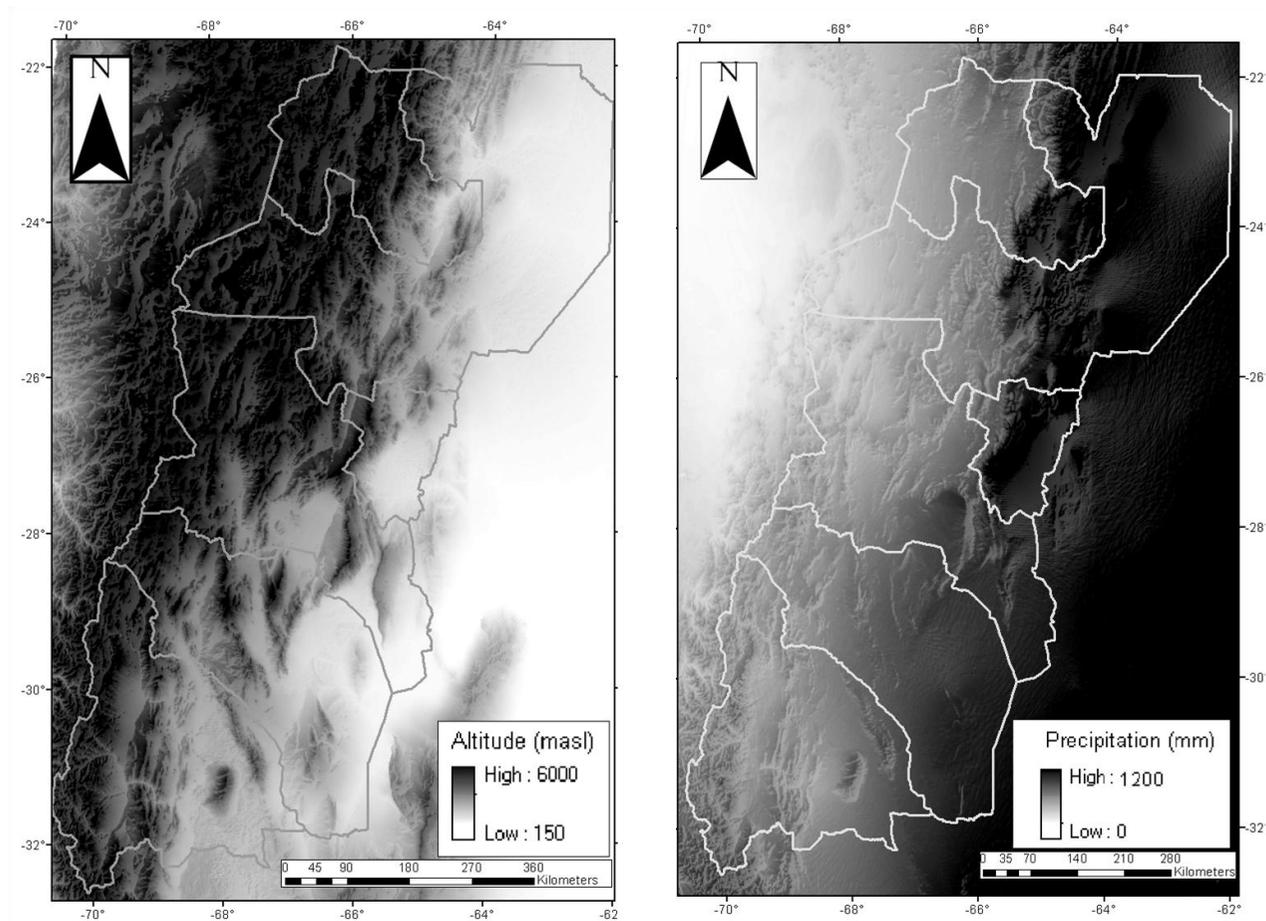


Fig. 5. Patrones altitudinales (izquierda) y patrones de precipitación (derecha) descriptos para la región del NOA.

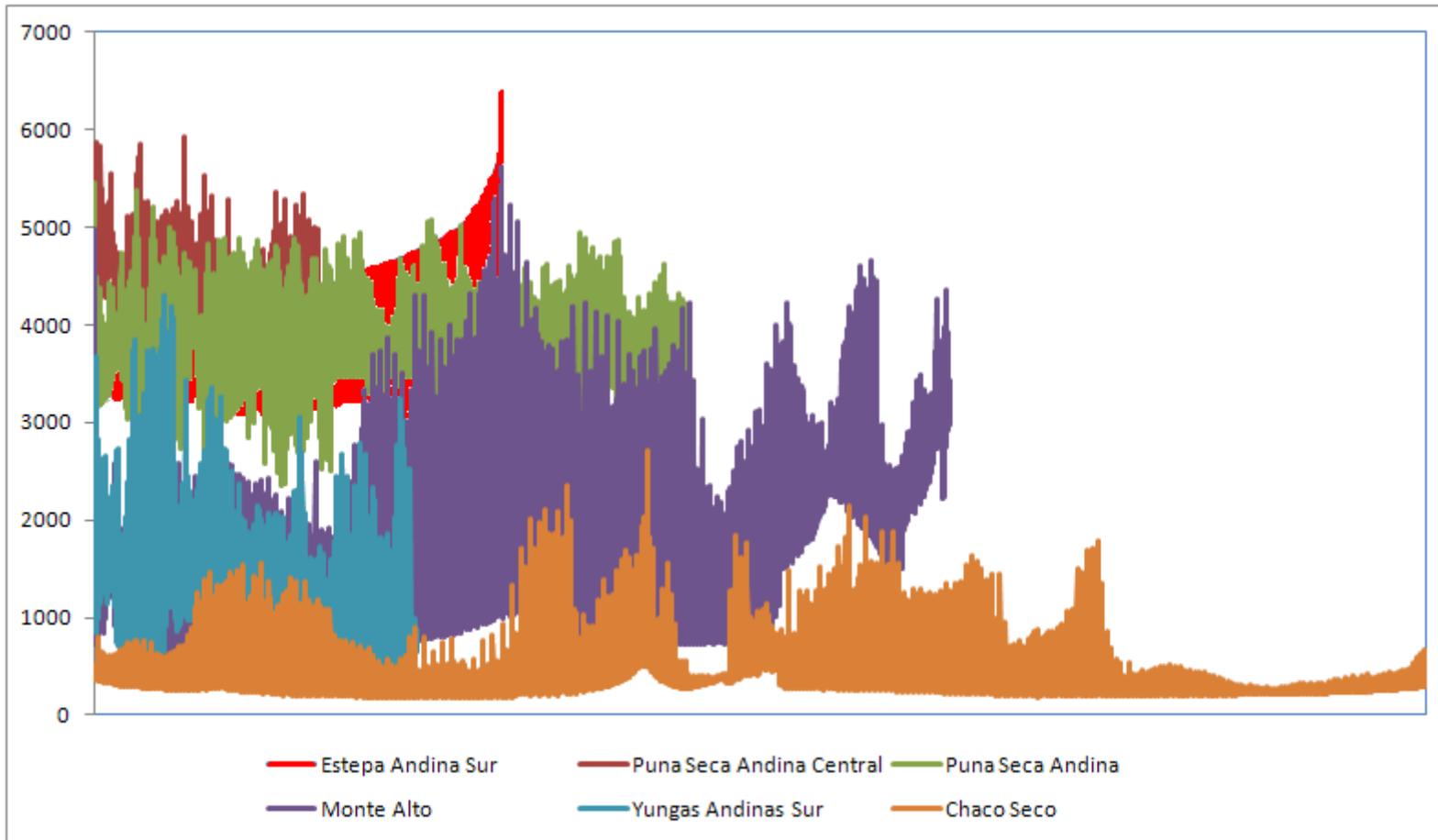


Fig. 6. Gradiente altitudinal de la región del NOA, diferenciando por ecoregión. El eje X representa la latitud geográfica de N a S.

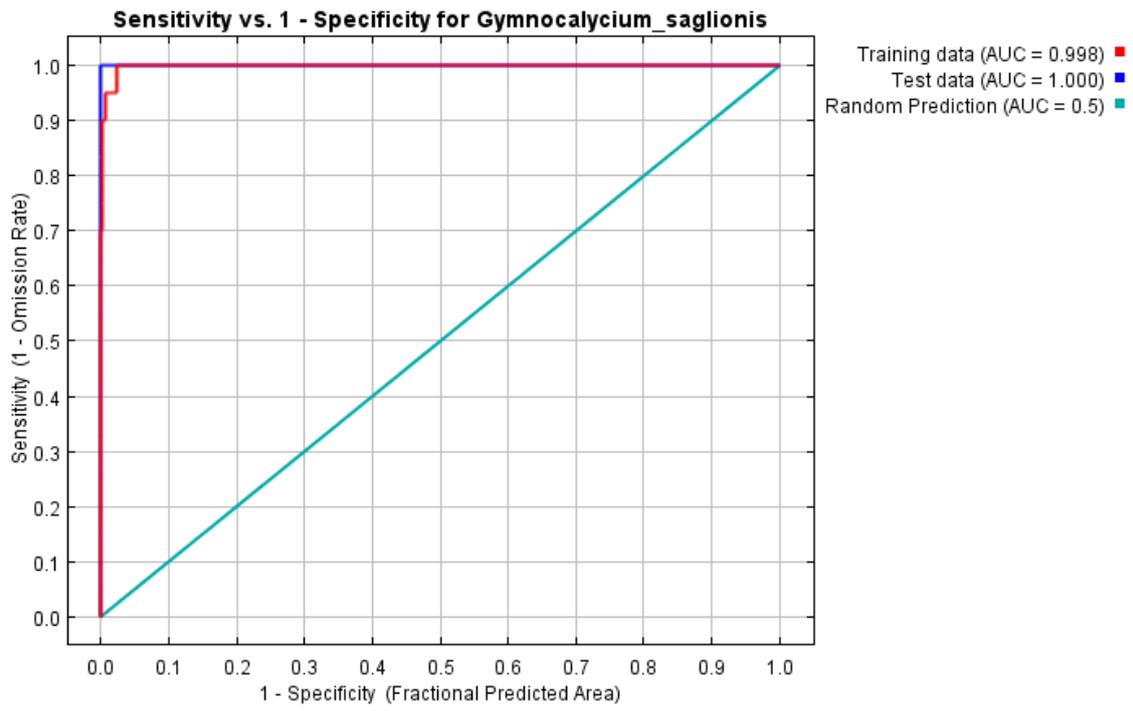


Fig. 7 Curva ROC y valores de AUC para *Gymnocalycium saglionis*

Capítulo II
PATRONES DE
DISTRIBUCIÓN

2.1 INTRODUCCION

2.1.1 Introducción general

La variación espacial de la diversidad de plantas vasculares sobre la base de variables espaciales y ambientales ha sido ampliamente documentada (Francis & Currie 1998, Ricklefs et al. 1999, Gaston 2000, Pearson & Dobson 2003, Kreft & Jetz 2007, Blach-Overgaard et al. 2010). Sin embargo, al presente no se tiene un completo entendimiento de los factores que limitan la distribución de ninguna especie (Gaston 2009).

Globalmente, la mayoría de los estudios que evaluaron los factores determinantes de la riqueza de especies se han concentrado en las regiones donde la riqueza de especies es alta (Francis & Currie 1998, Ricklefs et al. 1999, Gaston 2000, Kreft & Jetz 2007) y en menor medida en tierras poco diversas como los drylands (pero véase Li et al. 2013). En términos generales, las variables climáticas e históricas han sido indicadas como las principales determinantes de los rangos geográficos a grandes escalas (Francis & Currie 1998, Ricklefs et al. 1999, Gaston 2000, Kreft & Jetz 2007), mientras que factores como la topografía, los tipos o usos del suelo dominan a nivel regional/local (Whittaker et al. 2001, Willis & Whittaker 2002).

El agua y las variables relacionadas con la energía han sido indicadas como las variables predictivas dominantes de la riqueza mundial de plantas (Francis & Currie 2003, Hawkins et al. 2003), con picos de diversidad localizados en regiones de complejidad topográfica donde ocurren grandes aportes anuales de energía y de agua (Kreft & Jetz 2007). De acuerdo a la “hipótesis de agua-energía”, la riqueza de regiones áridas debería correlacionarse negativamente con la energía, y positivamente con la disponibilidad de agua (Francis & Currie 2003, Kreft & Jetz 2007). Sin embargo, Li et al. (2013) encontraron que en las tierras áridas templadas del noroeste de China, la energía genera en un principio, una respuesta positiva en la diversidad para luego decrecer cuando los valores de evapotranspiración potencial (ETP) incrementan. El break-point ocurre aproximadamente a los 500mm y se repite para con la diversidad de plantas, mamíferos y aves (Li et al. 2013). En los drylands templados la diversidad mantiene una relación positiva con la disponibilidad de agua, cuyo efecto sobre la riqueza de plantas es mayor que la disponibilidad energética (Li et al. 2013). Al presente, se desconoce de estudios que hayan examinado qué variables climáticas o ambientales determinan, y de qué forma, la diversidad de especies en los drylands tropicales.

Los Andes Tropicales, una de los hotspots de diversidad de plantas más importantes a nivel mundial (Myers et al 2000, Barthlott et al. 2005) presentan condiciones de alta energía, un suministro de agua constante y un entorno muy heterogéneo (Kreft & Jetz 2007). No obstante, hacia el sur tienden a volverse cada vez más secos (Luebert & Weigend 2014). Entre los 25°S y

29°S el clima monzónico tropical sur es sustituido por la mayor ocurrencia de lluvias invernales (Luebert & Pliscoff 2006) que generan un marcado cambio florístico (Villagran et al. 1983, Martínez-Carretero 1995).

La parte más austral de los Andes Tropicales alberga drylands con niveles de energía relativamente altos, con temperaturas y entrada de agua variables. Estudios recientes desarrollados en el área han sugerido la existencia de varias zonas independientes de endemismo (ver Aagesen et al. 2012) mientras que estudios previos hicieron hincapié en su gran diversidad (Zuloaga et al. 1999). La riqueza de especies de plantas vasculares que ocurre en la zona está asociada a la presencia de las Yungas Andinas del Sur (Olson et al. 2001), la única ecoregión de la zona que alberga algunas porciones sub-húmedas y húmedas (Fig. 3). En cambio, la alta concentración de endemismo regional se debe a la ocurrencia de una gran variedad de drylands (Antonelli et al. 2009, Roig et al. 2009, Young et al. 2002, Aagesen et al. 2012, Godoy-Bürki et al. 2014, Fig. 3). Los drylands áridos (IA 0.03-0.2) ocupan poco más de la mitad de la superficie de la zona (55,4%) y albergan parte de todas las ecoregiones presentes (Fig. 3 y Fig. 9). Las ecoregiones de la Puna Seca Andina Central, Puna Andina Central, Monte Alto, y la Estepa Andina del Sur son características de estas regiones, ya que más de un 70% de su superficie es árida (Fig. 3). Asimismo, dentro de ésta clase climática ocurren varias zonas de transición entre la Puna Andina Central y el Monte Alto con las Yungas Andinas del Sur (Fig. 3). Los drylands semiáridos (IA 0.2-0.5), ubicados en las zonas más bajas de la región (Fig. 6), abarcan más del 37% del área restante (Fig. 3). Estas tierras están representadas en su mayoría por la flora árida que llega hasta las ecoregiones de las Yungas Andinas (500-2500msnm, Fig. 6) y del Chaco Seco (<1000msnm, Fig. 6 y Fig. 9).

2.1.2 Objetivos

En este trabajo se busca describir los factores que condicionan la diversidad de la flora adaptada a ambientes áridos, dentro de los drylands que rodean la extensión más austral de los Andes Tropicales. El objetivo es resaltar cuáles son los factores determinantes de la diversidad en regiones donde la precipitación es baja y esporádica y se producen grandes amplitudes térmicas (Safriel & Aleen 2005, Bonkougou 2003). Para ello, se propone: 1) Determinar la riqueza de especies y los patrones de endemismo de las familias de las *Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* y *Poaceae* en las tierras secas del noroeste de Argentina, 2) Determinar los principales factores climáticos/ambientales que determinan la distribución de las especies endémicas y de las especies no endémicas de cada una de éstas familias y, 3) Determinar cuáles son los principales condicionantes climático/ambientales de la diversidad de la flora de drylands a nivel ecoregional.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Bases de datos

Se usaron dos bases de datos; 1) Dataset compilado con datos de las familias *Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Solanaceae* (mencionado en Capítulo I, Sección 1.6) que en conjunto representó a la diversidad del NOA y, 2) Dataset de especies exclusivamente endémicas al NOA, obtenido de Aagesen et al. (2012), que representó el endemismo del área.

Se analizaron únicamente especies de tierras áridas y semiáridas, que son las tierras que abarcan una mayor superficie en relación a las otras clases de drylands que rodean la parte más meridional de los Andes Tropicales (Fig. 3). Se excluyeron aquellas especies localizadas exclusivamente en climas húmedos o sub-húmedos secos (Fig. 3).

Para modelar las distribuciones de las especies se utilizó, junto a los dataset mencionados, 19 variables bioclimáticas disponibles en WorldClim (www.worldclim.org ; Hijmans et al. 2005) a una resolución de 30 segundos. Todas las distribuciones de las especies obtuvieron valores de AUC mayores a 0.8. Para la obtención de matrices de presencia-ausencia se empleó como umbral de corte el percentil 10 (Phillips & Dudik 2008). Como resultado, se obtuvo la distribución de 647 especies, de las que 253 son endémicas del NOA (Anexo 1, Capítulo V).

2.2.2 Determinación de hotspots de riqueza de especies y endemismo

Para definir los patrones de riqueza y endemismo de la flora del NOA se creó una grilla del área de estudio con un total de 21058 celdas; cada celda con una superficie de 25 km² y con forma hexagonal. Esto fue posible a través del uso de la herramienta *repeating shapes* disponible en el software ArcGIS (ESRI 2010). Posteriormente se realizó un conteo del número de especies totales por celda (para definir riqueza) y un conteo del número de especies endémicas por celda (para definir endemismo; ver Orme et al. 2005, Ceballos & Elrich 2006). Las áreas (conjunto de celdas) con el mayor número de especies se definieron como hotspots, mientras que las que presentaban menor número de especies como coldspots. Estas se definieron a nivel regional, ecoregional y para cada familia.

2.2.3 Análisis de determinantes potenciales de la diversidad de las especies

Siguiendo el criterio aplicado por varios autores, se determinó la relación existente entre la diversidad y variables que potencialmente pueden condicionarla, utilizando regresiones lineales múltiples (Crisp et al. 2001, Lobo et al. 2001, Moser et al. 2005, Quian 2010).

Previamente, mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson (aplicando el programa Infostat 2004), se evaluó la correlación entre variables para evitar generar errores que afecten la estimación de los parámetros (Lennon 2000). De cada par de variables altamente correlacionadas ($r > 0.8$) se excluyó aquella de menor significado biológico (Tabla 2). Se analizaron 27 variables; 19 variables bioclimáticas (www.worldclim.org, Tabla 1), altitud media (ALT), evapotranspiración potencial (ETP), déficit de agua (DH), franjas de temperatura (FT), franjas de altitud (FAL), franjas de precipitación (FP), franjas de aridez (FAR), y número de tipos de suelo (TS). Las franjas se calcularon dividiendo por un valor determinado, el rango de cada variable en cada celda (máx.-min.). Los datos de aridez (IA) y de ETP se obtuvieron de CGIAR-CSI GeoPortal (Trabucco & Zomer 2009), mientras que los tipos de suelo fueron proporcionados por la FAO (www.fao.org). De todas las variables, 18 presentaban alta correlación (Tabla 2), por lo que sólo se trabajó con 9 variables: precipitación del cuarto más cálido (PCC), precipitación del cuarto más frío (PCF), ETP, DH, FP, FT, FAR, FAL y TS (Tabla 2, definidas arriba).

Posteriormente, cada variable fue asignada como representativa de: agua, energía o heterogeneidad. Como variables representantes del agua se categorizó a DH, PCF y PCC; como representante de energía ETP y como variables descriptoras de heterogeneidad del hábitat se incluyó a todas las franjas y TS.

2.2.3.1 Regresión lineal múltiple entre variables

El análisis de regresión múltiple es una técnica estadística aplicada para establecer la relación entre variables independientes (o predictivas, X) y una sola variable dependiente (o respuesta, Y). Las variables independientes pueden ser cuantitativas o categóricas (Aiken et al. 2003). El análisis consiste en encontrar la recta o curva que mejor se ajuste a los datos (teniendo en cuenta todas las posibilidades), es decir aquella función que minimice la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre cada punto y la recta/curva (Aiken et al. 2003).

Mediante las regresiones lineales múltiples se puso a prueba:

a) La relación entre especies endémicas y especies no endémicas de cada familia vs las variables ambientales/climáticas descriptas.

b) La relación entre la diversidad de cada eco región seca del NOA (Puna Seca Central Andina, Puna Central Andina, Estepa Andina del Sur, y el Monte Alto) con las variables predictivas mencionadas.

Para evaluar la importancia relativa de cada variable, se estandarizaron todas las variables con objeto de llevarlas a una misma escala y hacerlas comparables. Como la variable respuesta es un conteo (número de especies por celda), generalmente se observa que al aumentar la riqueza promedio, aumenta la variación de la riqueza entre celdas; entonces, para cumplir el supuesto de homogeneidad de varianzas de los análisis, se corrigió la heterogeneidad de las

varianzas en cada análisis. Esto se hizo mediante la opción *weights* del paquete nlme (Linear and Nonlinear Mixed Effects Models, Pinheiro et al. 2012). Asimismo, para controlar la autocorrelación espacial en la variable respuesta (que surge de trabajar con celdas contiguas), se modeló el patrón espacial con la opción *correlation* del mismo paquete (Pinheiro et al. 2012). Posteriormente, se ordenaron las variables según el valor del estimador obtenido y se calculó un tamaño relativo de estimador (en %) para medir la importancia relativa de las variables predictivas en relación a la variable determinante más importante; por ejemplo un estimador igual a 20 tiene un efecto 5 veces mayor sobre la respuesta que un estimador igual a 4.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Hotspots de riqueza de especies y endemismo

2.3.1.1 Hotspots a nivel regional

Los hotspots de riqueza y endemismo, a nivel general, dentro de la región del NOA se concentraron principalmente en las ecoregiones de la Puna Central Andina y el Monte Alto, especialmente en los límites que estas ecoregiones comparten con las Yungas Andinas del Sur (Fig. 8). Estas regiones se encuentran hacia el norte del área de estudio (Fig. 8) y en las zonas montañosas, en altitudes intermedias (2500-4000msnm). Las celdas con mayor diversidad de especies son aquellas con un IA de aproximadamente 0.2; que representa el límite entre el clima árido y semiárido (>500 especies, Fig. 9). A pesar de sólo haber considerado las especies distribuidas en regiones áridas y/o semiáridas, algunas de estas especies se distribuyen en climas sub-húmedos secos. Es por ello, que también se registraron distribuciones modeladas potenciales en las áreas sub-húmedas secas (Fig. 9).

El hotspot de riqueza más importante, que contiene entre 327 a 442 especies, abarca un área desde Jujuy hasta Catamarca (Fig. 8). Parte del límite entre Jujuy y Salta por la Sierra Santa Victoria y Sierra Zenta, por la Quebrada de Humahuaca en Jujuy hasta los Valles Calchaqués en la provincia salteña (Seclantás, Parque Nacional "Los Cardones", Cafayate, Quebrada de las Conchas). Continúa por las Cumbres Calchaqués (Tafí del Valle, Amaicha) en la provincia de Tucumán para terminar en la Sierra del Aconquija y zonas de alrededor de Andalgá en la provincia de Catamarca (Fig. 8). En la Rioja se hallaron dos zonas de alta diversidad; una coincidente con la Sierra de Famatina, y otra con las Sierras de Velasco, Sierra de Ambato y Sierra de la Punta (Fig. 8). Los hotspots de entre 325-190 especies se ubicaron en los alrededores del hotspot más importante (Fig. 8).

El hotspot de endemismo más importante, con un máximo de 102 especies, se distribuyó por las mismas zonas descritas para el hotspot de riqueza, aunque las endémicas tendieron a concentrarse en altitudes de entre 1500-3500msnm a lo largo de valles, laderas y

mesetas semiáridas. El límite sur está determinado en los 27° de latitud, excluyendo a la provincia de La Rioja (Fig. 8).

Los coldspots (menos de 190 especies en las especies no endémicas y, menos de 50 en las especies endémicas) se encontraron principalmente en las provincias de La Rioja, San Juan y regiones más altas de Catamarca y Salta (Fig. 8).

2.3.1.2 Hotspots a nivel de familia

2.3.1.2a Riqueza

Las especies no endémicas de Poáceas, Cactáceas y Bromeliáceas presentan un patrón diferente a las otras familias, cuyos hotspots siguieron un patrón similar al descrito en la sección anterior a nivel general (Sección 2.3.1.1 - Fig. 8- Fig. 10). Las Cactáceas presentaron una mayor concentración de especies en el área de los Valles Calchaquíes de Salta y cumbres Calchaquíes de Tucumán y en áreas montañosas de una altitud promedio de entre 1500 a 2500 msnm (Fig. 10). Las Poáceas están concentradas en las partes altas de toda la provincia de Jujuy (Fig. 10). Las Serranías del Chañi, el Nevado del Acay y alrededores (Salta) y las Cumbres Calchaquíes (Tucumán), todas ubicadas a grandes altitudes (2500-4500msnm), presentan también una gran riqueza de gramíneas (Fig. 10). Las Bromeliáceas tienen el patrón más particular ya que se distribuyen desde la parte sur de las Yungas en Tucumán y el Monte Alto pasando por la Sierra del Aconquija, Sierras del Manchao, Ambato, Graciana y Ancasti en Catamarca, hasta la provincia de La Rioja y las sierras que rodean su capital (Sierra de Velasco, Ambato), Patquia (Sierra Punta Negra, Paganzo) y Chamental (Sierra de Los Llanos, de Malazan, Fig. 10). En San Juan se presentan en Las Sierras de la Huerta y a lo largo de Valle Fértil (Fig. 10).

2.3.1.2b Endemismo

Los hotspots de endemismo, difirieron entre las familias evaluadas (Fig. 11). No obstante, el área que representa la zona limítrofe entre las provincias de Salta, Catamarca y Tucumán fue compartida por todas las familias (Fig. 11). Esta área, coincide en su mayor parte con los Valles y Cumbres Calchaquíes y con la Sierra de Aconquija (Fig. 11) donde existen diversas montañas, altiplanos, laderas y valles que albergan una zona muy heterogénea. Los hotspots de Solanaceae endémicas siguieron este patrón y se extendieron también hacia Andalgalá, Sierras de Hualfín, Cumbres de Belén y Cuesta de Capillitas (Fig. 11). Las Poáceas endémicas se distribuyen desde Jujuy a Catamarca, con hotspots en las Cumbres Calchaquíes y la Quebrada de Humahuaca en altitudes superiores a 3.000 m (Fig. 11). Los endemismos en Asteráceas ocupan una zona similar a Poaceae pero no necesariamente se limitan a esas elevadas altitudes (Fig. 11). Las Fabaceae endémicas comprendieron el área más amplia, con la incorporación de casi toda la provincia de Jujuy (a excepción de las zonas húmedas), las Cumbres y Valles Calchaquíes,

junto con algunas zonas puntuales en Antofagasta de la Sierra (zonas de elevada altitud, Fig. 11). La familia de las Cactaceae y las Bromeliaceae siguieron un patrón similar, restringido a Cumbres y Valles Calchaquíes (Fig. 11)

2.3.2. Determinantes potenciales de la diversidad de las especies

Los análisis de regresión múltiple nos proporcionaron cuáles variables afectan la riqueza y endemismo de plantas de los drylands de la parte más austral de los Andes Tropicales.

2.3.2.1 Determinantes a nivel de familias

Los factores que más afectaron a las especies endémicas y a las especies no endémicas de las *Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* y *Poaceae* fueron también el agua y la energía; con un factor teniendo más influencia que otro, dependiendo la familia en cuestión (Tabla 3). La heterogeneidad ambiental influyó poco y no tuvo efectos en todas las familias (Tabla 3). Las FAR afectaron, por ejemplo, a la diversidad de *Bromeliaceae*, *Fabaceae* y *Solanaceae* (Tabla 3).

2.3.2.2 Determinantes a nivel ecoregional

Los resultados de los análisis de regresión se encuentran en la Tabla 4. Se observa que la riqueza de especies de las diferentes ecoregiones se ve afectada principalmente por el agua y la energía. La PCC, ETP, y PCF actuaron como las variables más determinantes, aunque difirieron en el orden de importancia según la ecoregión (Tabla 4). La heterogeneidad ambiental influyó poco y sólo en las ecoregiones de la Puna Andina Central, a través de las franjas de precipitación y, en el Chaco Seco, mediante las franjas de temperatura (Tabla 4).

2.4 DISCUSION

El gradiente altitudinal oeste-este (Fig. 5 y Fig. 6), con cadenas montañosas orientadas nortesur, y el gradiente de precipitaciones noreste-sudoeste (Fig. 5) generan condiciones climáticas muy heterogéneas dentro de la región del NOA (Bianchi & Yáñez 1992, Strecker et al. 2007). En el presente trabajo se analizan los patrones de distribución de la flora adaptada a drylands áridos y semiáridos en la parte más meridional de los Andes Tropicales, poniendo de manifiesto cómo influyen estos gradientes la relación entre la diversidad florística regional con los factores climático/ambientales que ocurren a lo largo de la región del noroeste argentino.

2.4.1 A nivel de familia

Se encontraron respuestas similares al evaluar la relación entre la diversidad de especies, a nivel de familia (*Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* y *Poaceae*), y los

determinantes climáticos/ambientales. A lo largo de la región del NOA, la flora adaptada a drylands áridos y semiáridos, indistintamente si se trata de especies endémicas o no, está principalmente determinada por la energía (ETP) y por la precipitación de verano (Tabla 3). Consecuentemente, en la discusión que sigue se considera a la flora como una unidad sin distinguir entre familias y endemismo.

2.4.2 A nivel ecoregional

Se encontró que los hotspots de flora adaptada a tierras secas se ubicaron hacia el norte de los 29°S (Fig. 8), en áreas con un índice de aridez de alrededor de 0.2; área que representa el límite entre drylands áridos y semiáridos (Fig. 9). Las celdas más diversas se encuentran en el Monte Alto, la Puna Central Andina y parte de las Yungas (Fig. 8). En contraposición, hacia el suroeste del mismo límite (Fig. 9) ocurrieron gran parte de los coldspots registrados en el área de estudio (Fig. 8). Los coldspots ocurren a lo largo de todas las categorías de aridez (Fig. 9), principalmente en celdas ubicadas en la ecoregión de la Estepa Andina del Sur (Fig. 8 y Fig. 9).

Al igual a los patrones encontrados en los drylands templados de China (Li et al. 2013), se observa que en los drylands áridos del NOA ($ETP < 1300\text{mm}$), la diversidad de flora árida estuvo determinada en mayor medida por la precipitación de verano (PCC), independientemente de las diferencias de temperatura/altura existente entre ecoregiones áridas (Tabla 4, Fig. 6). Aumentos en la PCC produjeron incrementos en la diversidad de especies, pero hasta un cierto límite (entre 100-200mm anuales según la ecoregión, Fig. 12). A partir de ese límite, la diversidad de flora árida tendería a decrecer (Fig. 12) indicando que en este límite se genera el recambio hacia una flora más húmeda. En drylands semiáridos ($ETP > 1300\text{mm}$), la ETP resultó ser la variable más influyente, con aumentos en la energía disponible generando disminuciones en la diversidad de flora árida de las Yungas y del Chaco Seco (Tabla 4, Fig. 14).

Las ecoregiones más altas, áridas y frías del NOA (Estepa Andina del Sur y Puna Seca Andina Central) presentaron las diversidades más bajas del NOA (Fig. 8 y Fig. 9). En estas dos ecoregiones la diversidad responde de igual forma a la influencia de las variables climáticas; con la riqueza de especies relacionada positivamente con la PCC y la ETP (Fig. 12 y Fig. 14). En la Estepa Andina, la PCC está relacionada de forma lineal positiva con la diversidad. Un incremento en la PCC genera aumentos en la diversidad de plantas hasta los 100mm/año (Fig. 12), que es la precipitación máxima que ocurre en verano en esa ecoregión (Tabla 4) -en las Sierras de Cachi, Salta. Los valores más altos de ETP ocurren en las altitudes más bajas de la estepa (alrededor de 3000msnm) en la provincia de San Juan (dpto. Iglesia y Calingasta), Catamarca (dpto. Antofagasta de la Sierra y Belén) y Salta (dpto. Cachi y Molinos). La Estepa Andina es la única ecoregión dentro del NOA que recibe más precipitación de invierno que de verano (Tabla 4). No obstante, la PCF influye poco sobre la flora árida de la región (Tabla 4) y mantiene una relación negativa con la diversidad (Fig. 13). Esta relación puede interpretarse

como un artefacto del estudio causado por el sesgo del muestreo de la flora de San Juan. En ésta zona ocurre un cambio florístico producto de la mayor ocurrencia de precipitaciones invernales que estivales (Villagrán et al. 1983, Martínez-Carretero 1995). En el estudio, se muestreó específicamente la flora regional perteneciente al régimen monzónico, omitiendo aquellas especies propias de la provincia fitogeográfica Patagónica (*sensu* Cabrera 1976) o región Andina (*sensu* Morrone 2006) ya que pertenecen a una región de régimen climático mediterráneo.

En la Puna Seca Andina Central, que abarca zonas ligeramente más bajas y cálidas que la Estepa Andina, la diversidad sigue relacionándose en forma positiva y lineal con la PCC. Un aumento en la PCC genera incrementos en la diversidad hasta los 200mm/año (Fig. 12). Este valor, representa el máximo de precipitación que ocurre en la zona durante la época cálida (Tabla 4) -en el altiplano de Jujuy, en la zona de transición entre esta ecoregión y la Puna Central Andina. La PCF, si bien ocurre en bajas cantidades en la zona (<22mm), es un predictor relativamente importante con influencia negativa sobre la flora árida de origen neotropical (Tabla 4, Fig. 13). Dentro de la ecoregión de la Puna Seca, la mayor cantidad de precipitación invernal la reciben los picos de gran altitud de la Cordillera de San Buenaventura (límite entre Catamarca y La Rioja)- en zonas que quedan en límite o por encima del piso de vegetación. Consecuentemente, la relación negativa entre diversidad y la PCF puede ser también producto de un artefacto del estudio. Es notable que en estas dos ecoregiones la ETP no tenga influencia sobre la diversidad de la flora (Tabla 4). Aunque esas dos ecoregiones son las más áridas de la zona, aumentos en la ETP no impactan negativamente la diversidad como expone la hipótesis agua-energía (Francis & Currie 2003, Kreft & Jetz 2007, Fig. 14). La falta de relación entre la ETP y diversidad indicaría que la flora de la Estepa Andina y la Puna Seca Andina Central está bien adaptada a bajas temperaturas pero es sensible a la disponibilidad de agua. Ante el mínimo incremento en las lluvias estivales se genera siempre una respuesta lineal positiva en la diversidad (Fig. 12).

La Puna Andina Central, es la tercer ecoregión del altiplano andino, ubicándose a altitudes menores que las dos ecoregiones antes mencionadas (Tabla 4, Fig. 6). A raíz de las menores altitudes, la zona presenta un clima ligeramente más cálido (Tabla 4). La diversidad se relaciona positivamente con la PCC (Fig. 12), al igual que las ecoregiones ya descritas, pero hasta los 200 mm por año, aunque la precipitación máxima estival sea de 300mm (Tabla 4) - Sierras de Santa Victoria, entre Jujuy y Salta. Entre los 200-300mm anuales, la diversidad de la Puna Central se mantiene constante (Fig. 12). Por otra parte y, a diferencia de las otras dos ecoregiones mencionadas, la ETP tiene un efecto notablemente más importante sobre la diversidad en la Puna Andina Central (aprox 1/3 de la diversidad explicado por la PCC, Tabla 4). Un aumento en la ETP genera una respuesta positiva en la diversidad hasta 1500 mm- que es el máximo valor de ETP en la región (Fig. 14). La mayor dependencia de la flora de la Puna

Andina Central frente a la energía indicaría que en esta ecoregión ocurre una transición en la flora; con especies menos tolerantes a bajas temperaturas. Este patrón coincide con la interpretación de Morrone (2006, 2014) quién ubica a la Puna dentro de la Zona de Transición Americana, como una zona de recambio entre la biota Neotropical y Andina. No obstante, la falta de importancia de la ETP en la Estepa Andina Sur y en la Puna Seca Andina en contraposición con la dependencia frente a esta variable en la Puna Andina Central indicaría que la transición ocurre recién en la Puna Central Andina. La tercera variable explicativa de la diversidad de esta región es la PCF, con la que mantiene una relación negativa (Fig. 13). Al igual que en la Estepa Andina Sur, la zona de mayor precipitación invernal (aprox. 25mm/anuales) se encuentra en San Juan (dpto. Iglesia) por lo que la relación resultante puede ser consecuencia de la omisión de especies antes mencionada.

El Monte Alto, constituye la ecoregión más baja y cálida del área donde se muestreó la flora en el presente estudio. En esta ecoregión, la precipitación de verano (PCC) genera una respuesta positiva sobre la flora árida hasta 200mm/año, al igual que en la Puna Central Andina (Fig. 12). No obstante, la Figura 12 muestra que las zonas altas que reciben este máximo de precipitación (por ejemplo la precordillera de San Juan), presentan una diversidad menor que las zonas bajas que perciben la misma cantidad (por ejemplo las Sierras Calchaquíes). En el Monte, la precipitación invernal (PCF) resultó ser un determinante importante (Tabla 4). Zonas con cantidades bajas de PCF coinciden con las celdas de mayor diversidad (Quebrada de Humahuaca, Quebrada del Toro, y Valles Calchaquíes) mientras que regiones con mayor PCF ocurren en celdas de baja diversidad (por ejemplo, el Campo de Belén -Catamarca). En relación a la ETP, en el Monte Alto, se observa un punto de quiebre a los 1300mm (Fig. 14). A partir de este valor, un aumento en los valores de ETP generan una disminución en la diversidad de la flora árida del Monte (ej., en el Campo Belén, Catamarca). En la Figura 14 se observa que otras ecoregiones con valores de $ETP > 1300\text{mm}$ incluyen a las Yungas y al Chaco Seco – ambas más húmedas que el Monte. No obstante, la flora árida de estas ecoregiones responde, al igual que el Monte, con una disminución en la diversidad a partir del mismo punto de quiebre (Fig. 14). A partir de este valor, es dónde probablemente se genera el recambio hacia una flora más húmeda. Consecuentemente, la parte más diversa de la flora árida del sur de los Andes Centrales se encuentra en regiones de montaña con valores intermedios de energía, en el límite entre climas áridos y semiáridos. Esas regiones se encuentran en las quebradas y valles de entre aprox. 2500msnm y 4500msnm y entre 22°S y 31°S.

Las Yungas Andinas Sur y el Chaco Seco, cuya flora no fue muestreada, contienen parte de la flora árida del NOA. Solamente se incluyeron en el estudio aquellas especies cuya distribución se encontraba parcialmente dentro de estas ecoregiones. Las celdas pertenecientes a las Yungas resultaron estar entre las más diversas en flora árida de la región (Fig. 8 y Fig. 9). Sin embargo, estas celdas se encontraron en el límite árido-semiárido donde llueve entre 150-

250 mm durante el verano (Fig. 12) coincidentes con las zonas de transición entre Yungas con el Monte Alto (partes bajas de la Quebrada del Toro-Salta-) y la Puna Central Andina (laderas orientales de la Sierra del Aconquija-Catamarca-). Fitogeográficamente, Cabrera (1976) consideró los pastizales de altura (>2500msnm) como parte de las Yungas en Argentina. Sin embargo, en la flora boliviana, Ibisch et al. (2003), consideraron estos pastizales como parte de la Puna semi-húmeda. Asimismo, analizando la distribución de la flora endémica del NOA, Aagesen et al. (2012) siguieron el criterio de Ibisch et al. (2003) y encontraron que los pastizales representan la parte más diversa de la flora endémica. Este estudio apoya que los pastizales de altura formen parte de la Puna y no de las Yungas.

2.4.3 Conclusiones finales

La mayor diversidad y endemismo de la flora árida del sur de los Andes Centrales se ubica, dentro del noroeste Argentino, en las regiones de montaña y a lo largo de altitudes intermedias entre los 2500-4500 msnm. Entre estas altitudes, en la zona límite entre drylands áridos y semiáridos ocurren valores intermedios de energía y precipitación estival que permiten la ocurrencia de la mayor diversidad de la flora árida del NOA. Las zonas más diversas se concentran en el Monte Alto, la Puna Central Andina y parte del límite de estas con las Yungas.

En general, en los drylands áridos la disponibilidad de agua durante la época estival influye de forma positiva sobre la diversidad de flora árida de estas regiones. Sin embargo, este efecto se mantiene hasta cierto límite, que no supera los 200mm/año en ninguna ecoregión.

La flora árida de la Estepa Andina Sur y de la Puna Andina Central presenta una alta tolerancia frente a las bajas temperaturas ya que la relación que mantiene con la disponibilidad de energía es nula o insignificante. Por el contrario, frente a cambios mínimos en los valores de precipitación recibida en estas regiones se observan respuestas positivas importantes. A medida que la altitud disminuye (hasta valores menos extremos), la relación con la energía comienza a modificarse. A partir de la ecoregión de la Puna Andina Central, el efecto de la disponibilidad de energía toma mayor importancia, denotando la presencia de una flora árida menos templada que aquella presente en la Estepa Andina Sur y en la Puna Seca Andina Central.

El efecto de la precipitación invernal sobre la diversidad de flora árida en climas áridos y semiáridos fue siempre negativo, indistintamente de la ecoregión en cuestión. Esto estaría regido por el régimen monzónico de precipitaciones que ocurre en la región del NOA y que rige su flora. No obstante, no queda claro si este efecto en la flora árida de la Estepa Andina Sur y parte de la flora de la Puna Andina Central, donde se recibe mayor precipitación de invierno que de verano, sería también negativo o simplemente fue un artefacto del estudio al haber excluido especies de clima patagónico o andino.

En la ecoregión del Monte Alto, las regiones de menor altitud presentan menos diversidad que las regiones altas, como consecuencia de que la cantidad de energía recibida en

estas áreas sobrepasa el límite entre zonas áridas y semiáridas. En drylands semiáridos se observa un comportamiento similar al recién mencionado, aunque en estas tierras la disponibilidad de energía se transforma en el factor más condicionante. Esto implicaría que aumentos de energía disminuyen la diversidad árida en estas áreas. Consecuentemente la flora árida de sus ecoregiones presentaría un límite de tolerancia a las altas temperaturas.

En lo que se refiere a los pastizales de altura, se concluye, de acuerdo con otros autores (Ibisch et al. 2003; Aagesen et al. 2012) que los mismos deben ser considerados como parte de la Puna Andina Central y no de las Yungas Andinas del Sur.

TABLAS

Capítulo II

Tabla 2. Coeficiente correlación de Pearson entre variables climáticas/ambientales.

Las siglas de las variables bioclimáticas se encuentran detalladas en Tabla1 (Capítulo 1). Además ALT: altitud media; FAL: franjas de altitud; FT: franjas de temperatura; FP: franjas de precipitación; IA: índice de aridez; FAR: franjas de aridez; TS: tipos de suelo; DH: déficit de humedad.

	ALT	FAL	TMA	FT	ODT	ISOT	ET	TPC	TPF	OAT	TCH	TCS	TCC	TCF	PA	FP	PPH	PPS	EP	PCH	PCS	PCC	PCF	IA	FAR	ETP	TS	DH
ALT	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	1.80E-04	0	0	0	0	0
FAL	0.58	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.10E-08	0	0	0	0	0	0	0	1.80E-06	0
TMA	-0.96	-0.61	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.40E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FT	0.63	0.98	-0.67	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.60E-10	0
ODT	0.39	0.12	-0.3	0.11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISOT	0.91	0.45	-0.84	0.5	0.34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.30E-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3. Determinantes de especies endémicas y no endémicas en cada una familia de las plantas vasculares estudiadas, importancia relativa de la variable 2 y 3 respecto de la variable 1 (%) y el tipo de relación. PCC: precipitación del trimestre o el verano más caluroso precipitación; PCF: precipitación del trimestre más frío o la precipitación de invierno; ETP: evapotranspiración potencial; FAR: franjas de aridez y FT: franjas de temperatura; \: relación lineal negativa y /: relación lineal positiva; C+: relación cuadrática positiva y, C-: relación cuadrática negativa.

FAMILIA	DETERMINANTES DE ENDEMICAS	Importancia relativa de 2 y 3 variable respecto de la 1(%)	Tipo de relación	DETERMINANTES DE NO ENDEMICAS	Importancia relativa de 2 y 3 variable respecto de la 1(%)	Tipo de relación
Solanaceae	ETP	-	C+	ETP	-	C+
	PCC	61.7	C+	PCC	52.8	C+
	FAR	15.2	/	PCF	14.4	C-
Poaceae	PCC	-	C+	PCF	-	C+
	PCF	94.3	C-	ETP	96	C+
	ETP	78	C+	PCC	80.7	C-
Fabaceae	PCF	-	C-	ETP	-	C+
	FAR	10.6	\	PCC	70.6	C+
	FT	9.4	/	PCF	65	C-
Cactaceae	ETP	-	C+	PCC	-	C+
	PCC	73.5	C+	ETP	97.6	C+
	PCF	28	C-	PCF	32.3	C-
Bromeliaceae	PCF	100	C-	PCC	100	/
	PCC	92.6	C+	FAR	11.5	C+
	-	-	-	-	-	-
Asteraceae	ETP	100	C+	ETP	100	C+
	PCC	87	C+	PCC	64	C+
	PCF	76	C-	PCF	48.3	C-

Tabla 4. Determinantes de la diversidad de cada ecoregión del área de estudio, importancia relativa de la variable 2 y 3 respecto de la variable 1 (%), la variable que cada determinante representa, tipo de relación obtenida y descripción de valores altitud, precipitación y temperatura de cada ecoregión. PCC: precipitación de verano; PCF: precipitación de invierno; ETP: evapotranspiración potencial, FP: franjas de precipitación y FT: franjas de temperatura; \cap = relación cuadrática positiva; \setminus = relación lineal negativa y; / = relación lineal positiva; C+: relación cuadrática positiva y, C-: relación cuadrática negativa.

ECOREGIONES	DETERMINANTES DE DIVERSIDAD	Importancia relativa de la variable 2 y 3 respecto de 1 (%)	Variable en representación de	Tipo de relación	Altitud MINIMA promedio	Altitud MAXIMA promedio	Temperatura mín. -máx.	Min - Max PCC	Min - Max PCF
Estepa Andina del Sur	PCC	-	Agua	C+					
	PCF	1.9	Agua	C-	3600 (\pm 890)	4400 (\pm 913)	-9.2 – 15.7	12.6 – 99.3	2.9 – 164.3
	ETP	1.2	Energía	C+					
Puna Seca Andina Central	PCC	-	Agua	C+					
	PCF	46	Agua	C-	4200 (\pm 412)	4700 (\pm 492)	-4.35 – 12.3	17 – 205.3	0 – 21.5
	FP	10	Heterogeneidad	/					
Puna Andina Central	PCC	-	Agua	C+					
	ETP	36	Energía	C-	3580 (\pm 445)	4050(\pm 495)	-5.78 - 15	19.6 – 370.4	0 – 59.1
	PCF	5.5	Agua	C-					
Monte Alto	PCC	-	Agua	C+					
	PCF	57	Agua	C-	1580 (\pm 763)	2000 (\pm 1000)	-4.6 – 19.7	32.4 – 278.7	1.7 – 50.3
	ETP	37	Energía	C+					
Yungas Andinas Sur	ETP	-	Energía	C-					
	PCF	15	Agua	C-	1015 (\pm 567)	1500 (\pm 852)	4.5 - 23	106 – 650.3	2.8 – 81.8
	PCC	1.5	Agua	C+					
Chaco Seco	ETP	-	Energía	C-					
	PCF	22	Agua	C-	400 (\pm 225)	470 (\pm 340)	11.9 – 23.3	131.8 – 553.9	3.6 – 107.8
	FT	7	Heterogeneidad	/					

FIGURAS

Capítulo II

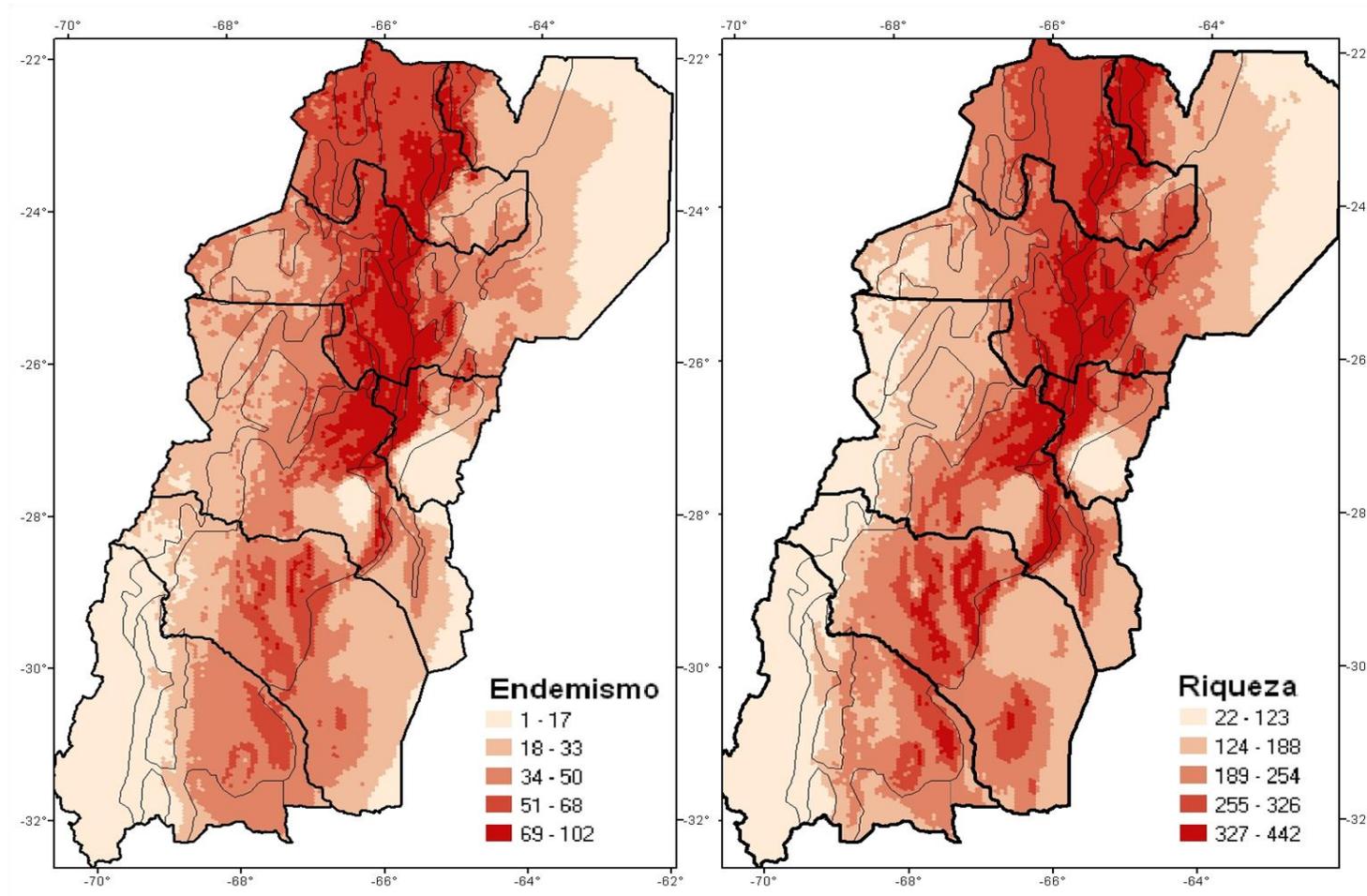


Fig. 8. Hotspots de endemismo (izquierda) y hotspots de riqueza (derecha) en la región del NOA, a nivel general.

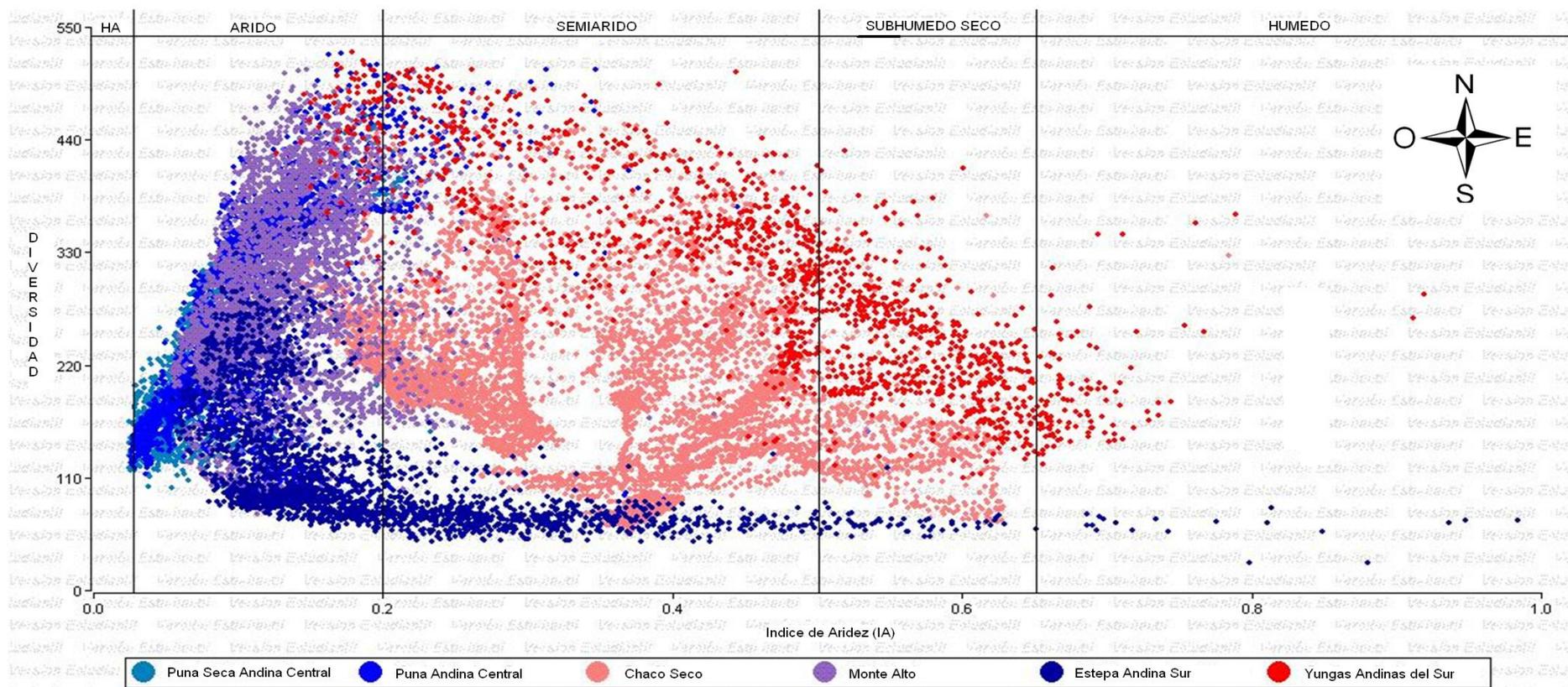


Fig. 9. Diversidad (n° de especies/celda) en función de las clases climáticas de aridez del noroeste argentino (UNEP 1997), distinguiendo a su vez entre ecoregiones (Olson et al. 2001).

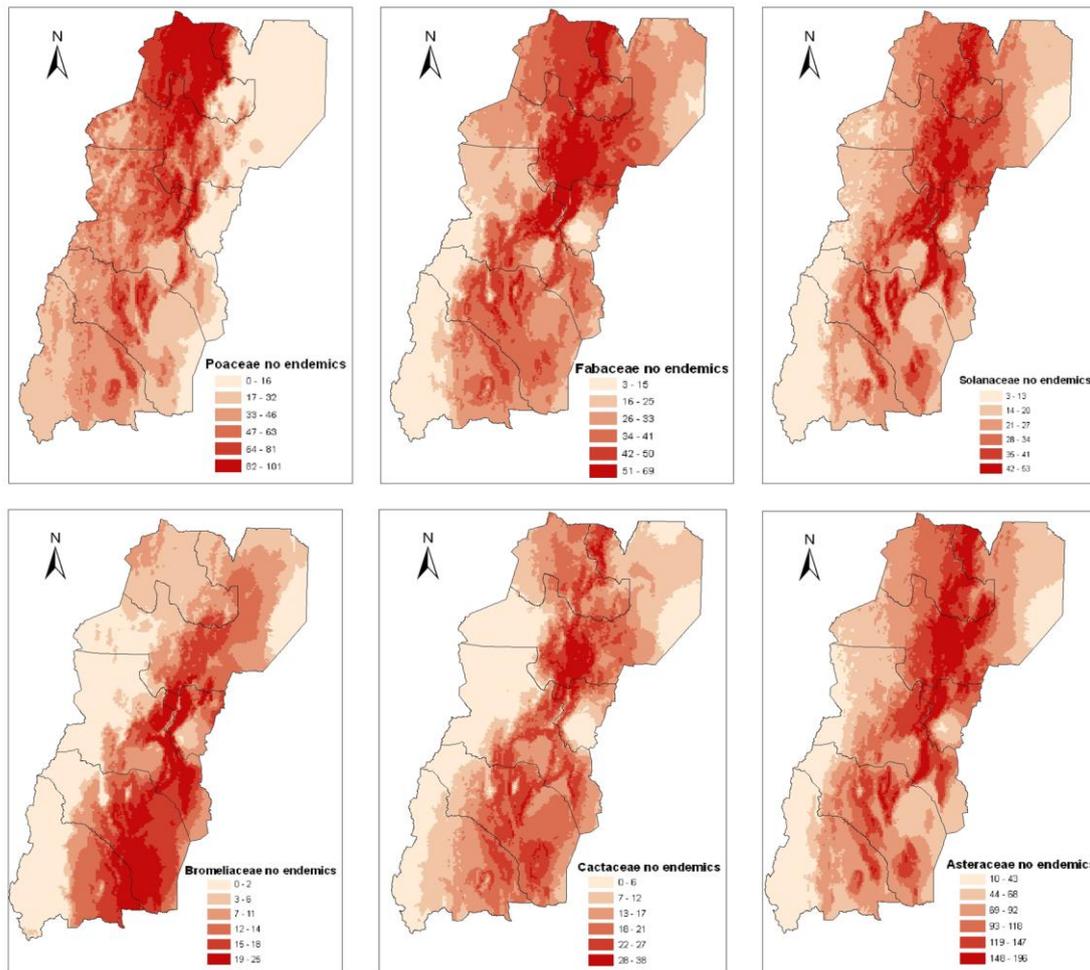


Fig. 10. Hotspots de riqueza (sin considerar especies endémicas) en cada familia dentro del área de estudio. Arriba de izquierda a derecha; Poaceae, Fabaceae y Solanaceae. Debajo de izquierda a derecha; Bromeliaceae, Cactaceae y Asteraceae.

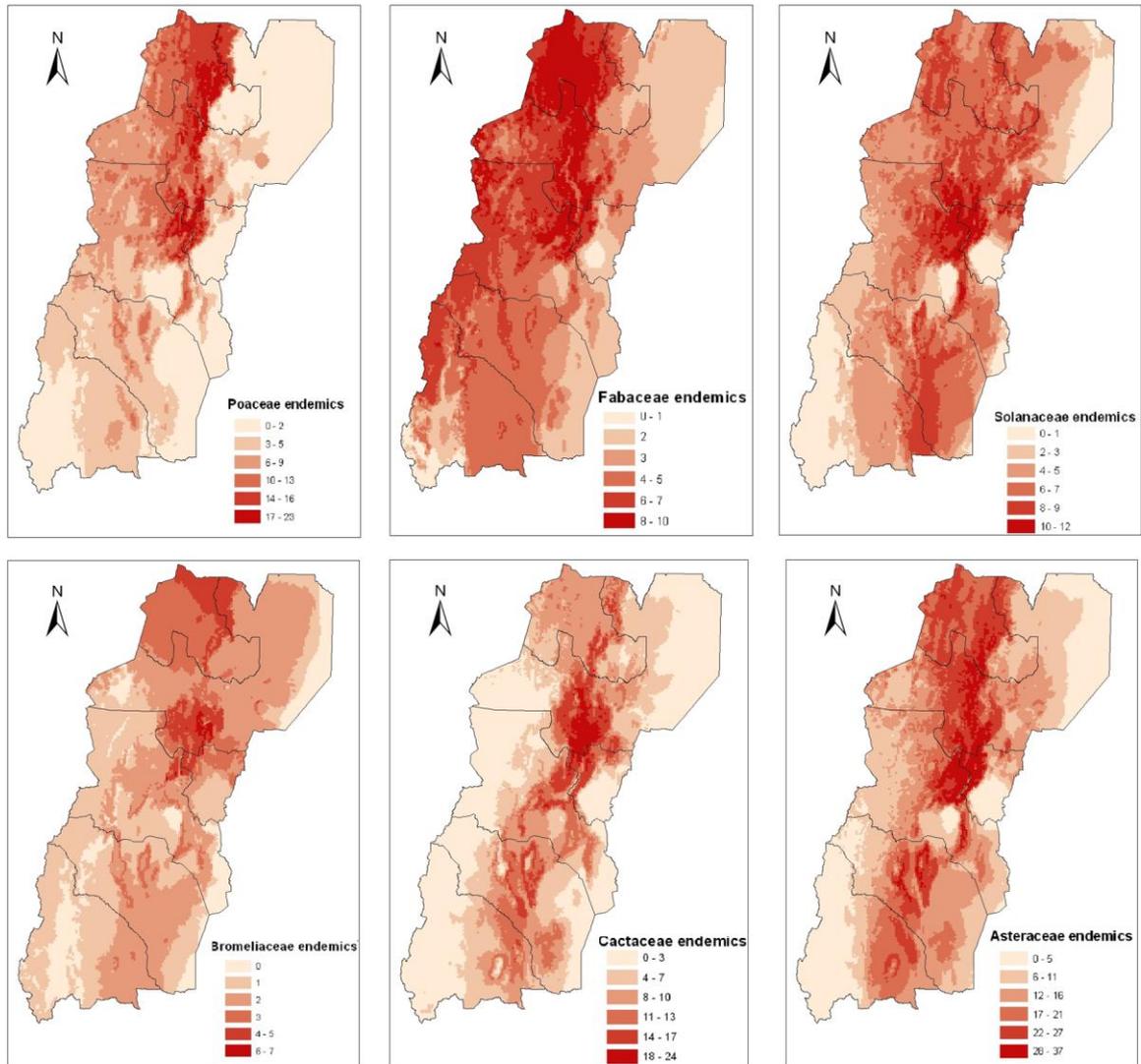


Fig. 11. Hotspots de endemismo en cada familia dentro del área de estudio. Arriba de izquierda a derecha; Poaceae, Fabaceae y Solanaceae. Debajo de izquierda a derecha; Bromeliaceae, Cactaceae y Asteraceae.

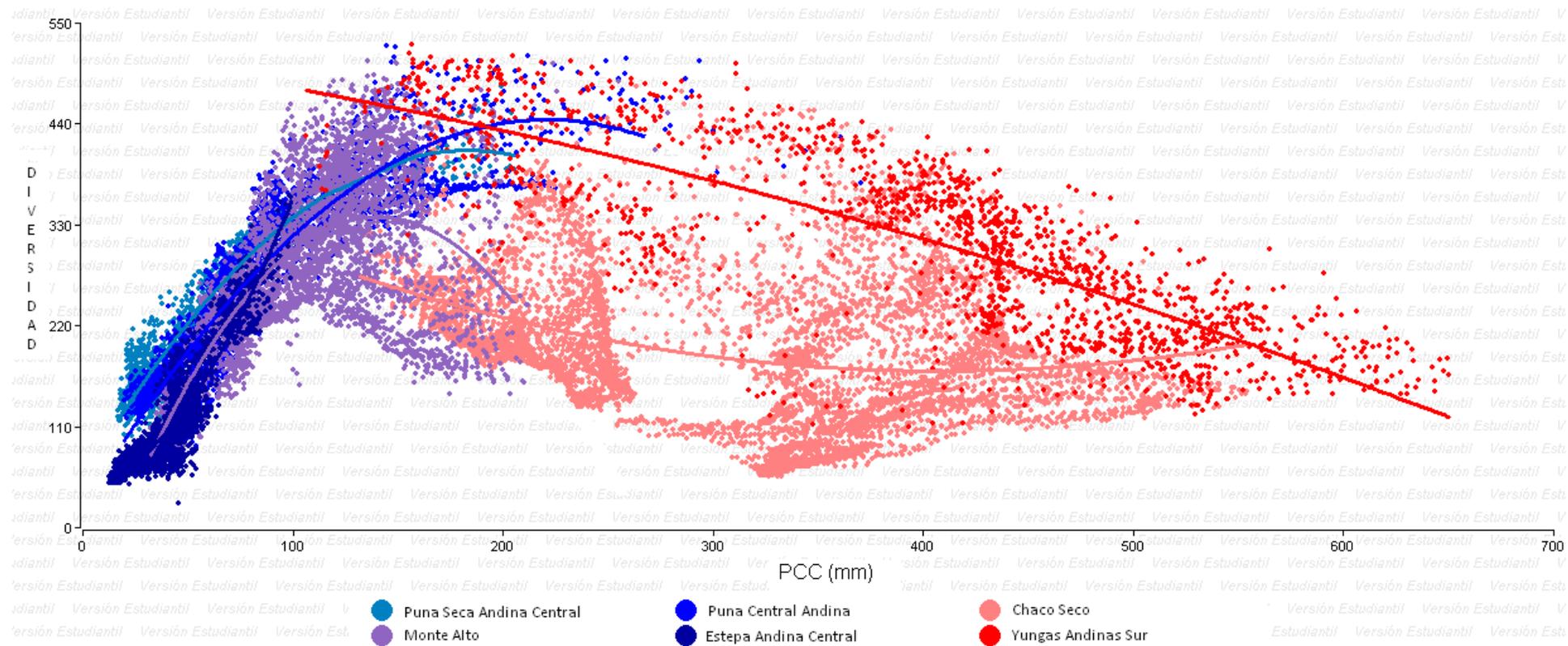


Fig. 12. Relación entre precipitación del cuarto más cálido o verano (PCC) y la diversidad (n° de especies/celda) de plantas vasculares en cada ecoregión del NOA.

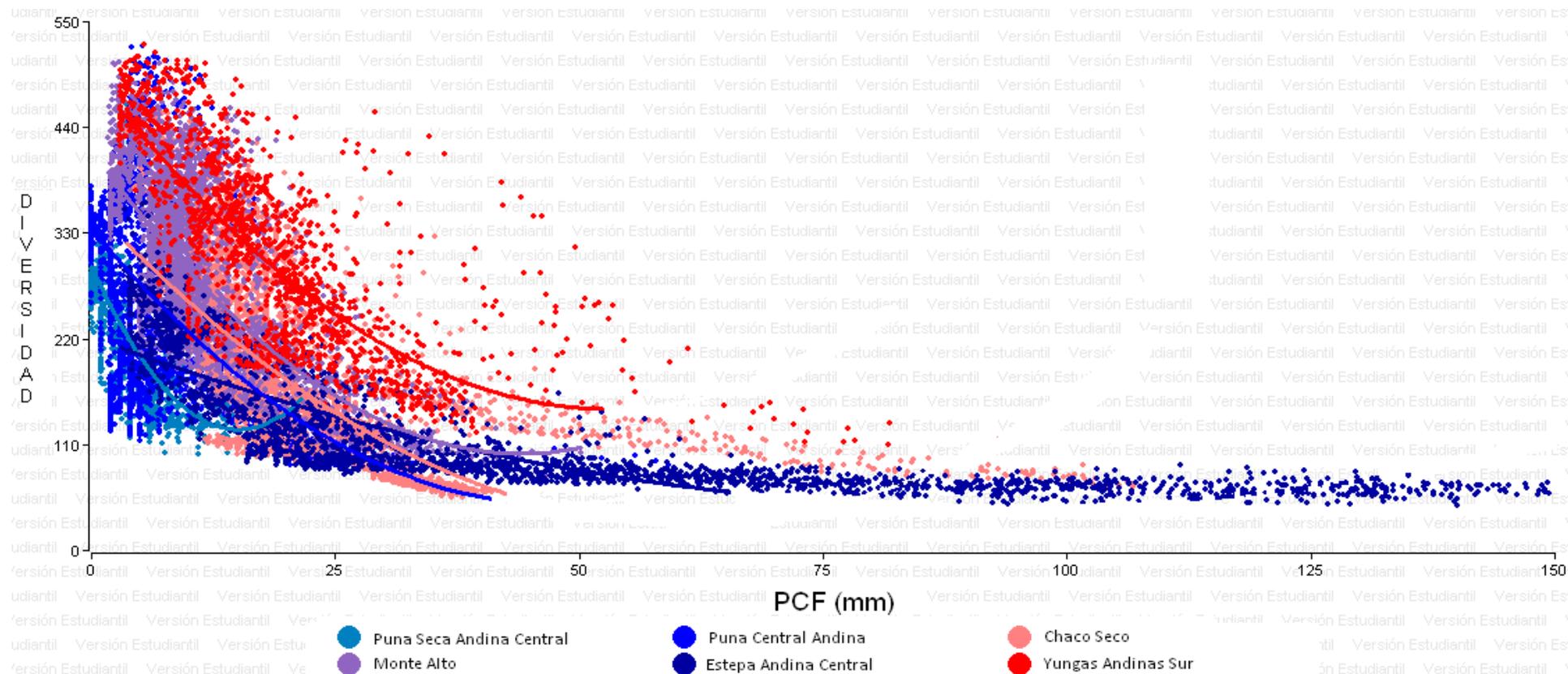


Fig. 13. Relación entre la precipitación del cuarto más frío o invierno (PCF) y la diversidad (n° de especies/celda) de plantas vasculares en cada ecoregión del NOA.

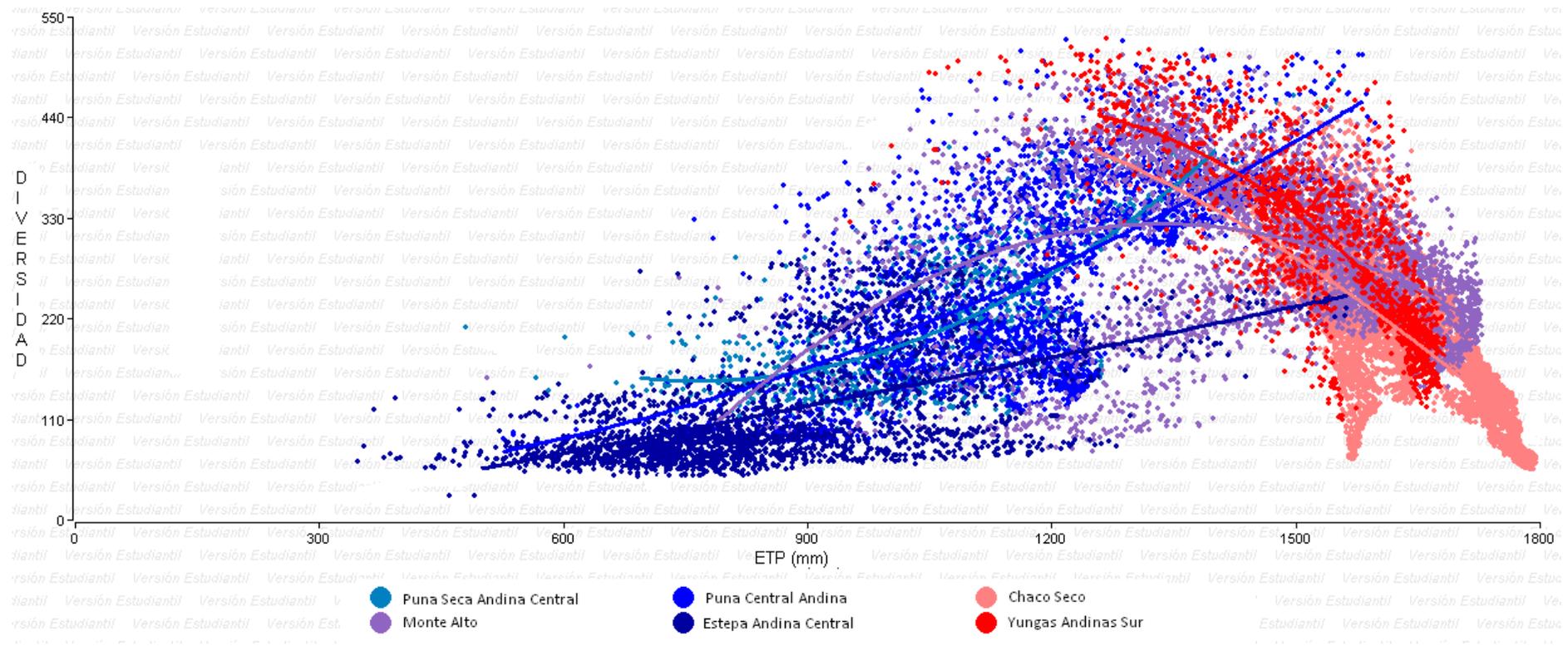


Fig. 14. Relación entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la diversidad (nº de especies/celda) de plantas vasculares en cada ecoregión del NOA.

Capítulo III
PRIORIDADES DE
CONSERVACION

3.1 INTRODUCCION

3.1.1 Introducción general

La planificación sistemática de la conservación se ha desarrollado con el fin de identificar sistemas de áreas protegidas donde los aspectos de la biodiversidad se encuentren representados de forma efectiva (Margules & Pressey 2000). Esta práctica ha sido desarrollada dado que muchos de los actuales sistemas de reservas no son adecuados para la conservación de la biodiversidad (Margules & Pressey 2000, Rodrigues et al. 2004 a, b). Históricamente, las áreas protegidas no han sido seleccionadas con base en criterios biológicos, sino que se han priorizado valores escénicos, recreativos, hidrológicos, políticos, sociales y geológicos, o han sido productos de oportunidades o contingencias (Pressey 1994, Pressey & Tully 1994).

Seis etapas han sido propuestas para concretar el proceso del planeamiento sistemático de la conservación (no necesariamente unidireccional, Margules & Pressey 2000):

- 1) Recopilación de información sobre la biodiversidad regional,*
- 2) Identificación de los objetivos de conservación,*
- 3) Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas establecidas,*
- 4) Selección áreas de conservación adicionales,*
- 5) Implementación de las acciones de conservación y,*
- 6) Mantenimiento de los valores requeridos en las áreas de conservación.*

Myers et al. (2000) señaló a las zonas con alto endemismo (hotspots) como áreas prioritarias para la conservación. Las especies endémicas son aquellas especies que se distribuyen en una zona geográfica específica y en ningún otro sitio (Cowling 2001). Estas especies son el resultado de procesos evolutivos y ecológicos complejos que ameritan alta prioridad de conservación (Young et al. 2002). Además, las especies endémicas con distribución restringida están bajo un riesgo de extinción mayor que las especies más ampliamente distribuidas ya que las especies de distribución restringida son más vulnerables al cambio ambiental (Gaston 1994, Mittermeier et al. 1998). A pesar de esto, actualmente las áreas de alto endemismo se encuentran poco representadas en los sistemas de áreas protegidas de todo el mundo (Rodrigues et al. 2004a, b).

La congruencia espacial entre hotspots de riqueza y endemismo ha sido ampliamente estudiada (Ricketts 2001, Orme et al. 2005, Lamoreux et al. 2006) con el objetivo de incluir el mayor número de elementos de la biodiversidad en la menor superficie posible (Araujo 1999). Si las áreas de alta diversidad presentaran también altos niveles de endemismo, la protección de

estas áreas implicaría la protección de una gran cantidad de especies endémicas. Sin embargo, la congruencia espacial entre riqueza y endemismo parece ser dependiente de la escala espacial y varía de acuerdo al grupo taxonómico estudiado (Ricketts 2001, Orme et al. 2005, Lamoreux et al. 2006, Xu et al. 2008).

Los Andes Tropicales son una de las áreas más importantes de endemismo a escala global, aunque también una de las áreas más amenazadas y menos estudiadas al presente (Myers et al. 2000, Orme et al. 2005). Sus taxones endémicos son el resultado de las migraciones de varios linajes desde otras regiones, así también como de eventos de especiación impulsados por el levantamiento de los Andes (Antonelli et al. 2009). La parte más meridional de los Andes Tropicales se corresponde con el noroeste de Argentina y con el norte de Chile. El NOA fue identificado por Zuloaga et al. (1999) como una de las regiones más diversas del país y, que alberga además más del 39% de las especies endémicas argentinas de plantas vasculares. Estudios recientes efectuados dentro del NOA han sugerido la existencia de varias zonas de alto endemismo (Aagesen et al. 2012), con muchas especies endémicas categorizadas como “altamente amenazadas” y “vulnerables” en la Lista de Especies Endémicas de Plantas Vasculares de la Argentina (Villamil et al. 2010). A pesar de esto, en términos de estudios de planificación sistemática de la conservación, la flora endémica de Argentina y del NOA, ha sido poco estudiada.

Actualmente, sólo el 7,71% del territorio argentino está protegido, con la mayoría de los sistemas de reservas seleccionados de forma aleatoria ("ad hoc"), sin tener en cuenta aspectos importantes de la biodiversidad como el endemismo (*data* brindada por Administración de Parques Nacionales). Dentro del NOA, la mayor parte de las ecoregiones actualmente bajo protección son sitios de alta diversidad que incluyen bosques húmedos y pastizales de niebla (Izquierdo & Grau 2009). La congruencia espacial entre hotspots de riqueza de especies y hotspots de endemismo ha sido estudiada en la región, pero a escala local y con familias de plantas específicas (Aagesen et al. 2009 - Poaceae en la provincia de Jujuy; Ortega-Baes et al. 2012 - Cactaceae en la provincia de Salta). Ortega-Baes et al. (2012) encontraron también que el actual sistema de áreas protegidas de la provincia de Salta, es eficaz en proteger a la mayoría de las especies de cactáceas, 81% de las cuales son endémicas de Argentina. De ocurrir también una congruencia espacial entre los hotspots de diversidad y endemismo dentro del NOA (a nivel regional) y, teniendo en cuenta que sus áreas protegidas actuales se encuentran en los hotspots de alta diversidad, se espera encontrar una representación eficaz de la flora endémica. Sin embargo, este podría no ser el caso dentro de la región del NOA ya que las principales áreas de endemismo se encuentran concentradas en los sistemas de valles y laderas semiáridas de los Andes, con poco o nada de endemismo de especies en los bosques húmedos (Aagesen et al. 2012).

3.1.1 Objetivos

En un escenario donde la tropicalización del clima y las actividades antrópicas desmedidas ponen en riesgo la flora endémica de la región del noroeste Argentino, se pone de manifiesto la necesidad de aplicar estrategias de conservación con previa planificación sistemática. Con el fin de avanzar en estos estudios dentro de la zona y con la principal finalidad de asegurar una protección efectiva de su flora endémica, el presente trabajo se planteó como objetivos: 1) Determinar los hotspots de endemismo en cada una de las ecoregiones del área de estudio, 2) Evaluar la efectividad de las áreas protegidas actuales en la protección de las especies de plantas vasculares endémicas de la región del NOA, estableciendo diferentes objetivos de conservación y, 3) Identificar las áreas potenciales y alternativas de conservación para expandir la red de reservas existente con objeto de mejorar los niveles actuales de conservación.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Bases de datos

Se estudiaron 505 especies endémicas a la región del noroeste argentino, pertenecientes a 65 familias diferentes de plantas vasculares (Aagesen et al. 2012, Anexo 2, Capítulo V). Estas especies forman parte de 16 áreas de endemismo, identificadas por estos autores como las más importantes de la región. La base de datos fue compilada por Aagesen et al. (2012) con datos provenientes del Catalogo de Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga et al. 2008), disponible y actualizada en Documenta Florae Australis Database. El conjunto de datos incluye información de especímenes de herbario, de la literatura y de colecciones de campo, todo georeferenciado de acuerdo con al método del punto-radio de Wieczorek et al. (2004), descrito en el Capítulo II, sección 2.2.1.

Se analizaron dos tipos de datos (“dataset mixto”); datos observados o puntuales (235 especies) y datos de distribuciones modeladas transformadas (270 especies). No se pudo modelar todas las especies ya que no todas presentaban el número mínimo de registros de ocurrencia necesarios para el efectuar el modelado (4 registros). Los datos observados se refiere a los puntos de datos de la ocurrencia de cada especie (latitud y longitud) mientras que la distribución modelada transformada se refiere al modelado de una distribución potencial, aplicando un umbral de corte (Carvalho et al. 2010), en este caso arbitrario. Se eligió trabajar con un dataset “mixto” ya que en términos de conservación, permite soluciones rentables (Liu et al. 2005, Carvalho et al. 2010) al equilibrar los errores de comisión (generados por las sobreestimaciones de los datos de distribución modelados, Gaston & Fuller 2009) y los errores de omisión (generados por las subestimaciones de las observaciones puntuales, Solano & Feria 2007).

La Administración de Parques Nacionales (APN) de Argentina proporcionó los shapefiles del actual sistema de áreas protegidas de Argentina, que incluyen parques nacionales, parques provinciales, monumentos naturales, reservas de la biosfera, reservas naturales, reservas privadas, y otras categorías de áreas protegidas. Posteriormente, se seleccionaron para el estudio las áreas protegidas ubicadas dentro del área a estudio: 43 áreas protegidas que abarcan una superficie total de 64.348 km² (11, 5% de la región NOA, Fig. 15). La mayoría de las áreas se encuentran concentradas en la provincia de Jujuy (Fig. 15) y en la protección de los bosques y tierras altas (zonas de montaña y los pastizales de niebla, Izquierdo & Grau 2009).

Las distribuciones modeladas se generaron con MAXENT (Phillips et al. 2006), utilizando las variables bioclimáticas disponibles en WorldClim (Hijmans et al. 2005). La exactitud de los modelos de distribución resultantes se evaluó aplicando el criterio del área bajo la curva ROC (AUC). En este estudio todas las especies obtuvieron un AUC > 0.7. De la distribución potencial de la especie, se calculó una distribución más ajustada aplicando el software ArcGIS (ESRI 2010) donde mapas con una probabilidad continua de distribución (de 0 a 1) son transformados en mapas de presencia/ausencia binarios (0/1). La conversión es posible al aplicar a la gama de valores continuos de distribución, un umbral de corte. Se trabajó con un umbral arbitrario (0.8), de forma que se consideraron sólo el 20% de los sitios más aptos para cada especie (Pearce & Ferrier 2000). Posteriormente, todos los mapas de distribución de especies se superponieron a la grilla del un NOA para calcular los valores de endemismo correspondientes.

3.2.2 Determinación de hotspots de endemismo

Para identificar los hotspots de endemismo, se creó con ArcGIS (ESRI 2010) una grilla del NOA de 5.386 celdas hexagonales de 100 km² cada una. En cada celda se determinó la riqueza de especies endémicas (número total de especies endémicas, Fig. 16).

3.2.3 Evaluación del estado de conservación actual de la flora regional

La finalidad de MARXAN (Game & Graham 2008) es identificar el sistema de reservas (una combinación de unidades de planificación) que cumplirá, con un costo mínimo, las metas cuantitativas de biodiversidad definidas por el usuario (Ball & Possingham 2000, Possingham et al. 2000). Para lograr este objetivo requiere los siguientes datos:

- **Unidades de Planificación (UP):** Constituye cada celda de la grilla del área de estudio. Cada celda representa una potencial unidad de planificación para conservación. Las áreas protegidas actuales se configuran como celdas protegidas de modo que aparecen siempre entre las celdas propuestas como solución final.

El área de estudio se dividió en 5.386 **unidades de planificación** hexagonales de 100 km² cada una (ver Birch et al. 2007, Nhacale & Smith 2011). Para analizar el actual sistema de áreas protegidas (AP) consideramos una celda como “protegida” si más del 52% de su superficie se superponía con el actual sistema de reservas. Siguiendo este criterio, un total de 461 unidades de planificación se le indicaron al programa como parte del actual sistema de AP.

- **Objetos de Conservación:** representan los objetos que se quieren proteger dentro de un sistema de áreas protegidas. Puede tratarse de especies, rangos de distribución de especies, biomas, ecoregiones o cualquier área geográfica específica.
- **Metas/Objetivos de conservación:** deben ser cuantitativos, medibles y comparables. Se aplican sobre el objeto de conservación, por ejemplo presencia de una determinada especie o representación de una cierta proporción de su rango (o de un bioma o ecoregión) dentro del área protegida.

Los **objetos de conservación** lo representaron las 505 plantas vasculares endémicas al NOA. Para poder conocer las eficiencias u omisiones en el actual sistema AP, se aplicó el concepto del GAP análisis (Jenning 2000). Para identificar las especies Gap (especies no protegidas por el sistema actual de conservación), se fijó un criterio de lo que se considera especie protegida (o cubierta), estableciendo diferentes **metas/objetivos de conservación**. Rodrigues et al. (2004a) indicó que "la presencia de una especie" puede no ser suficiente para garantizar la persistencia a largo plazo de poblaciones viables. Por lo tanto, se propuso como objetivos de conservación que al menos un 5%, 10%, 15%, 20%, 25% o 50% de la distribución de cada especie debe estar cubierto por el actual sistema de áreas protegidas. Si la especie alcanza el objetivo propuesto se consideró como una especie protegida (cubierta). Por el contrario, si una especie no se encontraba representada en ningún área protegida se consideró como una especie gap mientras que las especies que cumplían parte del objetivo de conservación, se consideraron como especies parcialmente cubiertas (Rodrigues et al. 2004a).

El sistema de áreas protegidas total se consideró eficaz cuando el porcentaje total de especies protegidas de manera adecuada, teniendo en cuenta cualquier objetivo, fue superior al 60%.

3.2.4 Análisis de áreas prioritarias potenciales para conservación

La selección de celdas complementarias para incrementar los valores actuales de conservación del sistema AP del NOA se realizó con base en el concepto de “irremplazabilidad” (o frecuencia de selección, Game & Grantham 2008). Este término se refiere a la imposibilidad de sustitución de una celda dentro de un conjunto de posibilidades para la creación de un sistema de reservas

eficiente (Game & Grantham 2008). Va desde 0 (un sitio innecesario para alcanzar las metas) a 100% (un sitio necesario cumple objetivo, sin reposición).

Para cada una de las soluciones resultantes según las distintas metas, se seleccionaron aquellas celdas con los mayores valores de irremplazabilidad (> 70%). Posteriormente, para evaluar los incrementos en el porcentaje de efectividad logrados con la adición de las nuevas celdas, se repitieron los análisis codificando a estas UP como partes del sistema de AP final.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Hotspots de endemismo

Los hotspots de especies de plantas endémicas, a escala regional, se concentraron en las ecoregiones áridas del NOA; en ambientes de la Puna Andina Central y el Alto Monte, especialmente entre las zonas de transición estas dos ecoregiones con las Yungas Andinas del Sur (Fig. 16). La Sierra del Aconquija, entre las provincias de Tucumán, Salta y Catamarca, se corresponde con el hotspot de endemismo más rico de la región (57-73 especies). Esta área coincide con una zona de transición entre el Monte Alto y la Puna Andina Central con las Yungas (Fig. 16).

Otras áreas importantes incluyeron las zonas de los Valles Calchaquíes en Salta y de Catamarca partes como Andalgalá, Santa María, Ambato, la Sierra de Ancasti y la Sierra de Manchao que contuvieron entre 30 y 56 especies endémicas (Fig. 16). Áreas de menor importancia (11 a 29 especies endémicas) se encuentran dispersas irregularmente principalmente en Jujuy y, en menor medida, en Catamarca, La Rioja y San Juan (Fig. 16).

Los coldspots (zonas con < 3 especies endémicas) se encontraron principalmente en las ecoregiones del Chaco Seco, el Monte Alto y la Puna Andina Central en las provincias de Salta, La Rioja y parte de Catamarca y San Juan (Fig. 16).

3.3.2 Estado de conservación actual de la flora regional

De las 505 especies endémicas analizadas, se identificaron 186 especies gap (36,8%, Fig. 17). De acuerdo a la meta establecida, el número de especies protegidas y parcialmente protegidas varió. Un incremento en la meta de conservación provocó una disminución en el número de especies protegidas y por ende un incremento en el número de especies parcialmente protegidas (Fig. 17). En ninguno de los casos, las especies totalmente cubiertas alcanzaron valores lo suficientemente altos como para considerar el sistema protegido efectivo (Fig. 17). El valor más alto en cuanto a niveles de protección alcanzados fue 52,3%, con una meta de representación del 5% (Fig. 18). El valor de protección más bajo fue del 19%, pero con una meta de representación del 50% (Fig. 18).

De las 16 áreas más importantes de endemismo definidas por Aagesen et al. (2012), sólo dos áreas tienen más de la mitad de sus especies totales cubiertas; Jujuy (69%) y el oeste de San Juan (50%, Fig. 19). Si consideramos el número total de especies endémicas por área, las áreas de Jujuy-Tucumán, Talampaya, NOA y, las áreas del sur de San Juan siguen a las ya mencionadas, con un número considerable de especies protegidas (35/84 especies, 2/4 especies, 19/52 especies y 3 / 10 especies respectivamente, Fig. 19). Jujuy y Tucumán, que se encuentran entre las zonas mejor colectadas de la región, contienen la mayor concentración de especies endémicas (238), pero en Tucumán el endemismo se encuentra bajo escasa protección (14 de 62 especies endémicas, Fig. 19). Al considerar las especies endémicas por área, Famatina en La Rioja y Ambato en Catamarca, son las áreas más deficientes en términos de conservación, ya que ninguna de ellas tiene especies bajo protección (Fig. 19). Las regiones restantes tienen valores intermedios de especies cubiertas (Fig. 19).

MARXAN ofrece una solución para cada uno de los objetivos establecidos. Cuanto más ambicioso sea el objetivo, mayor será la cantidad de unidades de planificación necesarias para lograr una representación máxima de las especies (Tabla 5). Por ejemplo, cuando el objetivo fue proteger al menos el 5% del área de distribución geográfica de cada especie, fue necesario añadir 898 nuevas unidades de planificación para el actual sistema de áreas protegidas. Objetivos más exigentes, tales como la protección del 50% de la distribución de todas las especies endémicas requiere la adición de 1,915 unidades de planificación en el sistema (ver Tabla 5).

3.3.3 Áreas prioritarias potenciales para conservación

Aplicando el concepto de irremplazabilidad, se seleccionaron un número mínimo de unidades de planificación para ser consideradas como prioritarias para la conservación de plantas endémicas. Se propuso un total de 251 nuevas unidades de planificación que se incluirán en el actual sistema de áreas protegidas (celdas con irremplazabilidad > 70%, Tabla 5). Al incorporar estas áreas en el actual sistema de áreas protegidas y repetir los análisis, se observó un incremento en el porcentaje de especies protegidas (Fig. 18). Este incremento varió de 61% a 86% dependiendo del objetivo de representación considerado (Fig. 18). En casi todos los casos el sistema de áreas protegidas ha demostrado ser eficaz en la protección de la diversidad de plantas endémicas con excepción del objetivo más ambicioso (50%), en el que la eficacia sólo alcanzó el 45% (Fig. 18).

Las nuevas celdas prioritarias para la conservación de las especies, independientes del objetivo, estaban ubicadas en las mismas áreas (Fig. 20). Sin embargo, como se esperaba, el número de celdas que se necesitan por área aumenta con el incremento de los objetivos de representación de especies (de 5% a 50% de todos los rangos de las especies, Fig. 20). Teniendo en cuenta los objetivos de representación del 5% al 25%, se definieron ocho áreas prioritarias

(Fig. 20A): 1) Sierra del Centinela, en Jujuy, 2) Zona de Santa Victoria-Yavi en Jujuy-Salta (Sierra de Santa Victoria), 3) Sierra del Aconquija, Sierra del Cajón, y otros en Salta-Catamarca, 4) Cumbres Calchaquíes y Cumbres de Tafí en Tucumán, 5) Zona de Tinogasta-Belén en Catamarca (Chaschuil Valley, Sierra de Fiambalá, y otros), 6) Área de Andalgalá en Catamarca (Cuesta de Capillitas y Sierra del Manchao), 7) Sierra de Ancasti y Sierra de Ambato, en Catamarca, y 8) Sierra de Famatina en La Rioja (véase Fig. 20A). La provincia de San Juan no presenta nuevas áreas prioritarias, al menos, cuando los objetivos de conservación establecidos están entre 5 y 25% (Fig. 20). Para el mayor objetivo (50% de todas las especies) seis nuevas áreas prioritarias aparecen en los análisis, además de celdas adicionales a las áreas antes mencionadas (véase Fig. 20B). Las seis nuevas áreas fueron: 9) Valles Calchaquíes en Salta (Abra del Acay, Nevado del Acay, y otros), 10) Sierra de Chañi y sus alrededores en Salta, 11) Sierra y Cuesta de Zapata en Catamarca, 12) Zona de Aimogasta (Sierra de Velasco y parte de la Sierra de Ambato) en La Rioja, 13) Sierra de la Punilla y parte de la Colanguil Cordón en San Juan, y 14) Zona de San Juan (Sierra del Tontal y Sierra Pie de Palo, entre otros-Fig. 20B).

3.4 DISCUSION

Como consecuencia de sus áreas de distribución restringidas, las especies endémicas son potencialmente más sensibles a las perturbaciones ambientales que las especies de amplia distribución, y por lo tanto, más vulnerables a la extinción. Por esta razón, las especies endémicas necesitan de esfuerzos especiales de conservación (Peterson & Watson 1998). Lamoreaux et al. (2006) señalaron que los sistemas de reservas basados en el endemismo protegen una alta diversidad de especies debido al solapamiento de especies entre las áreas de alto endemismo. Nuestros resultados ponen de manifiesto que el sistema actual de reservas en el noroeste de Argentina no representa apropiadamente la flora endémica, y es, por lo tanto, es considerado inefectivo. La razón principal de esto es que la mayoría de las áreas protegidas del NOA fueron elegidas "ad hoc" y se concentran en la ecoregión de mayor diversidad; los Yungas Andinas (bosque húmedo y pastizales de niebla, Izquierdo & Grau 2009). Esta ecoregión, con exclusión de sus prados, fue señalada recientemente por Aagesen et al. (2012) por ser una región de poco o bajo endemismo en la escala del presente estudio.

3.4.1 Estado de conservación actual de la flora y áreas prioritarias potenciales

Se encontró que los hotspots de endemismo se concentraron principalmente en las ecoregiones áridas del NOA, como el Monte Alto y la Puna Andina Central, así como en las zonas de transición entre estas dos ecoregiones y los Yungas. Se considera que las zonas de transición entre ecoregiones albergan altas concentraciones de especies como resultado del solapamiento de las distribuciones de las especies de las diferentes ecoregiones (Gaston et al.

2001). El alto endemismo encontrado en el Monte y en la Puna podrían ser consecuencia del levantamiento de Los Andes (Antonelli et al. 2009, Roig et al. 2009, Young et al. 2002) que ocasionó la disminución de la precipitación en regiones occidentales de América del Sur, dando lugar a condiciones semiáridas y áridas, junto con valles interandinos aislados unos de otros, que promovieron la diferenciación de especies (Antonelli et al. 2009, Roig et al. 2009, Young et al. 2002). La ecoregión del Monte Alto se consideró un área de evolución independiente debido a la complejidad de su biota (zona de transición entre el Neotrópico y la Andina; Morrone 2014), mientras que el alto endemismo de la Puna Andina podría explicarse por la radiación de especies desde otras regiones biogeográficas y, por las condiciones de aislamiento y de hábitat extremo generadas después de la fase final del levantamiento (Donato et al. 2003).

La falta de congruencia espacial entre los hotspots de riqueza y de endemismo, junto a la tendencia hacia la protección de los hotspots de diversidad en hábitats húmedos, han dado lugar a un sistema en el que el 37% de las especies endémicas no se encuentra presente en ningún área protegida. En la actualidad sólo el 19% de las especies endémicas tienen la mitad de su rango geográfico bajo protección mientras que el 48% de las especies endémicas tiene menos del 5% de su área de distribución geográfica cubierta por este mismo sistema. El presente estudio destaca que las prioridades de conservación basadas en la riqueza de especies no conservan con éxito las zonas de alto endemismo, al menos no en la mayor parte del sur de los Andes Centrales. La falta de congruencia entre riqueza de especies y áreas de endemismo también fue encontrada en la región boliviana del sur de los Andes Centrales (Ibisch et al. 2003). Al igual que en nuestro estudio, en la parte boliviana el mayor endemismo se encuentra principalmente en el bosque inter-andino seco y en el Prepuna, y no en las Yungas (referidas como Yungas Tucumano-Bolivianas en Ibisch et al. 2003). Por lo tanto, las áreas de endemismo parecen no estar relacionadas con los hotspots de riqueza en todo el sur de los Andes Centrales hasta los 19°S; límite norte de las Yungas Tucumano-Bolivianas. Si bien no es el objetivo del presente trabajo evaluar el sistema de áreas protegidas en Bolivia, la mayoría de sus áreas protegidas, al igual que en Argentina, se encuentran en las ecoregiones húmedas, ricas en especies y no en las laderas áridas, y en los sistemas de valles andinos, donde se encuentra el mayor de endemismo de plantas vasculares (López & Zambrana-Torrel 2006, Larrea-Alcázar et al. 2010). Resultados similares fueron encontrados también en Chile (Benoit 1996) y en Perú (Swenson et al. 2012), lo que puede sugerir que las áreas de endemismo estarían desprotegidos a lo largo de todos los Andes Centrales.

Otro análisis, relacionado con los estudios de conservación sistemática y llevado a cabo en el noroeste de Argentina (Ortega-Baes et al. 2012), incluyó solamente a la familia Cactaceae, y mostró resultados diferentes a los expuestos aquí. Estos autores evaluaron la efectividad de las áreas protegidas en la conservación de especies de Cactaceae de los Valles Calchaquíes (provincia de Salta) y se clasificaron al sistema de AP como eficaz. La divergencia de los

resultados parece estar relacionada con la congruencia espacial entre los hotspots de riqueza de especies y endemismo encontrada en la familia de las cactáceas, que se produce también a nivel nacional (Mourelle & Ezcurra 1996). Las cactáceas son una familia altamente especializada, con requisitos muy específicos de hábitat (Mourelle & Ezcurra 1996-1997). En Salta (NOA y en general) las especies de Cactaceae pertenecen principalmente a dos clados - Cactoideae y Opuntioideae (Hernández-Hernández et al. 2011). Según Reid (1998), es mayor la probabilidad de encontrar especies de la misma categoría taxonómica que compartan requisitos de hábitat específicos a escalas geográficas pequeñas, que a escalas mayores. Por lo tanto, al expandir los estudios sistemáticos de la conservación para incluir varias familias de plantas vasculares, se pierde la congruencia entre las principales áreas de endemismo de las diferentes familias y la ecoregión de las Yungas, que es la región con más diversidad de plantas de la región NOA (Cabrera 1976, Zuloaga et al. 1999).

Para hacer frente a las amenazas detectadas en la región NOA (Izquierdo & Grau 2009), es necesario establecer estratégicamente nuevas áreas prioritarias para la conservación de especies endémicas. Basándose en el endemismo, los nuevos sitios prioritarios deberían ubicarse principalmente en las zonas áridas y semiáridas. Varios estudios, incluyendo el presente trabajo, han demostrado que en el sur de los Andes Centrales, en estos ambientes es donde tienden a acumularse las especies endémicas (Ezcurra 2006, Navone & Abraham 2006, Roig et al. 2009, Aagesen et al. 2012). El estudio resalta que la inclusión de 251 celdas de 100 km² de superficie, incrementaría la eficacia del sistema actual de conservación. De añadirse estas celdas, el porcentaje de especies de plantas endémicas protegidas aumentaría a 61% o 86%, dependiendo del objetivo de conservación deseado, pero a la vez independiente, porque el sistema resulta ser siempre efectivo (superior al 60%). Por otra parte, es importante recalcar que análisis previos señalan que la utilización de centros de endemismo como criterio de conservación puede resultar representativo para otros taxones tales como vertebrados (Rodrigues et al. 2004a). No obstante, en la región del NOA pocos otros estudios han identificado áreas de endemismo (pero véase Díaz-Gómez 2007, Szumik et al. 2012) y sería prematuro determinar si las áreas de endemismo son congruentes entre los taxones.

El presente trabajo representa un punto de partida para los estudios de planificación sistemática de la conservación en el noroeste de Argentina. Si bien las celdas indicadas como potenciales para la conservación se distribuyeron de manera desigual dentro de la región, son congruentes con las áreas de endemismo definidas por Aagesen et al. (2012) y coincidente con las zonas donde se observó una falta de reservas. Las provincias que necesitan incrementar sus áreas de protección son Salta y Catamarca, ambas con una menor cantidad de reservas en relación con las provincias restantes. Las ubicaciones de las nuevas áreas prioritarias parecen seguir dos patrones. Algunas celdas se localizan adyacentes o próximas al actual sistema de áreas protegidas, mientras que otras celdas parecen constituir sistemas independientes. Las áreas

adyacentes a las reservas ya establecidas pueden incorporarse expandiendo el sistema actual mediante la adquisición de tierras o por medio de la implementación de corredores biológicos. Este sería el caso de la zona de Santa Victoria-Yavi que con la adición de celdas cercanas a la reserva de la Biosfera en Jujuy, lograría estar totalmente protegida. La ampliación de la Reserva de la Quebrada de Humahuaca en Jujuy hacia el este y hacia el sur, ayudaría a preservar las especies endémicas más próximas a la misma. Otras de las celdas adyacentes a los sistemas de reservas ya establecidos incluyen: Sierra del Centinela (1) adyacente a la Reserva Provincial Las Lancitas en Jujuy, las celdas de las Cumbres Calchaquies y Cumbres de Tafí (4), cerca de la Reserva Natural Quebrada del Portugués en Tucumán, y las celdas de la Sierra del Aconquija, Sierra del Cajón y otros (3) que podrían ser incluidos en el sistema actual mediante la ampliación de la Reserva Provincial Quebrada de las Conchas en Salta (6). Por otro lado, las celdas de alta prioridad que constituirían las nuevas áreas protegidas incluyen celdas en la Sierra de Ancasti y Sierra de Ambato (7), en la Sierra de Famatina (8), en la zona de Tinogasta-Belen (5), y un conjunto de celdas concentradas en la zona de Andalgalá (7). Algunas de estas nuevas áreas protegidas parecen proteger a las especies raras y escasamente recolectadas. El modelado de la distribución de estas especies no pudo concretarse debido a la falta de datos. La colecta de registros dentro de estas áreas remotas podría proporcionar información nueva que permita modelar la distribución potencial de estas especies y ajustar el número y la ubicación de estas últimas celdas prioritarias.

3.4.2 Conclusiones finales

El objetivo de este trabajo es presentar una primera aproximación sobre cómo proteger a las especies de plantas endémicas en una de las zonas de mayor endemismo de plantas vasculares del Cono Sur. La adición de los nuevos sitios prioritarios no es la única ni la última solución, pero, se sugiere considerar al endemismo como un criterio fundamental para identificar las áreas de conservación. Puesto que el cumplimiento de los objetivos más ambiciosos sería difícil y muy costoso, los objetivos intermedios, tales como la protección de un 15, 20 o 25% de todos los rangos de las especies parece ser la solución más pragmática. Como resultado, un gran porcentaje de las especies podría ser protegido mientras se utiliza una superficie relativamente pequeña, pero siempre teniendo en cuenta que objetivos mayores implican proteger mayores proporciones del rango geográfico de cada especie, garantizando su conservación a largo plazo y viabilidad.

Se requieren de más análisis complementarios para la fauna, con el fin de obtener una solución integrada para proteger la flora y la fauna de la región. Al igual que en el caso de las plantas vasculares, las Yungas representan los hotspots de una amplia gama de vertebrados e insectos (Szumik et al. 2012). Sin embargo, el conocimiento sobre el endemismo de estos taxones es todavía escaso. En un periodo donde la información y el tiempo son escasos,

necesitamos de información de calidad obtenida en un tiempo relativamente corto. La obtención de los datos de distribución necesarios para el análisis GAP, como el actual, es ciertamente problemático, ya que la compilación y la georreferenciación de los especímenes pertinentes consumen mucho tiempo pero son cruciales para obtener datos de calidad. La creación de bases de datos a partir de ejemplares de museo y colecciones de herbario, y su publicación, aliviaría significativamente la tarea de recopilación de datos. Esta información, junto con las tecnologías actuales debe permitir la búsqueda de soluciones de conservación más eficientes. El modelado de la distribución potencial de las especies importantes (según un determinado criterio) es en la actualidad el mejor, y en algunos casos el único enfoque disponible para obtener los conjuntos de datos adecuados cuando los datos de distribución de las especies son escasos. Sin embargo, la fiabilidad de la distribución modelada también depende de la calidad de los datos de entrada. Cuando las áreas prioritarias se obtienen a partir de distribuciones modeladas, como en el presente caso, el paso final ideal sería incluir trabajo de campo adicional para confirmar la presencia de las especies dentro de las áreas prioritarias indicadas para su conservación.

TABLAS

Capítulo III

Tabla 5. Unidades de planificación totales (UP) que se necesitan para lograr una representación del 100% de las 505 especies endémicas de la región NOA y cuántas de esas UP tienen valores de irremplazabilidad superiores a 70%. Agregar el número mínimo de unidades de planificación con irremplazabilidad > 70% (251 celdas) alcanzaría los valores de protección expuestas en la última columna de la tabla.

Objetivo de conservación (%)	Nº total de nuevas UP	% Protección con la adición de nuevas UP	Nuevas UP (irremplazabilidad >70%)	% protección adicionando 251 UP
5	898	100	251	86
10	1223	100	261	81
15	1548	100	252	75
20	1732	100	253	69
25	1757	100	257	61
50	1915	100	389	45

FIGURAS
Capítulo III

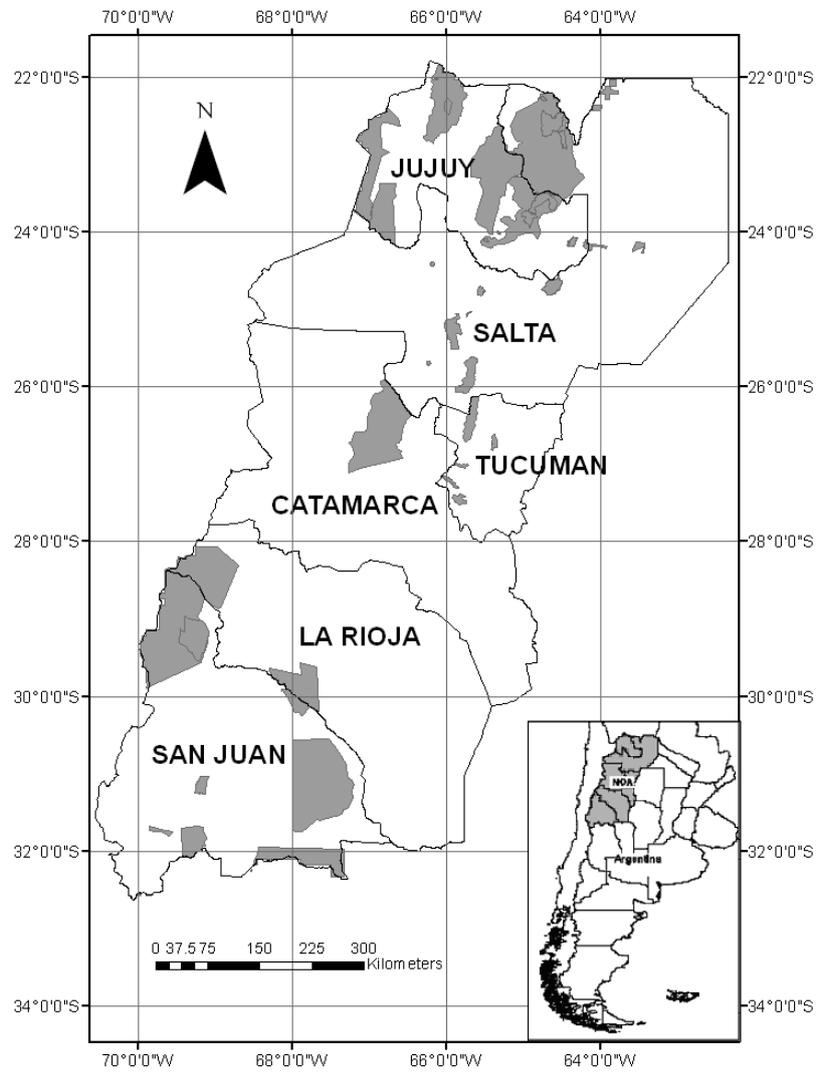


Fig. 15. Localización de las áreas protegidas actuales del NOA

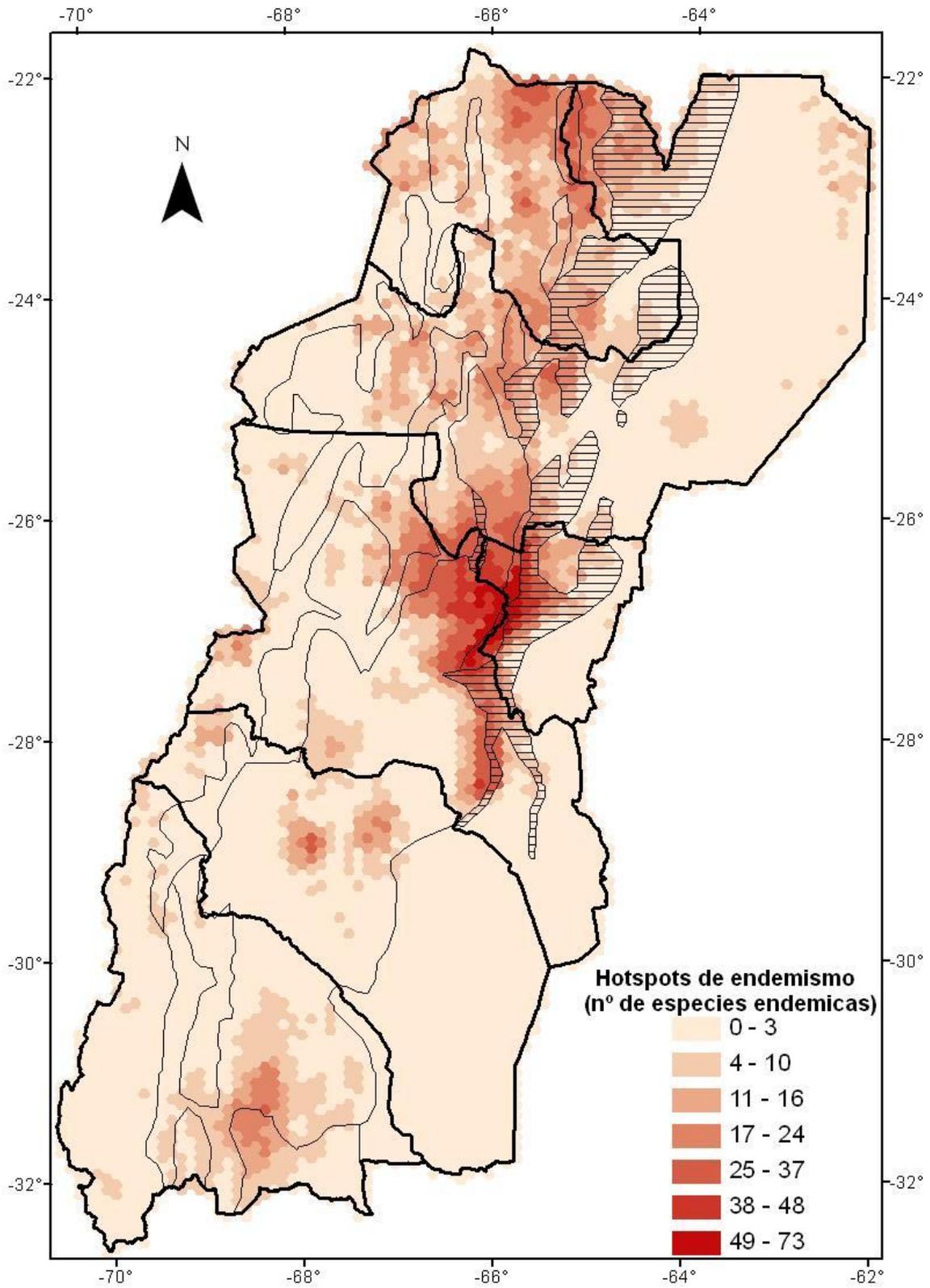


Fig. 16. Hotspots de endemismo en el noroeste de Argentina (la región rayada corresponde a los Yungas; la región con más diversidad de plantas).

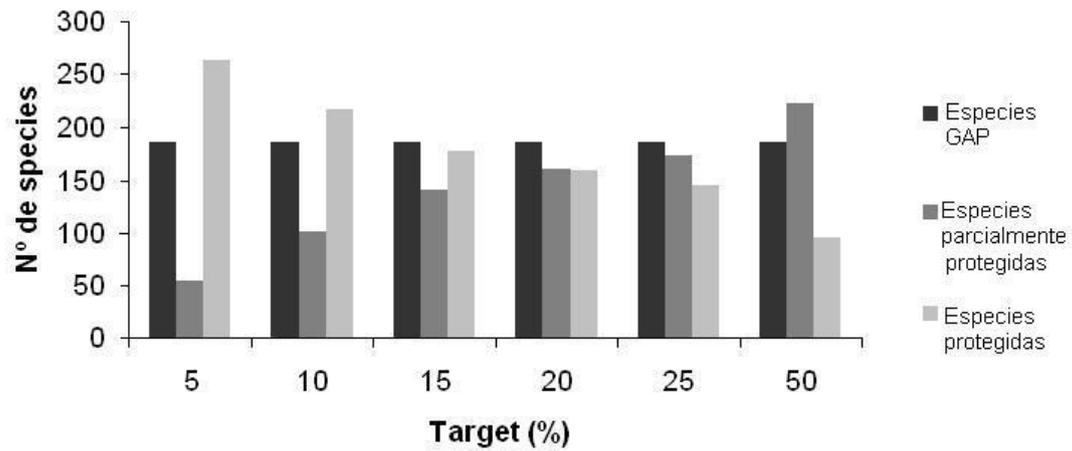


Fig. 17. Número de especies gap, especies parcialmente protegidas y especies protegidas bajo los diferentes objetivos de conservación (target)

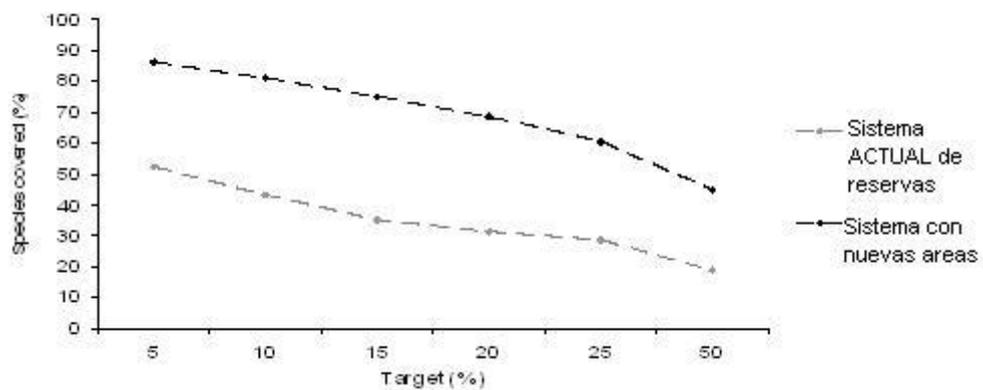


Fig. 18. Porcentaje de especies protegidas en el actual sistema de reservas con respecto al mismo sistema cuando se agregan las nuevas áreas prioritarias.

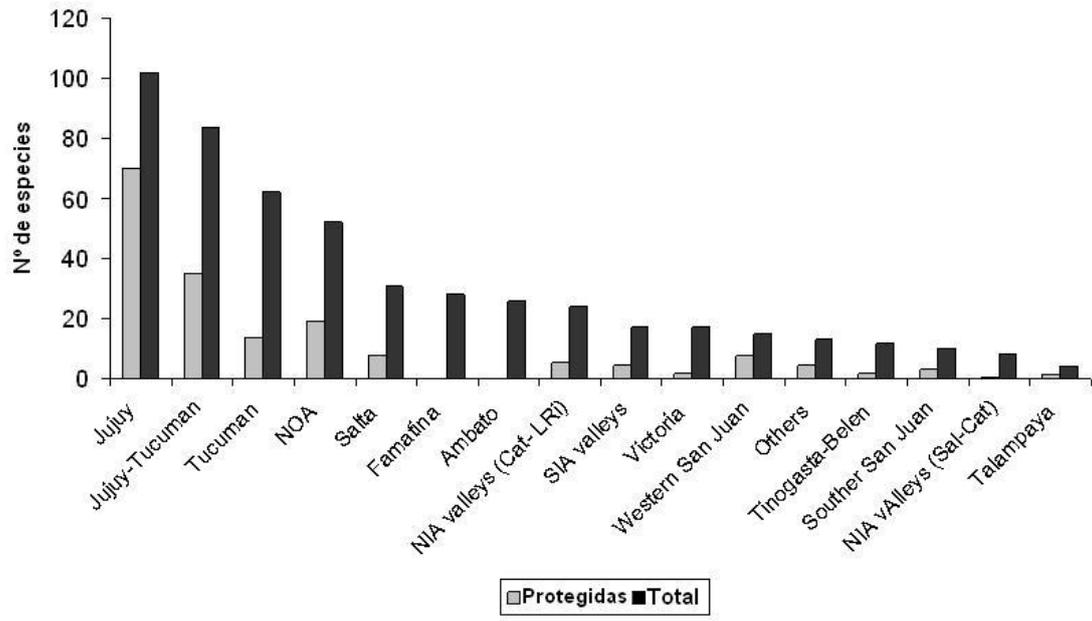


Fig. 19. Número de especies endémicas protegidas vs el número total de especies por área de endemismo -Aagesen et al. (2012)-

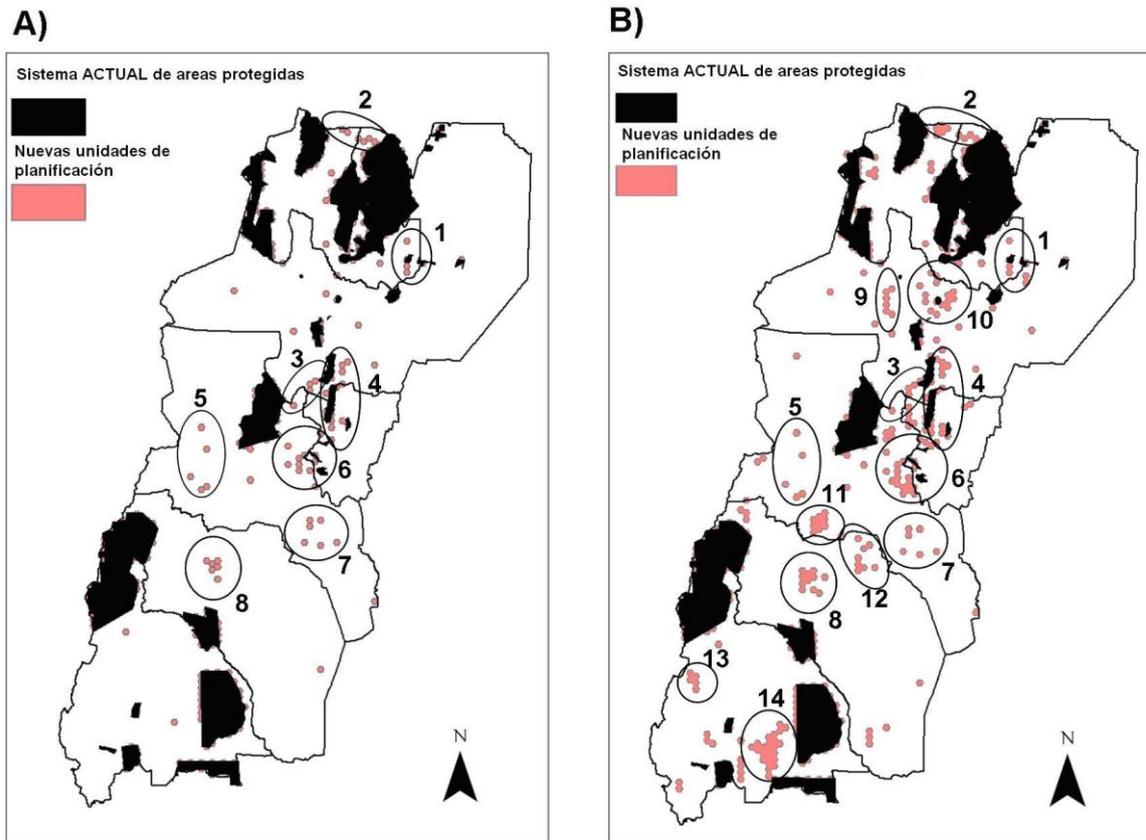


Fig. 20. Soluciones obtenidas de MARXAN al aplicar el concepto irremplazabilidad: A) Objetivo: Cubrir el 5% del área de distribución de todas las especies endémicas. B) Objetivo: Cubrir el 50% del área de distribución de todas las especies endémicas. Las nuevas áreas prioritarias: 1) Sierra del Centinela, 2) Zona de Santa Victoria-Yavi, 3) Sierra del Aconquiya, Sierra del Cajón y otros, 4) Cumbres Calchaquíes y Cumbres de Tafí, 5) Área de Tinogasta-Belén 6) Área de Andalgalá, 7) Sierras de Ancasti y Sierra de Ambato 8) Sierra de Famatina 9) Valles Calchaquíes, 10) Sierra de Chañi y sus alrededores, 11) Zona de la Sierra y Cuesta de Zapata 12) Aimogasta, 13) Sierra de la Punilla y parte del Cordón de Colanguil y, 14) Zona de San Juan.

Capítulo IV
EFECTO DEL
CAMBIO CLIMATICO

4.1 INTRODUCCION

4.1.1 Introducción general

A lo largo de su historia evolutiva, las especies han respondido a cambios climáticos naturales (Crowley & North 1988, Parmesan 2006), sin embargo, al presente la continua presión de las actividades antrópicas ha acelerado estos cambios (Root & Schneider 2002, Oreskes 2004). En los últimos 100 años, la temperatura global promedio se ha incrementado en aproximadamente 0.6 °C y está proyectado que continúe aumentando a una tasa de cambio aún mayor (Houghton et al. 2001). Este incremento, traería aparejados cambios en el ciclo hidrológico, con variaciones en las precipitaciones que generarían sequías e inundaciones a nivel global (Allen & Ingram 2002, Vuille et al. 2003, Parmesan & Yohe 2003, Herzog et al. 2011). Evidencia en los registros fósiles (Davis & Shaw 2001) y tendencias observadas recientemente (Hugues 2000, Mc Carty 2001, Walther et al. 2002) han mostrado que el cambio climático tiene una profunda influencia en la distribución geográfica de las especies y los ecosistemas (IPCC 2001, Midgley et al. 2002, Dudley 2003, Hansen et al. 2003, Ibisch et al. 2003, Hannah et al. 2007, Higgins 2007). En teoría, las especies más vulnerables serán las especialistas, o aquellas especies con una tolerancia ambiental restringida o que dependen de recursos o interacciones bióticas que serán interrumpidas por el cambio climático (Anderson et al. 2011, Larsen et al. 2011). Las especies de montaña, especialmente las pertenecientes a zonas tropicales, se predice que serán más vulnerables que las especies de tierras bajas, puesto que los cambios en el clima ocurrirían de manera más pronunciada a grandes altitudes (Bradley et al. 2006, Vuille et al. 2008).

Se estima que en América del Sur, los países de la región andina serán los más afectados por las consecuencias del cambio climático (IPCC 2001, Vuille et al. 2003, Marengo et al. 2011). Los cambios en la temperatura y la humedad se reflejan ya en la región, especialmente en el retroceso de los glaciares, cambios en los patrones de precipitación y en la mayor frecuencia de eventos extremos como las sequías y las inundaciones (Anderson et al. 2011). La evidencia observada en el sureste de Perú y oeste de Bolivia indica que los cambios en la cantidad de precipitaciones están generando condiciones ligeramente más secas. Asimismo, proyecciones climáticas de modelos regionales muestran que habrá un aumento de la temperatura con la altitud, con un calentamiento más pronunciado en los sitios más altos (por encima de 4000 msnm) y en vertientes andinas orientales y occidentales (Solman et al. 2008, Marengo et al. 2009, Urrutia & Vuille 2009). Estas perturbaciones, pondrán en riesgo la diversidad y endemismo de especies a lo largo de toda la región de los Andes y, los cambios que se generarán en los ecosistemas (a nivel estructural y funcional), afectarán directamente a la población humana que depende de sus servicios (Vuille et al. 2008). Sin embargo, unos

ecosistemas se verán más afectados que otros, por poseer ciertas características que los hacen más vulnerables (Young et al. 2011). La ecoregión de la Puna, por ejemplo, por presentarse a elevadas altitudes y basándose en lo antes predicho, presenta una alta probabilidad de verse afectada.

La región del noroeste Argentino, coincidente con la porción sur de los Andes Tropicales, durante el siglo 20 sufrió un aumento de la temperatura media anual de 0.62°C (entre los 22°S y 28°S, Gonzales 2009, Marengo et al. 2011). Asimismo, en la misma región, se han observado descensos significativos en la cantidad de precipitaciones (-4.67% por década) especialmente en la época invernal (Masiokas et al. 2008, Gonzales 2009). Estos cambios, se potencian con la gran cantidad de actividades antrópicas que se desarrollan en el área, especialmente en los drylands como la Puna Seca Andina, Puna Andina Central y Chaco Seco, que dieron lugar a intensas modificaciones en el uso del suelo y a la pérdida de grandes proporciones del mismo (Grau et al. 2005, Izquierdo & Grau 2009). No obstante, a pesar de estas observaciones, se desconoce de estudios que hayan evaluado los impactos del cambio climático sobre las especies en este sector de los Andes Tropicales.

4.1.2 Objetivos

La finalidad de este trabajo es evaluar cual será la situación futura (2050 – 2080) de los rangos de distribución geográfica de las especies endémicas del noroeste argentino y de las ecoregiones que éstas habitan, bajo dos escenarios climáticos opuestos (A2 y B1; IPCC, 2001). Asimismo se evaluará el desempeño del actual sistema de áreas protegidas en proteger las distribuciones “modificadas” de las especies como consecuencia del cambio climático.

Para este fin, se propone como objetivos: 1) Determinar en qué proporción afectará el cambio climático a las distribuciones de las especies endémicas del NOA y cuál ecoregión presenta mayor vulnerabilidad frente a los cambios que se prevén en el clima, 2) Evaluar la efectividad del sistema de reservas actual del NOA en proteger las distribuciones de las especies frente a un posible cambio climático. Esto último permitirá planificar a priori estrategias de conservación para conservar de manera más efectiva parte de la biodiversidad de las regiones áridas del NOA frente a un cambio climático futuro.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1 Base de datos

Se dió prioridad al análisis de especies endémicas ya que la evidencia sugiere que los patrones históricos del cambio climático han tenido una influencia importante sobre las distribuciones actuales de los endémicos (Churchill et al. 1995, Killeen et al. 2007).

Del dataset de especies endémicas del noroeste argentino compilado por Aagesen et al. (2012), se seleccionaron aquellas especies que presentaban el número mínimo de registros necesarios para efectuar el modelado de sus distribuciones. Se analizaron en total 268 especies endémicas al NOA (las mismas se indican en el Anexo II (Cap. V) con un *).

4.2.2. Modelado de distribuciones futuras de especies endémicas

Se utilizó MAXENT (Phillips et al. 2006) para el modelado de la distribución futura de las especies. Esto se logró a través de la asociación que hace el programa de los registros de ocurrencia actuales de las especies con coberturas geográficas de variables climáticas proyectadas para los años 2050 y 2080. El modelo aplicado para la proyección de estas coberturas fue Hadley Centre Coupled Model, versión 3 (HDCM3, Gordon et al. 2000, Pope et al. 2000); por ser aquél que mejor representa el clima de Sudamérica (Camilloni & Bidegain 2005). Los escenarios seleccionados para analizar fueron A2 (alta emisión de gases) y B1 (baja emisión de gases), debido a que representan dos extremos de un continuo de posibilidades (IPCC 2001, Nunez et al. 2009). El escenario A2, representa una situación donde el crecimiento de la población es continuo y genera mayores emisiones de gases de efecto invernadero. En A2, la incorporación de tecnologías limpias se presenta de forma aislada o por regiones. Por otro lado, el escenario B1 plantea una situación donde el crecimiento poblacional continúa pero se incorporan tecnologías limpias y eficientes que reducen la emisión de gases contaminantes, alcanzando un desarrollo sostenible con el ambiente (IPCC 2001, Nunez et al. 2009).

4.2.3. Determinación de hotspots de endemismo frente al cambio climático

Se realizó el conteo del número de especies endémicas presentes en cada celda de una grilla representativa del área de estudio. Cada celda consistió en un hexágono de 25 km². Se diferenció entre hotspots y coldspots para los periodos: presente, 2050 escenario A2-B1 y, 2080 escenarios A2-B1. Posteriormente, mediante la aplicación ArcGIS (ESRI 2010) se exploró los cambios ocurridos en estas áreas durante los periodos de tiempo propuestos.

4.2.4 Análisis del efecto del cambio climático sobre las distribuciones y ecoregiones

Con ArcGIS (*Calculate Area Tool*; ESRI 2010) se estimó la superficie de cada una de las distribuciones modeladas de las especies y para cada período de tiempo: presente, 2050 (A2-B1) y 2080 (A2-B1). Se obtuvo el rango geográfico en km².

Se compararon las distribuciones potenciales actuales con las distribuciones potenciales futuras para los distintos años y escenarios para detectar los cambios ocurridos sobre los rangos de distribución de cada especie. Posteriormente, se calculó la proporción en que aumentó (expansión) o se redujo (contracción) cada rango de distribución en %.

Por medio del análisis de los cambios ocurridos en los rangos geográficos de especies seleccionadas, se evaluó la vulnerabilidad de las ecoregiones. En la Tabla 6 se indican las especies y la ecoregión a la que representaron. Se consideró como representativa de una ecoregión a una especie (abundante/frecuente/dominante) de acuerdo a observaciones realizadas por Cabrera (1976).

4.2.5. Evaluación del estado de conservación futuro de flora endémica

Para evaluar el estado de conservación de las especies (2050 A2-B1 y 2080 A2-B1), se utilizó el programa MARXAN (Game & Grantham 2008; más detalles en Capítulo III, Sección 3.2.3.1).

El área de estudio fue dividida en hexágonos de 25km² cada uno (21058 celdas - ver Birch et al. 2007, Nhacale & Smith 2011). Se consideró una celda como “protegida” si más del 52% de su superficie se superponía a un área protegida (AP) del sistema actual. Siguiendo este criterio, un total de 1844 unidades de planificación se consideraron como parte del actual sistema de reservas del NOA.

Al igual que en el Capítulo III, se utilizó el GAP análisis para evaluar la eficacia vs omisiones de la red de reservas actual (Jennings 2000). Para identificar las especies Gap (especies no protegidas por el sistema actual de conservación), se estableció como único objetivo de conservación (target) que el sistema de actual de AP debía proteger al menos un 25% del área de distribución de cada una de las especies evaluadas. Este objetivo se planteó siguiendo las conclusiones de Godoy-Bürki et al. (2014)-ver Capítulo III-. Las especies que alcanzaron el objetivo de conservación propuesto fueron consideradas como especies protegidas. Por el contrario, aquellas especies no representadas dentro de ningún área protegida fueron caracterizadas como especies gap. Las especies que cumplieron parte del objetivo de conservación, se denominaron especies parcialmente protegidas (Rodrigues et al. 2004a).

El sistema de AP fue considerado efectivo cuando el porcentaje total de especies adecuadamente representadas en base al target, fue superior al 60%.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Hotspots de endemismo en los años 2050 y 2080 (escenarios A2 y B1)

Los hotspots de endemismo actual se verán afectadas por el cambio climático (Fig. 21 y Fig. 22). La descripción presente de estas áreas se efectuó en el Capítulo II, Sección 2.3.1 (Fig. 8).

Bajo el escenario climático A2, se observan cambios en todas las categorías de hotspots; desde las más ricas, hasta las más pobres (Fig. 21). Se observa un desplazamiento de las especies en sentido este-oeste y sur-norte del presente al 2080. Como consecuencia de esta aparente migración de especies, el hotspot de mayor riqueza (>160 especies) se expande. Hacia el 2080 abarcaría los Valles Calchaquíes en Salta (Quebrada de las Conchas, Serranías de Cachi,

Quebrada de Escoipe, etc.), las cumbres Calchaqués en Tucumán y las Sierras del Aconquija y del Cajón, en Catamarca. Se observa que las áreas con menos especies (40-80 especies) se desplazan hacia el oeste, incrementando la concentración en los hotspots de mayor riqueza. Asimismo las áreas que presentan entre 80-120 y 120-160 especies, también parecen migrar hacia el oeste, hacia la cordillera de los Andes (Fig. 21). En el 2050, la parte central de Jujuy albergará una gran cantidad de especies, aunque de manera transitoria, ya que para el 2080 éstas especies migrarían hacia las zonas más elevadas de la provincia -en el límite con la cordillera de los Andes (Fig. 21). Por otro lado, los hotspots presentes en la provincia de La Rioja y San Juan, ubicadas al sur del NOA, presentarán desplazamientos hacia el norte de la región, concentrándose en las partes más altas de Catamarca (dpto. Tinogasta y Antofagasta de la Sierra) y Salta (San Antonio de los Cobres –Fig. 21).

Bajo el escenario climático B1, se observa un comportamiento similar en las especies (Fig. 22). Los hotspots de mayor endemismo sufren un proceso similar al ocurrido bajo A2. No obstante, hacia el 2080 la provincia de Jujuy presenta mayor concentración de especies (120-160 spp, Fig. 22) y la zona de la precordillera de Catamarca presente un número mucho menor de especies (> 120 especies, Fig. 22) con respecto al mismo año pero bajo el escenario A2 (Fig. 21).

4.3.2 Efecto del cambio climático sobre las distribuciones y ecoregiones

Como resultado de los efectos modelados/hipotetizados del cambio climático futuro, las especies sufren de contracciones, expansiones y extinciones, que se representan en la Figura 23.

El escenario que presentó mayor número de contracciones fue B1, que a diferencia de A2 tuvo un 10% más de especies que sufrieron una reducción en su distribución. No obstante, bajo el escenario A2 ocurrió el único caso de extinción (Fig. 23). Los casos de contracciones o expansiones continuas y de especies que sufren de ambos procesos, desde el presente al 2080, se exponen en la Tabla 7.

La vulnerabilidad de las ecoregiones en base a los cambios ocurridos en las especies seleccionadas para ese fin, se representa en las Figuras 24 a 35.

4.3.3. Estado de conservación futuro de las especies endémicas

En la Tabla 8 se exponen los resultados de los niveles de conservación actuales y futuros (2050 y 2080) y bajo diferentes escenarios A2 y B1.

El sistema de áreas protegidas actual del NOA no es efectivo en proteger la flora endémica ni al presente (ver Capítulo III y Tabla 8) ni en el futuro bajo las proyecciones evaluadas (Tabla 8). No obstante, en ningún periodo o escenario futuro se detectaron especies gap (Tabla 8). La ausencia de especies gaps en el presente estudio (a diferencia del realizado en

el Capítulo III) posiblemente ocurrió como resultado de haber omitido la parte del dataset que contenía datos puntuales u observados (utilizado en el Cap. III).

El escenario A2 con respecto al B1 presentan porcentajes de conservación similares (basados en el número de especies protegidas, ver Tabla 8): el sistema no alcanza a cumplir con la representación del target (25%) en las proporciones requeridas para considerar al sistema de reservas efectivo (>60%) en ningún periodo y/o escenario propuesto.

4.4. DISCUSION

Los elevados niveles de diversidad y endemismo junto a la variedad de altitudes que presentan los Andes Tropicales, convierten a la región en una zona altamente vulnerable al cambio climático y sus consecuencias (Bush 2002, Malcolm et al. 2006, Vuille et al. 2008). Al presente, si bien se han documentado cambios significativos en las temperaturas, regímenes de precipitaciones y en los patrones climáticos estacionales a lo largo de los Andes, pocos estudios han evaluado los efectos y proporciones que el cambio climático tendrá sobre las especies que los habitan (pero véase Herzog et al. 2011). En el presente trabajo, se evaluaron los efectos del cambio climático sobre las especies de plantas vasculares endémicas de la región del noroeste Argentino, que junto con el norte de Chile, comprenden la zona más austral de los Andes Tropicales. Posteriormente se evaluó qué tan efectivo será el actual sistema de áreas protegidas del NOA en representar la flora endémica de la región frente al cambio climático futuro.

4.4.1 Efecto del cambio climático sobre la flora endémica del NOA

Se predice que el cambio climático no se presentará de manera uniforme ya que no todas las especies poseen la misma habilidad de dispersión y/o adaptación (por ejemplo, Daniels & Veblen 2004). Sin embargo, a nivel general y global, se predice que las especies de tierras bajas migrarán hacia áreas más frescas y húmedas cuando estas tierras experimenten aumentos en sus temperaturas (Colwell et al. 2008). Por otro lado, las especies que habitan zonas de gran altura, en caso de estar aisladas, experimentarán extinciones debido a la falta de áreas disponibles para colonizar. Esto ocurriría a menos que, dichas especies lograrán adaptarse rápidamente a las condiciones ambientales cambiantes (Williams et al. 2003, Colwell et al. 2008, Raxworthy et al. 2008, Larsen et al. 2011).

Los modelos de predicciones climáticas estiman que en el periodo 2081-2090 en la región del noroeste argentino incrementarán la temperatura estival (entre 2.5 a 3.5°C) y la temperatura invernal (entre 3.5 a 4.5°C) y, se reducirán en un 40% las precipitaciones de verano (Solman et al. 2008, Nunez et al. 2009). Consecuentemente las condiciones de aridez de la zona incrementarían (Solman et al. 2008, Nunez et al. 2009). De acuerdo a los resultados del presente estudio, los cambios climáticos en la región del NOA producirán un único evento de extinción,

de la especie *Zephyranthes diluta* Ravenna (Amaryllidaceae endémica de San Juan -escenario A2, Fig. 23), además de modificaciones en los rangos de distribución de todas las especies evaluadas. Del presente hasta el 2080, en ambos escenarios, se observó un mayor número de especies que contrajeron sus rangos de distribución, con respecto al número de especies que lo expandieron (Fig. 23). No obstante, bajo el escenario climático B1, el número de que reducen sus distribuciones es mayor (Fig. 23). De las 268 especies endémicas evaluadas, 171 especies (64%) reducen sus rangos geográficos (contra 146 especies –A2, Fig. 23) y más de la mitad de estas reducciones afectan a más del 50% de las distribuciones actuales. Como se observa en la Tabla 7, algunas contracciones y/o expansiones serán continuas y otras discontinuas. En el caso de las 171 especies que experimentaron contracciones en el escenario B1, poco menos de la mitad (80 especies) se redujeron continuamente y las restantes, luego de haber sufrido previas expansiones (Tabla 7).

Independientemente de cuáles especies expanden o reducen sus distribuciones, se observa una tendencia de las especies endémicas a desplazarse en dirección este-oeste y, en menor medida, en dirección sur-norte (desde la actualidad al 2080, Fig. 21 y Fig. 22). La migración de especies ocurriría desde las zonas más bajas (este) hacia las zonas de mayor altitud (oeste) y hacia zonas más subtropicales (norte). Al evaluar las modificaciones en las distribuciones de las especies endémicas seleccionadas por ecoregión (Tabla 6, Fig. 24-35), se observó que el cambio climático afectará más a unos sistemas naturales que a otros. Las especies estudiadas de las ecoregiones áridas del NOA como el Monte Alto (incluye la provincia fitogeográfica de la Prepuna- Cabrera 1976) Estepa Andina Sur y la Puna Andina Central no presentaron grandes modificaciones en sus distribuciones, ni diferencias particulares entre escenarios climáticos. Si bien se expandieron o redujeron sus rangos de distribución, aparentemente la magnitud de los cambios no supera el rango de tolerancia climática de estas especies (Fig. 26-29: Monte, Fig. 30 y 31: Estepa, 32-35: Puna). La alta resistencia que la flora endémica presenta frente a las condiciones climáticas extremas de estas ecoregiones, las convertiría en especies tolerantes a cambios moderados de temperatura (Anderson et al. 2011- Capítulo II de la presente tesis). Consecuentemente se prevé que los impactos del cambio climático futuro sobre las ecoregiones áridas que albergan los centros de endemismo analizados en el presente estudio, serán menores.

Las especies de Yungas, por otro lado, sí presentaron cambios notables en sus distribuciones. Por ejemplo *Maytenus cuezoi* Legname (Celastraceae) o *Vernonia lipoensis* Cabrera (Asteraceae) cuya distribución continua se reduce a una distribución disyunta restringida (Fig. 25 y Fig. 25). Los bosques de Yungas son sensibles a los cambios de humedad; al punto que un solo evento de sequía puede causar una mortalidad significativa de plantas (Foster 2001). Además, muchas de sus especies se encuentran adaptadas a zonas altitudinales específicas. En el Capítulo II, se encontró que los elementos áridos en la flora de las Yungas

Andinas del Sur y el Chaco Seco están condicionados en mayor medida por la disponibilidad energética; con aumentos generando disminuciones en la diversidad de especies. Este efecto negativo también lo produjo la precipitación estival, aunque en menor medida. Consecuentemente, los aumentos en las temperaturas y la reducción en las precipitaciones pronosticados por Nunez et al. (2009) para el NOA y, en base a lo observado, se prevé que los cambios climáticos futuros tendrán un mayor impacto sobre la diversidad de las ecoregiones bajas y menos áridas de la región.

Se estima que el casi nulo número de extinciones y los pocos cambios observados sobre la flora endémica de la región del NOA como consecuencia del cambio climático podrían asociarse a que la parte sur de los Andes (a partir de los 18°S) presenta extensas superficies de altiplano en altura para ser colonizada (Brehm et al. 2008) y/o a la heterogeneidad espacial de la región. Estudios sobre la tasa de cambios climáticos a través del tiempo (climate-change velocity) indican que las áreas heterogéneas amortiguan mejor los cambios climáticos que las zonas llanas (Sandel et al. 2011). Durante épocas de cambios climáticos, las especies de zonas llanas deben moverse más que las especies de regiones heterogéneas para rastrear sus rangos de clima óptimo (Hoorn et al. 2013). Consecuentemente, al nivel global, las regiones con una alta heterogeneidad han funcionado como refugios durante los cambios climáticos del cuaternario (Sandel et al. 2011) y probablemente funcionarán como refugios frente a cambios climáticos futuros (Corlett & Westcott 2013, Diffenbaugh & Field 2013).

4.4.2 Prioridades de conservación futura de la flora endémica

Actualmente, sólo el 8% de los Andes Tropicales se encuentra dentro de áreas protegidas, y la cantidad de tierra protegida varía con la altitud y orientación de las laderas, siendo mayor la desprotección en la parte occidental de los Andes (Larsen et al. 2011). En la presente tesis, se evaluó si el actual sistema de reservas del noroeste argentino sería efectivo en proteger al menos un 25% de las distribuciones de 268 especies de plantas endémicas frente a dos posibles escenarios de cambio climático. De acuerdo a los resultados, el sistema de áreas protegidas del NOA no representará adecuadamente su flora endémica, ni en el futuro reciente (2050) ni en el futuro lejano (2080) ni bajo un escenario más (B1) o menos (A2) sostenible con el ambiente. Bajo ningún esquema, los niveles de protección llegan a alcanzar un 15% de efectividad (Tabla 8). Aproximadamente un 85% de las especies estará parcialmente protegida en el futuro, lo cual no se sabe si garantizará su permanencia en el largo plazo. De estas especies, un 55% bajo el escenario A2 y menos del 40% bajo el escenario B1 tendrían bajo protección menos del 15% de sus rangos de distribución. No obstante, a diferencia de evaluaciones previas (ver Capítulo III- Godoy-Bürki et al. 2014) no se encontró la presencia de especies gaps (especies totalmente desprotegidas) y, a pesar de probablemente no ser significativos, se percibe un leve aumento en los niveles de protección de especies endémicas frente a un cambio climático futuro en relación

los niveles de protección actuales (Tabla 8). Este aumento estaría relacionado al desplazamiento ya mencionado de las especies desde zonas más bajas. Por ejemplo, el incremento en la concentración de especies en parques nacionales (PN) localizados en regiones áridas, ej. PN Los Cardones, estarían asociados a los incrementos en los valores de conservación encontrados (Tabla 8). No obstante, se requiere de más estudios para afirmar esta suposición.

En el Capítulo III se observó que la falta de congruencia entre los hotspots de endemismo y de riqueza a nivel regional, junto con la tendencia de seleccionar áreas “*ad hoc*” o basándose en riqueza, generó un sistema de reservas infectivo en proteger la flora endémica de la región del NOA. En un futuro climático cambiante, la situación no presenta grandes diferencias (Tabla 8). La falta de congruencia espacial permanece y podría acentuarse como consecuencia de los desplazamientos de las especies endémicas hacia zonas que reúnan las condiciones adecuadas para su supervivencia. De acuerdo a los resultados, la región más apta sería la parte más central del NOA (Centro de Salta, noroeste de Tucumán y la zona una porción de la zona límite de Tucumán-Catamarca-Salta) en especial las vertientes occidentales de las Sierra del Aconquija principalmente, las Cumbres Calchaquíes, y las sierras y cumbres rodeando los Valles Calchaquíes. Considerando el tiempo que demandará agregar nuevas áreas protegidas o expandir las existentes, es recomendable incorporar las nuevas unidades aplicando como criterio de selección al endemismo (ver Capítulo III) y teniendo en cuenta los cambios futuros en las distribuciones de las especies en respuesta al cambio climático.

4.4.3 Conclusiones finales

Las especies de plantas vasculares de los Andes cambiarán sus distribuciones, o migrarán “en altura” como respuesta al calentamiento futuro (Feeley & Silman 2010). En la presente tesis se observa que la flora endémica del NOA sigue esta predicción, desplazándose hacia las zonas de mayor altitud de la región. Se predice que las especies de regiones áridas resistirán mejor los cambios del clima que las especies de ecoregiones menos áridas, debido a la alta resistencia que presentan frente a aumentos de temperatura (efecto positivo) y a relativamente bajos valores de precipitación (efecto positivo hasta cierto valor). No obstante, hay que tener en cuenta que los métodos de modelado predictivos empleados no predicen si las especies realmente lograrán alcanzar estos sitios ya que no consideran por ejemplo, ni los tiempos de adaptación de las especies ni sus habilidades dispersivas. Estas limitaciones e inexactitudes condicionan los resultados de los modelos, por lo que estos deben ser interpretados con precaución (Pearson & Dawson 2003, Guisan & Thuiller 2005). Sin embargo, al presente, representan una de las pocas herramientas que permiten explorar cómo influenciaría el cambio climático a las distribuciones de las especies y a la diversidad biológica. A modo de prevención, mayores esfuerzos de conservación deberían dirigirse a las especies de ecoregiones más vulnerables y/o a la creación de una mayor cantidad de reservas dentro de las zonas donde las especies tenderán a

desplazarse. Asimismo, debería incrementarse la cantidad de esfuerzos, tiempo y recursos destinados a disminuir la velocidad de los cambios climáticos predichos para evitar que estos avancen con mayor velocidad que la flora endémica de la región.

TABLAS

Capítulo IV

Tabla 6. Especies endémicas seleccionadas como representativas de cada ecoregión

Especie	ECOREGION
<i>Maytenus cuezzoi</i>	Yungas Andinas Sur
<i>Vernonia lipoensis</i>	Yungas Andinas Sur
<i>Bulnesia schickendantzii</i>	Monte Alto
<i>Panicum chloroleucum</i>	Monte Alto
<i>Plectocarpa rougesii</i>	Monte Alto
<i>Trichocereus terscheckii</i>	Monte Alto
<i>Nototriche copon</i>	Estepa Andina Sur
<i>Astragalus boelckeii</i>	Estepa Andina Sur
<i>Adesmia friesii</i>	Puna Andina Central
<i>Fabiana punensis</i>	Puna Andina Central
<i>Hieronimiella speciosa</i>	Puna Andina Central
<i>Phemeranthus punae</i>	Puna Andina Central

Tabla 7. Efecto sobre los rangos geográficos de las especies. Contracciones o expansiones continuas del presente al 2080, o la alternancia entre estos, contrastando los escenarios climáticos A2 y B1.

<i>Efecto sobre el rango geográfico de las especies</i>	<i>Del presente al 2080 Escenario A2</i>	<i>Del presente al 2080 Escenario B1</i>
Expansiones continuas	54 especies	26 especies
Contracciones continuas	58 especies (1 extinta)	62 especies
Contracción → Expansión	80 especies	79 especies
Expansión → Contracción	75 especies	101 especies

Tabla 8. Especies protegidas y parcialmente protegidas en base al objetivo de conservación propuesto (25% del rango de distribución protegido) en el presente y los años 2050 y 2080, bajo escenario climáticos A2 y B1.

<i>PERIODO</i>		<i>Spp. protegidas</i>	<i>Spp. parcialm protegidas (<25%)</i>
Presente		18 (7%)	250 (93%)
A2	2050	38 (14%)	230 (86%)
	2080	15 (6%)	253 (94%)
B1	2050	32 (12%)	236 (88%)
	2080	28 (10%)	240 (90%)

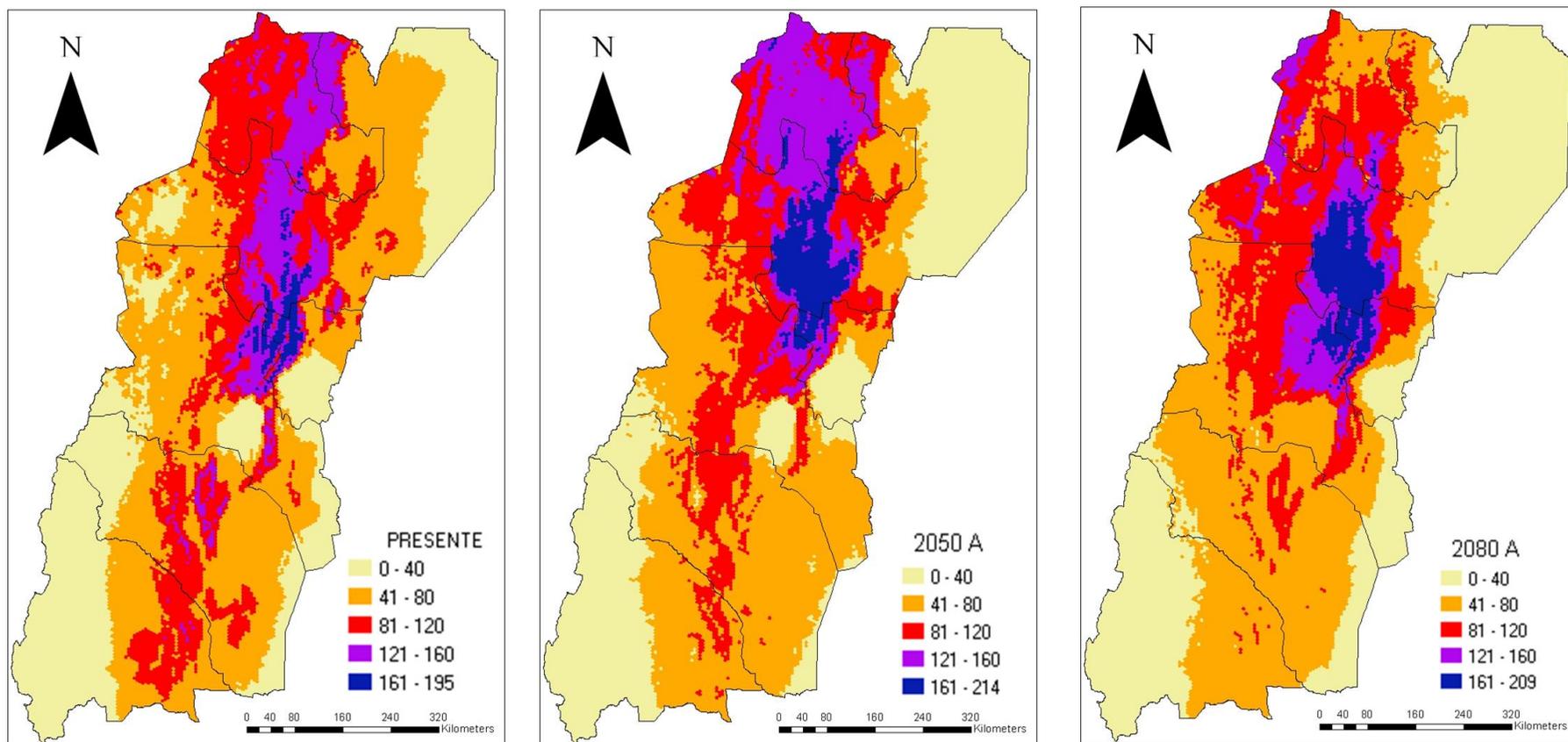


Fig. 21. Hotspots de riqueza de endémicas en el presente, en el 2050 y 2080, bajo el escenario climático A2

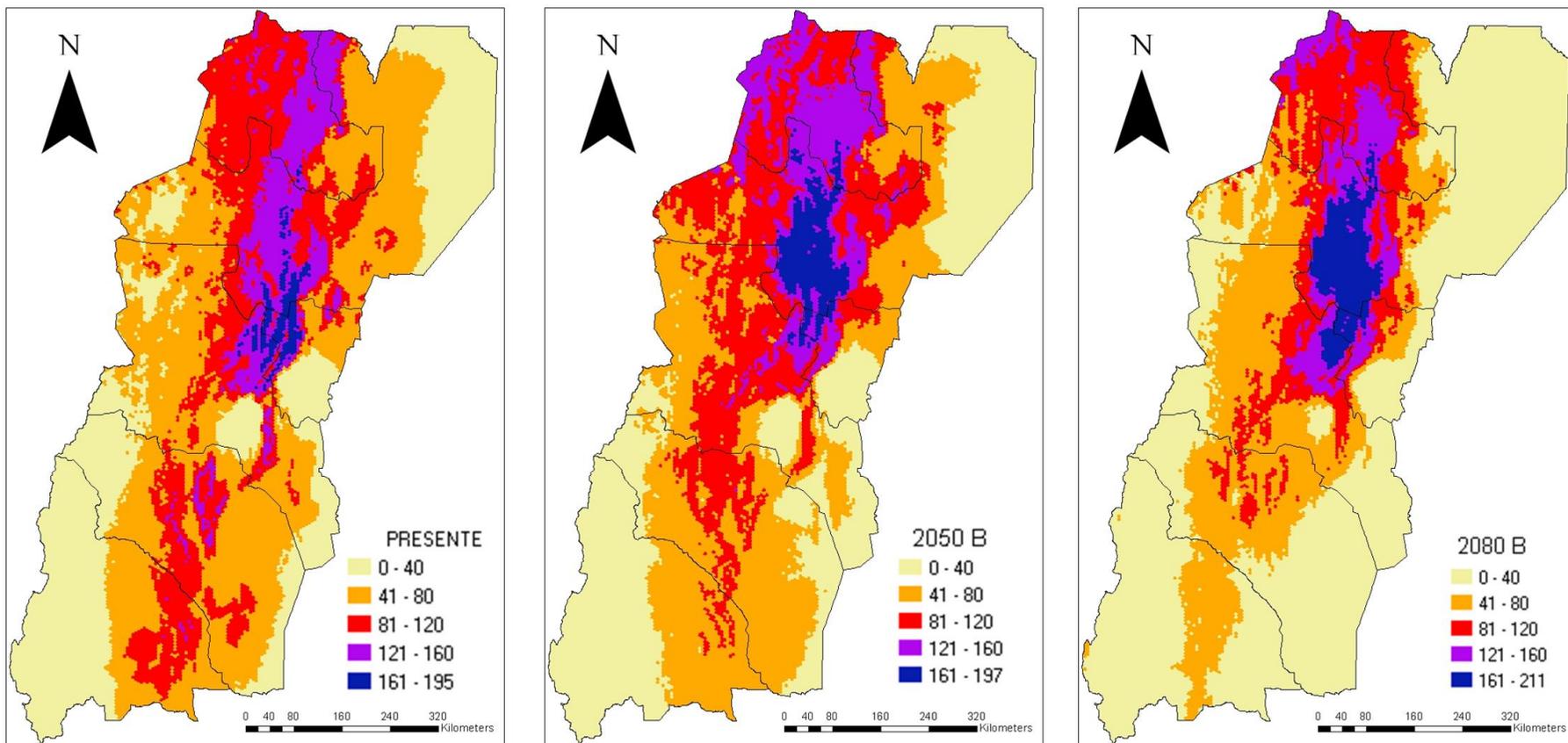


Fig. 22. Hotspots de riqueza de endémicas en el presente, en el 2050 y 2080, bajo el escenario climático B1

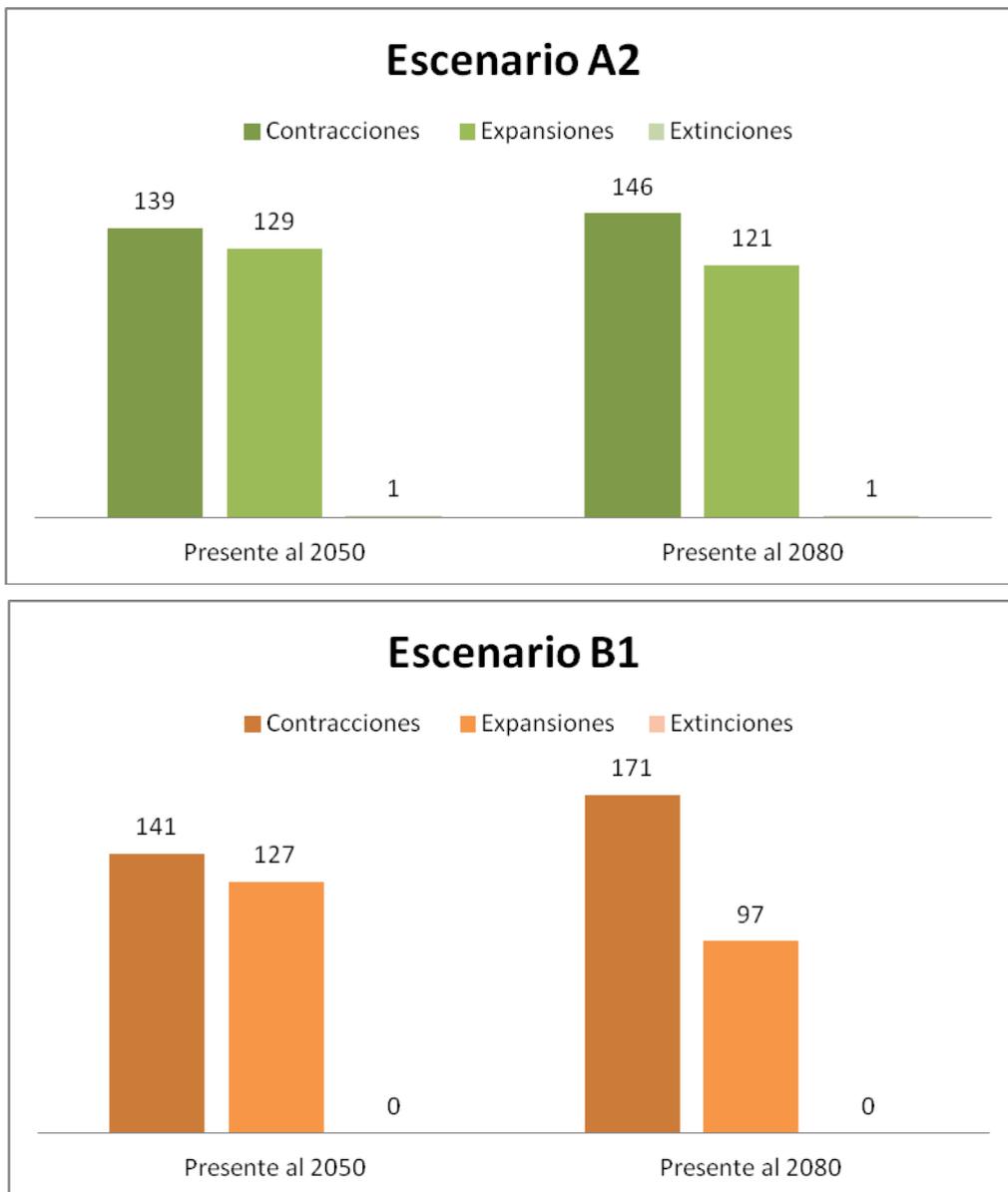


Fig. 23 Efectos del cambio climático sobre las especies evaluadas: contrastes entre el número de contracciones, expansiones y/o extinciones en los años 2050 y 2080 (Escenario A2 y B1) vs la actualidad.

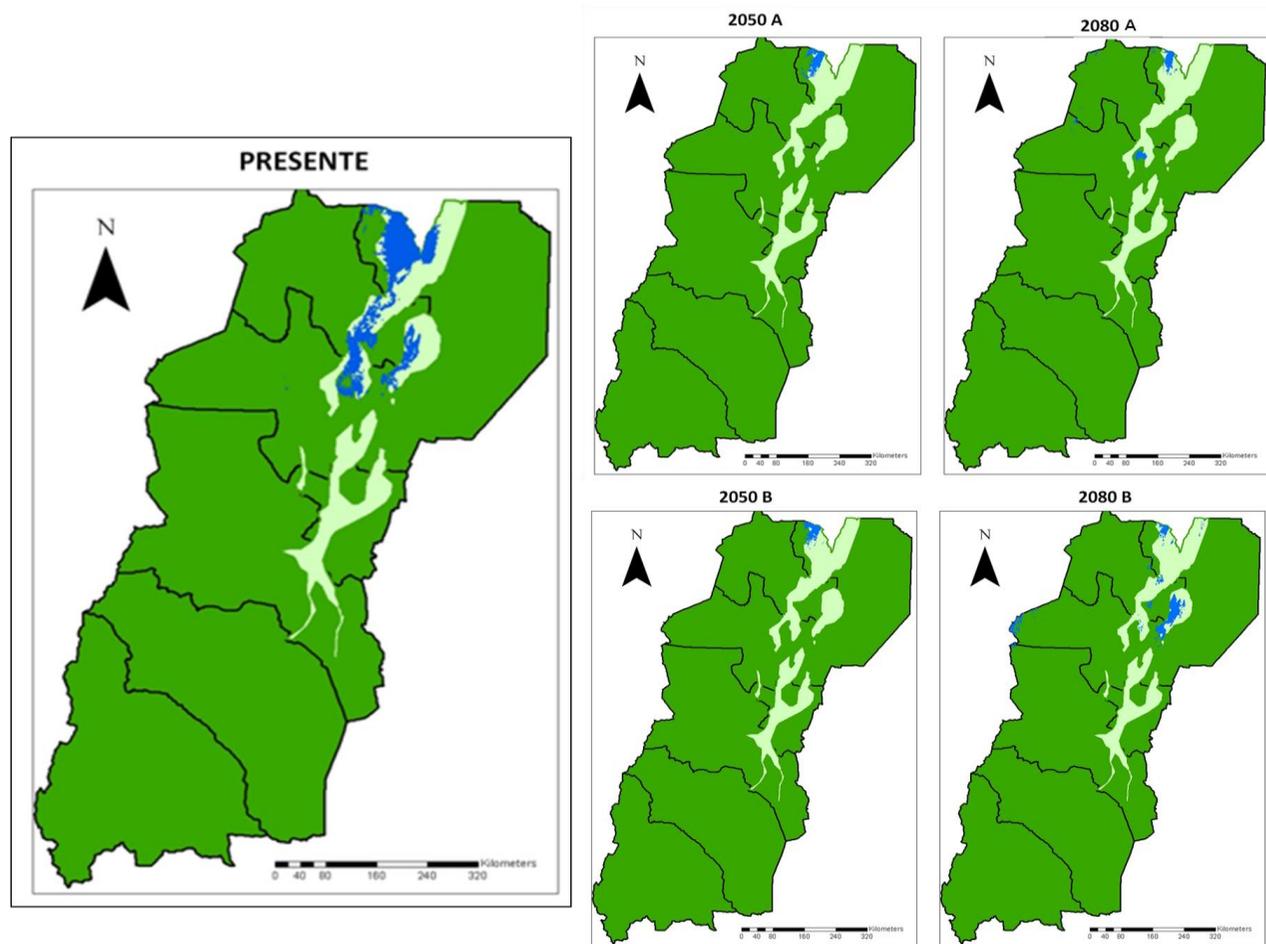


Fig. 24. Distribución potencial de *Maytenus cuezoi* (en azul) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion de las Yungas Andinas Sur.

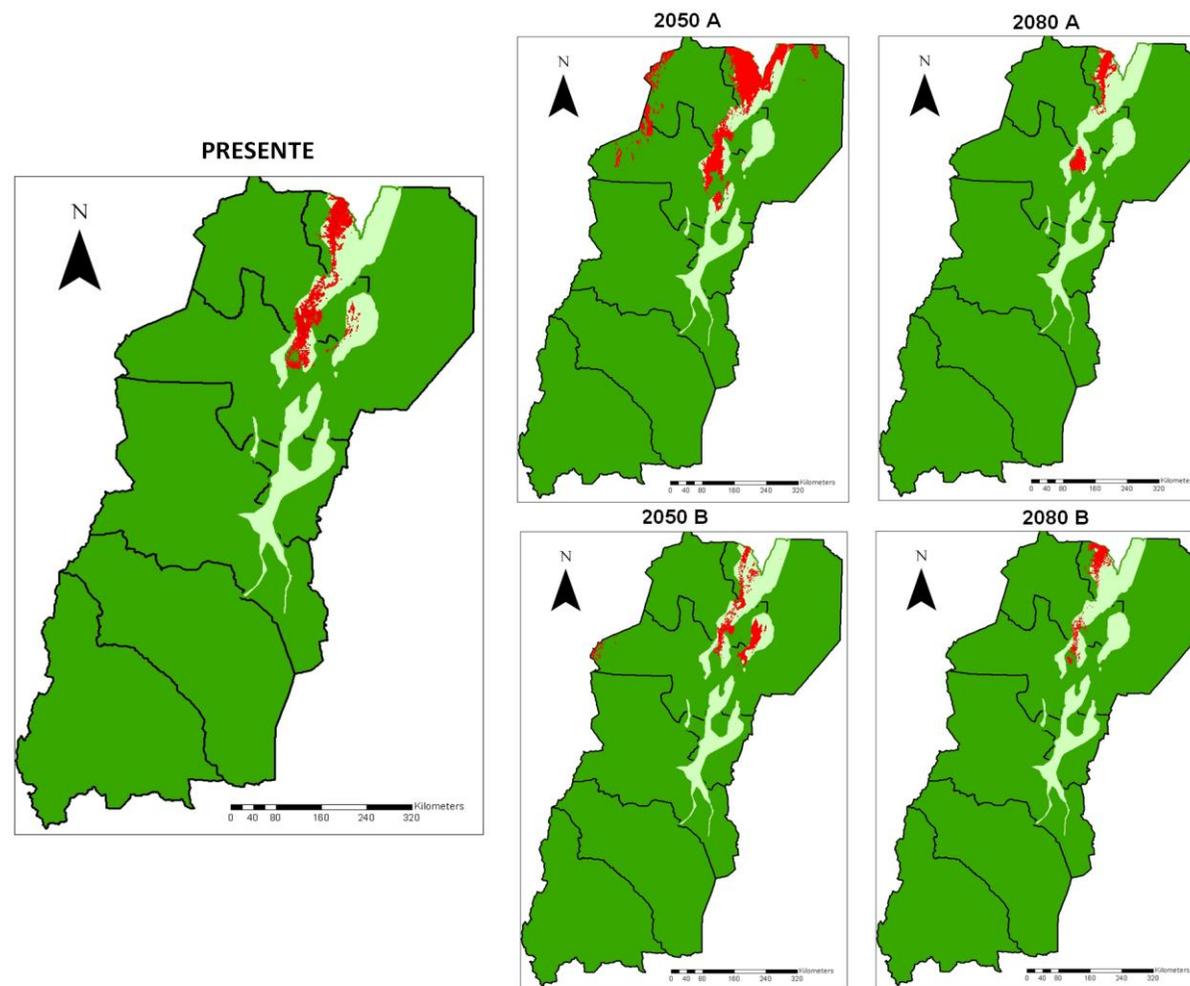


Fig. 25. Distribución potencial de *Vernonia lipoensis* (en rojo) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 B1 en la ecoregion de las Yungas Andinas Sur.

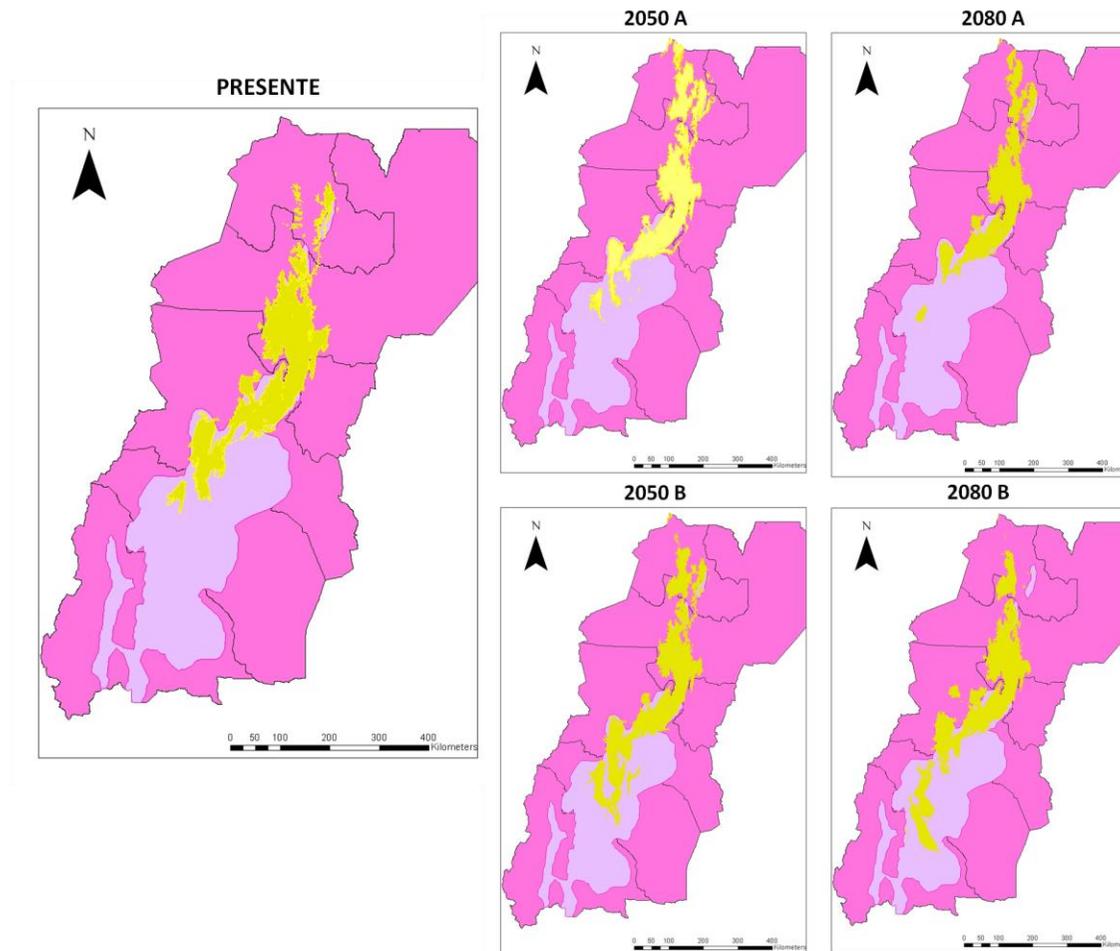


Fig.26. Distribución potencial de *Panicum chloroleucum* (en amarillo) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion del Monte Alto.

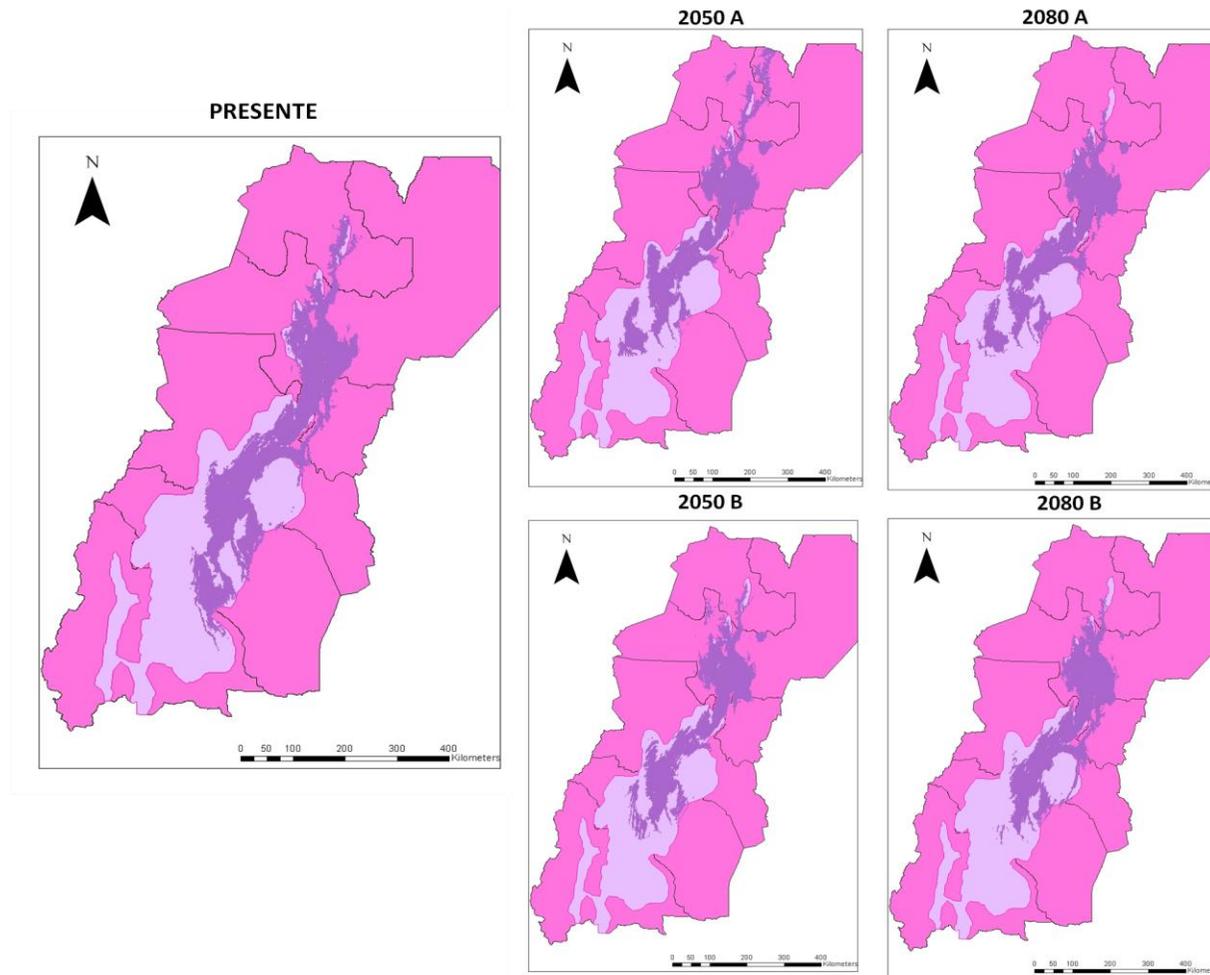


Fig. 27. Distribución potencial de *Bulnesia schickendantzii* (en violeta) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion del Monte Alto.

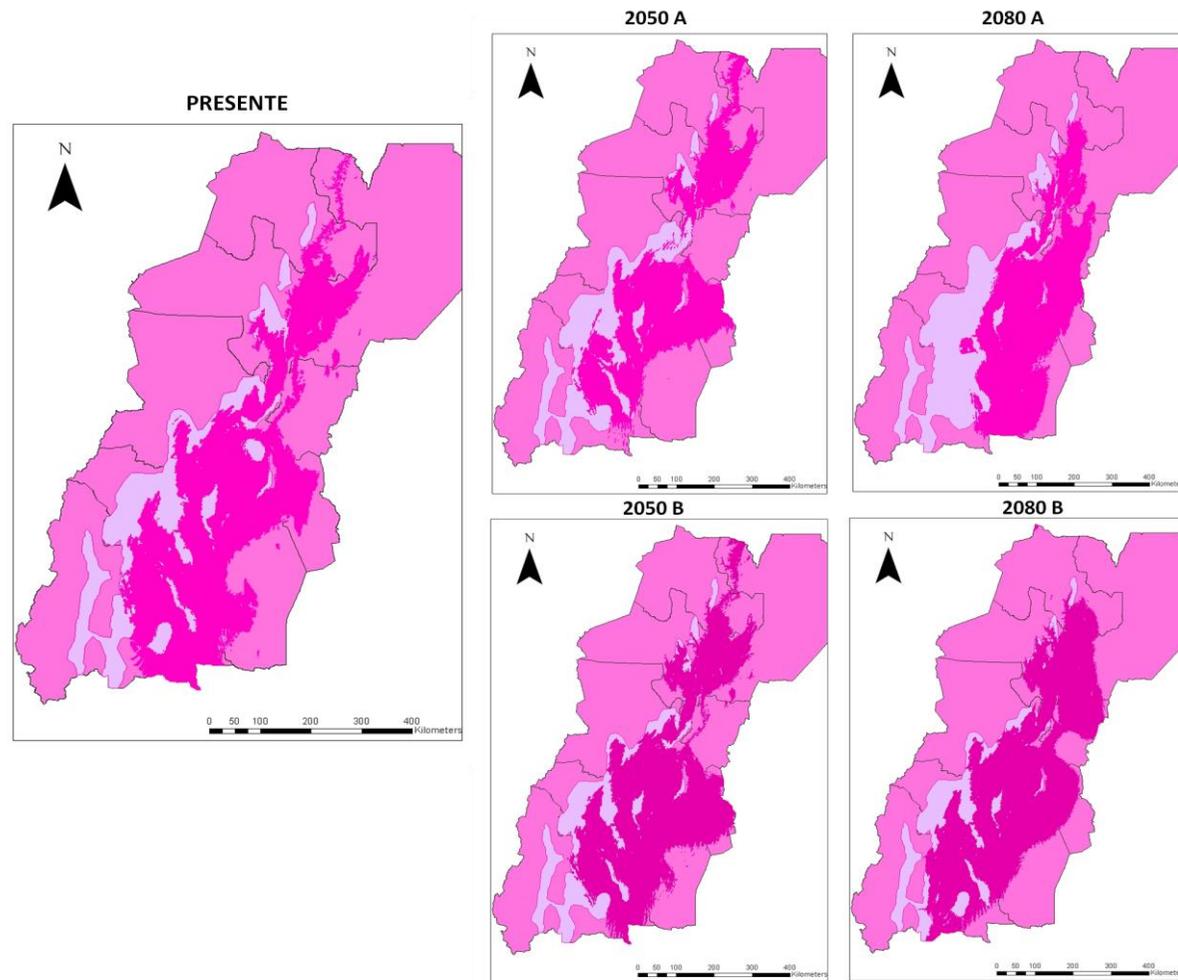


Fig. 28. Distribución potencial de *Trichocereus terscheckii* (en fucsia) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion del Monte Alto.

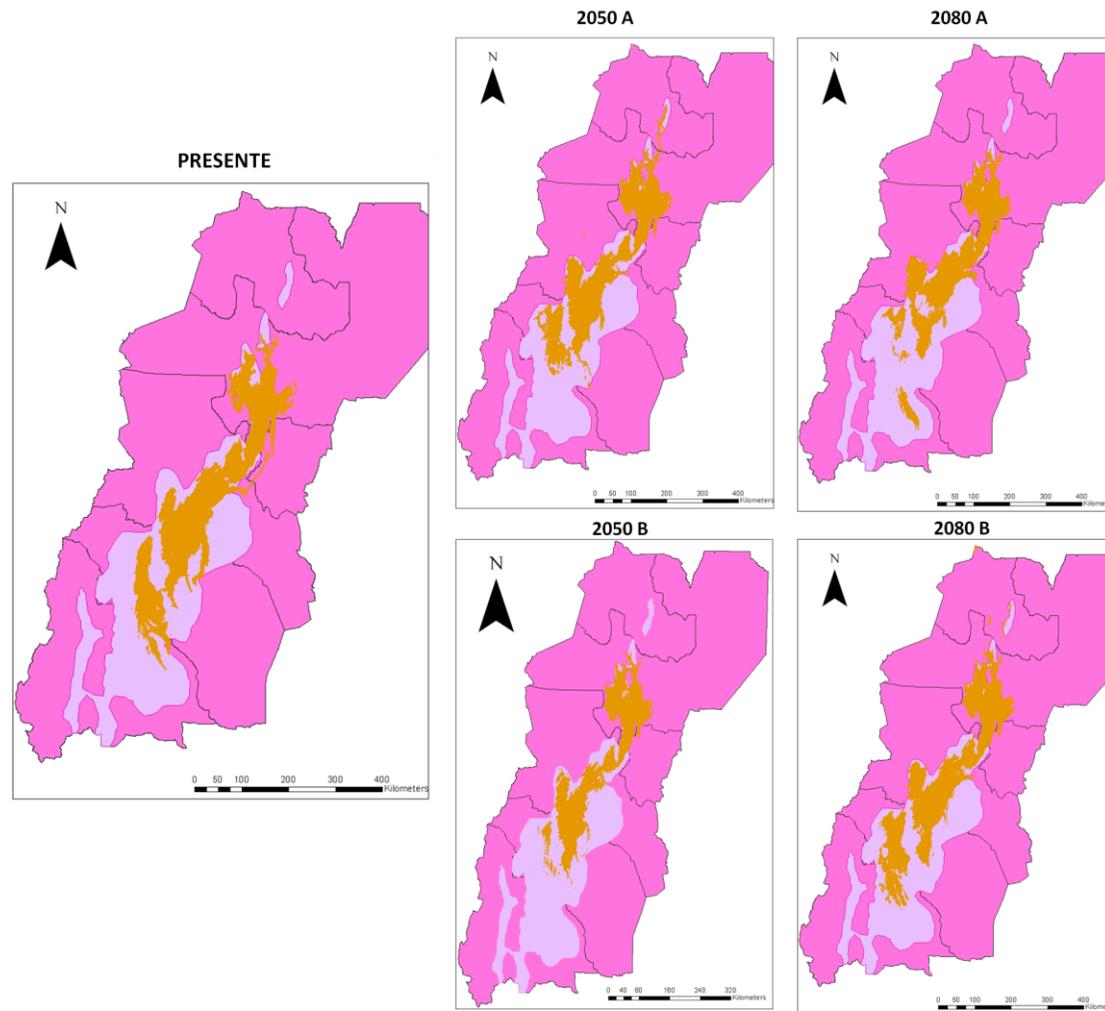


Fig. 29. Distribución potencial de *Plectocarpa rougesii* (en naranja) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion del Monte Alto.

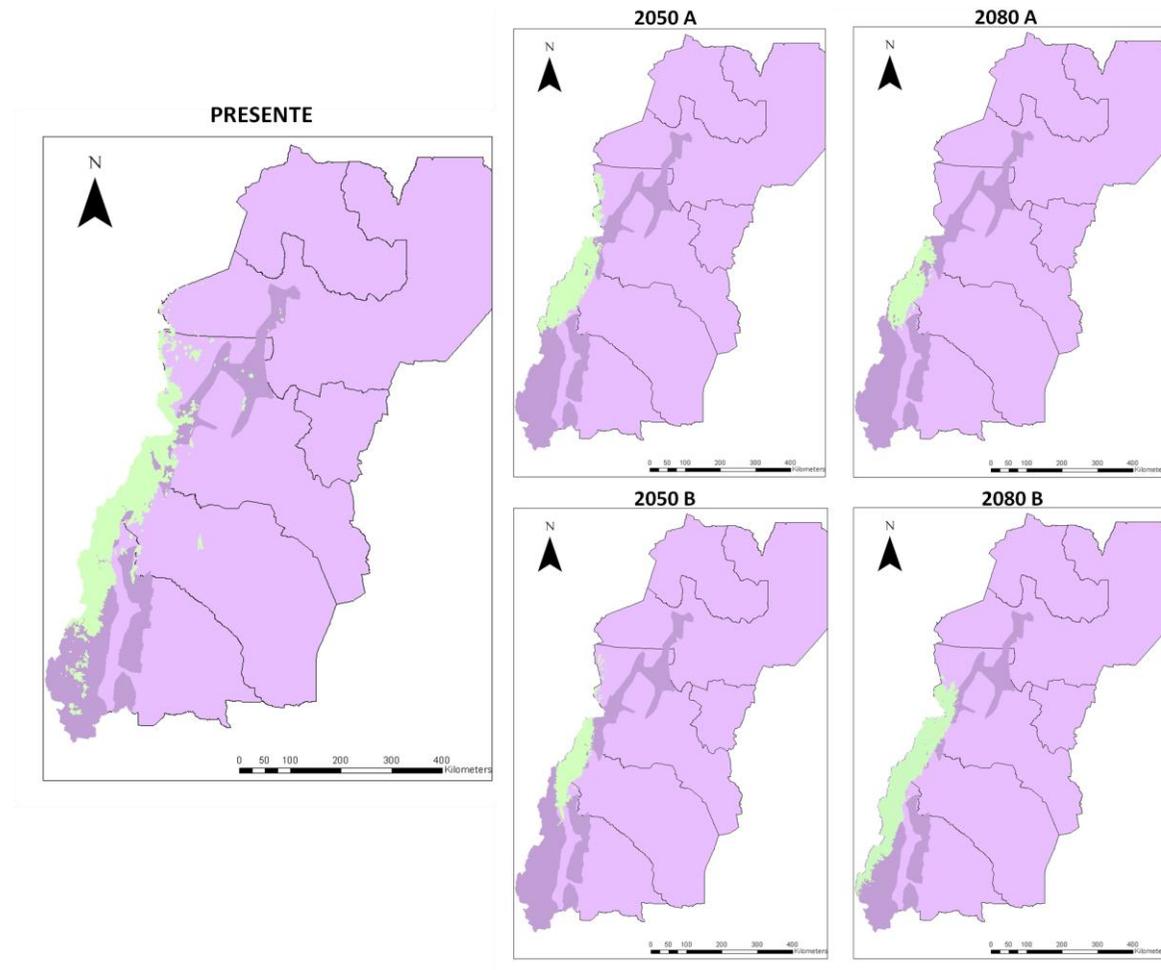


Fig. 30. Distribución potencial de *Nototriche copon* (en verde claro) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion de la Estepa Andina Sur

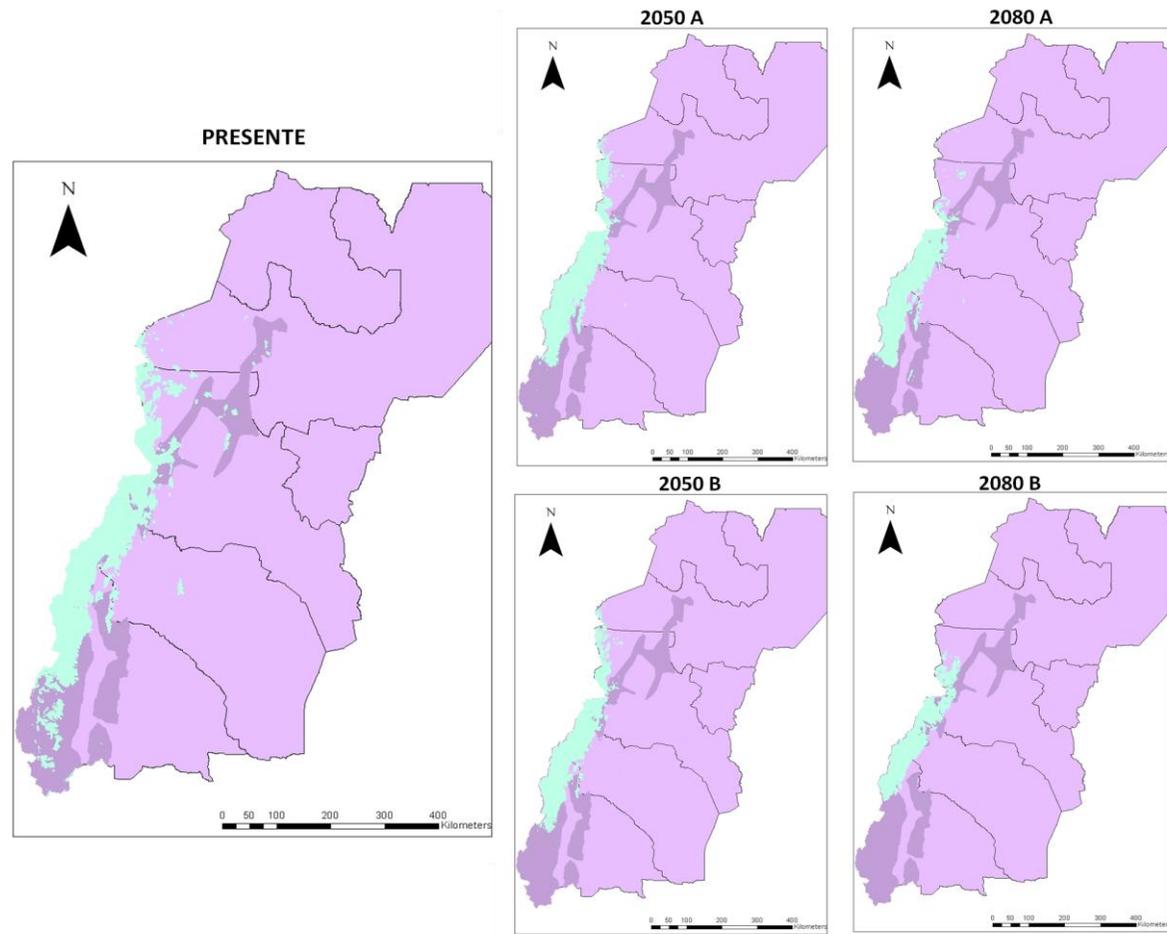


Fig. 31. Distribución potencial de *Astragalus boelckeii* (en turquesa) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 B1 en la ecoregion de la Estepa Andina Sur

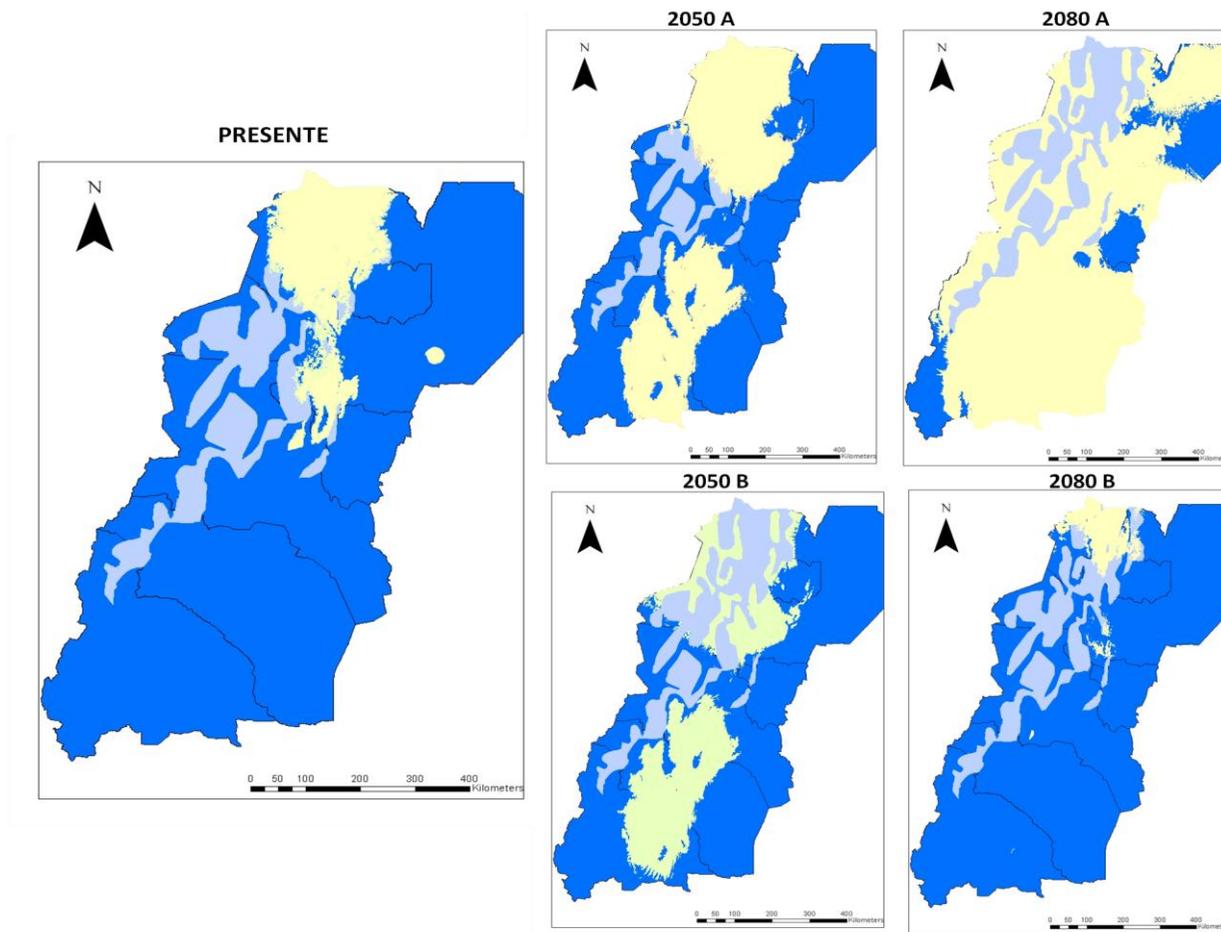


Fig. 32. Distribución potencial de *Hieronymiella speciosa* (en amarillo claro) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 en la ecoregion de la Puna Andina Central

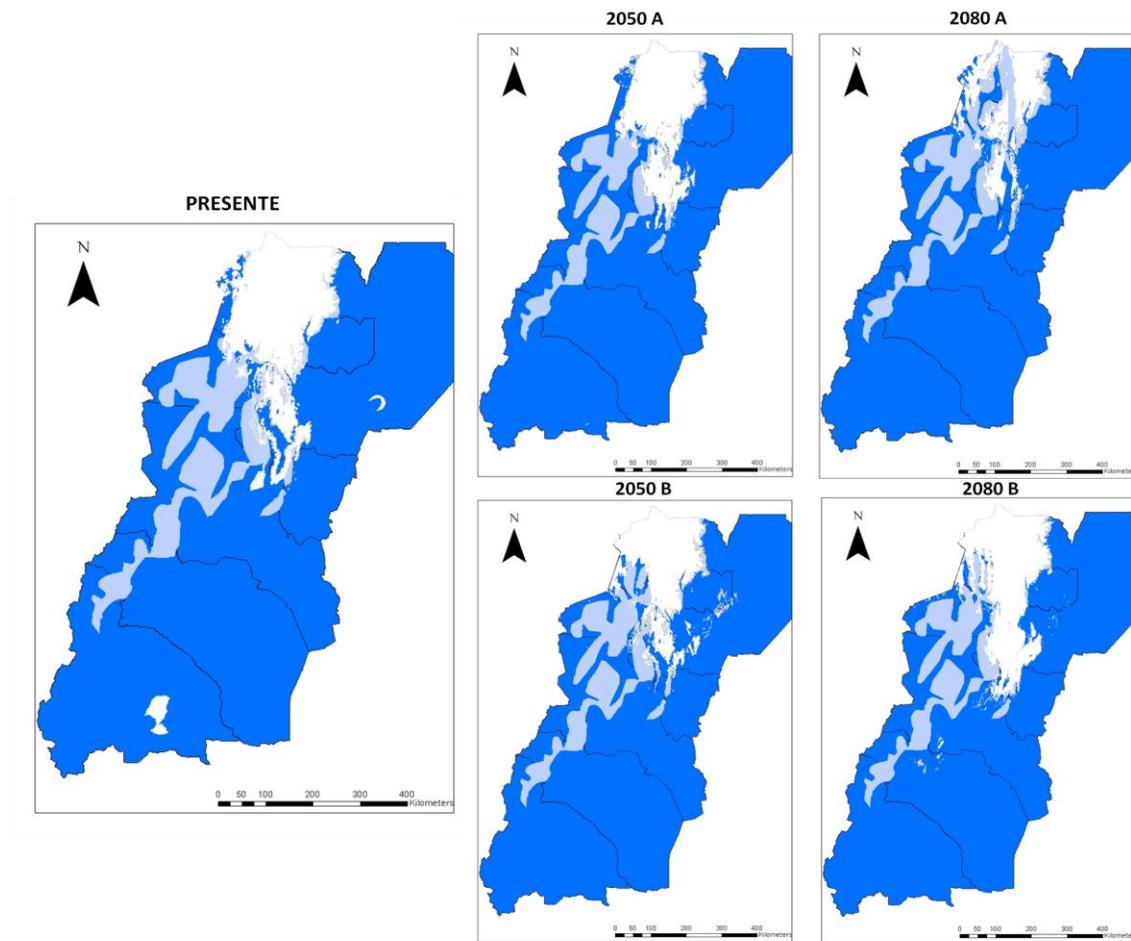


Fig. 33. Distribución potencial de *Phemeranthus punae* (en blanco) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 B1 en la ecoregion de la Puna Andina Central

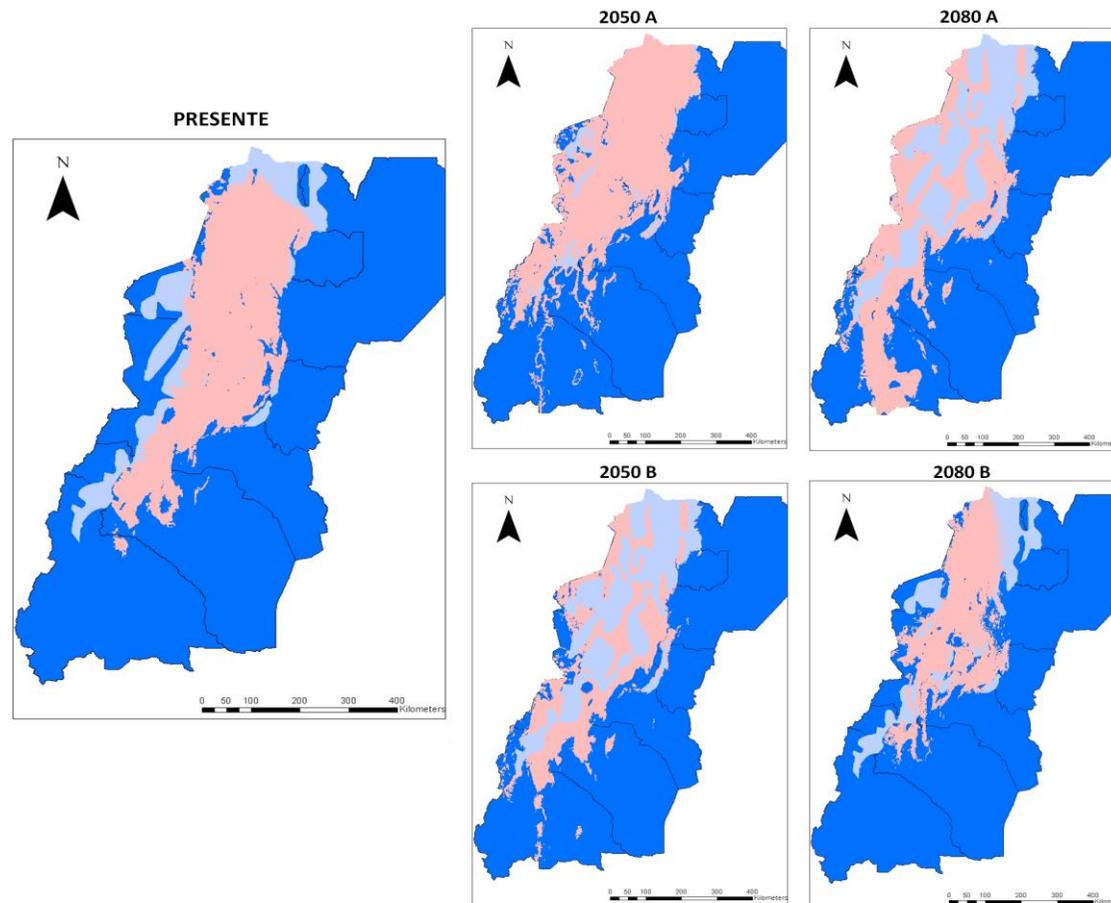


Fig. 34. Distribución potencial de *Fabiana punensis* (en rosa) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 B1 en la ecoregion de la Puna Andina Central

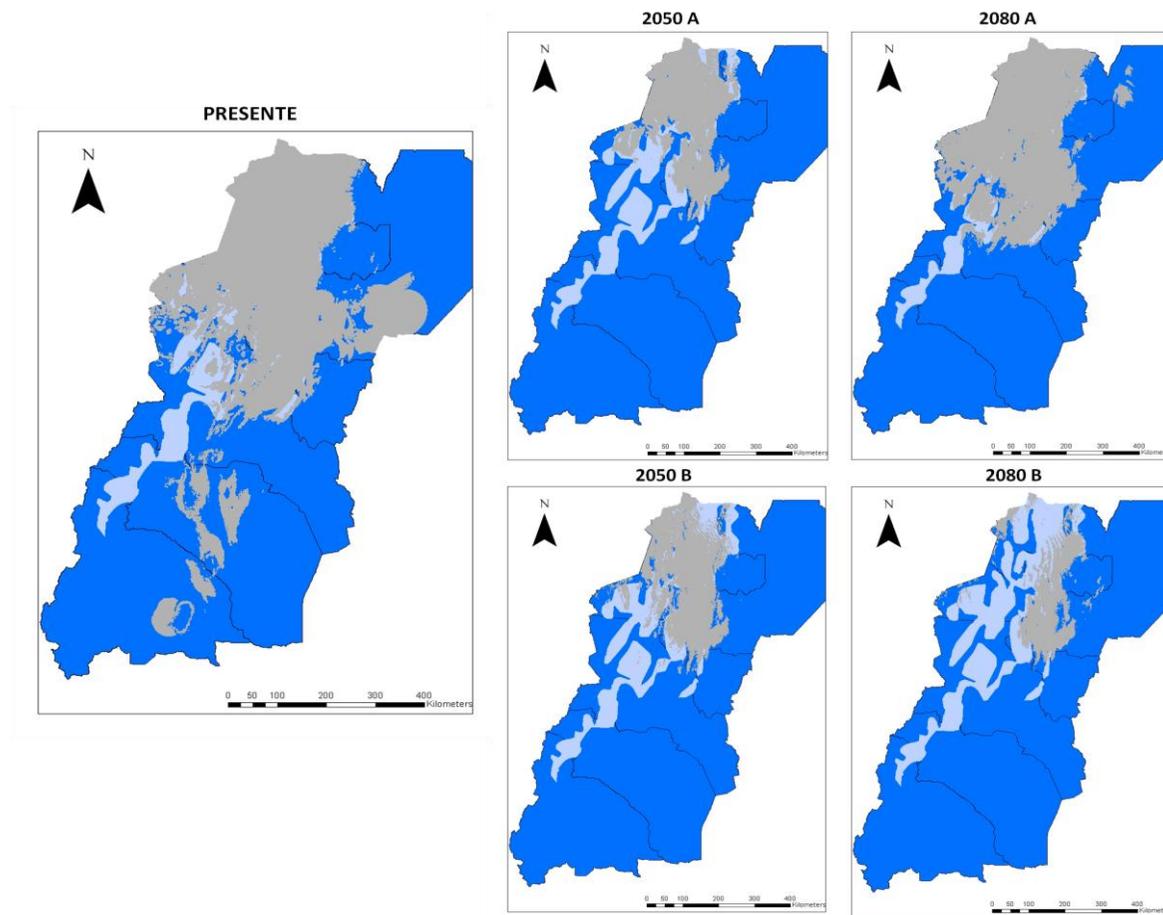


Fig. 35. Distribución potencial de *Adesmia friesii* (en gris) desde el presente hasta el año 2080, bajo el escenario climático A2 y B1 B1 en la ecoregion de la Puna Andina Central

Capítulo V
CONCLUSIONES
FINALES

5.1 SUMARIO DE CONCLUSIONES

Esta tesis pretende ampliar el conocimiento actual que se tiene de la flora regional de zonas áridas del noroeste argentino. En un contexto donde la información no abunda y los estudios son escasos, se busca generar información de base que permita conocer la situación presente en la que se encuentra la flora regional en una región donde las actividades antrópicas y el cambio climático han empezado a manifestarse. En este contexto, la presente tesis se proyectó con objetivo de realizar un estudio integral de las plantas vasculares de regiones áridas del NOA, analizando sus patrones de distribución y la relación de éstos con variables climáticas o ambientales, evaluando el estado de conservación actual de la flora endémica y estimando los posibles efectos que el cambio climático futuro tendría en sus distribuciones.

Patrones de distribución. El Capítulo II analiza los patrones de distribución de 647 especies dentro de drylands de la región y su relación con 9 variables climáticas/ambientales. La mayor diversidad y endemismo de flora árida del NOA se localizó en áreas con un índice de aridez de alrededor del 0.2 (límite entre tierras áridas y semiáridas), en la porción norte del NOA, a altitudes de entre 2500-4500msnm. En este límite ocurren valores intermedios de energía y precipitación estival que permiten la ocurrencia de una mayor concentración de especies. Las ecoregiones secas más diversas fueron el Monte Alto y la Puna Andina Central, especialmente en las zonas de transición de éstas con las Yungas. La disponibilidad de agua y la disponibilidad energética condicionaron la diversidad del NOA. En drylands áridos, la diversidad se vió afectada en mayor medida por el agua mientras que los drylands semiáridos por la energía. La heterogeneidad ambiental no tuvo un rol relevante como condicionante de la diversidad.

Se determinó que la flora árida de la Estepa Andina Sur y de la Puna Andina Central presenta una alta tolerancia frente a las bajas temperaturas (poca o ninguna relación con la energía) aunque mucha sensibilidad frente a un mínimo cambio en los valores de precipitación (respuesta positiva). A medida que la altitud disminuye (hasta valores menos extremos), la relación con la energía se modifica. Es a partir de la Puna Andina Central dónde la disponibilidad de energía toma mayor importancia, denotando la presencia de una flora árida menos templada que la de las regiones anteriores. En la ecoregión del Monte Alto, las regiones de menor altitud presentaron menos diversidad que las regiones altas, como consecuencia de que la cantidad de energía recibida en estas áreas sobrepasa el límite entre zonas áridas y semiáridas. En drylands semiáridos la disponibilidad de energía se transforma en el factor más condicionante; y como consecuencia la flora árida de las ecoregiones de las Yungas Andinas, Chaco Seco y parte del Monte Alto presenta un límite de tolerancia a las altas temperaturas.

Prioridades de conservación. El Capítulo III evalúa el estado de conservación actual de la flora endémica de la región y se proponen nuevos sitios prioritarios para incrementar los niveles de protección. Las especies endémicas de la región no se encuentran adecuadamente representadas en el NOA (sistema no efectivo) ya que la mayoría de las reservas se encuentran ubicadas en regiones de gran diversidad, las que no son congruentes con las áreas de gran endemismo. En la actualidad el sistema de áreas protegidas presenta un 37% de especies endémicas totalmente desprotegidas, un 19% de especies endémicas con la mitad de su rango geográfico bajo protección y un 48% de las especies endémicas con menos del 5% de su área de distribución geográfica cubierta por este mismo sistema. El presente estudio destaca que las prioridades de conservación basadas en la riqueza de especies no conservan con éxito las zonas de alto endemismo, al menos no en la mayor parte del sur de los Andes Centrales. Se propone adicionar al actual sistema 261 nuevas áreas de 100 km², que lograrían incrementar los valores actuales de protección a valores de conservación efectivos.

Efectos del Cambio Climático. El Capítulo IV estima el efecto del cambio climático sobre la distribución y la conservación de especies endémicas en los años 2050 y 2080 y bajo dos escenarios futuros (A2 y B1). Del presente hasta el 2080, el cambio climático en la región del NOA ocasionará un único evento de extinción y, modificaciones en los rangos de distribución de las endémicas (mas contracciones que expansiones). Se observa además un desplazamiento de las especies endémicas en dirección este-oeste y, en menor medida, en dirección sur-norte; desde las zonas más bajas (este) hacia las zonas de mayor altitud (oeste) y hacia zonas más subtropicales (norte). Se estima que los impactos del cambio climático futuro sobre las ecoregiones áridas que albergan centros de endemismo serán menores en relación a los impactos de zonas bajas y menos áridas.

El sistema de áreas protegidas del NOA no representará adecuadamente la flora endémica en el futuro, bajo ningún escenario, según el target establecido. Bajo ningún esquema, los niveles de protección llegan a alcanzar un 15% de efectividad. No obstante, es destacable que no se registraron especies totalmente desprotegidas (gap) y, pese a no ser valores efectivos, se percibe un leve aumento en los niveles de protección de especies endémicas frente a un cambio climático futuro en relación los niveles de protección presentes.

5.2 TRABAJOS PUBLICADO DE ESTA TESIS

- **Conservation priorities in the Southern Central Andes: mismatch between endemism and diversity hotspots in the regional flora.** Godoy-Bürki, A.C., Ortega-Baes, P., Sajama, J., Agesen, L. 2014. *Biodiv Conserv* 23, 81-107.
- **Rarity patterns and conservation priorities in Cactaceae species from the Southern Central Andes: a case studied from Calchaquies Valleys, Argentina.** Godoy-Bürki, A.C., Agesen, L., Sajama, J., Bravo, S., Alonso-Pedano, M., Ortega-Baes, P. *J of Arid Environments*.
- **Environmental determinants of richness in arid lands.** Godoy-Bürki, A.C., Biganzoli, F., Zuloaga F., Agesen, L. En prep.

5.3 BIBLIOGRAFIA

- Aagesen L, Szumik CA, Zuloaga F, & Morrone O. 2009. Quantitative biogeography in the South America highlands-recognizing the Altoandina, Puna and Prepuna through the study of Poaceae. *Cladistics* 25:295-310.
- Aagesen L, Bena MJ, Nomdedeu S, Panizza A, López R & Zuloaga, F .2012. Areas of endemism in the Southern Central Andes. *Darwiniana* 50:218-251.
- Adamo S. 2003. Vulnerable people in fragile lands: migration and desertification in the drylands of Argentina. PhD Dissertation, University of Texas at Austin
- Administración de Parques Nacionales (APN). Sistema de Información de Biodiversidad (<http://www.sib.gov.ar>). Access April 2012
- Aiken LS, West SG & Pitts SC. 2003. Multiple Linear Regressions. *Handbook of Psychology*. Four:19:481–507.
- Allen, MR & Ingram WJ. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*, 419(6903), 224-232.
- Anderson RP, Lew D & Peterson AT. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecol. Model.*, 162: 211-232.
- Anderson EP, Marengo J, Villalba R, Halloy S, Young B, Cordero, D & Ruiz D. 2011. Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. MacArthur Foundation, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 1-5.
- Antonelli A, Nylander JAA, Persson C & Sanmartin I. 2009. Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *PNAS* 106:9749-9754
- Araujo M. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151–163.
- Araujo M, Truiller W & Pearson R. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33: 1712-1728.
- Asner, GP, Borghi, CE, & Ojeda, RA. 2003. Desertification in central Argentina: changes in ecosystem carbon and nitrogen from imaging spectroscopy. *Ecological applications*, 13: 629-648.
- Bai ZG, Dent DL, Olsson L & Schaepman ME. 2008. Proxy global assessment of land degradaton. *Soil Use and Management* 24: 223–234.
- Ball IR & Possingham HP. 2000. MARXAN (V1. 8.2). Marine Reserve Design Using Spatially Explicit Annealing, a Manual.

- Barthlott W, Mutke J, Rafiqpoor MD, Kier G & Kreft H. 2005. Global centres of vascular plant diversity. *Nova Acta Leopoldina* 92:61–83.
- Benoit I. 1996. Representación ecológica del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. En: Muñoz M, Nuñez H & Yañez J (eds). Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile. Santiago, pp 149-159.
- Bianchi AR & Yañez CE. 1992. Las precipitaciones en el noroeste argentino. INTA, Salta Argentina.
- Birch CPD, Oom SP & Beecham JA. 2007. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. *Ecol Model* 206:347-359.
- Blach - Overgaard A, Svenning, JC, Dransfield J, Greve M & Balslev H. 2010. Determinants of palm species distributions across Africa: the relative roles of climate, non - climatic environmental factors, and spatial constraints. *Ecography* 33: 380-391.
- Bonkougou EG. 2003. Biodiversity in the drylands: Challenges and opportunities for conservation and sustainable use. Challenge Paper. The Global Drylands Initiative, UNDP Drylands Development Centre, Nairobi, Kenya.
- Bradley RS, Vuille M, Diaz HF & Vergara W. 2006. Climate change: threats to water supplies in the tropical Andes. *Science* 312:1755-1756.
- Brehm G, Homeier J, Fiedler K, Kottke I, Illig J, Nöske NM & Breckle SW. 2008. Mountain rain forests in southern Ecuador as a hotspot of biodiversity—limited knowledge and diverging patterns. En: Springer Berlin Heidelberg (Ed) *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador* pp. 15-23.
- Brown JH & Lomolino MV. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, INC. Publishers.
- Busby JR. 1991. BIOCLIM: A Bioclimate Analysis and Prediction System. *Nature Conservation: Cost effective biological surveys and data analysis*. En: Margules CR. & Austin MP (Eds) *Nature conservation* pp. 64–68. CSIRO, Melbourne.
- Bush MB. 2002. Distributional change and conservation on the Andean flank: a palaeoecological perspective. *Global Ecology and Biogeography*, 11:463-473.
- Cabrera AL, 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* 2: 1-85.
- Caldecott JO, Jenkins MD, Johnson TH & Groombridge B. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation* 5: 699-727.
- Camilloni I & Bidegain M. 2005. Escenarios Climáticos para el siglo XXI". En: Barros, Menéndez, Nagy (Eds) *El Cambio Climático en el Río de la Plata*. Cap. 4, Bs. As.
- Carpenter G, Gillison AN & Winter J. 1993. DOMAIN: A flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2:667–680.

- Carvalho SB, Brito JC, Pressey RL, Crespo E, Possingham HP. 2010. Simulating the effects of using different types of species distribution data in reserve selection. *Biol Conserv* 143:426-438.
- Ceballos G, Rodríguez P & Medellín RA. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: Mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications* 8: 8-17
- Ceballos G & Ehrlich PR .2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *PNAS* 103: 19374-19379.
- Churchill SP, Balslev H, Forero E & Luteyn JL. 1995. Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. *Proceedings of the Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium, The New York Botanical Garden*, 702 pp.
- Colwell RK, Brehm G, Cardelús CL, Gilman AC & Longino JT. 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science* 322: 258-261.
- Corlett R T & Westcott DA. 2013. Will plant movements keep up with climate change?. *Trends in ecology & evolution*, 28:482-488.
- Cowling R. 2001. Endemism. In: Levin SA (Ed) *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, San Diego, vol 2, pp 497-507
- Crisp MD, Laffan S, Linder HP & Monro A. 2001. Endemism in the Australian flora. *J Biogeogr* 28:183–198.
- Crowley TJ & North GR. 1988. Abrupt climate change and extinction events in Earth history. *Science* 240: 996-1002
- Crumpacker DW, Box EO & Hardin ED. 2001. Implications of climatic warming for conservation of native trees and shrubs in Florida. *Conservation Biology* 15:1008-1020.
- Daniels LD & Veblen TT. 2004. Spatiotemporal influences of climate on altitudinal treeline in northern Patagonia. *Ecology* 85: 1284-1296.
- Davies J, Poulsen L, Schulte-Herbrüggen B, Mackinnon K, Crawhall N, Henwood WD, Dudley N, Smith J & Gudka M. 2012. *Conserving Drylands Biodiversity*. XII: 84 Pp.
- Davis MB & Shaw RG. 2001. Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change. *Science* 292:673-679.
- Diaz-Gomez JM. 2007. Endemism in *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae) from the Argentinian Puna. *South Am J Herpetol* 2:59-68.
- Diffenbaugh NS & Field CB. 2013. Changes in ecologically critical terrestrial climate conditions. *Science*, 341:486-492.
- Donato M, Posadas P, Miranda-Esquivel DR, Jaureguizar EO & Cladera G. 2003. Historical biogeography of the Andean region: evidence from *Listroderina* (Coleoptera:

- Curculionidae: Rhytirrhini) in the context of the South American geobiotic scenario. *Biol J Linnean Soc* 80:339-352
- Dudley N. 2003. No place to hide: effects of climate change on protected areas. Berlin: WWF 12 pp.
- Elith J et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- ESRI 2010. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Ezcurra C. 2002. Phylogeny, Morphology, and Biogeography of Chuquiraga, an Andean-Patagonian Genus of Asteraceae-Barnadesioideae. *Botanical Review* 68: 153-170.
- Ezcurra E. 2006. Natural history and evolution of the world's deserts. En: Ezcurra E (ed). *Global deserts outlook*. UNEP, Denmark. Pp. 2-26.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Mapa mundial de suelos. UNESCO, Paris 1971 (www.fao.org)
- Feeley KJ & Silman, MR. 2010. Land - use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology* 16:3215-3222.
- Fernández OA & Busso CA. 1997. Arid and Semi-Arid Rangelands: Two Thirds of Argentina. *RALA Report* 200, pp. 41-60.
- Ferrier S. 2002. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? *Syst. Biol.* 51: 331-363.
- Foster P. 2001. The potential negative impacts of global change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55:73-106.
- Francis AP & Currie DJ. 1998. Global Patterns of Tree Species Richness in Moist Forests: Another Look. *Oikos* 81: 598-602.
- Francis AP & Currie DJ. 2003. A Globally Consistent Richness - Climate Relationship for Angiosperms. *The American Naturalist* 161, 523-536.
- Funk VA & Richardson KS. 2002. Systematic data in biodiversity studies: use it or lose it. *Systematic Biology*, 51(2), 303-316.
- Game ET & Grantham HS. 2008. Marxan User Manual: For Marxan version 1.8.10. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Garreaud R, Vuille M & Clement. 2003. The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanism of past changes. *Paleogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 194: 1-18.
- Gaston KJ. 1994. *Rarity*. Chapman and Hall, London.
- Gaston KJ. 1996. *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell. Oxford.

- Gaston KJ & Spicer JI. 1998. Biodiversity: an introduction. Blackwell London, 113 Pp.
- Gaston K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 405:220-227.
- Gaston KJ, Rodrigues ASL, Van Rensburg BJ, Koleff P & Chown SL. 2001. Complementary representation and zones of ecological transition. *Ecol Letters* 4:4-9
- Gaston KJ. 2009. Geographic range limits of species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276: 1391-1393.
- Gaston KJ & Fuller RA. 2009. The sizes of species' geographic ranges. *J Applied Ecol* 46:1-9
- Gavin DG & Hu FS. 2005. Bioclimatic modelling using Gaussian mixture distributions and multiscale segmentation. *Global Ecology and Biogeography* 14: 491-501.
- GEF. Global Environment Facility. 2010. OPS4 progress towards impact: fourth overall performance study of the GEF. GEF Evaluation Office, Washington DC.
- Godoy-Bürki AC, Ortega-Baes P, Sajama J, Aagesen L. 2014. Conservation priorities in the Southern Central Andes: mismatch between endemism and diversity hotspots in the regional flora. *Biodiv Conserv* 23, 81-107.
- Gonzales JA. 2009. Climatic change and other anthropogenic activities are affecting environmental services on the Argentina Northwest (ANW). *Earth Environ Sci* 6:1-2
- Gordon C, Cooper C, Senior AC, Banks H, Gregory JM, Johns TC, Mitchell JFB, & Wood RA. 2000. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments, *Clim. Din.* 16:147–168.
- Graham CH & Hijmans RJ. 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography* 15:578–587.
- Grau RH, Gasparri IN, Aide MT. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environ Conserv* 32:140-148
- Guisan A & Thuiller W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters* 8: 993-1009.
- Hampe A. 2004. Bioclimate envelope models: what they detect and what they hide. *Global Ecology and Biogeography* 13: 469-471.
- Hannah L, Midgley G, Andelman S, Araújo MB, Hughes G, Martinez-Meyer E, Pearson RG & Williams P. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:131-138.
- Hansen LJ & Biringer JL. 2003. Building resistance and resilience to climate change. En: Hansen LJ, Biringer JL & Hoffman JR (Eds) *Buying time: a user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*, Berlin, Pp. 9-14
- Hawkins BA, Porter EE & Diniz-Filho J. 2007. Productivity and history as predictors of the latitudinal diversity gradient of terrestrial birds. *Ecology* 84:1608–1623
- Hawkins et al. 2003. Energy, water and broad scale geographic patterns of species richness *Ecology* 84:3105–3117

- Hernandez PA, Graham CH, Master LL & Albert DL. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785
- Hernandez-Hernandez T, Hernandez HM, De-Nova AJ, Puente R, Eguiarte L & Magallón S. 2011. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). *Am J Bot* 98:44-61.
- Herzog SK, Martínez R, Jorgensen PM & Tiessen H. 2011. Climate change and biodiversity in the tropical Andes. São José dos Campos: Inter-American Institute for Global Change Research.
- Higgins PAT. 2007. Biodiversity loss under existing land use and climate change: an illustration using northern South America. *Global Ecology and Biogeography* 16:197-204.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG & Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25:1965-1978 (<http://www.worldclim.org>)
- Hirzel AH, Helfer V & Metral F. 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. *Ecological modelling*, 145: 111-121.
- Hoorn C, Mosbrugger V, Mulch A & Antonelli A. 2013. Biodiversity from mountain building. *Nature Geoscience* 6:154-154.
- Houghton T, Ding Y, Griggs DJ, Noguera M, van der Linden, PJ & Xiaosu D. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hughes L. 2000. Biological consequences of global warming: is signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15: 56-61.
- Huston MA. 2002. Introductory essay: critical issues for improving predictions. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale* 7-21.
- Ibisch PL, Beck SG, Gerkmann B & Carretero A. 2003. Diversidad Biológica: Ecoregiones y ecosistemas. En: Ibisch P and Merida G (eds) *Biodiversidad: La riqueza de Bolivia*. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, pp 73-75
- InfoStat 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Ed. Brujas Argentina.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2001. *Climate Change 2001, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report (TAR)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IUCN 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Iverson LR & Prasad AM. 1998. Predicting abundance of 80 tree species following climate change in the eastern United States. *Ecological Monographs* 68: 465-485.

- Izquierdo AE & Grau HR. 2009. Agriculture adjustment, land-use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *J Environ Manag* 90:858-865
- Jennings MD. 2000. Gap analysis: Concepts, methods, and recent results. *Landsc Ecol* 15:5-20
- Jiménez-Valverde A & Lobo JM. 2007. Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either–or presence–absence. *Acta oecologica* 31: 361-369.
- Kadmon R, Farber O & Danin A. 2004. Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecological Applications*, 14: 401-413.
- Keller CM & Scallan JT. 1999. Potential roadside biases due to habitat changes along breeding bird survey routes. *Condor*, 50-57.
- Killeen TJ, Douglas M, Consiglio T, Jørgensen PM & Mejia J. 2007. Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography* 34:1357-1373.
- Kreft H & Jetz W. 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity, *PNAS* 104: 5925-5930.
- Kumar S & Stohlgren TJ. 2009 Maxent modelling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *J Ecol and Nat Environ* 1:94-98
- Lamoreux JF, Morrison JC, Ricketts TH, Olson DM, Dinerstein E & McKnight MW. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* 440:212–214
- Larrea-Alcázar DM, López RP, Quintanilla M & Vargas A. 2010. Gap analysis of two savanna-type ecoregions: a two-scale floristic approach applied to the Llanos de Moxos and Beni Cerrado, Bolivia. *Biodivers Conserv* 19:1769-1783
- Larsen TH, Brehm G, Navarrete H, Franco P, Gomez H, Mena JL & Canhos V. 2011. Range shifts and extinctions driven by climate change in the tropical Andes: synthesis and directions. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes*, 47-67.
- Lennon J. 2000. Red-shifts and red herrings in geographical ecology. *Ecography*, 23: 101–113.
- Lepers E. 2003. Synthesis of the Main Area of Land-cover and Land-use Change. Report for the Millennium Ecosystem Assessment.
- Li L, Wang Z, Zerbe S, Abdusalih N, Tang Z, Ma M, Yin L, Mohammat A, Han W & Fang J. 2013. Species richness patterns and water-energy dynamics in the Drylands of Northwest China. *PLoS One*, vol. 8, no. 6
- Liu C, Berry PM, Dawson TP & Pearson RG. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28:385-393
- Lobo J, Castro I & Moreno J. 2001. Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biological Journal of the Linnean Society* 73: 233-253.

- Lomolino MV, Riddle BR & Brown JH. 2006. *Biogeography*. Third Edition, Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland. Massachusetts.
- López RP & Zambrana-Torrel C. 2006 Representation of Andean Dry Ecoregions in the Protected Areas of Bolivia: The Situation in Relation to the New Phytogeographical Findings. *Biodivers Conserv* 15:2163-2175
- Luebert F & Pliscoff P. 2006. *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile*. Ed. Universitaria.
- Luebert F & Weigend M. 2014. Phylogenetic insights into Andean plant diversification. *Frontiers in Ecology and Evolution* 2, 27.
- Malcolm JR, Liu C, Neilson RP, Hansen L, & Hannah LEE. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conserv Biol* 20: 538-548.
- Marengo JA, Jones R, Alves L & Valverde M. 2009. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology* 29:2241-2255.
- Marengo JA, Pabón JD, Díaz A, Rosas G, Ávalos G, Montealegre E & Rojas M. 2011. Climate change: evidence and future scenarios for the Andean region. *Climate change and biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris, 110-127.
- Margules CR & Pressey RL. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Margules CR, Pressey RL & Williams PH. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J of biosciences*, 27: 309-326.
- Martínez-Carretero E. 1995. La Puna Argentina: delimitación general y división en distritos florísticos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 31: 27-40.
- Masiokas M, Villalba R, Luckman B, Lascano M, Delgado S & Stepanek P. 2008. 20th-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. *Global and Planetary Change* 60: 85-100.
- McCarthy JJ. 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Midgley GF, Hannah L, Millar D, Rutherford MC & Powrie LW. 2002. Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global Ecology and Biogeography* 11:445-451.
- Minetti JL. 2005. *El clima del noroeste argentino*. Magna, San Miguel de Tucumán, pp. 449
- Mittermeier RA, Myers N, Thomsen JB, Da Fonseca GAB & Olivieri S. 1998. Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conserv Biol* 12:516–520

- Morrone JJ. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 467-494.
- Morrone JJ. 2014. Biogeographical regionalization of the Neotropical region. *Zootaxa* 3782: 1-110.
- Moser D, Dullinger S, Englisch T, Niklfeld H, Plutzer C, Sauberer N, Zechmeister H & Grabherr G. 2005. Environmental determinants of vascular plant species richness in the Austrian Alps. *Journal of Biogeography* 32:1117-1127.
- Mourelle C & Ezcurra E. 1996. Species richness of Argentine cacti: A test of biogeographic hypotheses. *J Veg Sci* 7:667-680
- Mourelle C & Ezcurra E. 1997. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. *J Veg Sci* 8:547-558
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GBA, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Navone S & Abraham E. 2006. State and Trends of the World's Deserts. En: Ezcurra E (ed.) *Global deserts outlook*. UNEP, Denmark, pp 73-87.
- Newbold T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Prog. Phys. Geog.*, 34: 3–22.
- Nhancale BA & Smith RJ. 2011. The influence of planning unit characteristics on the efficiency and spatial pattern of systematic conservation planning assessments. *Biodivers Conserv* 20:1821-1835
- Nunez MN, Solman SA & Cabré MF. 2009. Regional climate change experiments over southern South America. II: Climate change scenarios in the late twenty-first century. *Climate Dynamics*, 32:1081-1095.
- Oldeman LR. 1992. *Global Extent of Soil Degradation*. ISRIC, Wageningen.
- Olson DM et al. 2001. Terrestrial ecoregions of the World: a new map of life on Earth. *BioSci* 51:933-938.
- Olson DM. & Dinerstein E. 1998. The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biol.* 12:502–515.
- Oreskes N. 2004. Beyond the ivory tower. The scientific consensus on climate change. *Science* 306:1686.
- Orme CD, Davies RG, Burgess M, Eigenbrod F, Pickup N, Olson VA, Webster AJ, Ding T, Rasmussen PC, Ridgely RS, Stattersfield AJ, Bennett PM, Blackburn TM, Gaston KJ & Owens IPF. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436: 1016-1019.
- Ortega-Baes P. et al. 2012. Intensive field surveys in conservation planning: Priorities for cactus diversity in the Saltenian Calchaquíes Valleys (Argentina). *J Arid Environ* 82:91-97

- Ortega-Huerta MA & Peterson AT. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Rev. Mex. de Biodivers* 79:205-216
- Parmesan C & Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic*, 637-669.
- Pearce J & Ferrier S. 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecol Model* 133:225-245
- Pearson RG & Dawson TP. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography* 12: 361-371.
- Pearson RG. 2007. *Species Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Synthesis*, Am Museum Nat Hist.
- Peterson TA & Watson DM. 1998. Problems with areal definitions of endemism: the effects of spatial scaling. *Divers Distrib* 4:189-194
- Phillips S, Anderson R, Schapire R. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190:231-259.
- Phillips S & Dudik M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.
- Pinheiro, J. Bates, D DebRoy, S Sarkar D and the R Development Core Team (2012). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-106.
- Polasky S, Camm JD, Solow AR, Csuti B, White D & Ding R. 2000. Choosing reserve networks with incomplete species information. *Biological Conservation* 94:1-10.
- Ponder WF, Carter GA, Flemons P & Chapman RR. 2001. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation biology* 15:648-657.
- Pope VD, Gallani ML, Rowntree PR & Stratton RA. 2000. The impact of new physical parametrizations in the Hadley Centre climate model—HadAM3. *Clim Dyn* 16:123–146.
- Possingham H, Ball I & Andelman S. 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. En: *Quantitative methods for conservation biology*, pp. 291-306. Springer New York.
- Pressey RL. 1994. Ad hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems?. *Conservation biology* 8:662-668
- Pressey RL & Tully SL. 1994. The cost of *ad hoc* reservation: A case study in western New South Wales. *Australian Journal of Ecology*, 19: 375–384.

- Pressey RL. 2004. Conservation planning and biodiversity: assembling the best data for the job. *Conserv Biol* 18:1677–1681
- Primack R. 2008. A primer on conservation biology. Sinauer. Sunderland.
- Qian H. 2010. Environment–richness relationships for mammals, birds, reptiles, and amphibians at global and regional scales. *Ecological Research* 25: 629-637.
- Raven PH & Axelrod DI. 1974. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 61: 539-657
- Raxworthy CJ, Pearson RG, Rabibisoa N, Rakotondrazafy AM, Ramanamanjato JB, Raselimanana AP, Wu S, Nussbaum RA & Stone DA. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology* 14:1703-1720.
- Reddy S & Dávalos LM. 2003. Geographical sampling bias and its implications for conservation priorities in Africa. *Journal of Biogeography* 30:1719-1727.
- Reid WV. 1998. Biodiversity hotspots. *Trends Ecol Evol* 13:275-280
- Ricketts TH. 2001. Aligning conservation goals: are patterns of species richness and endemism concordant at regional scales? *Anim Biodivers Conserv* 24:91-99
- Ricklefs RE, Latham RE & Qian H. 1999. Global Patterns of Tree Species Richness in Moist Forests: Distinguishing Ecological Influences and Historical Contingency. *Oikos* 86, 369-373.
- Rodrigues ASL et al. 2004a. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428:640-643
- Rodrigues ASL et al. 2004b. Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioSci* 54:1092-1100
- Roig FA, Roig-Juñent S, Corbalán V. 2009. Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environments* 73: 164-172.
- Rondinini C, Wilson KA, Boitani L, Grantham H & Possingham HP. 2006. Tradeoffs of different types of species occurrence data for use in systematic conservation planning. *Ecology Letters*, 9:1136-1145.
- Root TL & Schneider SH. 2002. Climate change: overview and implications for wildlife. *Wildlife responses to climate change: North American case studies* 10:765-766.
- Safriel U & Adeel Z. 2005. Dryland systems. En: Hassan R, Scholes R, Ash N (eds) *Ecosystems and human well-being, current state and trends*, vol. 1. Island Press, Washington, 625–658.
- Safriel et al. 2006. Desert and the planet-linkage between deserts and non-deserts. En: Ezcurra E. (ed). *Global deserts outlook*. Cap. 3. UNEP. Denmark. Pp. 49-72.
- Sandel B, Arge L, Dalsgaard B, Davies, RG, Gaston, KJ, Sutherland WJ & Svenning JC. 2011. The influence of Late Quaternary climate-change velocity on species endemism. *Science*, 334:660-664.

- Segurado P & Araujo MB. 2004. An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography* 31:1555-1568.
- Solano E & Feria PT. 2007. Ecological niche modeling and geographic distribution of the genus *Polianthes* L. (Agavaceae) in Mexico: using niche modeling to improve assessment of risk status. *Biodiv Conserv* 16:1885-1900
- Solman S, Nuñez M & Cabré MF. 2008. Regional climate change experiments over southern South America. I: Present Climate. *Climate Dynamics* 30:533-552.
- Stockwell DR & Peterson A T. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological modelling* 148:1-13.
- Strecker MR, Alonso RN, Bookhagen B, Carrapa B, Hilley GE, Sobel ER & Trauth MH. 2007. Tectonics and climate of the southern central Andes. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 35:747-787.
- Svenning JC & Skov F. 2005. The relative roles of environment and history as controls of tree species composition and richness in Europe. *Journal of Biogeography* 32:1019–1033.
- Swenson JJ et al. 2012. Plant and animal endemism in the eastern Andean slope: challenges to conservation. *BMC Ecol* 12:1-18
- Szumik C, Aagesen L, Casagrande D, Arzamendia V & Baldo D. 2012. Detecting areas of endemism with a taxonomically diverse dataset: plants, mammals, reptiles, amphibians, birds and insects from Argentina. *Cladistics* 28:317-329
- Trabucco A & Zomer RJ. 2009. Global Aridity Index (Global-Aridity) and Global Potential Evapo-Transpiration (Global-PET) Geospatial Database. CGIAR
- Tsoar A, Allouche O, Steinitz O, Rotem D & Kadmon R. 2007. A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. *Diversity and Distributions* 13: 397-405.
- UNEP (United Nations Environment Programme) 1997. World atlas of desertification 2Ed. UNEP, London.
- Urrutia R & Vuille M. 2009. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *J Geophysical Research: Atmospheres* 114.
- Villagrán C, Arroyo MK & Marticorena C. 1983. Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 56(2), 137-157.
- Villamil CB, De Villalobos AE, Scofield RL. 2010. Plantas endémicas de Argentina. <http://www.lista-planear.org>. Access July-June 2012
- Vuille M, Bradley RS, Werner M & Keimig F. 2003. 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results. In *Climate Variability and Change in High Elevation Regions: Past, Present & Future* Springer Netherlands, pp. 75-99.

- Vuille M, Francou B, Wagnon P, Juen I, Kaser G, Mark BG & Bradley RS. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews* 89:79-96.
- Walther GR, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJ & Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389-395.
- Whittaker RJ, Willis KJ & Field R. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.
- Wieczorek J, Guo Q, Hijmans RJ. 2004. The point-radius method for georeferencing locality descriptions and calculation associated uncertainty. *Int J Geogr Inf Sci* 18:745-767.
- Wiens JJ & Donoghue MJ. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 19:639-644.
- Williams PH, Margules CR & Hilbert DW. 2002. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *J Biosciences* 27:327-338.
- Williams SE, Bolitho EE & Fox S. 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 270:1887-1892.
- Willig MR, Kaufman DM & Stevens RD. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematic* 34: 273-309.
- Willis KJ & Whittaker RJ. *Species Diversity: Scale Matters*. 2002. *Science* 295: 1245-1248
- WCMC. World Conservation Monitoring Center. 1992. *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. New York: Chapman and Hall.
- Xu H, Wu J & Liu Y. 2008. Biodiversity congruence and conservation strategies: a national test. *BioSci* 58:632-639
- Young BE, Young KR & Josse C. 2011. Vulnerability of tropical Andean ecosystems to climate change. En: Herzog SK, Martínez R, Jørgensen PM & Tiessen H (Eds), *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. São José dos Campos y París: Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente.
- Young KR, Ulloa Ulloa C, Luteyn JL, Knapp S. 2002. Plant evolution and endemism in Andean South America: An Introduction. *Bot Rev* 68:4-21
- Zuloaga FO, Morrone O, Rodríguez D. 1999. Análisis de la biodiversidad en plantas vasculares de la Argentina. *Kurtziana* 27:17-167
- Zuloaga FO, Morrone, O, Belgrano MJ. 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. *Monogr Syst Bot Missouri Bot Gard* 107:609-967 (<http://www2.darwin.edu.ar>)

5.4 ANEXOS

ANEXO 1. Las especies incluídas en el **Capítulo II:** 647 especies (253 endémicas).

ID	FAMILIA	ESPECIE	HABITO	STATUS
1	Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	Hierba	Nativa
2	Asteraceae	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	Subarbusto	Nativa
3	Asteraceae	<i>Achyrocline flaccida</i> (Weinm.) DC.	Hierba o subarbusto	Nativa
4	Asteraceae	<i>Achyrocline hyperchlora</i> Blake	Subarbusto	Nativa
5	Asteraceae	<i>Achyrocline tomentosa</i> Rusby	Subarbusto	Nativa
6	Asteraceae	<i>Achyrocline venosa</i> Rusby	Subarbusto	Nativa
7	Asteraceae	<i>Achyrocline ramosissima</i> Britton	Subarbusto	Nativa
8	Asteraceae	<i>Acmella alpestris</i> (Griseb.) R.K. Jansen	Hierba	Nativa
9	Asteraceae	<i>Acmella decumbens</i> (Sm.) R.K. Jansen	Hierba	Nativa
10	Asteraceae	<i>Ambrosia elatior</i> L.	Hierba	Nativa
11	Asteraceae	<i>Angelphytum aspilioides</i> (Griseb.) H. Rob.	Subarbusto	Endémica
12	Asteraceae	<i>Aphyllocladus spartioides</i> Wedd.	Arbusto	Nativa
13	Asteraceae	<i>Artemisia copa</i> Phil.	Arbusto o arbolito	Endémica
14	Asteraceae	<i>Artemisia mendozaana</i> DC.	Subarbusto	Endémica
15	Asteraceae	<i>Artemisia echegarayi</i> Hieron.	Subarbusto	Endémica
16	Asteraceae	<i>Aspilia aurantiaca</i> Griseb.	Subarbusto	Nativa
17	Asteraceae	<i>Baccharis artemisioides</i> Hook. & Arn.	Arbusto	Endémica
18	Asteraceae	<i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera	Arbusto	Nativa
19	Asteraceae	<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Arbusto o subarbusto	Nativa
20	Asteraceae	<i>Baccharis darwinii</i> Hook. & Arn.	Subarbusto	Nativa
21	Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Arbusto o arbolito	Nativa
22	Asteraceae	<i>Baccharis effusa</i> Griseb.	Arbusto	Nativa
23	Asteraceae	<i>Baccharis grisebachii</i> Hieron.	Arbusto	Nativa
24	Asteraceae	<i>Baccharis juncea</i> (Lehm.) Desf.		Endémica

25	Asteraceae	Baccharis kurtziana Ariza	Arbusto	Endémica
26	Asteraceae	Baccharis lilloi Heering	Arbusto	Nativa
27	Asteraceae	Baccharis glutinosa Pers.	Hierba	Nativa
28	Asteraceae	Baccharis pulchella Sch. Bip. ex Griseb.	Arbusto	Nativa
29	Asteraceae	Baccharis punctulata DC.	Arbusto	Nativa
30	Asteraceae	Baccharis retamoides Phil.	Subarbusto	Endémica
31	Asteraceae	Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbusto	Nativa
32	Asteraceae	Baccharis calliprinos Griseb.	Arbusto	Nativa
33	Asteraceae	Baccharis sculpta Griseb.	Arbusto	Nativa
34	Asteraceae	Baccharis spartioides (Hook. & Arn. ex DC.) J. Remy	Arbusto	Endémica
35	Asteraceae	Baccharis tenella Hook. & Arn.	Hierba	Endémica
36	Asteraceae	Baccharis tucumanensis Hook. & Arn.	Arbusto	Nativa
37	Asteraceae	Baccharis argentina Heering	Arbusto	Endémica
38	Asteraceae	Belloa schultzii (Wedd.) Cabrera	Hierba	Nativa
39	Asteraceae	Bidens exigua Sherff	Hierba	Nativa
40	Asteraceae	Bidens andicola Kunth	Hierba	Nativa
41	Asteraceae	Bidens mandonii (Sherff) Cabrera	Hierba	Nativa
42	Asteraceae	Bidens pseudocosmos Sherff	Hierba	Nativa
43	Asteraceae	Bidens subalternans DC.	Hierba	Nativa
44	Asteraceae	Bidens triplinervia Kunth	Hierba	Nativa
45	Asteraceae	Chaetanthera pulvinata (Phil.) Hauman	Hierba	Endémica
46	Asteraceae	Chaptalia mandonii Sch. Bip. ex Burkart	Hierba	Nativa
47	Asteraceae	Chersodoma argentina Cabrera	Arbusto	Endémica
48	Asteraceae	Chevreulia sarmentosa (Pers.) S.F. Blake	Hierba	Nativa
49	Asteraceae	Chiliotrichiopsis keidelii Cabrera	Arbusto	Nativa
50	Asteraceae	Chrysanthellum indicum DC.	Hierba	Nativa
51	Asteraceae	Chuquiraga atacamensis Kuntze	Arbusto	Nativa
52	Asteraceae	Chuquiraga calchaquina Cabrera	Arbusto	Endémica
53	Asteraceae	Chuquiraga erinacea D. Don	Arbusto	Endémica

54	Asteraceae	Chuquiraga longiflora (Griseb.) Hieron.	Arbusto	Nativa
55	Asteraceae	Chuquiraga parviflora (Griseb.) Hieron.	Arbusto	Nativa
56	Asteraceae	Conyza bonariensis (L.) Cronquist	Hierba	Nativa
57	Asteraceae	Conyza burkartii Zardini	Hierba	Endémica
58	Asteraceae	Conyza deserticola Phil.	Hierba	Nativa
59	Asteraceae	Conyza lorentzii Griseb.	Hierba	Endémica
60	Asteraceae	Conyza primulifolia (Lam.) Cuatrec. & Lourteig	Hierba	Nativa
61	Asteraceae	Conyza spiciformis (Griseb.) Zardini	Hierba	Endémica
62	Asteraceae	Conyza sumatrensis (Retz.) E. Walker	Hierba	Nativa
63	Asteraceae	Cyclolepis genistoides D. Don	Arbusto	Endémica
64	Asteraceae	Cosmos peucedanifolius Wedd.	Hierba	Nativa
65	Asteraceae	Cotula mexicana (DC.) Cabrera	Hierba	Nativa
66	Asteraceae	Dinoseris salicifolia Griseb.	Arbusto	Nativa
67	Asteraceae	Doniophyton anomalum (D. Don) Kurtz	Subarbusto	Endémica
68	Asteraceae	Doniophyton weddellii Katinas & Stuessy	Subarbusto	Endémica
69	Asteraceae	Fleischmannia prasiifolia (Griseb.) R.M. King & H. Rob.	Subarbusto	Nativa
70	Asteraceae	Chromolaena arnottiana (Griseb.) R.M. King & H. Rob.	Subarbusto	Nativa
71	Asteraceae	Austrobrickellia arnottii (Baker) R.M. King & H. Rob.	Arbusto	Endémica
72	Asteraceae	Ageratina azangaroensis (Sch. Bip. ex Wedd.) R.M. King & H. Rob.	Subarbusto	Nativa
73	Asteraceae	Chromolaena hookeriana (Griseb.) R.M. King & H. Rob.	Arbusto	Nativa
74	Asteraceae	Austroeupatorium inulifolium (Kunth) R.M. King & H. Rob.	Arbusto	Nativa
75	Asteraceae	Ageratina lorentzii (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	Hierba	Nativa
76	Asteraceae	Austrobrickellia patens (D. Don ex Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	Arbusto	Nativa
77	Asteraceae	Facelis retusa (Lam.) Sch. Bip.	Hierba	Nativa
78	Asteraceae	Flaveria bidentis (L.) Kuntze	Hierba	Nativa
79	Asteraceae	Flaveria haumanii Dimitri & Orfila	Hierba	Endémica
80	Asteraceae	Flourensia campestris Griseb.	Arbusto	Endémica
81	Asteraceae	Flourensia fiebrigii S.F. Blake	Arbusto	Nativa
82	Asteraceae	Flourensia hirta S.F. Blake	Arbusto	Endémica

83	Asteraceae	<i>Flourensia riparia</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
84	Asteraceae	<i>Flourensia suffrutescens</i> (R.E. Fr.) S.F. Blake	Subarbusto	Endémica
85	Asteraceae	<i>Flourensia tortuosa</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
86	Asteraceae	<i>Gaillardia megapotamica</i> (Spreng.) Baker	Hierba o subarbusto	Endémica
87	Asteraceae	<i>Galinsoga mandonii</i> Sch. Bip.	Hierba	Nativa
88	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Hierba	Nativa
89	Asteraceae	<i>Gamochaeta calviceps</i> (Fernald) Cabrera	Hierba	Nativa
90	Asteraceae	<i>Gamochaeta afalcata</i> (Lam.) Cabrera	Hierba	Nativa
91	Asteraceae	<i>Gamochaeta simplicicaulis</i> (Willd. ex Spreng.) Cabrera	Hierba	Nativa
92	Asteraceae	<i>Gamochaeta subfalcata</i> (Cabrera) Cabrera	Hierba	Nativa
93	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium cabreriae</i> (S.E. Freire) S.E. Freire, Bayón, Baeza, Giuliano & C. Monti	Hierba	Endémica
94	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium jujuyense</i> (Cabrera) Anderb.	Hierba	Endémica
95	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium lacteum</i> (Meyen & Walp.) Anderb.	Hierba	Nativa
96	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium tarapacatum</i> (Phil.) Anderb.	Hierba	Endémica
97	Asteraceae	<i>Moquiniastrum argentinum</i> (Cabrera) G. Sancho	Arbusto	Endémica
98	Asteraceae	<i>Gochnatia glutinosa</i> (D. Don) Hook. & Arn.	Arbusto	Endémica
99	Asteraceae	<i>Grindelia boliviana</i> Rusby	Arbusto o subarbusto	Nativa
100	Asteraceae	<i>Grindelia pulchella</i> Dunal	Subarbusto	Endémica
101	Asteraceae	<i>Gutierreziamandonii</i> (Sch. Bip.) Solbrig	Arbusto	Nativa
102	Asteraceae	<i>Gutierrezia repens</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
103	Asteraceae	<i>Hieracium sordidum</i> Griseb.	Hierba	Endémica
104	Asteraceae	<i>Hieracium fulvipes</i> Wedd.	Hierba	Nativa
105	Asteraceae	<i>Hieracium microcephalum</i> Sch. Bip.	Hierba	Nativa
106	Asteraceae	<i>Heterosperma nanum</i> (Nutt.) Sherff	Hierba	Nativa
107	Asteraceae	<i>Heterosperma ovatifolium</i> Cav.	Hierba	Nativa
108	Asteraceae	<i>Helenium donianum</i> (Hook. & Arn.) Seckt	Hierba o subarbusto	Endémica
109	Asteraceae	<i>Hyalis argentea</i> D. Don ex Hook. & Arn.	Subarbusto	Endémica

110	Asteraceae	<i>Hyalis lancifolia</i> Baker	Hierba o subarbusto	Nativa
111	Asteraceae	<i>Hyaloseris cinerea</i> (Griseb.) Griseb.	Arbusto	Endémica
112	Asteraceae	<i>Hyaloseris rubicunda</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
113	Asteraceae	<i>Hymenoxys robusta</i> (Rusby) K.L. Parker	Hierba	Nativa
114	Asteraceae	<i>Hypochaeris chillensis</i> (Kunth) Hieron.	Hierba	Nativa
115	Asteraceae	<i>Hypochaeris chondrilloides</i> (A. Gray) Cabrera	Hierba	Nativa
116	Asteraceae	<i>Hypochaeris elata</i> (Wedd.) Griseb.	Hierba	Nativa
117	Asteraceae	<i>Hypochaeris meyeniana</i> (Walp.) Griseb.	Hierba	Nativa
118	Asteraceae	<i>Hypochaeris parodii</i> Cabrera	Hierba	Nativa
119	Asteraceae	<i>Hypochaeris pampasica</i> Cabrera	Hierba	Endémica
120	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Walp.) Benth. & Hook. f.	Hierba	Nativa
121	Asteraceae	<i>Hysterionica bakeri</i> Hicken	Hierba	Endémica
122	Asteraceae	<i>Hysterionica jasionoides</i> Willd.	Hierba	Nativa
123	Asteraceae	<i>Hysterionica pulchella</i> Cabrera	Hierba	Endémica
124	Asteraceae	<i>Jungia polita</i> Griseb.	Arbusto o subarbusto	Nativa
125	Asteraceae	<i>Jungia sordida</i> J. Kost.	Subarbusto	Nativa
126	Asteraceae	<i>Lucilia acutifolia</i> (Poir.) Cass.	Hierba	Nativa
127	Asteraceae	<i>Luciliocline subspicata</i> (Wedd.) Anderb. & S.E. Freire	Hierba	Nativa
128	Asteraceae	<i>Mikania periplocifolia</i> Hook. & Arn.	Enredadera	Nativa
129	Asteraceae	<i>Mikania urticifolia</i> Hook. & Arn.	Enredadera	Endémica
130	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav.	Arbusto	Nativa
131	Asteraceae	<i>Mutisia friesiana</i> Cabrera	Subarbusto	Nativa
132	Asteraceae	<i>Mutisia hamata</i> Reiche	Subarbusto	Nativa
133	Asteraceae	<i>Mutisia kurtzii</i> R.E. Fr.	Arbusto	Endémica
134	Asteraceae	<i>Nassauvia axillaris</i> (Lag. ex Lindl.) D. Don	Arbusto	Nativa
135	Asteraceae	<i>Noticastrum argenteum</i> Cabrera	Hierba	Nativa

136	Asteraceae	Noticastrum marginatum (Kunth) Cuatrec.	Hierba	Nativa
137	Asteraceae	Parthenium hysterophorus L.	Hierba	Nativa
138	Asteraceae	Parastrephia lucida (Meyen) Cabrera	Arbusto	Nativa
139	Asteraceae	Parastrephia quadrangularis (Meyen) Cabrera	Arbusto	Nativa
140	Asteraceae	Ophryosporus axilliflorus (Griseb.) Hieron.	Arbusto	Nativa
141	Asteraceae	Ophryosporus charua (Griseb.) Hieron.	Arbusto	Endémica
142	Asteraceae	Perezia multiflora (Humb. & Bonpl.) Less.	Hierba	Nativa
143	Asteraceae	Perezia ciliosa (Phil.) Reiche	Hierba	Nativa
144	Asteraceae	Pectis odorata Griseb.	Hierba	Nativa
145	Asteraceae	Pectis sessiliflora (Less.) Sch. Bip.	Hierba	Nativa
146	Asteraceae	Picrosia longifolia D. Don	Hierba	Nativa
147	Asteraceae	Porophyllum obscurum (Spreng.) DC.	Hierba o subarbusto	Nativa
148	Asteraceae	Porophyllum ruderales (Jacq.) Cass.	Hierba	Nativa
149	Asteraceae	Proustia cuneifolia D. Don	Arbusto	Nativa
150	Asteraceae	Pterocaulon balansae Chodat	Hierba	Nativa
151	Asteraceae	Schkuhria multiflora Hook. & Arn.	Hierba	Nativa
152	Asteraceae	Schkuhria pinnata (Lam.) Kuntze ex Thell.	Hierba	Nativa
153	Asteraceae	Senecio argophylloides Griseb.	Arbusto	Endémica
154	Asteraceae	Senecio barbarae Cabrera	Hierba	Endémica
155	Asteraceae	Senecio breviscapus DC.	Hierba	Nativa
156	Asteraceae	Senecio candollei Wedd.	Hierba	Nativa
157	Asteraceae	Senecio chrysolepis Phil.	Subarbusto	Nativa
158	Asteraceae	Senecio clivicola Wedd.	Arbusto	Nativa
159	Asteraceae	Senecio cremeiflorus Mattf.	Hierba	Endémica
160	Asteraceae	Senecio deferens Griseb.	Hierba	Endémica
161	Asteraceae	Senecio cylindrocephalus Cabrera	Arbusto	Endémica

162	Asteraceae	Senecio expansus Wedd.	Hierba	Nativa
163	Asteraceae	Senecio filaginoides DC.	Arbusto	Endémica
164	Asteraceae	Senecio friesii Cabrera	Subarbusto	Endémica
165	Asteraceae	Senecio hieronymi Griseb.	Subarbusto	Nativa
166	Asteraceae	Senecio infimus Cabrera	Hierba	Endémica
167	Asteraceae	Senecio jarae Phil.	Hierba	Nativa
168	Asteraceae	Senecio jujuyensis Cabrera	Subarbusto	Endémica
169	Asteraceae	Senecio lorentzii Griseb.	Hierba	Endémica
170	Asteraceae	Senecio montevidensis (Spreng.) Baker	Hierba	Endémica
171	Asteraceae	Senecio nutans Sch. Bip.	Arbusto	Nativa
172	Asteraceae	Senecio octolepis Griseb.	Arbusto	Endémica
173	Asteraceae	Senecio pampeanus Cabrera	Hierba	Nativa
174	Asteraceae	Senecio pinnatus Poir.	Subarbusto	Endémica
175	Asteraceae	Senecio pseudotites Griseb.	Hierba	Endémica
176	Asteraceae	Senecio punae Cabrera	Arbusto	Endémica
177	Asteraceae	Senecio riojanus Cabrera	Subarbusto	Endémica
178	Asteraceae	Senecio rudbeckiifolius Meyen & Walp.	Arbusto	Nativa
179	Asteraceae	Senecio sectilis Griseb.	Arbusto	Endémica
180	Asteraceae	Senecio subulatus D. Don ex Hook. & Arn.	Arbusto	Endémica
181	Asteraceae	Senecio vira-vira Hieron.	Subarbusto	Nativa
182	Asteraceae	Senecio viridis Phil.	Arbusto	Endémica
183	Asteraceae	Senecio xerophilus Phil.	Subarbusto	Endémica
184	Asteraceae	Simsia dombeyana DC.	Hierba	Nativa
185	Asteraceae	Stevia alpina Griseb.	Subarbusto	Endémica
186	Asteraceae	Stevia chamaedrys Griseb.	Hierba	Nativa
187	Asteraceae	Stevia gilliesii Hook. & Arn.	Hierba	Endémica

188	Asteraceae	<i>Stevia lilloi</i> B.L. Rob.	Hierba	Endémica
189	Asteraceae	<i>Stevia maimarensis</i> (Hieron.) Cabrera	Subarbusto	Endémica
190	Asteraceae	<i>Stevia mercedensis</i> Hieron.	Hierba	Nativa
191	Asteraceae	<i>Stevia minor</i> Griseb.	Hierba	Endémica
192	Asteraceae	<i>Stevia vaga</i> Griseb.	Subarbusto	Endémica
193	Asteraceae	<i>Siegesbeckia serrata</i> DC.	Hierba	Nativa
194	Asteraceae	<i>Solidago chilensis</i> Meyen	Hierba	Nativa
195	Asteraceae	<i>Synedrellopsis grisebachii</i> Hieron. & Kuntze	Hierba	Nativa
196	Asteraceae	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	Hierba	Nativa
197	Asteraceae	<i>Tagetes laxa</i> Cabrera	Hierba	Endémica
198	Asteraceae	<i>Tagetes multiflora</i> Kunth	Hierba	Nativa
199	Asteraceae	<i>Tagetes riojana</i> M. Ferraro	Arbusto o subarbusto	Endémica
200	Asteraceae	<i>Tagetes terniflora</i> Kunth	Hierba	Nativa
201	Asteraceae	<i>Tessaria absinthioides</i> (Hook. & Arn.) DC.	Arbusto	Nativa
202	Asteraceae	<i>Tessaria dodoneifolia</i> (Hook. & Arn.) Cabrera	Arbusto	Nativa
203	Asteraceae	<i>Tessaria integrifolia</i> Ruiz & Pav.	Arbusto o árbol	Nativa
204	Asteraceae	<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small	Hierba o subarbusto	Nativa
205	Asteraceae	<i>Trichocline auriculata</i> (Wedd.) Hieron.	Hierba	Nativa
206	Asteraceae	<i>Trichocline exscapa</i> Griseb.	Hierba	Endémica
207	Asteraceae	<i>Tricho clinereptans</i> (Wedd.) Hieron.	Hierba	Nativa
208	Asteraceae	<i>Trixis divaricata</i> (Kunth) Spreng.	Arbusto	Endémica
209	Asteraceae	<i>Trixis grisebachii</i> Kuntze	Arbusto	Nativa
210	Asteraceae	<i>Vernonia squamulosa</i> Hook. & Arn.	Arbusto	Nativa
211	Asteraceae	<i>Wedelia glauca</i> (Ortega) O. Hoffm. ex Hicken	Hierba	Nativa
212	Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	Hierba	Nativa
213	Asteraceae	<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	Hierba	Nativa

214	Asteraceae	Verbesina lilloi S.F. Blake	Subarbusto	Endémica
215	Asteraceae	Verbesina suncho (Griseb.) S.F. Blake	Arbusto o subarbusto	Nativa
216	Asteraceae	Viguiera pazensis Rusby	Hierba	Nativa
217	Asteraceae	Viguiera tucumanensis (Hook. & Arn.) Griseb.	Hierba	Nativa
218	Asteraceae	Werneria pygmaea Gillies ex Hook. & Arn.	Hierba	Nativa
219	Asteraceae	Werneria villosa A. Gray	Hierba	Nativa
220	Asteraceae	Xenophyllum incisum (Phil.) V.A. Funk	Subarbusto	Endémica
221	Asteraceae	Xenophyllum poposum (Phil.) V.A. Funk	Subarbusto	Nativa
222	Asteraceae	Zexmenia buphtalmiflora (Lorentz) Ariza	Hierba	Endémica
223	Bromeliaceae	Deuterocohnia haumanii A. Cast.	Hierba	Endémica
224	Bromeliaceae	Deuterocohnia longipetala (Baker) Mez	Hierba	Nativa
225	Bromeliaceae	Deuterocohnia lorentziana (Mez) M.A. Spencer & L.B. Sm.	Hierba	Nativa
226	Bromeliaceae	Deuterocohnia schreiteri A. Cast.	Hierba	Endémica
227	Bromeliaceae	Deuterocohnia brevifolia (Griseb.) M.A. Spencer & L.B. Sm.	Hierba	Nativa
228	Bromeliaceae	Dyckia floribunda Griseb.	Hierba terrestre o rupícola	Endémica
229	Bromeliaceae	Dyckia velascana Mez	Hierba terrestre o rupícola	Endémica
230	Bromeliaceae	Puya castellanosii L.B. Sm.	Hierba	Endémica
231	Bromeliaceae	Puya harmsii (A. Cast.) A. Cast.	Hierba	Endémica
232	Bromeliaceae	Puya lilloi A. Cast.	Hierba	Endémica
233	Bromeliaceae	Puya mirabilis (Mez) L.B. Sm.	Hierba	Nativa
234	Bromeliaceae	Puya spathacea (Griseb.) Mez	Hierba	Nativa
235	Bromeliaceae	Puya weberiana E. Morren ex Mez	Hierba	Endémica
236	Bromeliaceae	Tillandsia aizoides Mez	Hierba epífita	Nativa
237	Bromeliaceae	Tillandsia argentina C.H. Wright	Hierba epífita	Nativa
238	Bromeliaceae	Tillandsia angulosa Mez	Hierba epífita	Endémica
239	Bromeliaceae	Tillandsia bandensis Baker	Hierba epífita	Nativa
240	Bromeliaceae	Tillandsia caliginosa W. Till	Hierba epífita	Nativa
241	Bromeliaceae	Tillandsia capillaris Ruiz & Pav.	Hierba epífita	Nativa

242	Bromeliaceae	<i>Tillandsia castellanii</i> L.B. Sm.	Hierba epífita	Endémica
243	Bromeliaceae	<i>Tillandsia diaguitensis</i> A. Cast.	Hierba epífita	Endémica
244	Bromeliaceae	<i>Tillandsia duratii</i> Vis.	Hierba epífita	Nativa
245	Bromeliaceae	<i>Tillandsia friesii</i> Mez	Hierba epífita	Endémica
246	Bromeliaceae	<i>Tillandsia funebris</i> A. Cast.	Hierba epífita	Nativa
247	Bromeliaceae	<i>Tillandsia gilliesii</i> Baker	Hierba epífita	Nativa
248	Bromeliaceae	<i>Tillandsia ixioides</i> Griseb.	Hierba epífita	Nativa
249	Bromeliaceae	<i>Tillandsia lorentziana</i> Griseb.	Hierba epífita	Nativa
250	Bromeliaceae	<i>Tillandsia myosura</i> Griseb. ex Baker	Hierba epífita	Nativa
251	Bromeliaceae	<i>Tillandsia rectangula</i> Baker	Hierba epífita	Nativa
252	Bromeliaceae	<i>Tillandsia retorta</i> Griseb. ex Baker	Hierba epífita	Endémica
253	Bromeliaceae	<i>Tillandsia tenebra</i> L. Hrom. & W. Till	Hierba epífita	Endémica
254	Bromeliaceae	<i>Tillandsia tenuifolia</i> L.	Hierba epífita	Nativa
255	Bromeliaceae	<i>Tillandsia tricholepis</i> Baker	Hierba epífita	Nativa
256	Bromeliaceae	<i>Tillandsia xiphioides</i> Ker Gawl.	Hierba epífita	Nativa
257	Cactaceae	<i>Acanthocalycium glaucum</i> F. Ritter	Hierba suculenta	Endémica
258	Cactaceae	<i>Acanthocalycium thionanthum</i> (Speg.) Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
259	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia shaferi</i> (Britton & Rose) Backeb.	Subarbusto	Nativa
260	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia verschaffeltii</i> (Cels ex F.A.C. Weber) Backeb.	Subarbusto	Nativa
261	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia vestita</i> (Salm-Dyck) Backeb.	Subarbusto	Nativa
262	Cactaceae	<i>Blossfeldia liliputana</i> Werderm.	Hierba	Nativa
263	Cactaceae	<i>Cereus aethiops</i> Haw.	Arbusto	Nativa
264	Cactaceae	<i>Cereus forbesii</i> Otto ex C.F. Först.	Árbol	Nativa
265	Cactaceae	<i>Cleistocactus baumannii</i> (Lem.) Lem.	Hierba suculenta	Nativa
266	Cactaceae	<i>Cleistocactus smaragdiflorus</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	Subarbusto suculento	Nativa
267	Cactaceae	<i>Denmoza rhodacantha</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose	Subarbusto suculento	Endémica
268	Cactaceae	<i>Echinopsis albispinosa</i> K. Schum.	Hierba suculenta	Nativa
269	Cactaceae	<i>Echinopsis ancistrophora</i> Speg.	Hierba suculenta	Endémica
270	Cactaceae	<i>Echinopsis aurea</i> Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica

271	Cactaceae	<i>Echinopsis leucantha</i> (Gillies ex Salm-Dyck) Walp.	Subarbusto suculento	Endémica
272	Cactaceae	<i>Echinopsis silvestrii</i>	suculenta	Endémica
273	Cactaceae	<i>Echinopsis tubiflora</i> (Pfeiff.) Zucc.	Hierba subleñosa	Endémica
274	Cactaceae	<i>Gymnocalycium baldianum</i> (Speg.) Speg.	Hierba suculenta	Endémica
275	Cactaceae	<i>Gymnocalycium bayrianum</i> H. Till	Hierba suculenta	Endémica
276	Cactaceae	<i>Gymnocalycium hybopleurum</i> (K. Schum.) Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
277	Cactaceae	<i>Gymnocalycium marsoneri</i> Fric ex Y. Ito	Hierba suculenta	Endémica
278	Cactaceae	<i>Gymnocalycium mazanense</i> (Backeb.) Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
279	Cactaceae	<i>Gymnocalycium mucidum</i> Oehme	Hierba suculenta	Endémica
280	Cactaceae	<i>Gymnocalycium ochoterena</i> Backeb.		
281	Cactaceae	<i>Gymnocalycium pflanzii</i> (Vaupel) Werderm.	Hierba suculenta	Nativa
282	Cactaceae	<i>Gymnocalycium pugionacanthum</i> Backeb. ex H. Till	Hierba suculenta	Endémica
283	Cactaceae	<i>Gymnocalycium ragonesei</i> A. Cast.	Hierba suculenta	Endémica
284	Cactaceae	<i>Gymnocalycium ritterianum</i> Rausch	Hierba suculenta	Endémica
285	Cactaceae	<i>Gymnocalycium saglionis</i> (Cels) Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica
286	Cactaceae	<i>Gymnocalycium schickendantzii</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica
287	Cactaceae	<i>Gymnocalycium spagazzinii</i> Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica
288	Cactaceae	<i>Gymnocalycium stellatum</i> Speg.		
289	Cactaceae	<i>Harrisia bonplandii</i> (Pfeiff.) Britton & Rose	Hierba suculenta	Nativa
290	Cactaceae	<i>Harrisia pomanensis</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Britton & Rose	Subarbusto suculento	Nativa
291	Cactaceae	<i>Lobivia bruchii</i> Britton & Rose	Subarbusto suculento	Endémica
292	Cactaceae	<i>Lobivia chrysantha</i> (Werderm.) Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
293	Cactaceae	<i>Lobivia famatimensis</i> (Speg.) Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica
294	Cactaceae	<i>Lobivia formosa</i> (Pfeiff.) Dodds	Subarbusto suculento	Endémica
295	Cactaceae	<i>Lobivia haematantha</i> (Speg.) Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica
296	Cactaceae	<i>Lobivia korethroides</i> (Werderm.) Werderm.	Subarbusto suculento	Endémica
297	Cactaceae	<i>Lobivia longispina</i> Britton & Rose	Subarbusto suculento	Nativa
298	Cactaceae	<i>Lobivia nigricans</i> Wessner	Hierba suculenta	Endémica
299	Cactaceae	<i>Lobivia schreiteri</i> A. Cast.	Hierba suculenta	Endémica

300	Cactaceae	Maihueniopsis boliviana (Salm-Dyck) R. Kiesling	Subarbusto suculento	Nativa
301	Cactaceae	Maihueniopsis glomerata (Haw.) R. Kiesling	Subarbusto suculento	Nativa
302	Cactaceae	Maihueniopsis nigrispina (K. Schum.) R. Kiesling	Subarbusto suculento	Nativa
303	Cactaceae	Opuntia anacantha Speg.	Subarbusto suculento	Nativa
304	Cactaceae	Opuntia discolor Britton & Rose	Hierba suculenta	Nativa
305	Cactaceae	Opuntia quimilo K. Schum.	Arbusto suculento	Nativa
306	Cactaceae	Opuntia salmiana Parm.	Subarbusto suculento	Nativa
307	Cactaceae	Opuntia schickendantzii F.A.C. Weber	Subarbusto suculento	Nativa
308	Cactaceae	Opuntia sulphurea Gillies ex Salm-Dyck	Subarbusto suculento	Nativa
309	Cactaceae	Oreocereus celsianus (Lem. ex Salm-Dyck) Riccob.	Arbusto suculento	Nativa
310	Cactaceae	Oreocereus trollii (Kupper) Backeb.	Subarbusto suculento	Nativa
311	Cactaceae	Parodia aureicentra Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
312	Cactaceae	Parodia chrysacanthion (K. Schum.) Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
313	Cactaceae	Parodia maassii (Heese) A. Berger	Hierba suculenta	Nativa
314	Cactaceae	Parodia microsperma (F.A.C. Weber) Speg.	Hierba suculenta	Nativa
315	Cactaceae	Parodia stuemeri (Werderm.) Backeb.	Hierba suculenta	Endémica
316	Cactaceae	Pterocactus tuberosus (Pfeiff.) Britton & Rose	Hierba suculenta	Endémica
317	Cactaceae	Puna bonniae D.J. Ferguson & R. Kiesling	Hierba suculenta	Endémica
318	Cactaceae	Puna clavarioides (Pfeiff.) R. Kiesling	Hierba suculenta	Endémica
319	Cactaceae	Puna subterranea (R.E. Fr.) R. Kiesling	Hierba suculenta	Nativa
320	Cactaceae	Pyrrhocactus bulbocalyx (Werderm.) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica
321	Cactaceae	Rebutia minuscula K. Schum.	Hierba suculenta	Endémica
322	Cactaceae	Stetsonia coryne (Salm-Dyck) Britton & Rose	Árbol suculento	Nativa
323	Cactaceae	Tephrocactus alexanderi (Britton & Rose) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica
324	Cactaceae	Tephrocactus aoracanthus (Lem.) Lem.	Subarbusto suculento	Endémica
325	Cactaceae	Tephrocactus articulatus (Pfeiff.) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica
326	Cactaceae	Tephrocactus geometricus (A. Cast.) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica
327	Cactaceae	Tephrocactus molinensis (Speg.) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica
328	Cactaceae	Tephrocactus weberi (Speg.) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica

329	Cactaceae	<i>Trichocereus sangelesii</i> R. Kiesling	Subarbusto suculento	Endémica
330	Cactaceae	<i>Trichocereus andalgalensis</i> (F.A.C. Weber) Hosseus	Subarbusto suculento	Endémica
331	Cactaceae	<i>Trichocereus atacamensis</i> (Phil.) Backeb.	Arbusto suculento	Nativa
332	Cactaceae	<i>Trichocereus candicans</i> (Gillies ex Salm-Dyck) Britton & Rose	Arbusto suculento	Endémica
333	Cactaceae	<i>Trichocereus huascha</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	Subarbusto suculento	Endémica
334	Cactaceae	<i>Trichocereus schickendantzii</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	Subarbusto suculento	Endémica
335	Cactaceae	<i>Trichocereus smrzianus</i> (Backeb.) Backeb.	Subarbusto suculento	Endémica
336	Cactaceae	<i>Trichocereus strigosus</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose	Subarbusto suculento	Endémica
337	Cactaceae	<i>Trichocereus terscheckii</i> (Parm. ex Pfeiff.) Britton & Rose	Árbol suculento	Nativa
338	Cactaceae	<i>Trichocereus thelegonus</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	Arbusto suculento	Endémica
339	Cactaceae	<i>Tunilla corrugata</i> (Salm-Dyck) D.R. Hunt & Iliff	Subarbusto suculento	Endémica
340	Cactaceae	<i>Tunilla tilcarensis</i> (Backeb.) D.R. Hunt & J. Iliff	Hierba suculenta	Endémica
341	Fabaceae	<i>Acacia aroma</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Arbusto o arbolito	Nativa
342	Fabaceae	<i>Acacia caven</i> (Molina) Molina	Arbusto o arbolito	Nativa
343	Fabaceae	<i>Acacia gilliesii</i> Steud.	Arbusto o árbol	Nativa
344	Fabaceae	<i>Acacia praecox</i> Griseb.	Árbol	Nativa
345	Fabaceae	<i>Acacia visco</i> Lorentz ex Griseb.	Árbol	Nativa
346	Fabaceae	<i>Adesmia muricata</i> (Jacq.) DC.	Hierba	Nativa
347	Fabaceae	<i>Adesmia aegiceras</i> Phil.	Subarbusto	Endémica
348	Fabaceae	<i>Adesmia arenicola</i> (R.E. Fr.) Burkart	Arbusto	Endémica
349	Fabaceae	<i>Adesmia cordobensis</i> Burkart	Subarbusto	Endémica
350	Fabaceae	<i>Adesmia crassicaulis</i> Phil.	Subarbusto	Endémica
351	Fabaceae	<i>Adesmia cytisoides</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
352	Fabaceae	<i>Adesmia echinus</i> C. Presl	Subarbusto	Endémica
353	Fabaceae	<i>Adesmia erinacea</i> Phil.	Arbusto	Endémica
354	Fabaceae	<i>Adesmia friesii</i> Burkart ex Ulibarri	Arbusto	Endémica
355	Fabaceae	<i>Adesmia horrida</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Arbusto	Nativa
356	Fabaceae	<i>Adesmia incana</i> Vogel	Hierba	Endémica
357	Fabaceae	<i>Adesmia inflexa</i> Griseb.	Arbusto	Endémica

358	Fabaceae	<i>Adesmia minor</i> (Hook. & Arn.) Burkart	Subarbusto	Endémica
359	Fabaceae	<i>Adesmia miraflorensis</i> J. Remy	Arbusto	Nativa
360	Fabaceae	<i>Adesmia nanolignea</i> Burkart	Subarbusto	Endémica
361	Fabaceae	<i>Adesmia occulta</i> (R.E. Fr.) Burkart	Subarbusto	Nativa
362	Fabaceae	<i>Adesmia pumahuasiana</i> Ulibarri	Arbusto	Nativa
363	Fabaceae	<i>Adesmia retrofracta</i> Hook. & Arn.	Hierba	Endémica
364	Fabaceae	<i>Adesmia schickendanzii</i> Griseb.	Subarbusto	Nativa
365	Fabaceae	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen	Arbusto	Nativa
366	Fabaceae	<i>Adesmia trijuga</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Arbusto	Endémica
367	Fabaceae	<i>Amicia andicola</i> (Griseb.) Harms	Hierba	Nativa
368	Fabaceae	<i>Amicia fimbriata</i> Harms	Hierba	Nativa
369	Fabaceae	<i>Amicia medicaginea</i> Griseb.	Hierba	Nativa
370	Fabaceae	<i>Arachis monticola</i> Krapov. & Rigoni	Hierba	Endémica
371	Fabaceae	<i>Astragalus arequipensis</i> Vogel	Hierba	Nativa
372	Fabaceae	<i>Astragalus crypticus</i> l. M. Johnst.	Hierba	Endémica
373	Fabaceae	<i>Astragalus cryptobotrys</i> l. M. Johnst.	Hierba	Endémica
374	Fabaceae	<i>Astragalus famatinae</i> l. M. Johnst.	Hierba	Endémica
375	Fabaceae	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	Hierba	Nativa
376	Fabaceae	<i>Astragalus hypsogenus</i> l. M. Johnst.	Hierba	Nativa
377	Fabaceae	<i>Astragalus joergensenii</i> l. M. Johnst.	Hierba	Endémica
378	Fabaceae	<i>Astragalus weddellianus</i> (Kuntze) I.M. Johnst.	Hierba	Nativa
379	Fabaceae	<i>Caesalpinia exilifolia</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
380	Fabaceae	<i>Caesalpinia gilliesii</i> (Wall. ex Hook.) D. Dietr.	Arbusto	Nativa
381	Fabaceae	<i>Caesalpinia mimosifolia</i> Griseb.	Arbusto	Endémica
382	Fabaceae	<i>Caesalpinia trichocarpa</i> Griseb.	Arbusto	Nativa
383	Fabaceae	<i>Cercidium andicola</i> Griseb.	Arbusto	Nativa
384	Fabaceae	<i>Cercidium praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Harms	Arbusto	Endémica
385	Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	Hierba	Nativa
386	Fabaceae	<i>Cologania brousseauii</i> (Balb.) DC.	Subarbusto	Nativa

387	Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	Hierba	Nativa
388	Fabaceae	<i>Dalea boliviana</i> Britton	Hierba	Nativa
389	Fabaceae	<i>Dalea elegans</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Hierba	Endémica
390	Fabaceae	<i>Desmanthus acuminatus</i> Benth.	Hierba o subarbusto	Nativa
391	Fabaceae	<i>Galactia fiebrigiana</i> Burkart	Hierba o subarbusto	Endémica
392	Fabaceae	<i>Galactia texana</i> (Scheele) A. Gray	Hierba o subarbusto	Nativa
393	Fabaceae	<i>Geoffroea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart	Árbol	Nativa
394	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia doellii</i> Phil.	Hierba	Endémica
395	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia glauca</i> (Ortega) Eifert	Hierba	Nativa
396	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia minor</i> (Phil.) Ulibarri	Hierba	Nativa
397	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia pumilio</i> (Griseb.) B.B. Simpson	Arbusto	Endémica
398	Fabaceae	<i>Hoffmannseggia yaviensis</i> Ulibarri	Hierba	Nativa
399	Fabaceae	<i>Lathyrus macropus</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Hierba	Endémica
400	Fabaceae	<i>Lathyrus pubescens</i> Hook. & Arn.	Hierba	Endémica
401	Fabaceae	<i>Lupinus buchtienii</i> Rusby	Hierba	Nativa
402	Fabaceae	<i>Lupinus burkartianus</i> C.P. Sm.	Hierba	Endémica
403	Fabaceae	<i>Lupinus jujuyensis</i> C.P. Sm.	Hierba	Endémica
404	Fabaceae	<i>Lupinus tafiensis</i> C.P. Sm.	Hierba	Endémica
405	Fabaceae	<i>Lupinus umidicola</i> C.P. Sm.	Hierba	Endémica
406	Fabaceae	<i>Lupinustucumanensis</i> C.P. Sm.	Hierba	Endémica
407	Fabaceae	<i>Mimosa ephedroides</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Benth.	Arbusto o subarbusto	Endémica
408	Fabaceae	<i>Mimosa farinosa</i> Griseb.	Arbusto	Nativa
409	Fabaceae	<i>Mimozyanthus carinatus</i> (Griseb.) Burkart	Arbusto	Nativa
410	Fabaceae	<i>Poissonia heterantha</i> (Griseb.) Lavin	Hierba	Nativa
411	Fabaceae	<i>Prosopis alba</i> Griseb.	Árbol	Nativa
412	Fabaceae	<i>Prosopis argentina</i> Burkart	Arbusto	Endémica
413	Fabaceae	<i>Prosopis chilensis</i> (Molina) Stuntz emend. Burkart	Árbol	Endémica
414	Fabaceae	<i>Prosopis ferox</i> Griseb.	Arbusto o árbol	Nativa
415	Fabaceae	<i>Prosopis flexuosa</i> DC.	Arbusto	Endémica

416	Fabaceae	<i>Prosopis nigra</i> (Griseb.) Hieron.	Árbol	Endémica
417	Fabaceae	<i>Prosopis pugionata</i> Burkart	Árbol	Endémica
418	Fabaceae	<i>Prosopis sericantha</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Arbusto o árbol	Nativa
419	Fabaceae	<i>Prosopis strombulifera</i> (Lam.) Benth.	Arbusto	Endémica
420	Fabaceae	<i>Prosopis torquata</i> (Cav. ex Lag.) DC.	Arbusto o árbol	Endémica
421	Fabaceae	<i>Rhynchosia senna</i> Gillies ex Hook.	Hierba	Endémica
422	Fabaceae	<i>Senna aphylla</i> (Cav.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto o subarbusto	Nativa
423	Fabaceae	<i>Senna hirsuta</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Hierba o subarbusto	Nativa
424	Fabaceae	<i>Senna morongii</i> (Britton) H.S. Irwin & Barneby	Subarbusto	Nativa
425	Fabaceae	<i>Senna pendula</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto	Endémica
426	Fabaceae	<i>Senna rigida</i> (Hieron.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto o subarbusto	Endémica
427	Fabaceae	<i>Senna canthoclada</i> (Griseb.) H.S. Irwin & Barneby	Arbusto o subarbusto	Endémica
428	Fabaceae	<i>Vicia pampicola</i> Burkart	Enredadera	Nativa
429	Fabaceae	<i>Zornia contorta</i> Mohlenbr.	Hierba	Nativa
430	Fabaceae	<i>Zuccagnia punctata</i> Cav.	Arbusto	Endémica
431	Solanaceae	<i>Bouchetia anomala</i> (Miers) Britton & Rusby	Hierba	Endémica
432	Solanaceae	<i>Datura ferox</i> L.	Hierba	Nativa
433	Solanaceae	<i>Dunalia brachyacantha</i> Miers	Arbusto o árbol	Nativa
434	Solanaceae	<i>Eriolarynx lorentzii</i> (Dammer) Hunz.	Arbusto	Endémica
435	Solanaceae	<i>Fabiana densa</i> J. Remy	Arbusto	Nativa
436	Solanaceae	<i>Fabiana denudata</i> Miers	Arbusto	Endémica
437	Solanaceae	<i>Fabiana friesii</i> Dammer	Arbusto	Endémica
438	Solanaceae	<i>Fabiana patagonica</i> Speg.	Arbusto	Nativa
439	Solanaceae	<i>Fabiana punensis</i> S.C. Arroyo	Arbusto	Endémica
440	Solanaceae	<i>lochroma australe</i> Griseb.	Arbusto	Nativa
441	Solanaceae	<i>Jaborosa bergii</i> Hieron.	Hierba	Endémica
442	Solanaceae	<i>Jaborosa caulescens</i> Gillies & Hook.	Hierba	Nativa
443	Solanaceae	<i>Jaborosa lanigera</i> (Phil.) Hunz. & Barboza	Hierba	Endémica
444	Solanaceae	<i>Jaborosa odonelliana</i> Hunz.	Hierba	Endémica

445	Solanaceae	Jaborosa parviflora (Phil.) Hunz. & Barboza	Hierba	Nativa
446	Solanaceae	Jaborosa riojana Hunz. & Barboza	Hierba	Endémica
447	Solanaceae	Jaborosa rotacea (Lillo) Hunz. & Barboza	Hierba	Nativa
448	Solanaceae	Jaborosa sativa (Miers) Hunz. & Barboza	Hierba	Endémica
449	Solanaceae	Lycianthes lycioides (L.) Hassl.	Arbusto	Nativa
450	Solanaceae	Lycium americanum Jacq.	Arbusto	Nativa
451	Solanaceae	Lycium cestroides Schltld.	Arbusto o arbolito	Nativa
453	Solanaceae	Lycium chanar Phil.	Arbusto	Nativa
454	Solanaceae	Lycium chilense Miers ex Bertero	Arbusto	Endémica
455	Solanaceae	Lycium ciliatum Schltld.	Arbusto	Nativa
456	Solanaceae	Lycium elongatum Miers	Arbusto	Endémica
457	Solanaceae	Lycium infaustum Miers	Arbusto	Endémica
458	Solanaceae	Nicotiana acuminata (Graham) Hook.	Hierba	Endémica
459	Solanaceae	Nicotiana corymbosa J. Remy	Hierba	Nativa
460	Solanaceae	Nicotiana glauca Graham	Arbusto o subarbusto	Nativa
461	Solanaceae	Nicotiana noctiflora Hook.	Hierba	Nativa
462	Solanaceae	Nicotiana paa Mart. Crov.	Hierba	Nativa
463	Solanaceae	Nicotiana sylvestris Speg. & Comes	Hierba	Nativa
464	Solanaceae	Nicotiana undulata Ruiz & Pav.	Hierba	Nativa
465	Solanaceae	Nierembergia pulchella Gillies ex Miers	Hierba	Nativa
466	Solanaceae	Nierembergia rigida Miers	Hierba	Endémica
467	Solanaceae	Nierembergia tucumanensis Millán	Hierba	Endémica
468	Solanaceae	Petunia axillaris (Lam.) Britton, Stern & Poggenb.	Hierba	Nativa
469	Solanaceae	Physalis pruinosa L.	Hierba	Nativa
470	Solanaceae	Physalis viscosa L.	Hierba	Nativa
471	Solanaceae	Salpichroa organifolia (Lam.) Baill.	Hierba o subarbusto	Nativa
472	Solanaceae	Salpichroa scandens Dammer	Arbusto	Nativa
473	Solanaceae	Salpichroa tristis Miers	Arbusto	Nativa
474	Solanaceae	Solanum acaule Bitter	Hierba	Nativa

475	Solanaceae	<i>Solanum aloysiifolium</i> Dunal	Hierba o arbusto	Nativa
476	Solanaceae	<i>Solanum annuum</i> C.V. Morton	Hierba	Endémica
477	Solanaceae	<i>Solanum argentinum</i> Bitter & Lillo	Arbusto	Nativa
479	Solanaceae	<i>Solanum boliviense</i> Dunal	Hierba	Nativa
480	Solanaceae	<i>Solanum brevicaule</i> Bitter	Hierba	Nativa
482	Solanaceae	<i>Solanum brevipedunculatum</i> Rusby	Arbusto	Nativa
483	Solanaceae	<i>Solanum caesium</i> Griseb.	Hierba	Endémica
484	Solanaceae	<i>Solanum chacoense</i> Bitter	Hierba	Nativa
486	Solanaceae	<i>Solanum chamaesarachidium</i> Bitter	Hierba	Nativa
488	Solanaceae	<i>Solanum confusum</i> C.V. Morton	Arbusto o arbolito	Nativa
489	Solanaceae	<i>Solanum delitescens</i> C.V. Morton	Arbusto o subarbusto	Endémica
490	Solanaceae	<i>Solanum echeagarayi</i> Hieron.	Hierba	Endémica
491	Solanaceae	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	Hierba	Nativa
492	Solanaceae	<i>Solanum endoadenium</i> Bitter	Arbusto	Endémica
493	Solanaceae	<i>Solanum euacanthum</i> Phil.	Hierba	Endémica
494	Solanaceae	<i>Solanum hieronymi</i> Kuntze	Hierba	Nativa
495	Solanaceae	<i>Solanum incisum</i> Griseb.	Subarbusto	Endémica
496	Solanaceae	<i>Solanum infundibuliforme</i> Phil.	Hierba	Nativa
497	Solanaceae	<i>Solanum juvenale</i> Thell.	Hierba	Endémica
498	Solanaceae	<i>Solanum kurtzianum</i> Bitter & Wittm.	Hierba	Endémica
499	Solanaceae	<i>Solanum microdontum</i> Bitter	Hierba	Nativa
500	Solanaceae	<i>Solanum mortonii</i> Hunz.	Arbusto	Endémica
501	Solanaceae	<i>Solanum palinacanthum</i> Dunal	Arbusto	Nativa
502	Solanaceae	<i>Solanum palitans</i> C.V. Morton	Hierba	Nativa
503	Solanaceae	<i>Solanum salicifolium</i> Phil.	Arbusto	Endémica
504	Solanaceae	<i>Solanum sinuatirecurvum</i> Bitter	Hierba	Nativa
505	Solanaceae	<i>Solanum tripartitum</i> Dunal	Hierba	Nativa
506	Solanaceae	<i>Solanum venturii</i> Hawkes & Hjert.	Hierba	Endémica
507	Poaceae	<i>Agrostis glabra</i> (J. Presl) Kunth	Hierba	Endémica

508	Poaceae	<i>Agrostis inconspicua</i> Kunze ex E. Desv.	Hierba	Endémica
509	Poaceae	<i>Polypogon exasperatus</i> (Trin.) Renvoise	Hierba	Nativa
510	Poaceae	<i>Agrostis meyenii</i> Trin.	Hierba	Nativa
511	Poaceae	<i>Agrostis perennans</i> (Walter) Tuck.	Hierba	Nativa
512	Poaceae	<i>Agrostis toluensis</i> Kunth	Hierba	Nativa
513	Poaceae	<i>Anatherostipa bomanii</i> (Hauman) Peñailillo	Hierba	Nativa
514	Poaceae	<i>Anatherostipa mucronata</i> (Griseb.) F. Rojas	Hierba	Endémica
515	Poaceae	<i>Aristida achalensis</i> Mez	Hierba	Nativa
516	Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.	Hierba	Nativa
517	Poaceae	<i>Aristida antoniana</i> Steud. ex Döll	Hierba	Nativa
518	Poaceae	<i>Aristida asplundii</i> Henrard	Hierba	Nativa
519	Poaceae	<i>Aristida mendocina</i> Phil.	Hierba	Nativa
520	Poaceae	<i>Aristida pubescens</i> Caro & E.A. Sánchez	Hierba	Endémica
521	Poaceae	<i>Bouteloua aristidoides</i> (Kunth) Griseb.	Hierba	Nativa
522	Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	Hierba	Nativa
523	Poaceae	<i>Bouteloua simplex</i> Lag.	Hierba	Nativa
524	Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Hierba	Nativa
525	Poaceae	<i>Bromus flexuosus</i> Planchuelo	Hierba	Nativa
526	Poaceae	<i>Bromus lanatus</i> Kunth	Hierba	Nativa
527	Poaceae	<i>Bromus setifolius</i> J. Presl	Hierba	Endémica
528	Poaceae	<i>Chloris castilloniana</i> Lillo & Parodi	Hierba	Nativa
529	Poaceae	<i>Chloris ciliata</i> Sw.	Hierba	Endémica
530	Poaceae	<i>Chloris halophila</i> Parodi	Hierba	Nativa
531	Poaceae	<i>Chloris virgata</i> Sw.	Hierba	Nativa
532	Poaceae	<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf	Hierba	Nativa
533	Poaceae	<i>Cortaderia rudiusscula</i> Stapf	Hierba	Nativa
534	Poaceae	<i>Cortaderia seloana</i> (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn.	Hierba	Nativa
535	Poaceae	<i>Cortaderia speciosa</i> (Nees & Meyen) Stapf	Hierba	Nativa
536	Poaceae	<i>Deyeuxia breviaristata</i> Wedd.	Hierba	Nativa

537	Poaceae	<i>Deyeuxia brevifolia</i> J. Presl	Hierba	Nativa
538	Poaceae	<i>Deyeuxia cabreriae</i> (Parodi) Parodi	Hierba	Endémica
539	Poaceae	<i>Deyeuxia chrysantha</i> J. Presl	Hierba	Nativa
540	Poaceae	<i>Deyeuxia chrysophylla</i> Phil.	Hierba	Nativa
541	Poaceae	<i>Deyeuxia chrysostachya</i> E. Desv.	Hierba	Endémica
542	Poaceae	<i>Deyeuxia colorata</i> Beetle	Hierba	Nativa
543	Poaceae	<i>Deyeuxia crispa</i> Rúgolo & Villav.	Hierba	Nativa
544	Poaceae	<i>Deyeuxia cryptolopha</i> Wedd.	Hierba	Nativa
545	Poaceae	<i>Deyeuxia curta</i> Wedd.	Hierba	Nativa
546	Poaceae	<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	Hierba	Nativa
547	Poaceae	<i>Deyeuxia deserticola</i> Phil.	Hierba	Nativa
548	Poaceae	<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl	Hierba	Nativa
549	Poaceae	<i>Deyeuxia fiebrigii</i> (Pilg.) Rúgolo	Hierba	Nativa
550	Poaceae	<i>Deyeuxia filifolia</i> Wedd.	Hierba	Nativa
551	Poaceae	<i>Deyeuxia hackelii</i> (Lillo) Parodi	Hierba	Endémica
552	Poaceae	<i>Deyeuxia heterophylla</i> Wedd.	Hierba	Nativa
553	Poaceae	<i>Deyeuxia hieronymi</i> (Hack.) Türpe	Hierba	Nativa
554	Poaceae	<i>Deyeuxia lagurus</i> Wedd.	Hierba	Nativa
555	Poaceae	<i>Deyeuxia malamalensis</i> (Hack.) Parodi	Hierba	Nativa
556	Poaceae	<i>Deyeuxia polygama</i> (Griseb.) Parodi	Hierba	Endémica
557	Poaceae	<i>Deyeuxia rigescens</i> (J. Presl) Türpe	Hierba	Nativa
558	Poaceae	<i>Deyeuxia spicigera</i> J. Presl	Hierba	Nativa
559	Poaceae	<i>Deyeuxia trichodonta</i> Wedd.	Hierba	Nativa
560	Poaceae	<i>Deyeuxia velutina</i> Nees & Meyen	Hierba	Endémica
561	Poaceae	<i>Deyeuxia vicunarum</i> Wedd.	Hierba	Nativa
562	Poaceae	<i>Deyeuxia violacea</i> Wedd.	Hierba	Nativa
563	Poaceae	<i>Digitaria californica</i> (Benth.) Henrard	Hierba	Nativa
564	Poaceae	<i>Distichlis humilis</i> Phil.	Hierba	Nativa
565	Poaceae	<i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene	Hierba	Nativa

566	Poaceae	<i>Eragrostis andicola</i> R.E. Fr.	Hierba	Nativa
567	Poaceae	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Hierba	Nativa
568	Poaceae	<i>Eragrostis nigricans</i> (Kunth) Steud.	Hierba	Nativa
569	Poaceae	<i>Eragrostis orthoclada</i> Hack.	Hierba	Nativa
570	Poaceae	<i>Eragrostis polytricha</i> Nees	Hierba	Nativa
571	Poaceae	<i>Eragrostis trichocolea</i> Hack. & Arechav.	Hierba	Nativa
572	Poaceae	<i>Festuca acanthophylla</i> E. Desv.	Hierba	Nativa
573	Poaceae	<i>Festuca argentinensis</i> (St.-Yves) Túrpe	Hierba	Nativa
574	Poaceae	<i>Festuca chrysophylla</i> Phil.	Hierba	Nativa
575	Poaceae	<i>Festuca dissitiflora</i> Steud. ex Griseb.	Hierba	Nativa
576	Poaceae	<i>Festuca fiebrigii</i> Pilg.	Hierba	Nativa
577	Poaceae	<i>Festuca hieronymi</i> Hack.	Hierba	Nativa
578	Poaceae	<i>Festuca humilior</i> Nees & Meyen	Hierba	Nativa
579	Poaceae	<i>Festuca lilloi</i> Hack.	Hierba	Nativa
580	Poaceae	<i>Festuca nardifolia</i> Griseb.	Hierba	Endémica
581	Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i> Pilg.	Hierba	Nativa
582	Poaceae	<i>Festuca parodii</i> St.-Yves	Hierba	Endémica
583	Poaceae	<i>Festuca uninodis</i> Hack.	Hierba	Endémica
584	Poaceae	<i>Festuca weberbaueri</i> Pilg.	Hierba	Nativa
585	Poaceae	<i>Hordeum comosum</i> J. Presl	Hierba	Nativa
586	Poaceae	<i>Hordeum muticum</i> J. Presl	Hierba	Nativa
587	Poaceae	<i>Hordeum pubiflorum</i> Hook. f.	Hierba	Nativa
588	Poaceae	<i>Jarava castellanosii</i> (F.A. Roig) Peñailillo	Hierba	Endémica
589	Poaceae	<i>Jarava hystericina</i> (Speg.) Peñailillo	Hierba	Endémica
590	Poaceae	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	Hierba	Nativa
591	Poaceae	<i>Jarava leptostachya</i> (Griseb.) F. Rojas	Hierba	Nativa
592	Poaceae	<i>Jarava media</i> (Speg.) Peñailillo	Hierba	Endémica
593	Poaceae	<i>Jarava neaei</i> (Nees ex Steud.) Peñailillo	Hierba	Endémica
594	Poaceae	<i>Jarava plumosula</i> (Nees ex Steud.) F. Rojas	Hierba	Nativa

595	Poaceae	Jarava scabrifolia (Torres) Peñailillo	Hierba	Nativa
596	Poaceae	Jarava scirpea (Speg.) Peñailillo	Hierba	Endémica
597	Poaceae	Jarava subaristata (Matthei) Matthei	Hierba	Endémica
598	Poaceae	Melica chilensis J. Presl	Hierba	Nativa
599	Poaceae	Melica macra Nees	Hierba	Endémica
600	Poaceae	Muhlenbergia asperifolia (Nees & Meyen ex Trin.) Parodi	Hierba	Nativa
601	Poaceae	Muhlenbergia atacamensis Parodi	Hierba	Nativa
602	Poaceae	Muhlenbergia fastigiata (J. Presl) Henrard	Hierba	Nativa
603	Poaceae	Muhlenbergia ligularis (Hack.) Hitchc.	Hierba	Nativa
604	Poaceae	Muhlenbergia peruviana (P. Beauv.) Steud.	Hierba	Nativa
605	Poaceae	Muhlenbergia rigida (Kunth) Kunth	Hierba	Nativa
606	Poaceae	Munroa andina Phil.	Hierba	Nativa
607	Poaceae	Munroa argentina Griseb.	Hierba	Nativa
608	Poaceae	Munroa decumbens Phil.	Hierba	Nativa
609	Poaceae	Munroa mendocina Phil.	Hierba	Endémica
610	Poaceae	Nassella arcaënsis (Speg.) Torres	Hierba	Endémica
611	Poaceae	Nassella arcuata(R.E. Fr.) Torres	Hierba	Nativa
612	Poaceae	Nassella cabrerae Torres	Hierba	Nativa
613	Poaceae	Nassella caespitosa Griseb.	Hierba	Nativa
614	Poaceae	Nassella depauperata (Pilg.) Barkworth	Hierba	Nativa
615	Poaceae	Nassella elata (Speg.) Torres	Hierba	Nativa
616	Poaceae	Nassella glabripodaTorres	Hierba	Endémica
617	Poaceae	Nassella holwayii (Hitchc.) Barkworth	Hierba	Nativa
618	Poaceae	Nassella mexicana (Hitchc.) Pohl	Hierba	Nativa
619	Poaceae	Nassella meyeniana (Trin. & Rupr.) Parodi	Hierba	Nativa
620	Poaceae	Nassella meyeri Torres	Hierba	Endémica
621	Poaceae	Nassella nardoides (Phil.) Barkworth	Hierba	Nativa
622	Poaceae	Nassella novari Torres	Hierba	Endémica
623	Poaceae	Nassella pampagrandensis (Speg.) Barkworth	Hierba	Nativa

624	Poaceae	<i>Nassella pubiflora</i> (Trin. & Rupr.) E. Desv.	Hierba	Nativa
625	Poaceae	<i>Nassella punensis</i> Torres	Hierba	Nativa
626	Poaceae	<i>Pappophorum caespitosum</i> R.E. Fr.	Hierba	Nativa
627	Poaceae	<i>Pappophorum pappiferum</i> (Lam.) Kuntze	Hierba	Nativa
628	Poaceae	<i>Pappophorum phillippianum</i> Parodi	Hierba	Nativa
629	Poaceae	<i>Poa calchaquiensis</i> Hack.	Hierba	Nativa
630	Poaceae	<i>Poa dolichophylla</i> Hack.	Hierba	Endémica
631	Poaceae	<i>Poa hieronymi</i> Hack.	Hierba	Endémica
632	Poaceae	<i>Poa huecu</i> Parodi	Hierba	Endémica
633	Poaceae	<i>Poa humillima</i> Pilg.	Hierba	Nativa
634	Poaceae	<i>Poa kurtzii</i> R.E. Fr.	Hierba	Nativa
635	Poaceae	<i>Poa laetevirens</i> R.E. Fr.	Hierba	Nativa
636	Poaceae	<i>Poa lilloi</i> Hack.	Hierba	Nativa
637	Poaceae	<i>Poa parviceps</i> Hack.	Hierba	Endémica
638	Poaceae	<i>Setaria cordobensis</i> R.A.W. Herrm.	Hierba	Endémica
639	Poaceae	<i>Setaria hunzikeri</i> Anton	Hierba	Nativa
640	Poaceae	<i>Setaria lachnea</i> (Nees) Kunth	Hierba	Nativa
641	Poaceae	<i>Setaria macrostachya</i> Kunth	Hierba	Nativa
642	Poaceae	<i>Setaria oblongata</i> (Griseb.) Parodi	Hierba	Nativa
643	Poaceae	<i>Setaria pampeana</i> Parodi ex Nicora	Hierba	Endémica
644	Poaceae	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	Hierba	Nativa
645	Poaceae	<i>Sporobolus maximus</i> Hauman	Hierba	Endémica
646	Poaceae	<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) Hitchc.	Hierba	Nativa
647	Poaceae	<i>Sporobolus rigens</i> (Trin.) E. Desv.	Hierba	Nativa

ANEXO 2. Las especies endémicas incluídas en el **Capítulo III** (505 especies), con su correspondiente área de endemismo en la región NOA. Para el autor de las especies y los detalles sobre la distribución ver Aagesen et al. (2012). Las especies con * son las que pudieron modelarse y que se utilizaron específicamente en el **Capítulo IV**.

IAN: Valles interandinos Norte; IAS: Valles interandinos Sur.

Familia	Especie	Area de endemismo
Acanthaceae	<i>Aphelandra lilacina</i>	Jujuy
Acanthaceae	<i>Dicliptera cabreræ</i> *	Jujuy-Tucuman
Acanthaceae	<i>Justicia hunzikeri</i> *	Valle Fertil-Talampaya
Acanthaceae	<i>Justicia riojana</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Alliaceae	<i>Schickendantziella trichosepala</i> *	Jujuy-Tucuman
Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria bakeri</i>	Ambato
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea macrocephala</i>	Jujuy-Tucuman
Amaranthaceae	<i>Alternanthera cana</i>	Sur de San Juan
Amaranthaceae	<i>Alternanthera cinerella</i>	Tucuman
Amaranthaceae	<i>Gomphrena cladotrichoides</i> *	Sur de San Juan
Amaranthaceae	<i>Gomphrena radiata</i> *	Jujuy-Tucuman
Amarillidaceae	<i>Chlidanthus yaviensis</i>	SantaVictoria-Yavi
Amarillidaceae	<i>Habranthus andalgalensis</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Amarillidaceae	<i>Habranthus pictus</i>	Ambato
Amarillidaceae	<i>Habranthus riojanus</i>	Famatina
Amarillidaceae	<i>Habranthus ruizlealii</i>	Otras areas
Amarillidaceae	<i>Hieronymiella aurea</i> *	Salta
Amarillidaceae	<i>Hieronymiella marginata</i> *	NOA
Amarillidaceae	<i>Hieronymiella speciosa</i> *	Jujuy-Tucuman
Amarillidaceae	<i>Hippeastrum aglaiae</i> *	Jujuy-Tucuman
Amarillidaceae	<i>Zephyranthes andina</i> *	Jujuy
Amarillidaceae	<i>Zephyranthes diluta</i> *	VallesIAS
Anacampserotaceae	<i>Anacampseros vulcanensis</i> *	Jujuy
Anacardiaceae	<i>Schinus gracilipes</i> *	Jujuy-Tucuman
Anthericaceae	<i>Anthericum argentinense</i> *	Jujuy-Tucuman
Anthericaceae	<i>Anthericum hickenianum</i> *	Jujuy-Tucuman
Apiaceae	<i>Austropeucedanum oreopansil</i> *	Jujuy-Tucuman
Apiaceae	<i>Bowlesia hieronymusii</i>	Jujuy-Tucuman
Apiaceae	<i>Bowlesia venturii</i>	Tucuman
Apiaceae	<i>Eringyum lorentzii</i> *	Tucuman
Apiaceae	<i>Mulinum axilliflorum</i> *	Jujuy
Apiaceae	<i>Mulinum famatinense</i> *	NOA

Apocynaceae	<i>Jobinia samuelsonii</i>	Tucuman
Apocynaceae	<i>Jobinia glossostelma</i>	Tucuman
Apocynaceae	<i>Macropharynx meyeri</i> *	Jujuy
Apocynaceae	<i>Matelea schreiteri</i> *	Jujuy
Apocynaceae	<i>Metastelma microgynostegia</i> *	Jujuy
Apocynaceae	<i>Petalostelma sarcostemma</i> *	Tucuman
Apocynaceae	<i>Philibertia affinis</i>	Jujuy
Apocynaceae	<i>Philibertia barbata</i> *	Jujuy-Tucuman
Apocynaceae	<i>Philibertia castillonii</i>	Jujuy
Apocynaceae	<i>Philibertia cionophora</i> *	Jujuy-Tucuman
Apocynaceae	<i>Philibertia coalita</i>	Ambato
Apocynaceae	<i>Philibertia nivea</i> *	Jujuy-Tucuman
Apocynaceae	<i>Philibertia subnivea</i>	Salta
Apocynaceae	<i>Oxypetalum tucumanense</i>	Jujuy-Tucuman
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia melanoglossa</i> *	Tucuman
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia oranensis</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Antennaria sleumeri</i>	SantaVictoria-Yavi
Asteraceae	<i>Famatinanthus decussatus</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Aphyllocladus ephedroides</i> *	Oeste de de San Juan
Asteraceae	<i>Baccharis cabrerae</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Baccharis famatinensis</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Baccharis kurtziana</i> *	VallesIAS
Asteraceae	<i>Baccharis niederleinii</i>	VallesIAS
Asteraceae	<i>Baccharis petrophila</i>	Salta
Asteraceae	<i>Baccharis polygama</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Baccharis rodriguezii</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Baccharis neorupestris</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Cabreraea andina</i> *	VallesIAS
Asteraceae	<i>Conyza cordata</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Chersodoma argentina</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Chersodoma glabriuscula</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Chilotrichiopsis ledifolia</i> *	IAN valles-Cat_Lri
Asteraceae	<i>Chuquiraga calchaquina</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Chuquiraga echegaray</i> *	Sur de San Juan
Asteraceae	<i>Leptostelma tucumanense</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Critonia arachnoidea</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Campuloclinium hickenii</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Flourensia blakeana</i> *	IAN valles-Cat_Lri
Asteraceae	<i>Flourensia hirta</i> *	VallesIAS
Asteraceae	<i>Flourensia leptopoda</i> *	Otras areas
Asteraceae	<i>Flourensia macroligulata</i> *	Jujuy-Tucuman

Asteraceae	<i>Flourensia niederleinii</i> *	Famatina
Asteraceae	<i>Flourensia riparia</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Flourensia suffrutescens</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Flourensia tortuosa</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Asteraceae	<i>Gamochaeta longipedicellata</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium yalaense</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Gutierrezia repens</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Hieracium cienegae</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Hieracium kieslingii</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Hieracium lorentzianum</i> *	Ambato
Asteraceae	<i>Hieracium luteomontanum</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Hieracium neofurcatum</i>	SantaVictoria-Yavi
Asteraceae	<i>Hieracium niederleinii</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Hieracium sordidum</i> *	Ambato
Asteraceae	<i>Hieracium streptochaetum</i>	NOA
Asteraceae	<i>Hieracium tucumanicum</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Hieracium vervoorstii</i>	Ambato
Asteraceae	<i>Holocheilus fabrisii</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Huarpea andina</i>	Oeste de de San Juan
Asteraceae	<i>Hyaloseris rubicunda</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Hysterionica aberrans</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Hysterionica pulchella</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Asteraceae	<i>Isostigma molfinianum</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Laennecia altoandina</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Luciliocline catamarcense</i>	Ambato
Asteraceae	<i>Microliabum eremophilum</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Microliabum humile</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Mikania jujuyensis</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Mikania minima</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Mikania siambonensis</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Mutisia saltensis</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Mutisia kurtzii</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Perezia volcanensis</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Porophyllum cabreriae</i>	Salta
Asteraceae	<i>Senecio ambatensis</i>	Ambato
Asteraceae	<i>Stevia centinelae</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Stevia crassicephala</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Stevia jujuyensis</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Stevia okadae</i>	SantaVictoria-Yavi
Asteraceae	<i>Stevia yalae</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Tagetes riojana</i> *	VallesIAS

Asteraceae	<i>Tagetes rupestris</i> *	Tucuman
Asteraceae	<i>Trichocline macrorhiza</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Verbesina saltensis</i>	Salta
Asteraceae	<i>Vernonia lipeoensis</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Vernonia novarae</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio altoandinus</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio argophylloides</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Senecio asplenifolius</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio belenensis</i>	Tinogasta-Belen
Asteraceae	<i>Senecio cajoensis</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Lomanthus calchaquinus</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio calingastensis</i>	Sur de San Juan
Asteraceae	<i>Senecio catamarcensis</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio cremeiflorus</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio cremnicola</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Senecio cremnophilus</i>	Oeste de San Juan
Asteraceae	<i>Senecio cylindrocephalus</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Senecio delicatulus</i>	Tinogasta-Belen
Asteraceae	<i>Senecio diaguita</i> *	VallesIAS
Asteraceae	<i>Senecio fabrisii</i>	IAN valles-Sal_Cat
Asteraceae	<i>Senecio famatinensis</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Senecio flagellifolius</i> *	Jujuy-Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio friesii</i>	NOA
Asteraceae	<i>Senecio infimus</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio keshua</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio krapovickasii</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Senecio kunturinus</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio lanosissimus</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Senecio lilloi</i>	Tinogasta-Belen
Asteraceae	<i>Senecio maculatus</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio niederleinii</i>	Famatina
Asteraceae	<i>Senecio octolepis</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Senecio pseudotites</i>	NOA
Asteraceae	<i>Senecio punae</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio sanagastae</i>	VallesIAS
Asteraceae	<i>Senecio tonoanus</i>	IAN valles-Cat_LRi
Asteraceae	<i>Senecio schreiteri</i> *	NOA
Asteraceae	<i>Senecio tilcarensis</i> *	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio tocomarensis</i>	Jujuy
Asteraceae	<i>Senecio tucumanensis</i>	Tucuman
Asteraceae	<i>Senecio vervoorstii</i>	IAN valles-Sal_Cat

Asteraceae	<i>Senecio yalae</i> *	Jujuy
Begoniaceae	<i>Begonia sleumeri</i>	Jujuy
Begoniaceae	<i>Begonia tafiensis</i> *	Tucuman
Berberidaceae	<i>Berberis lilloana</i> *	Jujuy-Tucuman
Boraginaceae	<i>Cryptantha latefissa</i>	Oeste de San Juan
Boraginaceae	<i>Heliotropium ruiz-lealii</i> *	Sur de San Juan
Boraginaceae	<i>Ixorhea tschudiana</i> *	Salta
Brassicaceae	<i>Descurainia stricta</i> *	Otras areas
Brassicaceae	<i>Descurainia erodiifolia</i>	Sur de San Juan
Brassicaceae	<i>Dictyophragmus punensis</i> *	Jujuy
Brassicaceae	<i>Draba burkartiana</i> *	Jujuy-Tucuman
Brassicaceae	<i>Draba tucumanensis</i> *	NOA
Brassicaceae	<i>Exhalimolobos burkartii</i>	Jujuy
Brassicaceae	<i>Lepidium jujuyanum</i>	Jujuy
Brassicaceae	<i>Lepidium argentinum</i> *	NOA
Brassicaceae	<i>Mancoa venturii</i> *	Jujuy
Brassicaceae	<i>Menonvillea famatinensis</i>	Famatina
Brassicaceae	<i>Parodiodoxa chionophila</i> *	Jujuy-Tucuman
Brassicaceae	<i>Petroravenia esepata</i>	Jujuy
Brassicaceae	<i>Polypsecadium tucumanense</i>	Jujuy-Tucuman
Brassicaceae	<i>Sarcodraba andina</i>	Oeste de San Juan
Bromeliaceae	<i>Deuterocohnia haumanii</i> *	NOA
Bromeliaceae	<i>Pitcairnia saltensis</i>	Jujuy
Bromeliaceae	<i>Puya assurgens</i>	Jujuy
Bromeliaceae	<i>Puya castellanosi</i> *	Salta
Bromeliaceae	<i>Puya harmsii</i> *	Ambato
Bromeliaceae	<i>Puya lilloi</i> *	Jujuy-Tucuman
Bromeliaceae	<i>Puya micrantha</i>	Jujuy
Bromeliaceae	<i>Puya smithii</i> *	Jujuy-Tucuman
Bromeliaceae	<i>Puya volcanensis</i>	Jujuy-Tucuman
Bromeliaceae	<i>Puya weberiana</i> *	Salta
Bromeliaceae	<i>Puya yakespala</i>	SantaVictoria-Yavi
Bromeliaceae	<i>Tillandsia albertiana</i>	Salta
Bromeliaceae	<i>Tillandsia brealitoensis</i>	Salta
Bromeliaceae	<i>Tillandsia friesii</i> *	Jujuy-Tucuman
Bromeliaceae	<i>Tillandsia tenebra</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Bromeliaceae	<i>Tillandsia zecheri</i>	Jujuy-Tucuman
Cactaceae	<i>Acanthocylidium ferrarii</i> *	Tucuman
Cactaceae	<i>Acanthocylidium glaucum</i>	Ambato
Cactaceae	<i>Acanthocylidium thionanthum</i> *	Salta
Cactaceae	<i>Echinopsis silvestrii</i> *	Salta

Cactaceae	<i>Gymnocalycium albiaerolatum*</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Gymnocalycium baldianum *</i>	IAN valles-Cat_LRi
Cactaceae	<i>Gymnocalycium bayrianum *</i>	Tucuman
Cactaceae	<i>Gymnocalycium castellanosii *</i>	Valle Fertil-Talampaya
Cactaceae	<i>Gymnocalycium hybopleurum*</i>	Ambato
Cactaceae	<i>Gymnocalycium kieslingii</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Gymnocalycium marsoneri*</i>	Salta
Cactaceae	<i>Gymnocalycium mazanense</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Gymnocalycium mucidum</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Gymnocalycium pugionacanthum*</i>	IAN valles-Cat_LRi
Cactaceae	<i>Gymnocalycium ragonesei</i>	Otras areas
Cactaceae	<i>Gymnocalycium ritterianum</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Gymnocalycium saglionis *</i>	NOA
Cactaceae	<i>Gymnocalycium spegazzinii *</i>	Jujuy-Tucuman
Cactaceae	<i>Gymnocalycium uebelmannianum</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Lobivia bruchii</i>	Tucuman
Cactaceae	<i>Lobivia crassicaulis</i>	Ambato
Cactaceae	<i>Lobivia chrysantha</i>	Salta
Cactaceae	<i>Lobivia chrysochete</i>	SantaVictoria-Yavi
Cactaceae	<i>Lobivia densispina</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Lobivia einsteinii*</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Lobivia famatimensis*</i>	VallesIAS
Cactaceae	<i>Lobivia gonjianii</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Lobivia haematantha *</i>	IAN valles-Sal_Cat
Cactaceae	<i>Lobivia jajoiana</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Lobivia korethroides</i>	Salta
Cactaceae	<i>Lobivia marsoneri</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Lobivia nigricans</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Lobivia sanguiniflora</i>	SantaVictoria-Yavi
Cactaceae	<i>Lobivia schreiteri</i>	Tucuman
Cactaceae	<i>Lobivia walteri</i>	Salta
Cactaceae	<i>Maihuenipsis minuta*</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Parodia aureicentra *</i>	Salta
Cactaceae	<i>Parodia chrysacanthion</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Parodia nivosa</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Parodia penicillata</i>	Salta
Cactaceae	<i>Parodia stuemeri *</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Pterocactus megliolli</i>	Sur de San Juan
Cactaceae	<i>Puna bonniae</i>	Tinogasta-Belen
Cactaceae	<i>Pyrrhocactus umadeave *</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Pyrrhocactus kattermannii</i>	VallesIAS

Cactaceae	<i>Pyrocactus sanjuanensis*</i>	Sur de San Juan
Cactaceae	<i>Rebutia deminuta</i>	Jujuy-Tucuman
Cactaceae	<i>Rebutia margarethae</i>	SantaVictoria-Yavi
Cactaceae	<i>Rebutia marsoneri</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Rebutia minuscula *</i>	Jujuy-Tucuman
Cactaceae	<i>Tephrocactus alexanderi*</i>	VallesIAS
Cactaceae	<i>Tephrocactus geometricus*</i>	Tinogasta-Belen
Cactaceae	<i>Tephrocactus molinensis</i>	Salta
Cactaceae	<i>Tephrocactus weberi</i>	NOA
Cactaceae	<i>Trichocereus andalgalensis *</i>	IAN valles-Cat_LRi
Cactaceae	<i>Trichocereus angelesii</i>	Salta
Cactaceae	<i>Trichocereus cabrerai *</i>	IAN valles-Cat_LRi
Cactaceae	<i>Trichocereus fabrisii</i>	Jujuy
Cactaceae	<i>Trichocereus huascha *</i>	IAN valles-Cat_LRi
Cactaceae	<i>Trichocereus pseudocandicans</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Trichocereus schickendantzii</i>	Tucuman
Cactaceae	<i>Trichocereus smrzianus</i>	Salta
Cactaceae	<i>Trichocereus terscheckii*</i>	NOA
Cactaceae	<i>Trichocereus thelegonus</i>	Jujuy-Tucuman
Cactaceae	<i>Trichocereus vatteri</i>	Famatina
Cactaceae	<i>Tunilla tilcarensis</i>	Jujuy
Calceolariaceae	<i>Calceolaria lepidota</i>	Tinogasta-Belen
Calyceraceae	<i>Boopis castillonii</i>	Ambato
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum convexum*</i>	NOA
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum mucronulatum</i>	Jujuy
Caryophyllaceae	<i>Silene bersieri</i>	Jujuy
Caryophyllaceae	<i>Silene haumanii*</i>	Jujuy
Caryophyllaceae	<i>Silene margaritae</i>	Tinogasta-Belen
Caryophyllaceae	<i>Stellaria aphanantha</i>	Tucuman
Caryophyllaceae	<i>Stellaria cryptopetala*</i>	Jujuy-Tucuman
Caryophyllaceae	<i>Phemeranthus punae*</i>	Jujuy-Tucuman
Celastraceae	<i>Maytenus cuezzoi *</i>	Jujuy
Convolvulaceae	<i>Cuscuta argentiniana*</i>	Ambato
Convolvulaceae	<i>Cuscuta friesii</i>	Jujuy
Convolvulaceae	<i>Ipomoea lilloana*</i>	Jujuy-Tucuman
Convolvulaceae	<i>Ipomoea volcanensis*</i>	Jujuy
Crassulaceae	<i>Sedum jujuyense</i>	Jujuy
Cucurbitaceae	<i>Pteropepon argentinense*</i>	Jujuy-Tucuman
Cucurbitaceae	<i>Sicyos ignarus</i>	Jujuy
Cyperaceae	<i>Carex humahuacaensis</i>	Otras areas
Cyperaceae	<i>Carex pseudomacloviana</i>	Jujuy-Tucuman

Cyperaceae	<i>Carex tucumanensis</i>	Tucuman
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea castilloniana</i> *	Jujuy
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea entomophila</i>	Tucuman
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea stenopetala</i> *	Salta
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea trifurcata</i>	Ambato
Euphorbiaceae	<i>Acalypha friesii</i> *	Jujuy
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia marayensis</i> *	NOA
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia verwoorstii</i>	Salta
Fabaceae	<i>Adesmia arenicola</i> *	Jujuy
Fabaceae	<i>Adesmia crassicaulis</i> *	Otras areas
Fabaceae	<i>Adesmia cytisoides</i> *	NOA
Fabaceae	<i>Adesmia friesii</i> *	Jujuy
Fabaceae	<i>Adesmia hunzikeri</i> *	VallesIAS
Fabaceae	<i>Adesmia nanoligera</i> *	VallesIAS
Fabaceae	<i>Adesmia pseudoincana</i>	IAN valles-Cat_LRi
Fabaceae	<i>Adesmia sanjuanensis</i>	Oeste de San Juan
Fabaceae	<i>Astragalus boelckeii</i> *	Oeste de San Juan
Fabaceae	<i>Astragalus burkartii</i> *	Jujuy-Tucuman
Fabaceae	<i>Astragalus crypticus</i> *	Otras areas
Fabaceae	<i>Astragalus fabrisii</i>	Jujuy
Fabaceae	<i>Astragalus joergensenii</i> *	Jujuy-Tucuman
Fabaceae	<i>Astragalus nelidae</i> *	Oeste de San Juan
Fabaceae	<i>Astragalus pulviniformis</i>	Oeste de San Juan
Fabaceae	<i>Astragalus punae</i>	Jujuy
Fabaceae	<i>Lupinus alivillosus</i>	IAN valles-Cat_LRi
Fabaceae	<i>Lupinus austrorientalis</i> *	Jujuy-Tucuman
Fabaceae	<i>Lupinus burkartianus</i>	Ambato
Fabaceae	<i>Lupinus hieronymii</i>	Famatina
Fabaceae	<i>Lupinus jujuyensis</i>	Jujuy
Fabaceae	<i>Lupinus tucumanensis</i> *	IAN valles-Cat_Lri
Fabaceae	<i>Lupinus ultramontanus</i>	Jujuy-Tucuman
Fabaceae	<i>Prosopis calingastana</i>	Sur de San Juan
Fabaceae	<i>Ramorinoa girolae</i> *	Valle Fertil-Talampaya
Fabaceae	<i>Senna trichosepala</i> *	VallesIAS
Fabaceae	<i>Senna pachyrrhiza</i>	Ambato
Fabaceae	<i>Senna rigidicaulis</i> *	Salta
Fabaceae	<i>Sophora rhynchocarpa</i>	Tucuman
Gentianaceae	<i>Gentianella bromifolia</i> *	Jujuy-Tucuman
Gentianaceae	<i>Gentianella cabreriae</i>	SantaVictoria-Yavi
Gentianaceae	<i>Gentianella claytonioides</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Gentianaceae	<i>Gentianella cosmantha</i> *	Jujuy-Tucuman

Gentianaceae	<i>Gentianella hieronymi</i> *	Jujuy-Tucuman
Gentianaceae	<i>Gentianella kurtzii</i> *	IAN valles-Cat_L Ri
Gentianaceae	<i>Gentianella multiflora</i>	Jujuy
Gentianaceae	<i>Gentianella pulla</i> *	IAN valles-Sal_Cat
Gentianaceae	<i>Gentianella punensis</i>	Otras areas
Gentianaceae	<i>Gentianella riojae</i>	Famatina
Gentianaceae	<i>Gentianella tubulosa</i> *	Jujuy-Tucuman
Geraniaceae	<i>Geranium leucanthum</i> *	Jujuy-Tucuman
Geraniaceae	<i>Geranium tafiense</i>	Salta
Hypoxidaceae	<i>Hypoxis catamarcensis</i>	Tucuman
Iridaceae	<i>Cardenanthus venturi</i>	Jujuy-Tucuman
Iridaceae	<i>Cypella elegans</i>	Jujuy
Iridaceae	<i>Ennealophus fimbriatus</i>	Jujuy-Tucuman
Iridaceae	<i>Ennealophus simplex</i>	Jujuy-Tucuman
Iridaceae	<i>Mastigostyla brachiandra</i>	SantaVictoria-Yavi
Iridaceae	<i>Mastigostyla implicata</i>	SantaVictoria-Yavi
Iridaceae	<i>Mastigostyla johnstoni</i>	Tucuman
Iridaceae	<i>Sisyrinchium biflorum</i>	Ambato
Iridaceae	<i>Sisyrinchium tucumanum</i>	Tucuman
Juncaceae	<i>Oxychloe castellanosi</i> *	Oeste de San Juan
Ledocarpaceae	<i>Balbisia calycina</i> *	NOA
Loasaceae	<i>Caiophora aconquijae</i> *	Tucuman
Loasaceae	<i>Caiophora mollis</i> *	NOA
Loasaceae	<i>Caiophora nivalis</i> *	Jujuy-Tucuman
Malvaceae	<i>Lecanophora jarae</i> *	Tinogasta-Belen
Malvaceae	<i>Nototriche cabreriae</i>	Jujuy
Malvaceae	<i>Nototriche caesia</i> *	Tucuman
Malvaceae	<i>Nototriche cajonensis</i>	Tucuman
Malvaceae	<i>Nototriche calchaquensis</i>	Tucuman
Malvaceae	<i>Nototriche castillonii</i>	Jujuy
Malvaceae	<i>Nototriche copon</i> *	Oeste de San Juan
Malvaceae	<i>Nototriche chuculaensis</i>	Tinogasta-Belen
Malvaceae	<i>Nototriche famatinensis</i>	Famatina
Malvaceae	<i>Nototriche friesii</i>	Jujuy
Malvaceae	<i>Nototriche glabra</i> *	Famatina
Malvaceae	<i>Nototriche hieronymi</i>	Famatina
Malvaceae	<i>Nototriche kurtzii</i>	Famatina
Malvaceae	<i>Nototriche lorentzii</i>	Salta
Malvaceae	<i>Nototriche macrotuba</i>	Jujuy
Malvaceae	<i>Nototriche niederleinii</i> *	Famatina
Malvaceae	<i>Nototriche pulvilla</i>	Famatina

Malvaceae	<i>Nototriche rohmederi</i>	Tucuman
Malvaceae	<i>Nototriche sleumeri</i>	SantaVictoria-Yavi
Malvaceae	<i>Nototriche tucumana</i>	Tucuman
Malvaceae	<i>Nototriche viridula</i>	Tinogasta-Belen
Malvaceae	<i>Tarasa latearistata *</i>	Jujuy
Malvaceae	<i>Tarasa meyeri*</i>	Jujuy-Tucuman
Malvaceae	<i>Tarasa trisecta*</i>	IAN valles-Sal_Cat
Martyniaceae	<i>Craniolaria argentina*</i>	Jujuy-Tucuman
Montiaceae	<i>Schreiteria macrocarpa</i>	Tucuman
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis bracteosa*</i>	NOA
Onagraceae	<i>Oenothera lasiocarpa*</i>	NOA
Onagraceae	<i>Oenothera pedunculifolia *</i>	Tucuman
Orchidaceae	<i>Chloraea castillonii *</i>	Tucuman
Orchidaceae	<i>Chloraea cogniauxii *</i>	Jujuy
Orchidaceae	<i>Chloraea phoenicea *</i>	Tucuman
Orchidaceae	<i>Chloraea subpandurata*</i>	Jujuy-Tucuman
Orchidaceae	<i>Pelexia ovatifolia</i>	Salta
Orchidaceae	<i>Sacoila secundiflora *</i>	Jujuy-Tucuman
Orobanchaceae	<i>Bartsia jujuyensis*</i>	Jujuy
Oxalidaceae	<i>Oxalis famatinae*</i>	NOA
Oxalidaceae	<i>Oxalis sleumeri</i>	IAN valles-Sal_Cat
Piperaceae	<i>Peperomia aldrinii</i>	Jujuy
Plantaginaceae	<i>Plantago jujuyensis *</i>	Jujuy
Plantaginaceae	<i>Plantago venturii</i>	Tucuman
Poaceae	<i>Agrostis ambatoensis</i>	Ambato
Poaceae	<i>Anatherostipa brevis *</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Anatherostipa henrardiana</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Aristida antoniana</i>	SantaVictoria-Yavi
Poaceae	<i>Aristida pedroensis</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Aristida pubescens *</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Bromus flexuosus*</i>	NOA
Poaceae	<i>Chusquea deficiens *</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Danthonia rugoloana</i>	SantaVictoria-Yavi
Poaceae	<i>Digitaria catamarcensis</i>	Ambato
Poaceae	<i>Elymus scabriglumis</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Eragrostis andicola*</i>	Jujuy
Poaceae	<i>Festuca orthophylla*</i>	NOA
Poaceae	<i>Festuca superba *</i>	Jujuy-Tucuman
Poaceae	<i>Festuca uninodis*</i>	Jujuy-Tucuman
Poaceae	<i>Glyceria saltensis</i>	Salta
Poaceae	<i>Jarava breviseta *</i>	Jujuy

Poaceae	<i>Jarava hystricina</i> *	Otras areas
Poaceae	<i>Jarava media</i> *	NOA
Poaceae	<i>Jarava scabrifolia</i>	NOA
Poaceae	<i>Muhlenbergia angustata</i>	Salta
Poaceae	<i>Nassella arcaensis</i> *	Jujuy-Tucuman
Poaceae	<i>Nassella caespitosa</i> *	NOA
Poaceae	<i>Nassella catamarcensis</i>	Ambato
Poaceae	<i>Nassella fabrisii</i> *	Tucuman
Poaceae	<i>Nassella famatinensis</i> *	Oeste de San Juan
Poaceae	<i>Nassella leptothera</i>	Tucuman
Poaceae	<i>Nassella meyeri</i> *	Otras areas
Poaceae	<i>Nassella novari</i> *	Jujuy
Poaceae	<i>Nassella parva</i>	Jujuy-Tucuman
Poaceae	<i>Nassella ragonesei</i> *	Ambato
Poaceae	<i>Nassella yaviensis</i>	SantaVictoria-Yavi
Poaceae	<i>Neobouteloua paucirracemosa</i>	Valle Fertil-Talampaya
Poaceae	<i>Panicum chloroleucum</i> *	NOA
Poaceae	<i>Pappostipa hieronymusii</i> *	Otras areas
Poaceae	<i>Poa cabreriana</i> *	IAN valles-Sal_Cat
Poaceae	<i>Poa dolichophylla</i> *	NOA
Poaceae	<i>Poa hieronymi</i>	NOA
Poaceae	<i>Poa plicata</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Poaceae	<i>Poa ragonesei</i>	Jujuy-Tucuman
Poaceae	<i>Sporobolus maximus</i> *	NOA
Poaceae	<i>Tragus andicola</i> *	Jujuy-Tucuman
Polemoniaceae	<i>Giliastrum castellanosii</i>	Tinogasta-Belen
Polygalaceae	<i>Polygala argentinensis</i> *	NOA
Polygalaceae	<i>Polygala jujuyensis</i> *	NOA
Polygonaceae	<i>Rumex lorentzianus</i> *	Jujuy-Tucuman
Ranunculaceae	<i>Ranunculus hillei</i> *	Tucuman
Ranunculaceae	<i>Ranunculus lancipetalus</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Rosaceae	<i>Lachemilla asplenifolia</i>	IAN valles-Cat_LRi
Rosaceae	<i>Lachemilla grisebachiana</i>	Tucuman
Rosaceae	<i>Tetraglochin paucijugatum</i> *	Jujuy-Tucuman
Rubiaceae	<i>Manettia jorgensenii</i> *	Jujuy-Tucuman
Rubiaceae	<i>Psychotria argentinensis</i> *	Jujuy
Sapindaceae	<i>Guindilia cristata</i> *	VallesIAS
Solanaceae	<i>Sclerophylax adnatifolia</i> *	NOA
Solanaceae	<i>Sclerophylax caducifructus</i> *	NOA
Solanaceae	<i>Sclerophylax cocuccii</i> *	IAN valles-Sal_Cat
Solanaceae	<i>Sclerophylax cynocrambe</i> *	IAN valles-Cat_LRi

Solanaceae	<i>Sclerophylax kurtzii*</i>	VallesIAS
Solanaceae	<i>Sclerophylax tenuicaulis</i>	NOA
Solanaceae	<i>Cestrum kunthii *</i>	Tucuman
Solanaceae	<i>Eriolarynx iochromoides *</i>	Tucuman
Solanaceae	<i>Eriolarynx lorentzii *</i>	Tucuman
Solanaceae	<i>Fabiana friesii*</i>	NOA
Solanaceae	<i>Jaborosa cabrerae</i>	Tinogasta-Belen
Solanaceae	<i>Jaborosa lanigera *</i>	Otras areas
Solanaceae	<i>Jaborosa oxipetala</i>	Tucuman
Solanaceae	<i>Jaborosa sativa *</i>	NOA
Solanaceae	<i>Lycium schreiteri *</i>	NOA
Solanaceae	<i>Nierembergia tucumanensis</i>	Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum calileguae</i>	Jujuy
Solanaceae	<i>Solanum aloysiifolium</i>	Jujuy-Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum salicifolium</i>	Ambato
Solanaceae	<i>Solanum delitescens*</i>	Jujuy-Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum glandulosipilosum</i>	Jujuy
Solanaceae	<i>Solanum hastatilobum*</i>	Oeste de San Juan
Solanaceae	<i>Solanum endoadenium</i>	Salta
Solanaceae	<i>Solanum kurtzianum</i>	VallesIAS
Solanaceae	<i>Solanum montigenum*</i>	Jujuy-Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum mortonii</i>	Ambato
Solanaceae	<i>Solanum neorossii</i>	SantaVictoria-Yavi
Solanaceae	<i>Solanum salamancae</i>	Salta
Solanaceae	<i>Solanum boliviense*</i>	Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum brevicaule*</i>	NOA
Solanaceae	<i>Solanum venturii*</i>	Jujuy-Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum vernei*</i>	Jujuy-Tucuman
Solanaceae	<i>Solanum zuloagae</i>	Jujuy
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum argentinum*</i>	Jujuy-Tucuman
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum atrocapillare</i>	SantaVictoria-Yavi
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum willinkii</i>	Jujuy
Urticaceae	<i>Pilea jujuyensis</i>	Jujuy
Urticaceae	<i>Urtica lilloi *</i>	Jujuy-Tucuman
Valerianaceae	<i>Valeriana nivalis *</i>	Jujuy
Valerianaceae	<i>Valeriana corynodes</i>	Oeste de San Juan
Valerianaceae	<i>Valeriana lasiocarpa *</i>	Tucuman
Valerianaceae	<i>Valeriana polybotrya*</i>	Jujuy-Tucuman
Valerianaceae	<i>Valeriana tucumana *</i>	Jujuy-Tucuman
Velloziaceae	<i>Barbaceniopsis humahuaguensis *</i>	Jujuy
Verbenaceae	<i>Aloysia riojana</i>	Famatina

Verbenaceae	<i>Aloysia castellanosi</i> *	NOA
Verbenaceae	<i>Aloysia catamarcensis</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Verbenaceae	<i>Junellia ballsii</i>	Jujuy
Verbenaceae	<i>Glandularia lilloana</i> *	Jujuy-Tucuman
Verbenaceae	<i>Lantana magnibracteata</i> *	Jujuy-Tucuman
Verbenaceae	<i>Lantana tilcarensis</i> *	Jujuy-Tucuman
Verbenaceae	<i>Glandularia andalgalensis</i>	Ambato
Violaceae	<i>Viola calchaquiensis</i>	Tucuman
Violaceae	<i>Viola castillonii</i> *	Jujuy-Tucuman
Violaceae	<i>Viola evae</i>	Otras areas
Violaceae	<i>Viola flos-evae</i>	Oeste de San Juan
Violaceae	<i>Viola hieronymi</i> *	NOA
Violaceae	<i>Viola joergensenii</i>	Ambato
Violaceae	<i>Viola lilloana</i>	Tucuman
Violaceae	<i>Viola munozensis</i>	Tucuman
Violaceae	<i>Viola rodriguezii</i> *	Tucuman
Violaceae	<i>Viola roigii</i>	Sur de San Juan
Violaceae	<i>Viola triflabellata</i> *	IAN valles-Cat_LRi
Violaceae	<i>Viola tucumanensis</i>	Tucuman
Zygophyllaceae	<i>Bulnesia schickendantzii</i> *	NOA
Zygophyllaceae	<i>Plectocarpa rougesii</i> *	NOA