



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA

Patrones de diversidad y rareza de cactus en
los Valles Calchaquíes (Salta, Argentina):
implicaciones para su conservación

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

PRESENTA

MARÍA SARAVIA TAMAYO

DIRECTOR DE TESIS: DR. GEFARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ



MÉXICO, D. F.

COORDINACIÓN

AGOSTO, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

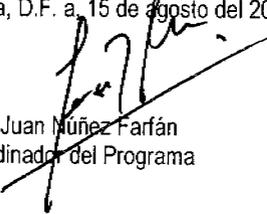
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 5 de junio del 2006, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) de la alumna **Saravia Tamayo María** con número de cuenta **505451000** con la tesis titulada: **"Patrones de diversidad y rareza de cactus en los Valles Calchaquíes (Salta, Argentina): implicaciones para su conservación."** bajo la dirección del **Dr. Gerardo Jorge Ceballos González**.

Presidente:	Dr. Héctor M. Hernández Macías
Vocal:	Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda
Secretario:	Dr. Gerardo Jorge Ceballos González
Suplente:	Dr. Alejandro Casas Fernández
Suplente:	Dra. María Teresa Vaiverdes Valdés

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 15 de agosto del 2006



Dr. Juan Nuñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

APOYO RECIBIDO

Durante el desarrollo de este trabajo recibí beca de la DGEP.

A Flavio,

*que rescató mi corazón en carne viva
y me acompañó en esta travesía...*

Porque también la piedra de tu montaña me desmemoria y me alucina, tierra.

Soy una brizna viva en medio de medio de enorme derrumbe,
menos que un bicho, menos que una espina, casi una gota de hombre.

Y cuando voy pisando su silencio
que enciela suavemente los ojos del guanaco
le siembro mis raíces en su arena y crezco noche arriba
como un cardón que envuelven las babas de los astros.

Manuel J. Castilla

(de Cerros de Angastaco,)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos los que me han ayudado de manera directa o indirecta durante estos dos años de estudios. Un reconocimiento especial a:

- Las instituciones que apoyaron mis estudios en México y el trabajo de campo:

El CIUNSA financió parte de los viajes al campo.

La Fundación Capacitar del NOA colaboró con el pasaje aéreo para venir a México.

El IBODA me abrió sus puertas para una estancia académica.

El trabajo de campo contó con la autorización de la DRNOA- APN y la SeMADeS-Salta.

El laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre fue mi lugar este tiempo.

- A los académicos que han enriquecido esta tesis y han colaborado con mi formación:

A Gerardo Ceballos, por el honor de su dirección, por su confianza y apoyo.

A Teresa Valverde y Héctor Hernández, miembros de mi Comité Tutorial, por su calidez y sus valiosísimos aportes.

A Patricia Dávila y Alejandro Casas, miembros del jurado, por su buena disposición y los importantes aportes al manuscrito.

A Roberto Kiesling, porque su ayuda desinteresada facilitó y enriqueció el desarrollo de esta tesis y por su trato tan amable y paciente.

A Graciela, por su ayuda durante mi estancia académica en el IBODA.

A todos mis profesores de las asignaturas, en especial a Leticia Durand, por enseñarme la dimensión humana de la conservación y lo apasionante de sus clases!

- A quienes me han ayudado en el duro trabajo de campo:

La Delegación NOA-APN aportó personal voluntario para los muestreos.

Flavio Moschione, Pepe Saravia, Mariana Saravia, Sebastián Santecchia, Gabriel Aguirre, Jorge Arrueta, Gonzalo, Pablo Vicente, Pablo Ortega, Miguel González y Diego Tinte, se turnaron para no dejarme sola con los cactus... como agradecerles su esfuerzo, su buena onda y los momentos compartidos! Mil gracias AMIGOS!!

A los Vallistos que permitieron que recorriera sus tierras, me alojaron y aportaron datos de gran importancia para el trabajo, en especial al maestro de Pampa Llana y Sra., los maestros de Río Grande y el administrador de Gualfin.

- A quienes me han ayudado con los mapas:

En especial a Claudio Cabral, que hizo los mapas de base para este trabajo y me dedicó horas de su valioso tiempo desinteresadamente.

A Marcos Costilla que me preparó el mapa del Parque Los Cardones, a Walter Martín y a Heliot Zarza por las consultas sobre Arcview, muchísimas gracias amigos!

- A mi familia, los amigos de siempre y los nuevos, que fueron una gran ayuda en mis estudios:

A mis abuelas por entender el tiempo que nos robó mis estudios...

Mis sobrinos han sido muy importantes: Ivancito me ayudó a cultivar y herborizar cactus, y siempre me esperaba con un abrazo cuando regresaba casada, sucia y pinchada del campo.

A Josefinita y Benji que nacieron durante estos dos años que estuve medio ausente y junto a Juancito, Lule y Tadeo me llenaron el alma.

Sofe, Sivia y Leo siempre están conmigo...

A Pablo y Silvia, que me animaron a venirme a estudiar a México. Agradezco profundamente su apoyo y su buena intención.

A mis compañeros del Laboratorio, con quienes he compartido logros y tristezas, por sus consejos, ayuda y compañía, en especial a: Chucho, Juanelo, Rurik (que ayudó la traducción del abstract!), Yola, Andrea, Segundo, Heliot, Cuauh, Felipe, Emanuel, Melissa, Paulina, Yazmín y Luli.

A mis amigos "tropicosos", por ayudar a distraerme un poco de los datos, en especial a Vivi, Penélope, Ale, Marina, Chicco, Bernal, Ragde y Diego.

A Andrea, mi hermanita chilena, por tantas cosas vividas desde el primer día, por los trámites, y por estar pendiente siempre de mí...que bueno haber coincidido en México.

Mis compañeros de casa: Doña Cata, Dn Blas, Miguel, Itzel, Deborah, David, Ingrid, Pacho y Zin.

- Hay dos personas que merecen mi especial agradecimiento y sin embargo me faltan las palabras para ellos:

Flavio... fuiste el motor de mis estudios y el pilar de mi muestreo. Cada paso mío en México y en los Valles Calchaquíes tuvo el eco de los tuyos, nunca me dejaste sola...

Pepe, porque siempre estuviste dispuesto a ayudarme y compartir conmigo esta aventura.

Te trepaste a los cerros y recorriste quebradas contando cactus, conociendo y compartiendo lo que hace esta hija bióloga que te tocó.

Por último, gracias... a mis queridos Valles calchaquíes, por regalarme su belleza y sus secretos; porque sus silencios amarillos y verdes, la sonrisa de sus flores y la mística de los antiguos en los rincones más impensados me ayudaron a seguir avanzando cuando el cuerpo pedía descanso...

CONTENIDO

I. RESUMEN -----	1
ABSTRACT-----	3
II. INTRODUCCIÓN GENERAL -----	5
REFERENCIAS -----	7
III. CAPÍTULO 1: El papel del Parque Nacional Los Cardones en la conservación regional de cactáceas -----	11
INTRODUCCIÓN-----	12
Las cactáceas -----	13
ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS-----	14
Muestreo-----	15
Rareza-----	15
Representatividad -----	16
Análisis estadísticos-----	16
RESULTADOS-----	17
Diversidad de cactus en el Parque Nacional Los cardones-----	17
Rareza-----	17
Representatividad-----	18
DISCUSIÓN-----	19
Representatividad-----	19
Rareza y patrones de diversidad-----	21
Factores de amenaza a la persistencia de las especies-----	22
CONCLUSIONES-----	23
REFERENCIAS-----	24
CUADROS -----	28
FIGURAS-----	33
IV. CAPÍTULO 2: Patrones de diversidad y áreas prioritarias para la conservación de las cactáceas de los Valles Calchaquíes, Salta, Argentina -----	36

INTRODUCCIÓN-----	37
Patrones espaciales y conservación de la biodiversidad-----	37
Conservación en la familia Cactaceae-----	39
Objetivo e Hipótesis-----	41
ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS-----	42
Unidades de análisis-----	43
Muestreo-----	44
Nomenclatura-----	45
Rareza -----	46
Diversidad de especies -----	48
Patrones espaciales-----	49
Especies prioritarias-----	49
Análisis de complementariedad-----	50
RESULTADOS-----	51
Diversidad de especies de los Valles Calchaquíes-----	51
Rareza-----	52
Especies prioritarias-----	52
Patrones espaciales-----	53
Diversidad por cuadros-----	53
Relación entre riqueza, endemismo, rareza y amenaza-----	55
Relación entre riqueza y variables geográficas-----	56
Análisis de complementariedad-----	56
DISCUSIÓN-----	56
Diversidad de los Valles Calchaquíes-----	57
Rareza-----	58
Especies prioritarias-----	60
Patrones espaciales de diversidad-----	62
Áreas prioritarias-----	64

Una propuesta para la conservación regional de cactáceas: sistema federal de	
Áreas Protegidas-----	65
Consideraciones metodológicas-----	66
CONCLUSIONES -----	67
REFERENCIAS -----	68
CUADROS-----	77
FIGURAS-----	82
APÉNDICE-----	88
V. CAPÍTULO: DISCUSIÓN GENERAL-----	92
REFERENCIAS -----	96

RESUMEN

Las cactáceas constituyen un grupo de plantas vulnerable a las perturbaciones antropogénicas, debido a que sus características biológicas y ecológicas dificultan la recuperación de las poblaciones después de disturbios. Como consecuencia, muchas especies están amenazadas por la transformación del hábitat y la recolecta. Ante estos problemas, se han identificado los países donde deben realizarse acciones prioritarias para la conservación de la familia, como el establecimiento de Áreas Protegidas en los centros de diversidad. La selección de estas áreas debe basarse en el conocimiento de los patrones de la riqueza de especies. En Argentina, que es el segundo país más rico en cactáceas y presenta un endemismo del 60%, aún no se han iniciado medidas tendientes a la conservación del grupo debido, en gran parte, a la carencia de información. Hay estudios sobre los patrones de diversidad de cactus a escala regional, que han permitido identificar las provincias o regiones prioritarias para la conservación de cactus de Argentina. Sin embargo, para proponer áreas concretas de conservación se requieren estudios a escala local. El propósito de esta tesis fue evaluar los patrones de diversidad, endemismo, rareza y amenaza de las cactáceas en un centro de alta diversidad de esta familia en Argentina- los Valles Calchaquíes de Salta - para proponer áreas para conservación. La tesis incluye dos capítulos: 1) El papel del Parque Nacional Los Cardones en la conservación regional de cactáceas y 2) Patrones de diversidad y áreas prioritarias para la conservación de las cactáceas en los Valles Calchaquíes. En el primer capítulo analicé la representatividad de la diversidad regional de cactáceas dentro del Parque Nacional Los Cardones, única Área Protegida efectiva de los Valles Calchaquíes y determiné la rareza de las especies dentro de la misma. El 37% de las especies de los Valles Calchaquíes se encontraron representadas en el Parque Nacional; pero la mitad de ellas presentaron bajas densidades y/o patrones de distribución restringidos (i.e. especies raras). Dos especies bajo categorías de riesgo según la IUCN presentaron el tipo de rareza más extremo y por lo tanto, deben incorporarse de manera urgente más áreas que incluyan otras poblaciones para asegurar la persistencia de estas especies en el programa de conservación *in situ*. En el segundo capítulo identifiqué las especies raras a escala regional con base en la abundancia local y el área de distribución en los Valles Calchaquíes y propuse las especies

prioritarias para la conservación regional. Además, analicé los patrones espaciales de diversidad, endemismo, amenaza y rareza para proponer áreas para conservación. Las unidades de análisis fueron cuadros de 12 x 12 minutos de coordenadas geográficas, en los que se determinaron la riqueza y la abundancia de las especies. Para identificar las áreas prioritarias para la conservación utilicé el principio de complementariedad y consideré la diversidad del Parque Nacional Los Cardones como condición inicial del análisis. Para toda la región registré 48 especies nativas, de las cuales 11 son endémicas de los Valles Calchaquíes y por lo tanto, las consideré prioritarias para la conservación. A escala regional, 24 especies fueron raras; muchas de ellas presentan sus límites de distribución en el área de estudio y por esto se encuentran marginalmente representadas. Sin embargo, otras especies raras son exclusivas de los Valles Calchaquíes y las considero con máxima prioridad para la conservación. Las tres especies de los Valles bajo categorías de riesgo son endémicas del área de estudio, dos de ellas son comunes y la otra presenta el tipo de rareza más extremo y por lo tanto requiere acciones urgentes de conservación. Los cuadros presentaron una gran variación en la diversidad de cactáceas y el mayor número de especies se concentró en el este y sureste de la región. Para representar todas las especies de los Valles Calchaquíes son necesarios ocho cuadros adicionales al Parque Nacional Los Cardones y cinco para incluir sólo las especies endémicas de esta región. La gran diversidad de cactus y sus patrones espaciales en los Valles Calchaquíes se explican debido a su ubicación dentro de la región de mayor diversidad de cactáceas del país. Además, allí coinciden seis provincias fitogeográficas, entre ellas la Prepuna y el Monte- sistemas de máxima diversidad de la familia para Argentina - están representadas ampliamente. Por otro lado, la topografía preandina provoca un marcado gradiente climático en sentido este-oeste, lo que causa una diversidad beta considerable. Propongo desarrollar un sistema regional federal de Áreas Protegidas que incluya múltiples categorías y jurisdicciones, que puede realizarse en dos etapas: 1) acciones dentro de cinco cuadros para conservar todas las especies endémicas de los Valles Calchaquíes y 2) acciones dentro de tres cuadros adicionales para la representación del 100% de la riqueza regional de cactus.

ABSTRACT

Because of their biological and ecological characteristics, Cacti are vulnerable to anthropogenic disturbances, making population recovery after disturbance very difficult. As consequence, many species are threatened by habitat transformation and harvesting. In the face of these problems, the countries where priority actions need to be conducted have been identified, these include the establishment of protected areas in centres of diversity. The selection of these areas must be based in the knowledge of species richness patterns. Nevertheless, in Argentina, the second country with more cacti species, 60% of which are endemic, conservation actions for the Cacti family have not been conducted, partly because of the lack of information. There are some studies about Cacti diversity patterns at regional scales, which helped identify priority provinces and regions for their conservation in Argentina. However, to suggest specific areas for conservation, studies at local scale are necessary. The purpose of this thesis was to evaluate the diversity, endemism, rarity and threat patterns of Cacti in the Valles Calchaquíes of Salta- a high diversity center for Cacti in Argentina- to propose areas for conservation. The thesis includes two chapters: 1) The role of Los Cardones National Park in regional Cacti conservation, and 2) Diversity patterns and priority areas for Cacti conservation in the Valles Calchaquíes. In the first chapter I analyzed the representativity of Cacti regional diversity within Los Cardones National Park- the only effectively protected area of the Valles Calchaquíes- and I determined the rarity of the species within. Thirty seven percent of the species in the study area were represented at the National Park, but half of them showed low densities and/or restricted distribution patterns (i.e. rare species). Two species under an IUCN category of risk showed the most extreme rarity type, and therefore, additional areas with populations of these species have to be incorporated to the *in situ* conservation program to ensure the persistence of these species. In the second chapter I identified rare species at regional scale based in their local abundance and distribution area in the Valles Calchaquíes and proposed species with priority for regional conservation. Furthermore, I analyzed spatial diversity, endemism, threat and rarity patterns in order to propose areas for conservation. The analysis units were 12 x 12 minute quadrants, where richness and species abundance were determined. To identify the priority areas for conservation I used the complementarity principle and

the diversity of Los Cardones National Park as an initial condition for the analysis. I registered 48 native species in the whole region and 11 of which are endemic of the Valles Calchaquies, therefore they were considered species with priority for conservation. At a regional scale, 24 species were rare, and many of them had their distributional limits in the study area being that the reason why they were marginally represented. Other rare species are exclusive of the Valles Calchaquies and therefore I considered them with the highest priority for regional conservation. The three species listed as at risk are endemic to this region, two of them are common and the other has the most extreme rarity type, therefore requires urgent actions for its conservation. The quadrants showed a large variation in Cacti diversity, and the highest number of species was found in the east and southeast of the study area. Eight additional quadrants to the National Park are necessary to represent all the species of the Valles Calchaquies, and five quadrants to include only the regional endemic species. The large Cacti diversity and their spatial patterns in the Valles Calchaquies are explained because the region is located within the area with the highest Cacti diversity in the country. Moreover, there are six phytogeographic provinces in the study area, including Prepuna and Monte, systems with the highest cacti diversity in Argentina. Furthermore, topography generates a deeply marked east- west climatic gradient that causes considerable beta diversity. I propose the development of a system of regional and federal protected areas that should include multiple categories and jurisdictions, which could be implemented in two steps: 1) actions within five quadrants in order to preserve all species endemic to the Valles Calchaquies and 2) actions within three additional quadrants, to represent 100% of the cacti regional richness.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Numerosos hábitats están desapareciendo o se están degradando como resultado de la expansión humana (Ehrlich & Ceballos 1997; Arrow et al. 2004). Esto está provocando una retracción y fragmentación en la distribución de las especies y una reducción de sus abundancias locales (Soulé & Simberloff 1986; Ceballos & Ehrlich 2002; Fahring 2003). En consecuencia, un número considerable de especies y poblaciones se están extinguiendo y muchas otras están amenazadas (Sisk et al. 1994; UCN 2006).

Entre las estrategias que permiten reducir las tasas de degradación y la pérdida de hábitats se encuentra el establecimiento de Áreas Protegidas (Primak et al. 2001; Bruner et al. 2001; Pauchard & Villaruel 2002). Estas áreas tienen como objetivo la representación y el mantenimiento de la biodiversidad y constituyen el pilar fundamental para la planificación regional de la conservación (Margules & Pressey 2000). Como los intereses de las sociedades son múltiples y los recursos que se destinan a la conservación son limitados, las áreas seleccionadas para la conservación deben ser eficientes en la representación de la biodiversidad, es decir, deben incluir el mayor número de elementos de la biodiversidad en la menor superficie (Araujo 1999). La diversidad biológica no se distribuye de manera homogénea sobre la tierra, sino que responde a un conjunto de patrones o gradientes globales y locales (Mc Arthur 1992; Gentry 1988; Juarez et al. en prensa). La Biología de la Conservación ha aportado herramientas basadas en estos patrones espaciales de la diversidad y en la complementariedad de especies, que permiten definir las áreas donde deben focalizarse prioritariamente los esfuerzos de conservación (Pressey et al. 1993; Reyers et al 2000).

Para la planificación de la conservación se ha utilizado la riqueza de especies de subgrupos de especies, como aves, mamíferos o plantas y/o las especies prioritarias para la conservación, como las endémicas, raras y amenazadas (Kershaw et al. 1995; Lombard et al. 1997; Ceballos et al. 1998; Bani et al. 2006). Sin embargo, se ha indicado que las estrategias de conservación basadas en la selección de áreas de alta concentración de especies pueden no ser efectivas para

conservar a las especies prioritarias o a otros subgrupos de especies (Prendergrast et al. 1993; Lombard 1995; Williams et al. 1996; Arita et al. 1997; Reyers et al. 2000).

En general las prioridades para la conservación se han establecido a escalas global o regional y destacaron la importancia de regiones o países tropicales por su alta diversidad general (Myers 1990; Caldecott et al. 1996; Mittermeier et al. 1998). Así, las selvas se han convertido en el foco de atención para la conservación de la biodiversidad (Primak et al. 2001). Sin embargo, las zonas áridas y semiáridas, si bien mantienen menor número de especies, presentan generalmente un alto endemismo (Mares 1992; Mares et al. 2000) y pueden ser muy importantes para la conservación de determinados grupos de organismos típicamente desérticos.

La familia Cactaceae está representada por aproximadamente 1800 especies que se distribuyen principalmente en regiones áridas y semiáridas (Gibson & Nobel 1986; Anderson 2001). El principal centro de diversidad corresponde a México y el sudoeste de EUA, seguido por los Andes centrales (Perú, Bolivia, sur de Ecuador, noreste de Chile y noroeste de Argentina) (Oldfield 1997). Esta familia enfrenta una gran amenaza debido a la pérdida de hábitat y la recolecta (Oldfield 1997; IUCN 2006). En general los cactus presentan características biológicas y ecológicas -como rareza, ciclos de vida largos, crecimiento lento, bajas tasas de establecimiento y fuertes interacciones bióticas- que dificultan la recuperación de sus poblaciones después de disturbios y por lo tanto son muy susceptibles a perturbaciones antropogénicas (Fleming & Valiente-Banuet 2002, Hernández & Godínez 1994; Godínez-Alvarez et al. 2003). Argentina es el segundo país más importante para la conservación global de esta familia debido a la alta diversidad y grado de endemismo (Ortega-Baes & Godínez-Álvarez 2006), sin embargo aún no se han iniciado acciones tendientes a la conservación de esta familia. Faltan estudios que permitan una planificación eficiente de la conservación del grupo dentro de los centros de mayor diversidad en el país, como así también que permitan la elaboración de un listado nacional de especies amenazadas.

Bajo este esquema conceptual, se desarrolló el presente trabajo de tesis que se titula "Patrones de diversidad y rareza de cactáceas en los Valles Calchaquíes (Salta, Argentina):

implicaciones para su conservación”, donde se determinaron los patrones de la diversidad de cactáceas en una de las regiones de mayor concentración de especies de esta familia en Argentina: los Valles Calchaquíes de Salta (Mourelle & Ezcurra 1996). Esto permitió proponer áreas para la conservación regional del grupo a una escala local. El ejercicio de planificación requiere articular las Áreas Protegidas preexistentes con otras áreas prioritarias para la conservación seleccionadas con base en los patrones espaciales de la biodiversidad. Para ello se debe evaluar el grado en que los objetivos de conservación se han alcanzado en estas reservas ya establecidas, y a partir de allí diseñar una red de Áreas Protegidas que complementen las preexistentes (Cowling et al. 1999; Margules & Pressey 2000). Esta tesis se divide en dos capítulos, en el primero “El papel del Parque Nacional Los Cardones en la conservación regional de cactáceas”, se analiza la representatividad de la diversidad regional y de la rareza (Gaston 1994) dentro del Parque Nacional Los Cardones, única Área Protegida efectiva de los Valles Calchaquíes, como paso previo e indispensable para el diseño de una red de áreas protegidas en la región. En el segundo capítulo “Patrones de diversidad y áreas prioritarias para la conservación de las cactáceas de los Valles Calchaquíes”, se identificaron las especies raras y prioritarias para la conservación regional y se analizan los patrones espaciales de diversidad para proponer áreas para conservación que complementen la representatividad del Parque Nacional Los Cardones.

REFERENCIAS

- Anderson, E. F. 2001. *The cactus family*. Timber Portland, Oregon.
- Araujo, M. B. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151–163.
- Arita, H., F. Figueroa, A. Frisch, P. Rodríguez, y K. Santos Del Prado. 1997. Geographical range size and conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology* 11: 92-100.
- Arrow K., P. Dasgupta, L. Goulder, G. Daily, P. Ehrlich, G. Heal, S. Levin, K. G. Mäler, S. Schneider, D. Starrett, y B. Walker .2004. Are we consuming too much? *Journal of Economic Perspectives* 18(3):147–172.

- Bani, L., D. Maximino, L. Bottoni, y R. Massa. 2006. A multiscale method for selecting indicator species and priority conservation areas: a case study for Broadleaved forests in Lombardy, Italy. *Conservation Biology* 20 (2): 512–526
- Brown, J. H., y M. V. Lomolino. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, INC. publishers.
- Bruner, A. G, R. E. Gullison, R. E. Rice, y G. A. B. Da Fonseca. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291:125-128.
- Ceballos, G., y P. Ehrlich. 2002. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296:904-907.
- Cowling, R. M., R. L. Pressey, A. T. Lombard, P. G. Desmet, y A. G. Ellis. 1999. From representation to persistence: requirements for a sustainable system of conservation areas in the species rich mediterranean-climate desert of southern Africa. *Diversity and Distributions* 5: 51–71.
- Ehrlich, P., y G. Ceballos. 1997. Población y medio ambiente: ¿que nos espera? *Ciencia* 48 (4):19-30.
- Fahring, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34:487–515.
- Fleming, T. H., y A. Valiente-Banuet (eds.). 2002. *Columnar cacti and their mutualists: Evolution, ecology, and conservation*. University of Arizona Press, Tucson.
- Gaston, K. J. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall. London, Gran Bretaña.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75 (1): 2-34.
- Godínez Álvarez, H., T. Valverde, y P. Ortega Baes. 2003. Demographic trends in Cactaceae. *The Botanical Review* 69 (2):173-203.
- Hernández, H. M., y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- IUCN. 2006. *2006 IUCN Red List of Threatened Species*. < www.iucnredlist.org>.

- Juárez, A., P. Ortega Baes, S. Suhring, W. Martin, y G. Galíndez. Spatial patterns of dicots diversity in Argentina. *Biodiversity and Conservation*, en prensa.
- Kershaw, M., G. M. Mace, P. H. Williams. 1995. Threatened status, rarity, and diversity as alternative selection measures for protected areas: a test using afrotropical antelopes. *Conservation Biology* 9 (2): 324-334.
- Lombard, A. T. 1995. The problems with multi-species conservation: do hot spots, ideal reserves and existing reserves coincide? *S. Afr. J. Zool.* 30: 145-163.
- Lombard, A. T., R. M. Cowling, R. L. Pressey, y P. J. Mustard. 1997. Reserve selection in a species-rich fragmented landscape on Agulhas plain, South Africa. *Conservation Biology* 11(5): 1101-1116.
- Mares, M. 1992. Neotropical mammals and the myth of Amazonian diversity. *Science* 255:976-979.
- Mares, M. A., J. K. Braun, R. M. Barquez, y M. M. Diaz. 2000. Two new genera and species of halophytic desert mammals from isolates salt flats in Argentina. *Occasional papers, Museum of Texas, Tech University* 203: 1-27.
- Margules, C. R., y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Mc Arthur, R. H. 1972. *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. Harper & Row. Nueva York.
- Mittermeier, R. A., N. Myers, y J. B. Thomsen. 1998. Biodiversity hotspot and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12: 516-520.
- Mourelle, C., y E. Ezcurra. 1996. Species richness of Argentine cacti: A test of biogeographic hypotheses. *Journal of Vegetation Science* 7:667-680.
- Myers, N. 1990. The biodiversity challenge: expanded hotspots analysis. *The Environmentalist*, 10:243-256.
- Oldfield, S. (Compiler). 1997. Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan. IUCN/SSC IUCN/SSC grupo de especialistas de cactus y suculentas. Unión internacional

para la conservación de la naturaleza y recursos naturales, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.

Ortega Baes, P., y H. O. Godínez Álvarez. 2006. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15: 817-827.

Pauchard, A., y P. Villaroel. 2002. Protected areas in Chile: History, current status, and challenges. *Natural Areas Journal* 22: 318-330.

Prendergast, J. R., R. M. Quinn, J. H. Lawton, B. C. Eversham, y D. W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365: 335-337.

Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, y F. Massardo. 2001. *Fundamentos de conservación biológicas: perspectivas latinoamericanas*. Fondo cultura económica México.

Reyers, B., A. S. van Jaarseveld, y M. Kruger. 2000. Complementarity as a biodiversity indicator strategy. *Proceedings: biological Sciences* 267: 505- 513.

Sisk, T. D., A. E. Launer, K. R. Switky, P. R. Ehrlich, y M. L. Imhoff. 1994. Identifying extinction threats. *Bioscience* 44 (9): 592-604.

Soulé, M. E., y D. Simberloff. 1986. What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Biological Conservation* 35:19–40.

Williams, P. H., D. Gibbons, C. Margules, A. Rabelo, C. Humbhries, y R. Pressey. 1996. A comparison of richness hot spots, rarity hot spots and complementary areas for conserving biodiversity of British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.

Capítulo 1

El papel del Parque Nacional Los Cardones en la conservación regional de cactáceas

INTRODUCCIÓN

Las Áreas Protegidas cumplen un papel central en la conservación de la biodiversidad (Margules & Pressey 2000). Si bien se ha criticado esta estrategia de conservación, debido al aislamiento geográfico que presentan muchas poblaciones dentro de ellas (Shafer 1990) y a los conflictos sociedad-naturaleza generados por las restricciones de acceso a los recursos (Nygren 2004, Whilsushen et al. 2002), se reconoce que constituyen una estrategia eficiente para proteger especies y ecosistemas (Bruner et al. 2001; Primack et al. 2001). Las Áreas Protegidas constituyen la piedra angular sobre la que se construyen las estrategias regionales de conservación y desarrollo y tienen dos objetivos principales: la representatividad y la persistencia de la diversidad biológica. El primero se refiere a maximizar la inclusión de la diversidad regional dentro de las Áreas Protegidas y el segundo implica facilitar la supervivencia a largo plazo dentro de las mismas de los elementos de la biodiversidad (Margules & Pressey 2000). Para ello la planificación de la conservación debe considerar no sólo la ubicación de estas Áreas Protegidas en relación a los patrones de diversidad biológica, sino también el diseño de las mismas. En este sentido, el tamaño, la forma y la conectividad de las áreas son importantes para asegurar la viabilidad de las poblaciones, mantener los procesos ecológicos y evolutivos y excluir los factores de amenaza (Cowling et al 1999).

La Biología de la Conservación ha aportado criterios y herramientas para la selección de Áreas Protegidas, a fin de optimizar los esfuerzos para la conservación de la biodiversidad. Estos esfuerzos deberían estar basados en el conocimiento de los patrones de riqueza, endemismo, rareza y grado de amenaza (Sisk et al. 1994; Ceballos & Brown 1995; Arita et al. 1997; Ceballos et al. 1998; Mittermeier et al. 1998) y en consecuencia deberían dirigirse más fuertemente a regiones de alta diversidad y altos niveles de amenaza, rareza y endemismo. Sin embargo, históricamente las Áreas Protegidas no han sido seleccionadas con base en estos criterios, sino que se han priorizado valores escénicos, recreativos, hidrológicos, políticos, sociales y geológicos, o han sido productos de oportunidades o contingencias (Pressey 1994; Primack et al. 2001). Por lo tanto, la planificación sistemática de acciones para la conservación biológica de una región generalmente

tiene como punto de partida un conjunto de Áreas Protegidas, seleccionadas históricamente con base en diferentes criterios (Araujo 1999; Margules & Pressey 2000). Por lo tanto, el ejercicio de la planificación requiere articular estas áreas preexistentes con las prioritarias para la conservación, seleccionadas con base en los patrones espaciales de la biodiversidad. Para ello se debe evaluar el grado en que los objetivos de conservación se han alcanzado en las reservas ya establecidas y a partir de esto localizar y diseñar una red de Áreas Protegidas que complementen las preexistentes tanto en la representatividad como en la persistencia de la diversidad biológica (Cowling et al. 1999; Margules & Pressey 2000).

Las cactáceas

La pérdida de hábitat y la colecta ilegal amenazan a muchas especies de la familia Cactaceae (Oldfield 1997; Boyle & Anderson 2002). Como consecuencia, este grupo ha recibido especial atención por parte de los organismos nacionales e internacionales relacionados con la conservación biológica (Walter & Gillett 1998; IUCN 2006; US Fish and Wildlife Service 1999; NOM-ECOL-059 2002; UNEP-WCMC 2006).

Las áreas de mayor riqueza de cactáceas se encuentran en las zonas áridas y semiáridas del continente americano, entre los 35° de latitud N y S, por fuera de la franja ecuatorial húmeda del Amazonas (Oldfield 1997). Tal patrón de distribución de la diversidad representa un problema para la planificación de la conservación *in situ* de esta familia, ya que no coincide con las áreas de mayor diversidad biológica a escala global, donde se destinan los mayores esfuerzos y recursos económicos para la conservación (Myers 1988, 1990; Mittermeier et al. 1998). Por lo tanto, la familia requiere análisis y esfuerzos especiales para asegurar su representación dentro de las áreas de conservación.

Argentina ha sido considerado un país prioritario para la conservación global de las cactáceas debido a la riqueza y endemismo de la familia dentro de su territorio (Ortega-Baes & Godínez-Álvarez 2006). Este país tiene 35 Áreas Protegidas bajo jurisdicción del estado nacional y si bien existen numerosas reservas provinciales, éstas en general tienen escasa organización y grado de control (SeMADeS 2006; SIB 2006). El Parque Nacional Los Cardones se ubica en los

Valles Calchaquíes, una de las regiones más diversas en cactáceas del país (Mourelle & Ezcurra 1996). Este Parque Nacional protege ambientes del Monte y la Prepuna, los sistemas más ricos en cactus del país (Kiesling 1993).

En el presente capítulo se analiza la contribución del Parque Nacional Los Cardones a la conservación de las cactáceas de los Valles Calchaquíes. Para ello se evaluó cuánto de la diversidad regional, i.e número total de especies, de especies endémicas, raras y amenazadas, está protegida en este Parque Nacional. Además se identificaron las especies que están escasamente representadas dentro de sus límites y que por lo tanto, se requiere proteger otras áreas de los Valles Calchaquíes que incluyan poblaciones de estas especies para asegurar su persistencia bajo estrategias de conservación *in situ*. Por último, se discuten los factores que podrían amenazar la persistencia de las especies dentro del Parque Nacional.

En este trabajo se pusieron a prueba las siguientes hipótesis:

- 1) La representatividad de la diversidad de cactáceas de los Valles Calchaquíes en el Parque Nacional Los Cardones es alta, ya que se encuentra ubicado en un centro de alta diversidad de cactus en la región, sin embargo es incompleta debido al alto recambio de especies que existe en la región.
- 2) Existen especies escasamente representadas dentro del Parque Nacional porque presentan poblaciones con baja densidad o están distribuidas de manera restringida dentro del mismo.

AREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

El Parque Nacional Los Cardones fue creado en 1996 y está ubicado en la provincia de Salta, Argentina, entre los 66.05° y 65.82° W y los 25.52° y 25.07° S. Se encuentra dentro de los Valles Calchaquíes, región preandina ubicada entre los cordones de la Cordillera Oriental, en el borde oriental de la Puna (Figura 1). El Parque ocupa aproximadamente una superficie de 65000 hectáreas, ubicadas en una altitud entre los 2600 y 5000 m. El clima es árido con precipitaciones estivales (diciembre-febrero) inferiores a los 200 mm anuales y existen marcadas diferencias ambientales relacionadas con la altitud. La vegetación se caracteriza por la presencia de arbustales y cardonales típicos de la Prepuna, que coexisten con comunidades características de

las provincias fitogeográficas del Monte, Puna y Altoandina (Cabrera 1994). Además, existen pastizales de altura, correspondientes a las Yungas, en los cordones montañosos húmedos del este (Cabrera 1994; Acreche et al. 2001). Dentro este Parque Nacional viven 116 pobladores, distribuidos en 31 familias, cuyas principales actividades son la cría de cabras, ovejas y vacas (Aguilera et al. 2002).

Muestreo

El muestreo se realizó en 16 sitios, en las distintas unidades de vegetación y cubriendo todo el gradiente altitudinal del área. En cada sitio se realizaron 2 a 5 transectos de 10 m de ancho y 0.5 km de longitud, donde se registraron todas las especies presentes y sus respectivas abundancias (Cuadro 1, Figura 2). En total se realizaron 46 transectos, los cuales sumaron 23 hectáreas. Además, en cada sitio se identificaron los factores que podrían estar amenazando la persistencia de las especies dentro del Parque Nacional.

Rareza

Con el fin de determinar las especies que están escasamente representadas dentro del Área Protegida se analizó la rareza de las especies en la misma. Para ello se consideró el área de distribución de cada especie en el Parque Nacional y su densidad poblacional promedio (Gaston 1994). Se utilizó la frecuencia de aparición de cada especie en los 46 transectos como medida del área de distribución y la densidad poblacional se calculó como el promedio del número de individuos por hectárea, considerando sólo los transectos donde se registró la especie (Gaston 1994). Se utilizó el criterio del primer cuartil, i.e. 25% de la distribución, para establecer los puntos de corte de ambas distribuciones por debajo de los cuales las especies fueron consideradas como raras (Gaston 1994; Kunin & Gaston 1997). Estos valores fueron de 18.73 individuos/ha en el caso de la densidad poblacional y 2.75 sitios en el caso de la distribución geográfica. Por lo tanto, se consideraron como especies raras a escala del Parque Nacional a aquellas que estuvieron distribuidas en menos de tres de los 46 transectos y/o que presentaron una densidad menor a 19 individuos/ha. No pudo estimarse la densidad poblacional de *xTrichomoza roseinflora* ya que no fue registrada dentro de los transectos. Se definieron tres tipos de rareza según fueran producto de

una distribución restringida en el Parque (rareza tipo 1), o una baja densidad poblacional (rareza tipo 2), o la combinación de las dos características anteriores (rareza tipo 3). Las especies con rareza tipo 3 se consideraron escasamente representadas en el Parque Nacional.

Representatividad

Se utilizó el porcentaje de diversidad de cactáceas protegidas en el Parque Nacional Los Cardones como medida de representatividad. Se calculó la representatividad de especies en relación a la riqueza de Argentina, de Salta y de los Valles Calchaquíes. Se consideró la riqueza de géneros y especies, así como la de las especies endémicas, raras y bajo alguna categoría de riesgo. La información sobre la riqueza de especies, incluyendo las endémicas de las unidades políticas se obtuvo de Kiesling (1999), complementada con datos del Capítulo 2 de esta tesis. Las categorías de riesgo se obtuvieron del Libro rojo de especies amenazadas de la IUCN (2006) y se complementaron con las Listas rojas de especies de plantas amenazadas de la IUCN (1997; Walter & Gillett 1998), ya que la primera se encuentra en proceso de reclasificación y aún está incompleta para esta familia (IUCN 2006). El híbrido bigenérico *xTrichomoza roseiflora*, que presenta una población dentro de este Parque Nacional (Font & Picca 2001a), ha sido considerado en este trabajo como una entidad independiente de los tipos parentales ya que presenta individuos reproductivos que producen semillas viables (Saravia & Rojas-Aréchiga, datos no publicados).

Análisis estadísticos

Con el fin de conocer si las proporciones de los grupos de especies analizados en el Parque Nacional Los Cardones son similares a las observadas en los Valles Calchaquíes, se realizaron pruebas de G de bondad de ajuste (Zar 1984). Se probó si el número de géneros y especies, así como el de especies endémicas, raras y bajo riesgo de extinción del Parque Nacional es una función de la cantidad relativa de estos grupos presentes en la región de los Valles. Si G es significativo implica que algunos grupos de especies/géneros presentan más o menos especies dentro del Parque que las que se esperaría de acuerdo a la proporción relativa de estos grupos en la región. Además, se analizó si la riqueza de los distintos grupos de especies del Parque es la que se esperaría de acuerdo con su superficie en relación a la riqueza de los Valles Calchaquíes. Se

realizó la prueba Z de Bonferroni (con un nivel de confianza del 95%) a fin de identificar las categorías que contribuyen en mayor medida al valor de G, para identificar las categorías que presentan mayor, igual o menor número de especies de acuerdo con lo que esperaríamos por azar (Allredge & Ratti 1992). Por último, se comparó la riqueza promedio por transecto en el Parque Nacional y en los Valles Calchaquíes por medio de la prueba no paramétrica U de Mann Whitney (Zar 1984).

RESULTADOS

Diversidad de cactus en el Parque Nacional Los Cardones

En el Parque Nacional Los Cardones se registró un total de 17 especies de cactus, un híbrido bigenérico y dos variedades, pertenecientes a diez géneros. Diez especies resultaron ser endémicas de Argentina, cuatro endémicas de la provincia de Salta y cuatro endémicas de los Valles Calchaquíes; dos se encuentran bajo categorías de riesgo y tres fueron raras en los Valles Calchaquíes (Cuadro 2).

Se registró una riqueza de 3.44 ± 2.0 (D.E) especies por transecto, con un mínimo de cero y un máximo de siete especies. Este valor resultó menor que el promedio de la riqueza por transecto de la región de los Valles Calchaquíes ($U= 8222$; $p < 0.0001$). Los sitios de mayor riqueza se ubicaron en el sector sur del Parque (Valle de Ovejería), en donde se distribuyeron el 61% de las especies de cactáceas representadas en el Área Protegida, así como en el sector central (Aguada del guanaco). Los sitios de menor diversidad se localizaron en el sector este, oeste y norte del Parque, y correspondieron a los pastizales de altura de las Yungas, los bosques de *Prosopis ferox* y las regiones altas del Cerro Negro, respectivamente (Cuadro 1, Figuras 2 y 3).

Rareza

Nueve especies (50% del total) resultaron raras en el Parque Nacional Los Cardones porque presentaron un patrón de distribución restringido y/o bajas densidades poblacionales en el Área Protegida. Las especies que presentan la combinación de ambas características, i.e. rareza tipo 3,

se consideran escasamente representadas en el Parque Nacional. Sólo *Tephrocactus moliniensis* y *Trichocereus smrzianus* presentaron rareza tipo 3 en el Área Protegida (Cuadro 3).

Las especies raras se distribuyeron principalmente en el sector sur del Parque Nacional. Sin embargo, las dos especies con rareza tipo 3 se encontraron en el sector centro y este. Por otro lado, las especies con rareza tipo 2 se concentraron principalmente en el sur, mientras que las especies con rareza tipo 1 se encontraron más dispersas dentro de esta Área Protegida (Figura 3).

Representatividad

El Parque Nacional Los Cardones protege el 8% del total de las especies de cactus de Argentina, el 20,9% de las especies de la provincia de Salta y el 37.5% de los cactus de la región de los Valles Calchaquíes (Cuadro 4).

Estuvieron representadas dentro de la superficie del Parque Nacional el 7.6% de las especies endémicas de Argentina y el 34.5% de estas especies que están presentes en los Valles Calchaquíes. Además, mantiene al 23.5% de las especies endémicas de Salta y al 40% de este grupo de especies que se distribuyen en los Valles Calchaquíes. El 36.4% de las especies endémicas de los Valles Calchaquíes y el 8.3% de las especies raras en esta región se encontraron protegidas dentro de este Parque Nacional. Además, dos de las tres especies bajo alguna categoría de riesgo que se distribuyen en los Valles Calchaquíes fueron registradas en esta Área Protegida (Cuadros 1 y 4).

Las especies encontradas en el Parque Nacional representaron una muestra aleatoria de las cactáceas de los Valles Calchaquíes en cuanto a la proporción de géneros y especies, como así también de especies raras, bajo categorías de riesgo y endémicas de Argentina, de Salta y de los Valles Calchaquíes. Según el análisis de bondad de ajuste, las proporciones de estos grupos de especies en el Parque Nacional son semejantes a la de los Valles Calchaquíes ($G= 9.7$ $p>0.05$). Considerando la superficie de ambas unidades geográficas, el Parque Nacional presentó mayor número de géneros, de total de especies y de especies endémicas de Argentina y de Salta, pero igual número de especies bajo categorías de riesgo, raras y endémicas de los Valles Calchaquíes que las que se esperaría por azar de acuerdo a su superficie (Cuadro 5).

DISCUSIÓN

En respuesta a la alta proporción de especies amenazadas que presenta la familia Cactaceae, el grupo de especialistas de cactus y suculentas de la Comisión de Supervivencia de Especies de la IUCN ha propuesto el establecimiento de Áreas Protegidas como una de las acciones prioritarias para la conservación de esta familia (Oldfield 1997). Dado que los recursos con que cuentan los países para la conservación biológica son limitados, la estrategia de conservación *in situ* de este grupo de plantas debe basarse en los patrones de diversidad, a fin de optimizar los recursos (Mittermeier et al. 1998). Argentina está considerado como un país prioritario para la conservación global de las cactáceas (Ortega Baes & Godínez Álvarez 2006) y los Valles Calchaquíes son una de las regiones más diversas del país (Mourelle & Ezcurra 1996). El Parque Nacional Los Cardones es la única Área Protegida efectiva dentro de esta región y por lo tanto, este Parque Nacional constituirá la piedra angular para la planificación de la estrategia regional para la conservación de las cactáceas que complemente la representatividad de la diversidad de cactus de los Valles Calchaquíes.

Representatividad

Los resultados del presente trabajo indican que los cactus de Los Cardones son una muestra aleatoria de las cactáceas de los Valles Calchaquíes en cuanto a la proporción del total de especies, de las endémicas, y de aquellas raras y que están bajo categorías de riesgo. Sin embargo, si consideramos su superficie, el Parque Nacional es un área especialmente diversa, ya que mantiene más especies de las que esperaríamos por azar. Esto puede explicarse por el hecho que esta Área Protegida se ubica en uno de los sectores más diversos de los Valles Calchaquíes y dentro del cuadro más diverso del país (véase Capítulo 2 de esta tesis y Mourelle & Ezcurra 1996).

El Parque Nacional Los Cardones contiene el 38% de las especies de los Valles Calchaquíes de Salta. Esta representatividad es alta si consideramos que esta Área Protegida sólo representa el 4.3% de la superficie de los Valles Calchaquíes de Salta. Sin embargo, la diversidad por transecto es más baja que la del resto de los Valles Calchaquíes, es decir, el Parque Nacional no presenta sitios especialmente ricos en cactáceas. En esta Área Protegida se encuentran

representadas cinco provincias fitogeográficas, en un gradiente altitudinal de 2500 m aproximadamente, con diferentes topografías, tipos de suelo y gradientes marcados de humedad en sentido este-oeste. Por lo tanto, el Parque Nacional contiene diversos ambientes y aunque ninguno es especialmente rico en cactáceas, presentan un alto recambio de especies entre ellos, lo que resulta en una alta representatividad de las cactáceas de la región.

Con el 38% de los sitios muestreados dentro del Parque Nacional, se logra la representación completa de la riqueza de especies esta Área Protegida. Esta aparente ineficiencia en la representación es inevitable y deseable si se consideran también otros criterios además de la representatividad, como por ejemplo los requerimientos para la persistencia de las poblaciones. En estos casos las áreas requeridas aumentan y con ello emerge una inevitable redundancia en la representación (Araujo 1999; Cowling et al. 1999; Cabeza & Moilanen 2001).

El 42% de las especies de los Valles Calchaquíes no se encuentran representadas en el Área Protegida. Esto se explica por el alto recambio de especies, i.e. diversidad beta, que se ha registrado en la región (Capítulo 2; Mourelle & Ezcurra 1997). Los Valles Calchaquíes presentan una gran heterogeneidad y existen otras áreas dentro de esta región que son muy diversas en cactáceas y no están representadas dentro del Área Protegida, como la transición entre el Chaco y el Monte, que pueden considerarse complementarias al Parque en cuanto a la diversidad que mantienen. Especies de los géneros *Echinopsis*, *Cereus*, *Blossfeldia*, *Trichocereus*, *Cleistocactus* y *Gymnocalycium* se distribuyen en estas áreas de transición y no se encuentran representadas en el Parque Nacional, lo que se refleja en el porcentaje de diversidad regional que conserva esta Área Protegida (Capítulo 2). Esto implica que para proteger toda la diversidad de cactus de los Valles Calchaquíes son necesarias otras áreas. Salta cuenta con tres reservas de jurisdicción provincial en los Valles Calchaquíes que podrían complementar al Parque Nacional Los Cardones en la conservación de cactáceas. Sin embargo no tienen establecidos sus límites, ni cuentan con planes de manejo, ni personal para control y vigilancia (SeMADeS 2006; SIB 2006).

De las tres especies bajo categorías de amenaza que están distribuidas en los Valles Calchaquíes, dos se encuentran representadas en el Parque Nacional. Pero si consideramos que

la representatividad es sólo un medio y el fin es la persistencia de las poblaciones dentro del Área Protegida (Araujo & Williams 2000, Pressey & Taffs 2001; McCarthy et al. 2005), posiblemente ninguna de las especies está realmente protegida dentro del Parque Nacional Los Cardones, ya que ambas presentan el tipo más extremo de rareza dentro del mismo y por lo tanto están escasamente representadas. De las especies bajo categorías de riesgo que se distribuyen en la región, *Lobivia walteri* es la única que no se encuentra representada en el Parque Nacional. Esta especie fue considerada como extinta en 1997 (Walter & Gillett 1998) debido a que las obras de construcción de un camino habían arrasado con la única población conocida. Sin embargo, en el año 2001 fue descubierta otra población en el Cerro Negro, ubicada a escasos kilómetros fuera de los límites del Parque Nacional Los Cardones (Font & Picca 2001b).

Rareza y patrones de diversidad

Las especies raras son en principio más vulnerables a la extinción que las especies comunes, debido a que sus patrones de distribución restringidos y/o bajas densidades poblacionales las hacen más susceptibles a las perturbaciones o a los efectos estocásticos (Lovett Doust & Lovett Doust 1995; Kunin & Gaston 1997; Ceballos 2001). La rareza depende de la escala de análisis, por lo tanto, las especies consideradas raras a escala local no siempre lo son a escala regional o nacional (Capítulo 2; Gaston 1994). Las especies raras en el Parque Nacional, aunque sean comunes en otras localidades de los Valles Calchaquíes o del país, requieren especial atención a fin de asegurar su persistencia local y, de esta manera, mantener la diversidad del Área Protegida.

De las nueve especies raras en el Parque, siete son además endémicas y/o raras a escala nacional, provincial y/o regional y *xTrichomoza roseinflora* presenta la combinación de todas estas características. Las dos especies que tienen el tipo de rareza más extremo dentro del Parque (tipo 3), *Tephrocactus moliniensis* y *Trichocereus smrzianus*, se encuentran bajo categorías de riesgo según la IUCN (Walter & Gillett 1998). *T. smrzianus*, especie amenazada según IUCN (Walter & Gillett 1998), es característica de los pastizales de altura de las Yungas y se encuentra representada por pocos individuos y restringida al sector este del Parque Nacional, que

corresponde al borde oeste de la distribución de la especie. Poblaciones más grandes se encuentran fuera de los límites de esta Área Protegida, en la Cuesta del Obispo, y serranías de Amblayo (Capítulo 2). Por su parte, *T. moliniensis*, especie categorizada como rara por la IUCN (Walter & Gillett 1998), fue registrada en un sólo sitio de muestreo dentro del Parque Nacional y estuvo representada por unos cuantos individuos. Ambas especies son endémicas de los Valles Calchaquíes; en donde son relativamente comunes.

El sector sur del Parque Nacional es el más rico en cactus, es además la única localidad donde se ha registrado la presencia de *xT. roseiflora* (Capítulo 2). Sin embargo, otros sectores de menor diversidad de esta familia también son importantes para la conservación de los cactus. Por ejemplo los pastizales del este y el norte del Parque Nacional donde se distribuyen especies amenazadas. *T. smrzianus* se distribuye los pastizales en el este del Parque, y es el sector de menor diversidad de cactus. También el Cerro Negro, ubicado en el sector norte es un sitio de baja diversidad, sin embargo es el hábitat de *Lobivia walteri*. Si bien esta especie no ha sido registrada dentro del Parque Nacional, sería necesario un muestreo más exhaustivo en esta zona para descartar la presencia de esta especie amenazada dentro del Área Protegida, ya que se han registrado individuos cerca del límite norte (Capítulo 2, Font & Picca 2001 b).

Factores de amenaza a la persistencia de las especies

Se han registrado algunos factores de posible amenaza para los cactus dentro del Parque Nacional Los Cardones, como la alta carga ganadera y la recolecta selectiva de especies. Existe un gran número de vacas, ovejas y cabras dentro del Área Protegida, pertenecientes en su mayor parte a pobladores de localidades vecinas al Parque Nacional. Además, esta Área Protegida mantiene una importante población de burros asilvestrados. Se registraron grupos de burros de más de 100 individuos en la zona entre Cachipampa y Piedra del Molino; esta es la población más densa que se avistó en los Valles Calchaquíes. En Cachipampa, en la parte norte del Valle de Ovejería y en el Cerro Negro se registró un intenso ramoneo de la vegetación arbustiva y de algunas especies de cactáceas. Se ha registrado daño a individuos por ramoneo de cabras en todas las poblaciones de *Lobivia haemathantha* y a individuos de *Trichocereus atacamensis* por

burros. Se detectó también la recolecta de especímenes de *Gymnocalycium spegazzini* a lo largo de la ruta provincial N°33 que atraviesa el Área Protegida por parte de turistas para su uso como planta ornamental (Cuadro 1).

Se recomienda que se disminuya la carga animal, i.e. ganado y burros asilvestrados, en el Parque, ya que estos animales tienen efectos directos sobre algunas poblaciones de cactus y además, el pisoteo y ramoneo de las plantas arbustivas podría tener un efecto indirecto sobre los cactus. En este sentido, se ha reportado que muchas cactáceas necesitan plantas nodrizas para el establecimiento de nuevos individuos y que las plántulas son el estadio más crítico en el ciclo vital de estas plantas (Fleming & Valiente Banuet 2002; Godínez Álvarez et al. 2003). Más aún, el ganado es un poderoso agente de perturbación del suelo, aumentando la erosión y reduciendo los sitios estables y seguros para la germinación y establecimiento de las plántulas. Además, se deben intensificar las medidas destinadas a evitar la colecta de individuos. Si bien la única especie en la que se registró la recolecta de individuos es relativamente abundante en el Parque Nacional, desconocemos el efecto de esta extracción en su dinámica poblacional.

CONCLUSIONES

La representatividad de la diversidad de cactáceas de los Valles Calchaquíes en el Parque Nacional Los Cardones es alta y esto se explica por el recambio de especies que existe dentro de esta Área Protegida, debido a la gran heterogeneidad ambiental que presenta. Sin embargo, son necesarias otras áreas que complementen la representatividad de la familia en las Áreas Protegidas, que incluyan ambientes de alta diversidad de cactus no representados dentro del Parque Los Cardones. Las especies bajo categorías de riesgo de extinción se encuentran escasamente representadas y deben incorporarse a las Áreas Protegidas otras superficies que incluyan poblaciones más grandes. Se requerirían pocos esfuerzos para asegurar la representatividad y la persistencia de las especies bajo categorías de riesgo de los Valles Calchaquíes. *Lobivia walteri* es la especie que presenta la categoría de riesgo que refleja un mayor grado de amenaza, sin embargo no se encuentra dentro de los límites del Parque Nacional. El Cerro Negro, donde se distribuye la única población, podría incluirse a las Áreas Protegidas bajo la

categoría de reserva privada (ver Capítulo 2 de esta tesis). Asimismo, deben incorporarse otras áreas que incluyan poblaciones más abundantes de las otras dos especies amenazadas:

Trichocereus smrzianus y *Tephrocactus moliniensis*. La persistencia de las poblaciones dentro del Parque Nacional requiere de decisiones en cuanto a planificación y monitoreo. En este sentido, son necesarios estudios para las especies raras en el Parque Nacional a fin de evaluar su situación poblacional y controlar los factores que amenacen su persistencia dentro del mismo. Para asegurar la persistencia de las especies representadas dentro del Parque Nacional se recomienda disminuir la carga de ganado y burros en ciertos sectores, donde se ha registrado un importante impacto directo e indirecto de estos animales sobre las cactáceas y controlar la extracción de individuos.

REFERENCIAS

- Acreche, N., H. A. Núñez, y M. V. Albeza. 2001. Vulnerabilidad de la avifauna en el Parque Nacional Los Cardones, Salta, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 46(3): 811-816.
- Aguilera, N., P. López Sáenz, J. Bikauskas, y M. Marconi. 2002. Censo georreferenciado de pobladores del Parque Nacional Los Cardones. Informe Interno de la Delegación Técnica del Noroeste de la Administración de Parques Nacionales, Argentina.
- Allredge, J. R., y J. T. Ratti. 1992. Further comparison of some statistical techniques for analysis of resource selection. *Journal of Wildlife Manage* 56(1):1-9.
- Araujo, M. B. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151-163.
- Araujo, M. B., y P. H. Williams. 2000. Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation* 96: 331-345.
- Arita, H., F. Figueroa, A. Frisch, P. Rodríguez, y K. Santos Del Prado. 1997. Geographical range size and conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology* 11: 92-100.
- Boyle, T. H., y E. Anderson 2002. Biodiversity and conservation. En: Nobel, P. S. (ed), *Cacti. Biology and uses*, pp 125-141. University of California Press, Los Angeles.
- Bruner, A. G., R. E. Gullullison, R. E. Rice, y G. A. B. Da Fonseca. 2001. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. *Science* 291:125-128.

- Cabeza, M., y A. Moilanen. 2001. Design of reserve network and the persistence of biodiversity. *TREE* 16 (5): 242-248.
- Cabrera, A. L. 1994. *Regiones fitogeográficas argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fasc. 1. Ed. ACME SACI. Reimpresión.
- Caldecott, J. O., M. D. Jenkins, T. H. Jonson, y B. Goombridge. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation* 5: 699-727.
- Ceballos, G. 2001. Especies raras, el conocimiento de la diversidad biológica y la conservación. *Biodiversitas* 38: 9-13.
- Ceballos, G., y J. H. Brown. 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology* 9: 559-568.
- Ceballos, G., P. Rodríguez, y R. A. Medellín 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse México: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications* 8(1):8-17.
- Cowling, R. M., R. L. Pressey, A. T. Lombard, P. G. Desmet, y A. G. Ellis. 1999. From representation to persistence: requirements for a sustainable system of conservation areas in the species rich mediterranean-climate desert of southern Africa. *Diversity and Distributions* 5: 51-71.
- Fleming, T. H., y A. Valiente-Banuet (eds.). 2002. *Columnar cacti and their mutualists: evolution, ecology, and conservation*. University of Arizona Press, Tucson.
- Font, F., y P. Picca . 2001 a. Natural hybridization between *Trichocereus atacamensis* (Philippi) Marshall and *Denmoza rhodacantha* (Salm-Dyck) Britton & Rose (Cactaceae). *Bradleya* 19: 59-66.
- Font, F., y P. Picca. 2001 b. The geographic and conservation status of *Lobivia walteri* and *Trichocereus smrsonianus*. *British Cactus and Succulent Journal* 19 (1): 2-14.
- Gaston, K. J. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall. London, Gran Bretaña.
- Godínez-Álvarez, H., T. Valverde, y P. Ortega-Baes. 2003. Demographic trends in Cactaceae. *The Botanical Review* 69 (2):173-203.
- IUCN. 2006. *2006 IUCN Red List of threatened species*. < www.iucnredlist.org>.

- Kiesling, R. 1999. Cactaceae. In F.O. Zuloaga and O. Morrone [eds.], *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina II*. 423-489. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 74.
- Kiesling, R. 2003. *Flora de San Juan. República Argentina, vol II*. Sigma, Buenos Aires, Argentina.
- Kunin, W. F., y K. J. Gaston. 1997. *The biology of rarity. Causes and consequences of rare-common differences*. Chapman & Hall.
- Lovett-Doust, L., y J. Lovett-Doust. 1995. Wetland management and conservation of rare species. *Canadian Journal of Botany* 73: 1019-1028.
- Margules, C. R., y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Mccarthy, M. A., C.J. Thompson, y H.P. Possingham. 2005. Theory for designing nature reserves for single species. *The American Naturalist* 165(2): 250-257.
- Mittermeier, R. A., N. Myers, y J. B. Thomsen. 1998. Biodiversity hotspot and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12: 516-520.
- Mourelle, C., y E. Ezcurra. 1996. Species richness of Argentine cacti: A test of biogeographic hypotheses. *Journal of Vegetation Science* 7:667-680.
- Mourelle, C., y E. Ezcurra. 1997. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. *Journal of Vegetation Science* 8:547-558.
- Myers, N. 1988. Threatened biotas: 'hotspots' in tropical forestry. *The Environmentalist*, 8: 1-20.
- Myers, N. 1990. The biodiversity challenge: expanded hotspots analysis. *The Environmentalist*, 10:243-256.
- NOM-ECOL-059. 2002. Norma Oficial Mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial. SEMARNAP, México.
- Oldfield, S. (Compiler). 1997. *Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC grupo de especialistas de cactus y suculentas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales. Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.

- Ortega-Baes, P., y H. O. Godínez-Álvarez. 2006. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15: 817-827.
- Pressey, R. L., y K. H. Taffs. 2001. Sampling of land types by protected areas: three measures of effectiveness applied to western New South Wales. *Biological Conservation* 101:105–117.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, y F. Massardo. 2001. *Fundamentos de conservación biológicas: perspectivas latinoamericanas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- SeMADeS. 2006. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Salta, Argentina. Sistema Provincial de Áreas Protegidas.
<www.salta.gov.ar/medioambiente/areasproteg/SISTAPROTEG>.
- Shafer, C. L. 1990. *Nature reserves. Island theory and conservation practice*. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres.
- SIB. 2006. Sistema de Información de la Biodiversidad. Sistema Federal de Áreas Protegidas de Argentina. <www.sib.gov.ar/sifap>.
- Sisk, T. D., A. E. Launer, K. R. Switky, P. R. Ehrlich, y M. L. Imhoff. 1994. Identifying extinction threats. *Bioscience* 44 (9): 592-604.
- UNEP-WCMC. 2006. *UNEP-WCMC species database: CITES- Listed species*. <www.sea.unep-wcmc.org/isdb/CITES/>.
- U.S. Fish and wildlife service. 1999. Endangered and threatened wildlife and plants 50 CFR 17.11 y 17.12.
- Walter, K. S., y H. J. Gillett (eds). 1998. *1997 IUCN Red list of threatened plants*. Compilado por el World Conservation Monitoring Center. IUCN-The World Conservation Union. Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.
- Wilshusen, P. R., S. R. Brechin, C. L. Fortwangler y P. C. West. 2002. Reinventing a square wheel: critique of a resurgent 'protection paradigm' in international biodiversity conservation. *Society and Natural Resources* 15:17-40.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical analysis*. Segunda edición. Prentice Hall.

Cuadro 1.- Sitios de muestreo en el Parque Nacional Los Cardones, Salta, Argentina. Riqueza cactus: número de especies registradas y entre paréntesis se indica el número de transectos; RP: registro puntual de riqueza de especies.

Sitio	Ubicación	msnm	Provincia fitogeográfica	Amenaza	Riqueza cactus
Cerro Negro 1	25° 04' 28" S 65° 52' 25" W	4068	Altoandina (estepa de cojines)		2 (2)
Cerro Negro 2	25° 04' 50" S 65° 52' 35" W	3925	Puna (estepa arbustiva)		3 (RP)
Cerro negro 3	25° 05' 28" W 65° 52' 26" S	3851	Puna (estepa arbustiva)		4 (2)
Cerro Tin Tin	25° 07' 56" S 66° 00' 16" W	3004	Prepuna (cardonal)	burros	4 (2)
Cardonal 1	25° 09' 52" S 65° 56' 53" W	2906	Prepuna (cardonal)	burros	6 (2)
Cardonal 2	25° 10' 55" S 65° 58' 51" W	2886	Prepuna (cardonal)	burros, extracción de cactus	5 (4)
Churcal	25° 11' 16" S 65° 59' 52" W	2850	Prepuna (bosque <i>Prosopis</i>)	burros, ganadería	3 (4)
Duendeyacu	25° 13' 14" S 65° 01' 24" W	2827	Monte-Prepuna (matorral- cardonal)		6 (4)
Aguada del guanaco	25° 13' 59" S 65° 56' 23" W	3137	Puna (estepa arbustiva)	burros, ganadería	8 (4)
Laguna de Cachipampa	25° 14' 19" S 65° 55' 17" W	3145	Puna (estepa de cojines)	burros, ganadería	5 (5)
Puesto de Herrera	25° 11' 29" S 65° 52' 02" W	3341	Puna (estepa gramínea)	burros, ganadería	3 (5)
Valle encantado	25° 11' 14" S 65° 50' 37" W	3177	Yungas estepa gramínea	ganadería	2 (3)
Rumiarco	25° 15' 43" S 65° 50' 54" W	2887	Yungas (estepa gramínea)	ganadería, extracción de arbustos	1 (2)
Valle de Ovejera 1	25° 20' 20" S 65° 55' 02" W	3178	Puna (estepa arbustiva)	burros, ganadería, extracción de arbustos	6 (4)
Valle de Ovejera 2	25° 25' 09" S 65° 56' 21" W	2852	Monte-Prepuna (cardonal)		6 (RP)
Valle de Ovejera 3	25° 26' 45" S 65° 56' 32" W	2780	Monte-Prepuna (cardonal)		7 (RP)
Valle de Ovejera 4	25° 29' 18" S 65° 56' 50" W	2686	Monte-prepuna (matorral)		8 (4)

Cuadro 2.- Especies de cactus registradas en el Parque Nacional Los Cardones. Endemismo: Ar: Argentina; S: Salta; VC: Valles Calchaquíes. IUCN: categoría de riesgo, E (amenazada), R (Rara). Raza: N (nacional), R (regional: Valles Calchaquíes), L (local: Parque Nacional Los Cardones).

Especie	Endemismo	IUCN	Raza		
			N	R	L
Opuntioideae					
<i>Austrocylindropuntia verschaffeltii</i> (Cels ex F.A.C. Weber) Backeb.					
<i>Mahihuenopsis glomerata</i> (Haw.) R. Kiesling					
<i>Maihueniopsis boliviana</i> (Salm-Dyck) R. Kiesling					x
<i>Maihuenopsis rossiana</i> Heinr. & Backbrg) Ritt					
<i>Opuntia sulphurea</i> Gillies ex Salm-Dyck var. <i>hildmannii</i> (Fric) Backeb.					
<i>Tephrocactus molinensis</i> (Speg.) Backeb.	Ar, S, VC	R	x		x
<i>Tephrocactus weberi</i> (Speg.) Backeb. var. <i>weberi</i>	Ar				x
<i>Tunilla soehrensii</i> (Britton & Rose) D.R.Hunt & J.Iliff					
<i>Tunilla corrugata</i> (Salm-Dy) D.R.Hunt & J.Iliff	Ar				
Cactoideae					
Notocactaceae					
<i>Parodia microsperma</i> (F.A.C. Weber) Speg. subsp. <i>microsperma</i>					x
<i>Parodia aureicentra</i> Backeb.	Ar, S, VC		x		x
Trichocereae					
<i>Denmoza rhodacantha</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose	Ar			x	x
<i>Gymnocalycium spegazzinii</i> Britton & Rose	Ar				
<i>Lobivia haematantha</i> (Speg.) Britton & Rose var. <i>haematantha</i>	Ar				
<i>Lobivia haematantha</i> (Speg.) Britton & Rose var. <i>kuehnrchii</i> (Fric) Rausch					
<i>Lobivia korethroides</i> (Werderm.) Werderm.	Ar, S				x
<i>Trichocereus atacamensis</i> (Phil.) Backeb.					
<i>Trichocereus smrzianus</i> (Backeb.) Backeb.	Ar, S, VC	E	x		x
X <i>Trichomoza roseiflora</i>	Ar, S, VC		x	x	x

Cuadro 3.- Especies de cactáceas raras en el Parque Nacional Los Cardones, Salta, Argentina.

* Especie cuya densidad poblacional no fue evaluada debido a su ausencia en los transectos realizados en este estudio.

Patrones de distribución restringidos	Abundancias bajas	Patrones de distribución restringidos y Abundancias bajas
Rareza tipo 1	Rareza tipo 2	Rareza tipo 3
<i>Lobivia korethroides</i>	<i>Denmoza rodacantha</i>	<i>Tephrocactus moliniensis</i>
<i>Maihueniopsis boliviana</i>	<i>Parodia microsperma</i>	<i>Trichocereus smrzianus</i>
<i>Parodia aureicentra</i>	<i>Tephrocactus weberi</i>	
<i>xTrichomoza roseinflora*</i>		

Cuadro 4.- Representatividad de cactáceas del Parque Nacional Los Cardones, Salta, Argentina. Se presentan los números de especies/géneros en el Parque Nacional y los porcentajes de éstos que se encuentran representados en el Parque Nacional con relación a las distintas áreas geográficas. Se excluyeron del análisis a las especies introducidas.

	Parque Nacional Los Cardones	Valles Calchaquíes	Salta	Argentina
Géneros	10	55.6%	38.5%	27.0%
Especies	18	37.5%	20.9%	8.0%
Especies endémicas del país	10	34.5%	22.2%	7.6%
Especies endémicas de Salta	4	40.0%	23.5%	—
Especies endémicas de los Valles Calchaquíes	4	36.4%	—	—
Especies raras en Argentina	4	40.0%	23.5%	4.8%
Especies raras en los Valles Calchaquíes	2	8.3%	—	—
Especies bajo categorías de riesgo (IUCN)	2	66.7%	40.0%	18.2%

Cuadro 5.- Prueba de bondad de ajuste y prueba de Bonferroni. FRE: frecuencias relativas de especies esperadas de acuerdo a la superficie de cada unidad geográfica. Entre paréntesis se indican los límites de confianza (95%) para las frecuencias relativas; <, =, >: frecuencia relativa de especies menor, mayor o igual que la esperada, respectivamente. G: valor del estadístico de la prueba G. P: probabilidad

Grupo de Especies	Valles	Parque Nacional	G	P
	FRE	0,96	0,04	
géneros	(0.44; 0.85)	(0.15; 0.56)	28.3	< 0.001
	<	>		
especies	(0.60; 0.85)	(0.15; 0.40)	41.3	< 0.001
	<	>		
especies endémicas del país	(0.59; 0.86)	(0.10; 0.38)	21.7	< 0.001
	<	>		
especies endémicas de Salta	(0.44; 0.98)	(0.02; 0.56)	9.6	0.002
	=	>		
especies endémicas Valles Calchaquíes	(0.48; 0.99)	(0.01; 0.52)	9.0	0.003
	=	=		
especies amenazadas	(-0.11; 1.0)	(-0.09; 0.89)	6.25	0.012
	=	=		
especies raras (Valles Calchaquíes)	(0.78; 1.04)	(-0.04; 0.22)	0.66	0.42

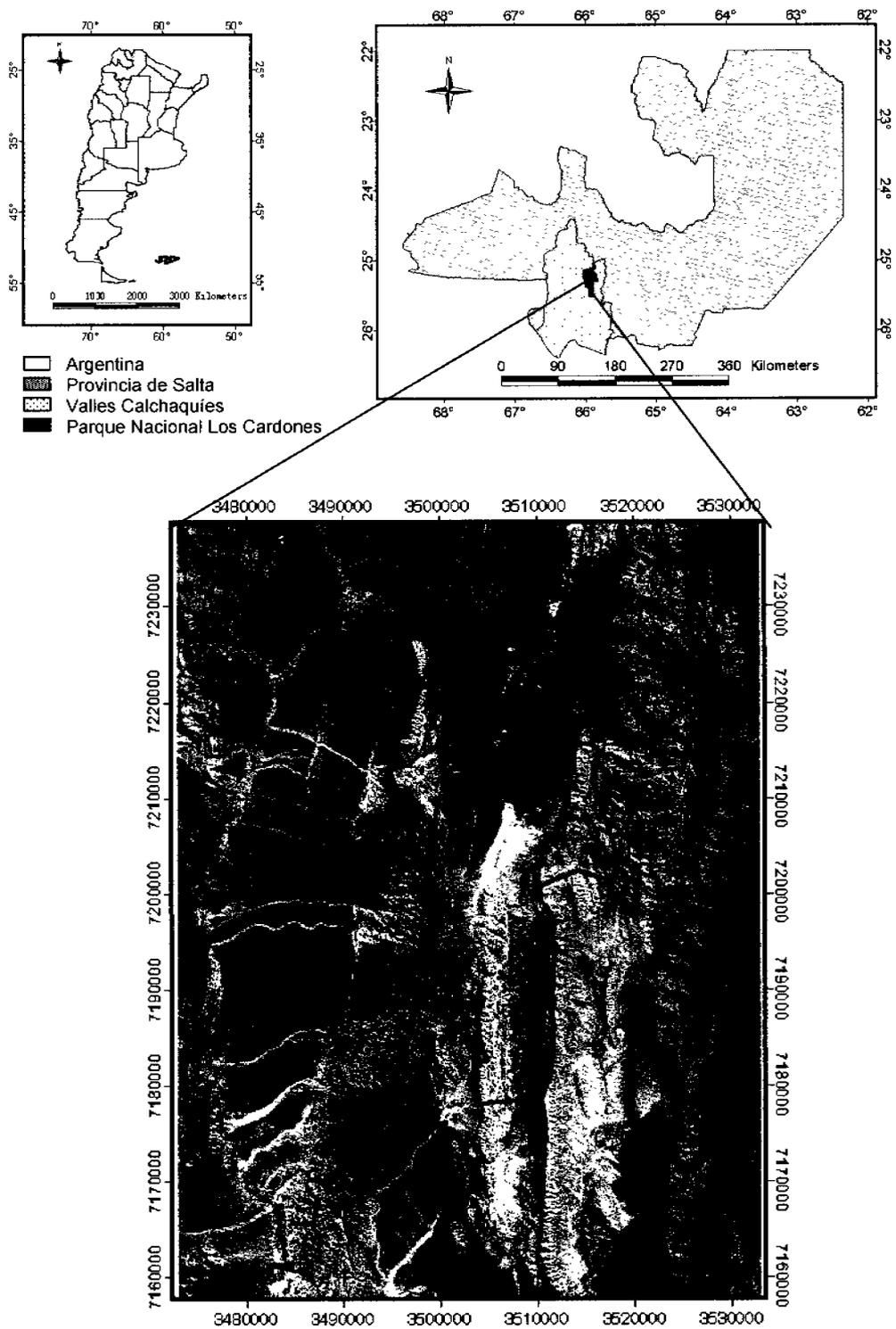


Figura 1.- Ubicación del Área de estudio: Valles Calchaquies, Salta, Argentina.

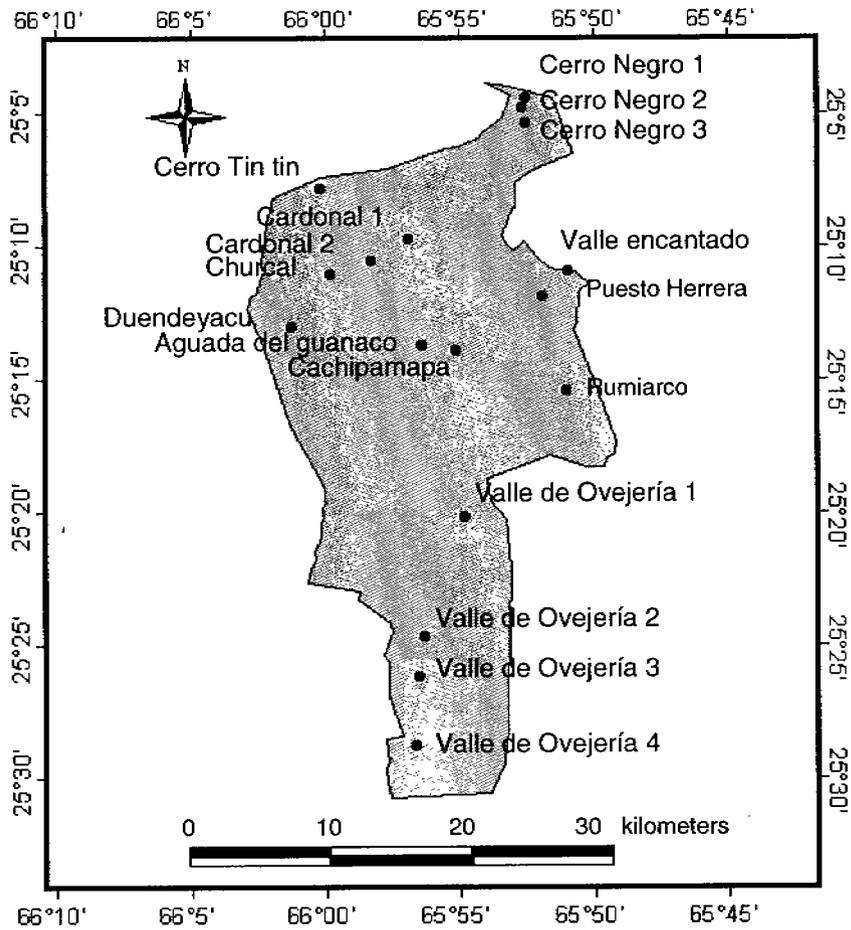


Figura 2.- Ubicación de los sitios de muestreo en el Parque Nacional Los Cardones, Salta, Argentina.

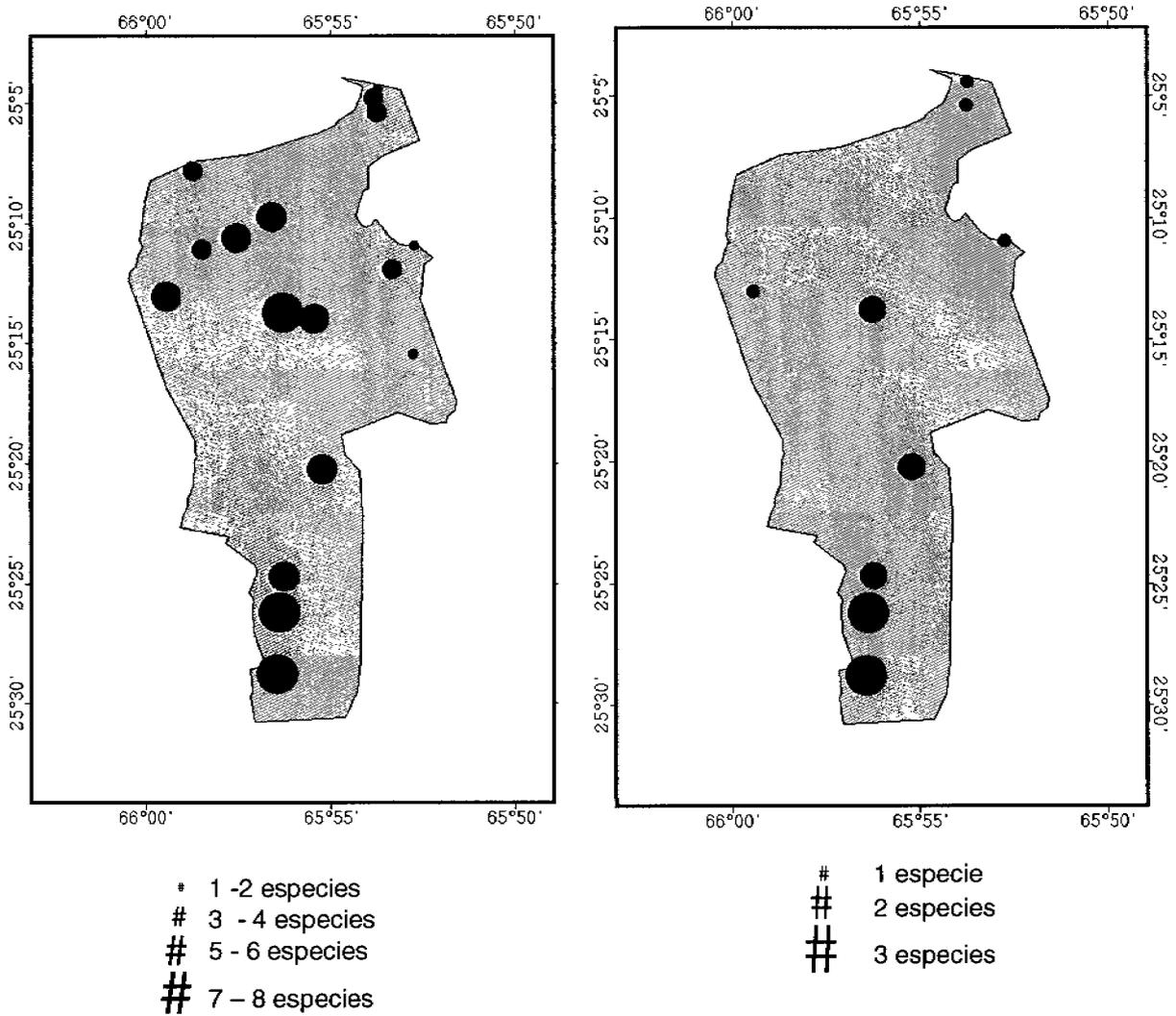


Figura 3.- Patrones de riqueza y rareza local de cactáceas en el Parque Nacional Los Cardones, Salta, Argentina. Se indica el tipo de rareza registrado en cada sitio (r1, r2, r3: rareza tipo 1, 2, y 3 respectivamente).

Capítulo 2

Patrones de diversidad y áreas prioritarias para la conservación de las cactáceas de los Valles Calchaquies, Salta, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Patrones espaciales y conservación de la diversidad

La diversidad biológica no se distribuye de manera homogénea sobre la tierra; por el contrario, existen regiones con alta concentración de especies, otras con baja y muchas áreas con diversidad intermedia (Mc Arthur 1972; Gaston 2000). Esta variación en la distribución de la biodiversidad no es aleatoria, sino que responde a un conjunto de patrones o gradientes globales y locales (Gentry 1988; Gaston & Spicer 1998; Juárez et al. en prensa). Para la mayoría de los grupos de seres vivos, las regiones tropicales son más diversas que las templadas, así como las áreas de baja elevación lo son más que las de altura, mientras que los bosques son más ricos que los desiertos (Brown & Lomolino 1998).

Los patrones de la diversidad biológica han sido utilizados para planificar sistemas de conservación *in situ*, por medio de la selección de áreas prioritarias. Esta estrategia permite definir dónde deben localizarse prioritariamente los esfuerzos de conservación para que las acciones sean más eficientes (Pressey et al. 1993; Pressey 1994; Margules & Pressey 2000).

Entre los criterios para fijar las prioridades de conservación se encuentran la riqueza de especies, la endemidad, la rareza de las especies y el grado de amenaza. En este contexto, 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; Ortega-Baes & Godínez-Álvarez 2006). Sin embargo, también se ha destacado la importancia para la conservación de la biodiversidad de ciertas regiones debido a la singularidad (i.e unicidad) de sus biotas. En este sentido, existen áreas que aunque no necesariamente poseen alta riqueza de especies, pueden tener un gran valor para la conservación por la concentración de especies endémicas, i.e. especies con ocurrencia exclusiva en una región o unidad política (Ceballos & Brown 1995; Ceballos et al. 1998; Primack et al. 2001; Mares 2002). Otro criterio muy utilizado para seleccionar las áreas de conservación es la concentración de especies bajo categorías de riesgo, ya que se ha reconocido su vulnerabilidad a la extinción y por lo tanto se les ha otorgado una alta prioridad de conservación (Myers 1990; Sisk 1994; Hernández & Barcenas

1995, 1996; Dobson et al. 1997; Mittermeier et al. 1998). Por su parte, las especies raras, es decir, aquellas que se encuentran restringidas en cuanto al área de su distribución y/o número de individuos (Gaston 1994), también se han convertido en un grupo prioritario a conservar, debido a que, en principio por razones demográficas y genéticas, son más vulnerables a la pérdida y degradación del hábitat y por lo tanto más proclives a la extinción que las especies comunes (Gaston 1994; Dobson et al. 1995; Lovett-Doust & Lovett-Doust 1995; Arita et al. 1997; Ceballos 2001; Domínguez-Lozano et al. 2003). Se ha utilizado el análisis conjunto de los patrones espaciales de estos grupos de especies para seleccionar áreas importantes para la conservación de diversos organismos (Ceballos & Brown 1995; Caldecott et al. 1996; Ceballos et al. 1998; Cofré & Marquet 1999; Gómez-Hinostroza & Hernández 2000; Ortega-Baés & Godínez-Álvarez 2006). El uso simultáneo de estos grupos de especies está relacionado con el hecho de que algunos autores han encontrado una baja correspondencia entre áreas con alta diversidad y áreas con alto endemismo y amenazas (Prendergrast et al. 1993; Ceballos & Brown 1995; Ceballos et al. 1998).

En general las prioridades para la conservación se han establecido a escalas amplias y han ayudado a focalizar la atención sobre ciertos países o regiones del mundo que presentan alta concentración de especies, de especies endémicas y/o especies amenazadas (Myers 1990; Ceballos & Brown 1995; Caldecott et al. 1996). Sin embargo, esta escala de análisis no es adecuada para proponer acciones concretas de conservación en el terreno (Larsen & Rahbek 2003). Mittermeier et al. (1998) han propuesto un sistema jerárquico para el establecimiento de prioridades de conservación: global>regional>nacional>local>sitios específicos. Así, las prioridades establecidas a escalas globales o regionales pueden ser ejecutadas de manera eficiente a la escala sobre las que se toman las decisiones de conservación y uso de la tierra, i.e. sitios específicos (Larsen & Rahbek 2003). El principal inconveniente para establecer las prioridades a escala local es la falta de información sobre los patrones de distribución de las especies adecuados para esta escala de análisis, para casi todos los grupos de organismos (Da Fonseca et al. 2000; Larsen & Rahbek 2003).

Conservación de la familia Cactaceae

Existen alrededor de 1800 especies de cactáceas, que se distribuyen principalmente en regiones áridas y semiáridas de América (Gibson & Nobel 1986; Anderson 2001). La creciente pérdida y transformación del hábitat y la colecta ilegal se encuentran entre las actividades antropogénicas que más afectan a las cactáceas (Oldfield 1997; Boyle & Anderson 2002). Como consecuencia, un gran número de especies están amenazadas de extinción y en peligro nacional o regional y se las considera en las listas internacionales y nacionales de especies en riesgo de extinción (Oldfield 1997; Walter & Gillett 1998; US Fish and Wildlife Service 1999; NOM-ECOL-059 2002; IUCN 2006). Existen 581 especies de cactáceas en las listas de especies amenazadas de la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN) y es una de las familias de plantas con mayor número y proporción de especies con categorías de riesgo (Walter & Gillett 1998; IUCN 2006). Su comercio es regulado por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES); la familia completa está considerada en el Apéndice II y 73 especies están incluidas en el Apéndice I (UNEP-WCMC 2006).

Ante este problema, se han identificado países donde deben realizarse acciones prioritarias para asegurar la conservación de las cactáceas a escala global. Son necesarios 24 países para proteger el 100% de las especies, aunque sólo diez de ellos incluyen el 94% de las mismas. México, Argentina y Perú son considerados los países más importantes por albergar en conjunto el 49% del total de las especies y el 47% de las especies endémicas (Ortega-Baes & Godínez-Álvarez 2006). Pocos países, entre ellos México y EUA, han iniciado acciones encaminadas a la conservación de esta familia, como la inclusión de algunas especies en las listas nacionales de especies amenazadas (Anderson 1997; Maurice & Anderson 1997; US Fish and Wildlife Service 1999; NOM-ECOL-059 2002) y la determinación de áreas prioritarias para la conservación con base en la diversidad de especies, de especies amenazadas y de especies raras (Hernández & Barcenas 1995, 1996; Gómez-Hinostrosa & Hernández 2000; Hernández et al. 2001; Hernández & Gómez-Hinostrosa 2002; Martínez-Ávalos & Jurado 2005). Además, se han realizado estudios demográficos de varias especies (Rae & Ebert 2002; Contreras & Valverde 2002; Godínez-Alvarez et al. 2003) y existe legislación que regula su uso y conservación (NOM-012-RECNAT 1996; NOM-

005-RECNAT 1997; NOM-007-RECNAT 1997; US Fish and Wildlife Service 1998; NOM-ECOL – 059 2002). Sin embargo, en los países de Sudamérica se carece de información sobre áreas prioritarias para la conservación, de estudios ecológicos de las especies y de los principales factores de amenaza (Odfield 1997; Boyle & Anderson 2002). Como consecuencia, las medidas orientadas a la conservación de cactus en estos países son escasas o nulas.

Argentina es el segundo país más rico en cactus, después de México, con 225 a 258 especies pertenecientes a 26 a 36 géneros, de las cuáles aproximadamente el 60% son endémicas (Hunt 1999; Kiesling 1999). A pesar de su alta riqueza y endemismo, y a pesar de ser considerado un país prioritario para la conservación global de la familia, no existen listas nacionales de especies amenazadas, ni legislación que regule su uso y tráfico dentro del país y han sido pocos los estudios tendientes a la conservación de estas especies en el país (Font & Picca 2001; Picca & Font 2002; Kiesling & Ferrari 2003; Juárez 2005).

Se han realizado algunos trabajos sobre patrones de riqueza de especies de cactus a escala nacional. Mourelle & Ezcurra (1996, 1997 a, b) analizaron los patrones espaciales de la riqueza de especies a una escala de 1° x 1° de coordenadas geográficas, estableciendo relaciones con descriptores ambientales. Estos trabajos indican que la diversidad de cactáceas decrece en sentido norte-sur y oeste-este, y que existe un alto recambio de especies en el país. La mayor diversidad de cactus se encuentra en el noroeste, siendo la Prepuna, el Monte y el Chaco las provincias fitogeográficas con mayor número de especies. Desde otro enfoque Juárez (2005) ha analizado la riqueza y el endemismo político por provincias y ha establecido prioridades basadas en estos patrones. Este trabajo indica que entre las 23 provincias de Argentina, Salta es la que mantiene el mayor número de especies y de endemismos, y por lo tanto se le ha otorgado la máxima prioridad para la conservación nacional de la familia. Si bien todos estos estudios son muy importantes, la factibilidad de concretar acciones de conservación para el grupo requiere de estudios a escala local dentro de las regiones de mayor diversidad, que permitan conocer los patrones de diversidad y de la rareza de las especies, así como el estado actual de uso de la tierra. En este sentido, los Valles Calchaquíes, ubicados en el noroeste de Argentina, entre la Puna y la Cordillera Oriental, es una de las regiones de mayor diversidad de cactus del país (Mourelle &

Ezcurra 1996). Estos valles se extienden a lo largo de tres provincias (Salta, Tucumán y Catamarca), pero la mayor parte se encuentra en Salta.

Objetivo e hipótesis

El propósito del presente trabajo fue identificar las especies raras y determinar los patrones de diversidad, endemismo y rareza para proponer áreas prioritarias para la conservación de cactáceas en los Valles Calchaquíes, Salta, Argentina.

Concretamente se formularon las siguientes preguntas: ¿Cuál es la diversidad de cactáceas en los Valles Calchaquíes?, ¿Cuáles son las especies raras?, ¿Cuáles son los patrones espaciales de la diversidad, la amenaza, el endemismo y la rareza?, ¿Existe coincidencia entre ellos?, ¿Se explican los patrones espaciales de la diversidad por algún tipo de gradiente geográfico, i.e. latitudinal, longitudinal o altitudinal?, ¿Cuáles son las especies prioritarias para la conservación en la región? y, por último, con base en los patrones espaciales ¿Cuáles son las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad regional de cactáceas?

En este trabajo se pusieron a prueba las siguientes hipótesis:

- 1) La diversidad de cactáceas de los Valles Calchaquíes se explica por un alto recambio de especies entre sitios (i.e. diversidad beta), lo que afectará la conformación de un futuro sistema de Áreas Protegidas para la región.
- 2) Existe una alta proporción de especies endémicas y raras en la región.
- 3) La riqueza de especies es mayor en áreas ambientalmente heterogéneas, en las provincias fitogeográficas del Monte y la Prepuna, así como en áreas de menores latitudes y altitudes.
- 4) La diversidad de especies está relacionada con la longitud, debido al abrupto gradiente ambiental en sentido este-oeste que existe en la provincia.
- 5) Los patrones de la riqueza de especies y los de la riqueza de especies endémicas y de las especies raras coinciden debido a la alta proporción de endemismos y rareza de las cactáceas en la región.

ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Los Valles Calchaquíes se extienden a lo largo del río Calchaquí entre las unidades estructurales de la Puna y la Cordillera Oriental, desde la provincia de Salta hasta Catamarca, Argentina (SeMADeS 2001). El área de estudio corresponde a la porción norte de los Valles Calchaquíes y abarca aproximadamente 15000 Km². Está ubicada exclusivamente en la provincia de Salta, donde se extiende desde el Abra de Acay, al norte, hasta el límite con la provincia de Tucumán, al sur, entre los 24° 24', 26° 24' S y 66° 43', 65° 36' W (Figura 1). Incluye un conjunto de valles y quebradas secundarios que conforman el complejo de afluentes del río Calchaquí y abarca los departamentos de San Carlos, Cafayate, Molinos, Cachi, La Poma, La Viña, Chicoana y Guachipas. La vegetación corresponde en su mayor parte a las provincias fitogeográficas de la Prepuna y el Monte; también se encuentran representados la Puna y, en menor proporción, los pastizales de altura de las Yungas, la provincia Altoandina y el Chaco serrano (Cabrera 1994). Predominan estepas arbustivas xerófilas de *Larrea* spp., *Bulnesia schickendantzii*, *Parkinsonia praecox*, *Plectocarpa rougesii* y *Senna* spp. principalmente, así como cardonales de *Trichocereus atacamensis* en el fondo de los valles y laderas de montañas. También se encuentran los bosques de algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y algarrobo blanco (*P. alba*) a orillas de los cursos de agua. El clima es cálido y seco, con grandes amplitudes térmicas, diarias y estacionales y las precipitaciones son menores a 200 mm anuales (SeMADeS 2001).

La ocupación humana de los Valles Calchaquíes se inició hace 12 mil años aproximadamente y fue escenario de la expansión de la cultura Tiahuanaco (650 a 850 d.C.) y de la extensión del estado Inca a mediados del siglo XV. A comienzos del siglo XVI la región se convirtió en el eje de la gobernación del Tucumán. Sin embargo, desde comienzos del siglo XX la región mantiene una baja densidad poblacional, con una economía principalmente de subsistencia (SeMADeS 2001). Se realiza agricultura en las terrazas fluviales, con producciones de pimiento, hortalizas, vid y frutos de carozo y se practica la cría extensiva de ganado vacuno, ovino, caprino y en menor proporción de llamas. En la zona sur y centro del Valle, hay importantes emprendimientos vitivinícolas que se han expandido en los últimos años.

A lo largo de los Valles existen numerosos yacimientos paleontológicos y arqueológicos, y valores históricos (Tarragó & Lorenzi 1966; Alfonso 1989, Gore 1993; Ximena 2001), que junto a la belleza paisajística hacen de la región un importante destino turístico (Secretaría de Turismo de Salta 2006). Además, existen cuatro Áreas Protegidas en los Valles Calchaquíes. Entre las de jurisdicción provincial se encuentran el Monumento Natural del Abra del Acay, el Monumento Natural de Angastaco y la Reserva Natural Manejada de la Quebrada de Cafayate, que no tienen ningún grado de control ni organización. El Parque Nacional Los Cardones es la única Área Protegida de jurisdicción nacional en la región y cuenta con un alto grado de organización y control (SIB 2006).

Unidades de análisis

Debido a la carencia de información completa y sistemática sobre la distribución de las cactáceas en los Valles Calchaquíes y a que esta familia está poco representada en los herbarios (Kiesling com. pers.), fue necesario diseñar un muestreo de campo que permitiera evaluar los patrones de la diversidad de estas plantas a una escala adecuada para proponer áreas prioritarias de conservación en la región. Las cactáceas presentan muchas especies crípticas, pequeñas y con patrones de distribución restringido o en parches, lo que exige un muestreo intensivo y sistemático que considere la totalidad del área de estudio (Hernández & Gómez-Hinostroza 2002). Otros estudios de campo sobre patrones geográficos en cactáceas realizados a escala local han dividido el área de estudio en cuadros de igual tamaño con el fin de diseñar los muestreos y seleccionar las áreas prioritarias de conservación (Gómez-Hinostroza & Hernández 2000; Hernández et al. 2001; Hernández & Gómez-Hinostroza 2002; Martínez-Ávalos & Jurado 2005).

El uso de cuadrículas ha sido común en estudios de patrones de diversidad de numerosos grupos de organismos, ya que ha resultado ser una herramienta muy útil para diseñar muestreos sistemáticos, representar patrones de diversidad y seleccionar áreas de conservación. En estos trabajos los cuadros se consideran como bloques de construcción de un sistema de reservas (Arita et al. 1997; Ceballos et al. 1998; Araujo 1999; Gómez-Hinostroza & Hernández 2000; Martínez-Ávalos & Jurado 2005; Bonn & Gaston 2005). Las decisiones sobre el tamaño de la cuadrícula

tienen importantes consecuencias en los resultados que se obtendrán, ya que los patrones y las prioridades se basan en la co-ocurrencia de las especies y esta depende de la escala del análisis (Pressey & Logan 1998; Larsen & Rahbek 2003). El tamaño de los cuadros debe tener relación con la escala de las características que se quieren evaluar y el número de unidades que es factible manejar en el muestreo y en el análisis de selección. Al disminuir el tamaño de la cuadrícula, aumenta el número de cuadros; pero se ha reportado que las unidades pequeñas pueden representar los elementos de conservación de una manera más eficiente que las más grandes (Pressey & Logan 1998). Por otro lado, se ha indicado que la persistencia de las especies a largo plazo requiere áreas más grandes que las necesarias para lograr sólo la representación de las mismas (Cowling et al. 1999). Existe, por lo tanto, un compromiso entre la eficiencia en la representatividad, la viabilidad del muestreo y del ejercicio de selección de áreas con la probabilidad de persistencia de las especies dentro de las unidades de análisis.

Para este trabajo se trazó una cuadrícula de 12 minutos de longitud x 12 minutos de latitud sobre el mapa del área de estudio, que determinó 45 cuadros (Figura 2). Se eligió este tamaño de cuadrícula porque se obtiene un número manejable de unidades tanto para el muestreo, como para la selección de áreas prioritarias y porque permite una resolución aceptable para esta región con gran heterogeneidad ambiental. Además, tiene una superficie semejante a la de otras áreas protegidas del país (44700 ha aproximadamente; SIB 2006).

Muestreo

Para determinar la riqueza y abundancia de las especies, en cada cuadro se seleccionaron 2 a 4 sitios de muestreo de acuerdo a su accesibilidad, procurando representar la heterogeneidad ambiental de los mismos. En cada sitio se realizaron transectos de 10 m de ancho y 500 m de largo, donde se registró la identidad específica de cada individuo presente. El número de transectos por sitio varió de 2 a 4, dependiendo del número de sitios seleccionados en cada cuadro, de manera que en total se realizaran ocho transectos por cuadro (4 ha), a excepción de algunos cuadros ubicados en los límites del área de estudio. Éstos fueron muestreados proporcionalmente al área interceptada por el polígono de los Valles Calchaquíes. Es decir, en los

cuadros ocupados en un 75-100% por el área de estudios se realizaron ocho transectos como mínimo; mientras que en aquellos ocupados en un 50-75% se realizaron un mínimo de seis transectos. Cuando el cuadro estaba ocupado entre 25-50% se realizaron como mínimo cuatro transectos y por último cuando este porcentaje fue < 25% se realizó un mínimo de dos transectos. En total se realizaron 287 transectos en el área de estudio, que sumaron 143.5 has y se contaron 111600 individuos (Figura 2). A pesar de que el esfuerzo de muestreo fue considerable, algunos cuadros presentaron una gran heterogeneidad ambiental, que a veces no pudo estar adecuadamente representada dentro de los transectos. Por lo tanto, a fin de no subestimar la riqueza de especies en estos cuadros, se realizaron un total de 58 observaciones adicionales de presencia de especies. Además se revisó toda la bibliografía disponible y los herbarios del Instituto de Botánica Darwinion, Buenos Aires y del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, Argentina.

Fueron muestreados 40 de los 45 cuadros en que fue dividida el área de estudio, i.e 89% de los cuadros. Los cuadros A8, A9, B3, B8 y B9 ubicados en los límites sur y oeste de la región, fueron descartados del análisis ya que no pudieron ser muestreados, por estar ubicados en zonas de alta montaña sin acceso (Figura 2). Sin embargo, se han muestreado cuadros contiguos con altitudes y topografías similares.

Nomenclatura

Para la mayoría de las especies registradas en los Valles Calchaquíes se preparó al menos un ejemplar de herbario, los cuales fueron depositados en los herbarios del Instituto de Botánica Darwinion, Buenos Aires y del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta, Argentina (45 ejemplares, ver apéndice).

Se siguió a Kiesling (1999) para nombrar a las especies, pero con las siguientes modificaciones: se reconoció a *Tunilla corrugata*, que estaba sinonimizada con *Opuntia longispina* (Kiesling & Ferrari 2005) y se consideró a *Maihueniopsis rossiana* como una especie diferente de *M. boliviana* (R. Kiesling com. pers.). Se tomó una postura conservadora ante los conflictos

taxonómicos que existen dentro de algunos géneros, como *Tunilla*, *Maihueniopsis* y *Lovibia*, por lo cual posiblemente se haya subestimado la diversidad de la región.

Rareza

Para determinar la rareza de las especies se consideró el área de distribución y la abundancia de las mismas. En este sentido, se consideraron raras las especies que tuvieron comparativamente bajas densidades y/o áreas de distribución restringidas (Gaston 1994). Kunin & Gaston (1997) recomiendan que en la medida de lo posible se usen ambas variables y su interacción para determinar distintos tipos de rareza, según presenten baja densidad, áreas de distribución restringida o ambas características. Diferenciar estos tipos de rareza puede ser útil ya que cada uno requiere de decisiones de manejo y/o conservación diferentes (Rabinowitz 1986). Si bien numerosos estudios incluyen la especificidad del hábitat como otra variable definitoria de la rareza (Rabinowitz 1981, 1986; Cofré & Marquet 1999; Yu & Dobson 2000), Kunin & Gaston (1997) opinan que ésta prejuzga las causas, y por lo tanto sería más una explicación para las bajas abundancias y/o áreas de distribución, que una variable que define el patrón.

La rareza está influenciada por la escala espacial que se considere y esto tiene consecuencias para la planificación de estrategias para la conservación a diferentes escalas geográficas (Gaston 1994, Rodríguez y Gaston 2002, Murray y Lepschi 2004). Por lo tanto, en este trabajo se determinó la rareza de las especies a dos escalas: nacional y regional. La primera se refiere a toda la República Argentina y la segunda a los Valles Calchaquíes de Salta. Para la escala nacional no se contó con información sobre abundancia, por lo tanto sólo se consideró el área de distribución de las especies. Para esto se determinó el número de provincias en las que se distribuyen todas las especies de Argentina (Kiesling 1999). Definir la rareza con base en el número de provincias tiene sus inconvenientes, ya que las mismas tienen diferentes superficies y además las especies no se distribuyen de manera uniforme en las mismas. A falta de información más detallada sobre los patrones de distribución de las especies en el país, esta aproximación se considera suficiente para los objetivos de este trabajo. Sin embargo, otros autores han estimado de manera satisfactoria las áreas de distribución de algunas especies de cactus mexicanos con base

en información de herbario (véase Hernandez & Navarro, en prensa). Habría que evaluar la pertinencia de este método para la información de herbario disponible en Argentina.

Para determinar las especies raras a escala regional se consideró la distribución geográfica de las mismas en el área de estudio y también su abundancia poblacional. El área de distribución se determinó como el número de cuadros en los que fue registrada cada especie, i.e frecuencia. Como medida de la abundancia se consideró el promedio de la densidad poblacional de las especies (Gaston 1994), según la siguiente expresión:

$$d_1 = \frac{\sum_{k=1}^l x_i}{\sum_{k=1}^l y_i};$$

donde d_1 : densidad de la especie 1; x_i : número de individuos de la especie 1 en la transecto i ; y_i : superficie del transecto i ; l, k : primero y último transecto donde se encuentra la especie 1. Esta medida se aproxima a la densidad ecológica de las especies, recomendada en estos casos, ya que la densidad cruda, es decir la abundancia referida a la totalidad de la superficie muestreada (i.e. 143.5 has) subestimaría la densidad poblacional de las especies, sobre todo aquellas con distribución restringida (Gaston 1994).

En esencia la rareza es la inversa de la abundancia, el área de distribución o alguna combinación de ambas y por lo tanto representa un continuo, ya que dichas variables son continuas. Sin embargo, para fines pragmáticos se consideró conveniente expresarla como una variable categórica, lo cual requirió fijar límites de corte para las distribuciones de ambas variables por debajo de los cuales las especies fueron consideradas raras. Para esto se utilizó el criterio del primer cuartil, i.e. 25% de la distribución, como lo recomienda Gaston (1994) y Kunin & Gaston (1997). Así, las especies con valores de abundancia y/o área de distribución menores o iguales al valor del primer cuartil correspondiente se consideraron raras. Para este estudio los valores de los primeros cuartiles resultaron los siguientes:

cuartil 1 (área distribución a escala regional): 1 cuadro

cuartil 1 (área de distribución a escala nacional): 1 provincia

cuartil 1 (abundancia poblacional a escala regional): 39 individuos por ha.

Por lo tanto, se consideraron especies raras a escala nacional a aquellas que se distribuyeron en sólo una provincia, i.e especies exclusivas de Salta. Las especies raras a escala regional fueron aquellas que se distribuyeron en sólo uno de los 40 cuadros muestreados y/o presentaron densidades poblacionales promedio menores a 39 individuos por hectárea.

No se consideró la abundancia de *xTrichomoza roseiflora*, *Echinopsis ancistrophora*, *Tephrocactus articulatus*, *Pterocactus tuberosus* y *Lobivia saltensis* por no contar con datos suficientes para evaluar sus densidades dentro de los transectos. Por lo tanto, la determinación de la rareza de estas especies se basó únicamente en los patrones de su distribución. Las especies exóticas registradas en la región fueron descartadas para este análisis y los que siguen.

Diversidad de especies

Se calculó la riqueza de especies, así como el número de especies endémicas, especies raras a escala nacional y regional y especies bajo categorías de riesgo. Se consideraron como endémicas de Argentina y endémicas de Salta a las especies que sólo se distribuyen en este país y esta provincia, respectivamente, según Kiesling (1999) y como endémicas de los Valles Calchaquíes a aquellas que sólo se distribuyen dentro de esta región y en ninguna otra del país, según R. Kiesling (com pers.). Los datos sobre categorías de riesgo se obtuvieron del Libro rojo de especies amenazadas de la IUCN (2006), complementada con las Listas rojas de especies de plantas amenazadas de la IUCN (Walter & Gillett 1998), ya que la primera se encuentra en proceso de reclasificación según las nuevas categorías y resulta incompleta para esta familia (IUCN 2006). Para cada cuadro se calculó la riqueza de estos grupos de especies como el número de especies acumulado en los transectos de cada cuadro.

Como medida del recambio de especies entre cuadros se calculó la diversidad beta. El recambio de especies entre dos unidades muestrales es una medida de las diferencias entre las listas de especies presentes en cada unidad y es un reflejo de la heterogeneidad florística de las diferentes comunidades (Magurran 1988). El recambio es alto cuando la proporción de especies compartidas entre dos unidades es baja y la proporción de especies perdidas y ganadas al moverse de una unidad a otra son similares (Koleff et al. 2003). Se utilizó el índice de Wilson &

Shmida (1984) como medida de la diversidad beta. Se usó este índice porque los únicos estudios de diversidad beta en cactáceas lo han utilizado previamente (véase Mourelle & Ezcurra 1997 b; Goettsch & Hernandez 2006) y resulta interesante compararlos.

$$\beta = (b + c) / (2a + b + c)$$

donde *a*: número de especies que están presentes en ambos cuadros; *b*: número de especies que están presentes sólo en el cuadro vecino; *c*: número de especies presentes sólo en el cuadro focal. β tienen un valor máximo de 1 (cuando no existe ninguna coincidencia en la composición de especies de los cuadros; $a = 0$) y un mínimo de 0 (cuando los cuadros comparten todas las especies; b y $c = 0$). Se calculó β entre cada cuadro focal y cada uno de los 40 cuadros del área de estudio y con estos valores se obtuvo un valor promedio de β para el cuadro focal.

Patrones espaciales

Se graficaron sobre la cuadrícula de 12 x 12 minutos los patrones espaciales de la diversidad, endemismo, amenaza y rareza, así como la diversidad beta. Además se evaluó la asociación entre la riqueza de los distintos grupos de especies (i.e. riqueza de especies, de especies bajo categorías de riesgo y las especies endémicas y raras a diferentes escalas espaciales), mediante correlaciones de Spearman (Zar 1984). De igual manera se evaluó la relación entre la riqueza de especies y variables geográficas. Se probó la relación entre la riqueza de especies por transecto vs longitud, latitud y altitud; así como la relación entre la riqueza acumulada y la riqueza promedio por cuadro dentro de cada banda longitudinal/latitudinal vs las bandas longitudinales (i.e. B, C, D, E y F; ver Figura 2) y las bandas latitudinales (de 1 a 10), respectivamente (ver Figura 2). Como el número de cuadros por banda latitudinal varió de 1 a 5, se repitieron los análisis descartando las primeras bandas (i.e. 1-3) que presentaban el menor número de cuadros (ver Figura 2).

Especies prioritarias

Se consideraron como especies prioritarias para la conservación en los Valles Calchaquíes a las especies endémicas de esta región. Esto se fundamenta en que la conservación *in situ* de

estas especies puede realizarse exclusivamente en esta región, ya que no presentan poblaciones en otro sitio del mundo. Si bien las especies bajo categorías de riesgo serían las que requieren acciones de conservación más urgentes, las especies argentinas posiblemente estén subestimadas en estos listados debido a la carencia de información acerca de sus poblaciones y amenazas, además estas especies también resultaron ser endémicas del área de estudio y por lo tanto están incluidas entre las especies prioritarias.

Se estableció un orden de prioridad para las especies endémicas de la región con base en la rareza regional. Las especies endémicas que además son raras fueron consideradas con máxima prioridad para acciones de conservación; mientras que las especies endémicas pero que son comunes en el área de estudio presentaron el segundo orden de prioridad.

Análisis de complementariedad

Se utilizó el principio de complementariedad para definir sitios prioritarios con el propósito de optimizar la conservación del grupo en la región, considerando el Parque Nacional Los Cardones como condición inicial del análisis (Araujo 1999; Margules & Pressey 2000, Pressey & Cowling 2001). Se utilizó un algoritmo que permite seleccionar a cada cuadro de acuerdo a su complementariedad de especies y determinar el conjunto mínimo de cuadros necesarios para representar todas las especies por lo menos una vez (Pressey et al. 1993). El principio se basa en la identificación de un primer cuadro prioritario, definido por la más alta riqueza de especies. Los otros cuadros se ordenan en cuanto a su prioridad de acuerdo a la contribución adicional de especies no encontradas en los cuadros anteriores. Cuando el valor de complementariedad fue coincidente entre cuadros, el orden de prioridad fue el siguiente: 1) cuadros que no contenían al Parque Nacional, 2) cuadros con el mayor número de especies y 3) cuadros que tenían el mayor número de especies endémicas de los Valles Calchaquíes.

Para el análisis no se consideraron a *Trichocereus smrzianus* y *Tephrocactus moliniensis* dentro de la composición de especies del Parque Nacional, ya que éstas están escasamente representadas dentro del Área Protegida (Capítulo 1). No se tuvieron en cuenta para este análisis las otras reservas existentes en la región porque no presentaban los límites establecidos y además

carecen de organización y control. Se realizaron análisis de complementariedad para el total de las especies y para las especies prioritarias para la conservación, i.e. especies endémicas de la región.

RESULTADOS

Diversidad de especies en los Valles Calchaquíes

En los Valles Calchaquíes de Salta se registraron 48 especies de cactus nativos, una subespecie y cinco variedades. Estas especies representan las formas de vida columnar, epífita, globosa y opuntioidea y a 19 géneros y dos subfamilias: Opuntioidea (14 spp.) y Cactoideae [Tribu Trichocereae (27 spp.), Rhipsalideae (1sp.), Notocactaceae (4 spp.) y Cereae (2 spp.)]. El género más diverso fue *Lobivia*, con siete especies, seguido por *Trichocereus* y *Echinopsis* con cinco especies cada uno (véase Apéndice). Se registraron también dos especies no originarias de la región, asociadas a zonas urbanas: *Opuntia ficus-indica*, originaria de México y *Trichocereus schickendantzii*, oriunda de valles anexos a los Valles Calchaquíes.

Los cactus calchaquíes representaron el 21 y el 49% de las especies y géneros de Argentina, respectivamente, y constituyeron el 55 y 69% de las especies y géneros de la provincia de Salta. Se registraron tres especies bajo categorías de riesgo, diez especies raras a escala nacional y 24 raras a escala de regional. Un total de 29 especies fueron endémicas de Argentina, diez de Salta y 11 de los Valles Calchaquíes, siete de las cuales fueron exclusivas del área de estudio, i.e Valles de Salta (Cuadros 1 y 3).

El 60% de las especies del área de estudio fueron endémicas de Argentina y representaron el 22% del total de las cactáceas endémicas del país. El 21% de las especies fueron endémicas de Salta y representaron el 59% del total de especies endémicas de esta provincia. El 23% de las especies fueron endémicas de los Valles Calchaquíes y el 15% se distribuyen únicamente en los Valles de Salta. Sólo el 6% de las especies presentaron alguna categoría de riesgo (Cuadro 1). *Lobivia walteri* fue categorizada como extinta en 1997, aunque se encontró una población en 2001 (Font & Picca 2001), *Trichocereus smrzianus* como en peligro y *Tephrocactus moliniensis* como

especie rara. Estas especies representaron el 60% de las especies bajo categorías de riesgo que se distribuyen en Salta y el 27% de este grupo de especies reconocidas para el país (Cuadro 1).

La bibliografía aportó registros en el área de estudio de dos especies que no fueron encontradas en el muestreo. Sólo 28 ejemplares de los herbarios revisados correspondieron al área de estudio y ninguno aportó nuevas localidades a las registradas en el muestreo (véase Apéndice).

Rareza

Las especies raras, por su área de distribución o densidad poblacional en Valles Calchaquíes de Salta, fueron numerosas. Sin embargo, sólo una pequeña proporción presentó el tipo de rareza más extrema, pues presentaron la combinación de bajas densidades y patrones de distribución restringidos. También fueron pocas las especies que resultaron raras a ambas escalas geográficas.

Se determinaron 24 especies raras para la región, 19 de las cuales presentaron patrones de distribución restringidos y 12 tuvieron bajas densidades poblacionales. Sólo siete especies presentaron ambas características (Cuadro 2). Dos especies, *Parodia penicillata* y *Acanthocalycium ferrarii*, fueron consideradas raras a pesar de que tuvieron registros para dos cuadros, pues se distribuyeron sólo en una pequeña zona del límite entre ambos. A escala nacional, se determinaron 83 especies raras con base en su distribución geográfica, diez de las cuáles se distribuyeron en los Valles Calchaquíes de Salta (Cuadros 1 y 3). Cinco especies fueron raras considerando ambas escalas de análisis: *Gymnocalycium planzii*, *Lobivia walteri*, *P. pennicillata*, *Trichocereus angelesii* y *xTrichomoza roseinflora*; y las cuatro últimas son, además, endémicas del área de estudio (Cuadro 3).

Especies prioritarias

El 23% de las especies registradas en los Valles Calchaquíes fueron consideradas prioritarias para la conservación regional de cactáceas por ser endémicas de la región. Siete especies presentaron la máxima prioridad para acciones de conservación pues, además de ser endémicas son raras en los Valles. Entre ellas, *Lobivia walteri* requiere acciones urgentes, ya que presenta una alta categoría de riesgo y tiene poblaciones muy restringidas dentro de los Valles

(Cuadro 3 y Figura 3). Se registraron en este trabajo escasos individuos en la Cuesta del Obispo, donde había sido considerada extinta (Font & Picca 2001); allí se encuentra bajo fuertes presiones antropogénicas como ganadería y fuego. La otra localidad donde fue registrada esta especie, Cerro Negro, presenta una población un poco más abundante. El segundo orden de prioridad, dado para especies endémicas de la región pero que presentan poblaciones relativamente abundantes y frecuentes, fue otorgado a cuatro especies. Dos de ellas, *Tephrocactus moliniensis* y *Trichocereus smrzianus*, se encuentran bajo categorías de riesgo (Figura 3 y Cuadro 3).

Gymnocalycium spegazzini y *Lobivia haemathantha* son casi endémicas de la región, pues sólo se distribuyen en otros Valles preandinos adyacentes a los Valles Calchaquíes, y dado que son relativamente frecuentes y abundantes en el área de estudio, éste sitio sería adecuado para planificar acciones de conservación para estas especies.

Patrones espaciales

Diversidad por cuadros

La riqueza de especies en los cuadros fue muy heterogénea, ya que varió de 3 a 19 especies, con un promedio de 9.5 ± 3.3 (D.E). Los cuadros del este de los Valles, en las fajas longitudinales E y F, presentaron la mayor diversidad de especies (Figura 4 a). Esta región coincide con las sierras subandinas, donde existen ambientes transicionales de Chaco-Monte y Yungas-Puna. Estos cuadros incluyen la quebrada de las Conchas, el sur de la quebrada del río Calchaquí y la región donde se ubica el Parque Nacional Los Cardones. Por el contrario, los valores más bajos de riqueza se registraron dentro de las fajas longitudinales B, C y D. Esta última coincide en su mayor parte con el fondo del Valle, sitios de mayor homogeneidad y antropización, mientras que en las dos primeras se encuentran los cordones montañosos y valles intermontanos altos que limitan la región de los Valles con la unidad estructural de la Puna (Figuras 1 y 4 a, b).

Los ambientes más diversos fueron las áreas de transición Chaco-Monte, el Monte y la Prepuna. Por el contrario, la provincia Altoandina, la Puna, los bosques de *Prosopis ferox* de la Prepuna y el pastizal de altura de Yungas mantuvieron el menor número de especies de cactus.

El 80% de los cuadros presentaron alguna especie endémica de la región, i.e. especies prioritarias para la conservación, con un promedio de 1.6 ± 1.1 y un máximo de 4 especies. Estas especies se concentraron, también, en el sureste del área de estudio, pero además otros cuadros ubicados en el centro de los Valles fueron relativamente ricos en especies prioritarias (Figura 4 b).

Los cuadros presentaron en promedio 5.4 ± 2.1 especies endémicas de Argentina, con un mínimo de 1 y un máximo de 10 especies. Estas especies se concentraron en las fajas C, E y F (Figura 5 a). Un total de 16 cuadros presentaron alguna especie bajo categoría de riesgo, pero ninguno contuvo a la totalidad de estas especies que se distribuyen en los Valles (Figura 5 b). Un total de 22 cuadros tuvieron representada alguna especie rara a escala regional, con un promedio de 1.6 ± 2.4 y un máximo de 13 especies (Figura 5 c). En cuanto a las especies raras a escala nacional, i.e. especies endémicas de Salta, 26 cuadros presentaron por lo menos una de estas especies y el promedio fue de 1.1 ± 1.0 especies por cuadro, con un máximo de 3 (Figura 5 d). Todos estos grupos de especies fueron más diversos en el este del área de estudio (Figura 5).

Los cuadros F7 y F8 presentaron un alto valor de conservación, porque tuvieron una alta concentración de especies y de especies endémicas de los Valles Calchaquíes. Aunque el primero no presentó ninguna especie bajo categoría de riesgo y sólo tiene una especie endémica de la región, tuvo un alto número de especies endémicas de Argentina y Salta, así como especies raras a escala nacional y regional (Figuras 4 y 5). Los cuadros E4, E5 y E10 también tuvieron un alto valor de conservación, pues resultaron importantes para las especies endémicas de los Valles; además los dos primeros contuvieron la mayor parte del Parque Nacional Los Cardones y mostraron una alta concentración de especies, especies raras a escala nacional y especies bajo categorías de riesgo (Figuras 4 a y 5 b, c). El cuadro E10 tuvo un alto número de especies, especies endémicas y raras a escala nacional, pero no contuvo ninguna especie bajo categoría de riesgo (Figuras 4 a y 5 a, b, c).

Se encontró un alto recambio de especies entre los cuadros. El valor promedio de β para todos los pares de cuadros contiguos y no contiguos fue de 0.51 ± 0.23 (N= 780), mientras que β sólo entre pares de cuadros contiguos tuvo un promedio de 0.35 ± 0.19 (N= 112). Un total de 40

pares de cuadros, ninguno de ellos contiguo en el área de estudio, presentaron el máximo valor de $\beta = 1$, lo que implica que éstos no compartieron ninguna especie. Sólo un par de cuadros, contiguos, presentaron $\beta = 0$ y por lo tanto tienen idéntica composición de especies. El cuadro C1 presentó el promedio de diversidad beta para todos los cuadros más alto (0.91 ± 0.17 ; N= 39) mientras que B5 el más bajo (0.36 ± 0.21 ; N= 39). Entre cuadros contiguos el valor más alto se registró en el par F6-F7 ($\beta = 0.92$) y el más bajo entre C9-B8 ($\beta = 0$) (Cuadro 5).

Relación entre riqueza, endemismo, rareza y amenaza

El grupo de especies bajo categorías de riesgo se encontró anidado dentro de los otros grupos, a excepción de las especies raras a escala regional que en general presentaron bajas coincidencias con los otros grupos de especies. La correlación lineal de las riquezas por cuadro entre los distintos grupos fue positiva y significativa para casi todos los casos, aunque la fuerza de la relación varió mucho.

La riqueza de especies en general y la de endémicas de Argentina presentaron la correlación más fuerte. El número de especies y el número de especies prioritarias, i.e. endémicas de los Valles, tuvieron también una relación positiva, aunque más moderada. También se encontraron correlaciones moderadas entre la riqueza de especies y las riquezas de especies raras a escala nacional y a escala regional. La correlación más débil se encontró entre la riqueza de especies y el número de especies con categorías de riesgo (Cuadro 5).

La riqueza de especies prioritarias presentó correlaciones de moderadas a fuertes con la riqueza de especies raras a escala nacional, de endémicas del país y amenazadas según la IUCN; pero correlacionó débilmente con la riqueza de especies raras a escala regional. La riqueza de especies prioritarias es la que presentó las mejores correlaciones con los otros grupos de especies. La riqueza de especies bajo categorías de riesgo y las raras a escala regional se relacionaron, en general, débilmente con el resto de los grupos (Cuadro 5).

Relación entre riqueza de especies y variables geográficas

Como se esperaba, la riqueza de especies se relacionó con la longitud y la altitud sobre el nivel del mar, aumentando hacia el este y a menores alturas. Sin embargo, no se encontró relación con la latitud.

El número acumulado de especies por banda longitudinal y el promedio de especies por cuadro dentro de estas bandas presentaron una correlación muy fuerte con las bandas longitudinales ($r_s = 1$, $p = 0$ y $r_s = 0.95$, $p = 0,01$; respectivamente). La riqueza local correlacionó de manera negativa y significativa con la altitud ($r_s = -0.35$, $p < 0.0001$). Respecto a la latitud, no se encontraron correlaciones significativas con la riqueza de especies.

Análisis de complementariedad

Fueron necesarios sólo ocho cuadros; i.e el 20% del total, para complementar al Parque Nacional Los Cardones en la conservación del 100% de las especies de los Valles Calchaquíes de Salta. El Parque Nacional contuvo el 33% de las especies y en conjunto con el cuadro F7 incluyeron al 67% de las especies; al adicionar los cuadros E9, F4 y E10 se logró la representatividad del 92% de las especies (Figura 7 a). Para las especies prioritarias, cinco cuadros, i.e. 13% del total, complementaron al Parque Nacional en la representación del 100% de las especies endémicas de los Valles Calchaquíes. El Parque protegió el 18.2% de estas especies y en conjunto con el cuadro E10 y E4 contuvieron al 73% de las mismas (Figura 7 b).

Ambas complementariedades presentaron un solapamiento espacial del 80%; sólo el cuadro F8 fue seleccionado para las especies prioritarias pero no para la riqueza total de especies. Sin embargo, este cuadro agregó a la complementariedad sólo una especie que es frecuente en los Valles, *Tephrocactus moliniensis*, y por lo tanto otro cuadro seleccionado para la riqueza total de especies, como E9, podría sustituirlo.

DISCUSIÓN

La conservación de la diversidad biológica depende en gran parte de la protección *in situ* y para ello debe optimizarse el área disponible para los objetivos de conservación, ya que los

intereses de las sociedades son múltiples y los recursos son limitados (Mittermeier et al. 1998; Araujo 1999). Un sistema jerárquico de establecimiento de prioridades (Mittermeier et al. 1998), permite que las propuestas enunciadas con base en patrones globales o de unidades políticas sean ejecutadas de manera eficiente a escala local. Este ejercicio garantiza que las localidades seleccionadas se encuentren anidadas dentro de las regiones de mayor diversidad (Larsen & Rahbek 2003). En este contexto, Ortega-Baes y Godínez-Álvarez (2006) han analizado los patrones globales de la riqueza y el endemismo de las cactáceas y han propuesto a Argentina como uno de los países prioritarios para la conservación global de la familia. Luego, Juárez (2005) analizó estos patrones dentro del país y estableció que Salta es la provincia que contiene el mayor número de especies y de especies endémicas. Dentro de esta provincia, los Valles Calchaquíes constituyen probablemente la región de mayor diversidad de cactus (Mourelle & Ezcurra 1996). En esta tesis se seleccionaron áreas prioritarias para acciones de conservación dentro de los Valles Calchaquíes, para lo cual se utilizaron unidades con superficies semejantes a las de varias Áreas Protegidas de Argentina (SIB 2006). Pocos estudios han llegado a este nivel jerárquico en el establecimiento de prioridades basadas en patrones espaciales de la diversidad (Gómez-Hinostroza & Hernández 2000; Hernández et al. 2001; Hernández & Gómez-Hinostroza 2002), ya que requiere de un gran esfuerzo de muestreo para obtener datos adecuados para esta escala de análisis (Da Fonseca et al. 2000; Larsen & Rahbek 2003).

Diversidad de los Valles Calchaquíes

Los Valles Calchaquíes de Salta mantienen 48 especies de cactus, que son casi un cuarto de las especies de Argentina y más de la mitad de la diversidad de Salta. Esta representatividad es alta pues la región sólo representa el 0.5% del territorio nacional y menos del 10% de la superficie de la provincia de Salta. La diversidad de los Valles es semejante a la de toda Cuba (48 spp.) y Uruguay (51 spp.) y es mayor que la de otros 24 países de América, entre ellos Colombia, Ecuador y Venezuela (Hunt 1999). Incluso es mayor que la de algunas regiones áridas de México, como el Vizcaíno (33 spp.) o la cuenca baja del Balsas (25 spp.), ambas más extensas que los Valles Calchaquíes (Gómez-Hinostroza & Hernández 2000). Sin embargo, esta región tiene una riqueza mucho menor que la reportada para las regiones más diversas del desierto Chihuahuense, región

de mayor diversidad del mundo, donde se han registrado hasta 75 especies en superficies cinco veces menores a la de los Valles Calchaquíes, o Tehuacán con 80 especies registradas en una superficie de 10 mil Km² (Gómez-Hinostroza & Hernández 2000).

La alta diversidad de los Valles Calchaquíes puede ser explicada por la combinación de factores como la ubicación geográfica, la cantidad y la diversidad de las provincias fitogeográficas representadas, la topografía y la diversidad beta. Los Valles están ubicados en el noroeste del país, la región de mayor diversidad de cactus de Argentina, y más precisamente se ubican en el cuadro donde se ha registrado la mayor diversidad del país (Mourelle & Ezcurra 1996). Además se encuentran representadas seis provincias fitogeográficas, entre ellas la Prepuna y el Monte, que son especialmente ricas en cactáceas (Mourelle & Ezcurra 1996), representan aproximadamente el 80% de su superficie. Los Valles preandinos tienen un marcado gradiente ambiental en sentido este-oeste, con un intervalo altitudinal cercano a los 4000 m y marcadas diferencias de humedad, como consecuencia de la sombra orográfica producida por las sierras subandinas (Bianchi & Yañez 1992). Los vientos descargan su humedad sobre las montañas del límite este de la región, donde existen formaciones boscosas y luego atraviesan los Valles con bajo contenido de humedad hasta llegar extremadamente secos a la Puna, en el límite oeste. Estos gradientes climáticos provocan una alta diversidad beta en la región. Si bien el cuadro de mayor riqueza explica aproximadamente el 40% de la diversidad regional, el resto debe ser entendido por la diversidad beta, producto de transiciones ambientales dentro de la región.

Trabajos sobre mamíferos de Argentina han asignado un papel importante a las cordilleras preandinas y andinas en facilitar la diversificación de géneros y especies. Estos cordones generaron una topografía compleja de montañas y valles, lo que ha favorecido el aislamiento de poblaciones, facilitando de esta manera la especiación en este grupo de animales (Mares et al. 2000).

Rareza

Más de la mitad de las especies registradas en los Valles Calchaquíes son raras en la región. La alta proporción de rareza es un patrón bien documentado para la familia (Hernández & Godínez

1994) y recurrente en varias comunidades de cactus (Gómez-Hinostroza & Hernández 2000, 2001, Martínez-Ávalos & Jurado 2005).

La rareza es producto de la combinación de factores físicos y biológicos que restringen las especies en el espacio y número de individuos (Gaston 1994). La rareza de los cactus dentro de los Valles se debe principalmente a que una alta proporción de las especies presentan sus límites de distribución en esta región. Muchas de ellas son típicas del Chaco y la selva de Yungas, ambientes que están marginalmente representados en el límite este de la región (menos del 5% de la superficie del área de estudios) y posiblemente no sean raras en otras regiones de la provincia. Entre estas especies están *Cereus forbesii*, *Cleistocactus smaragdiflorus*, *Echinopsis tubiflora*, *Gymnocalycium planzii*, *G. schickendantzii*, *Opuntia salmiana*, *O. anacantha*, *O. schickendantzii*, *Pfeiffera ianthothele*, *Rebutia minuscula* y *Trichocereus thelegonus*. Otras especies, como *Acanthocalycium ferrarii*, *E. longispina*, *Pterocactus tuberosus*, *Cereus aethiops*, *Tephrocactus articulatus* y *Denmoza rodacantha* si bien son elementos típicos de los ambientes áridos de los valles preandinos, presentan sus límites norte o sur de distribución en el área de estudio (Rausch 1975-1977; Kiesling 2003), y por lo tanto sólo están marginalmente representadas allí. Se ha reportado que en los bordes de las distribuciones las especies poseen abundancias locales y frecuencias de ocurrencia menores que en los centros de sus distribuciones (Lawton 1993). Por otro lado, *Blossfeldia liliputana* resultó rara debido a que presenta un hábitat altamente específico y escaso dentro de los Valles Calchaquíes. Esta especie habita solamente sobre barrancos cercanos a ríos, aunque dentro de este microhábitat suele ser relativamente abundante. Por último, rareza de algunas especies en la región se explicaría por características intrínsecas o extrínsecas que restringen su distribución a otras regiones óptimas dentro de los Valles o mantienen bajas densidades, como problemas de fecundidad y dispersión o impactos antrópicos (Lovett-Doust & Lovett-Doust 1995). Estudios que determinen las causas de las bajas abundancias y/o patrones de distribuciones restringidos de las especies endémicas de los Valles Calchaquíes, como *Lobivia walteri*, *L. bruchii*, *L. kieslingii*, *P. penicillata*, *Trichocereus angelesii* y *xTrichomoza roseinflora*, serían muy útiles para la conservación de estas especies. En el caso de *xT. roseinflora*, posiblemente su rareza se deba a que la hibridación que le ha dado origen es un proceso local y

probablemente relativamente reciente como para que ocurra la dispersión a otras regiones aptas ya que este híbrido presenta semillas con alta capacidad germinativa (Saravia & Rojas-Aréchiga, datos no publicados) .

Sólo una de las tres especies bajo categoría de riesgo es además rara en la región: *Lobivia walteri*. Esta especie es endémica del área de estudio y presenta el tipo de rareza más extremo, por lo tanto, son necesarias acciones urgentes para la conservación y restauración de sus poblaciones. Por el contrario, las otras dos especies bajo categorías de riesgo: *Trichocereus smrzianus* y *Tephrocactus moliniensis*, también son exclusivas de los Valles de Salta pero son relativamente comunes allí, ya que se distribuyen en varios cuadros y presentan poblacionales más densas que las de varias especies.

Sólo seis especies resultaron raras tanto a escala local como nacional. Cuatro de ellas, *Lobivia walteri*, *Trichocereus angelesii*, *xTrichomoza roseinflora* y *Parodia penicillata* son además exclusivas de los Valles Calchaquíes de Salta y por lo tanto merecen una atención especial. Sólo el 33% de las especies raras a escala regional presentaron la combinación de bajas densidades y patrones de distribución restringidos. Se ha sugerido que en estudios de rareza existe una alta proporción de especies con ambas características, pues no son variables totalmente independientes (Gaston 1994; Gaston et al. 2000). En general, especies con altas densidades tienden a tener distribuciones amplias, debido principalmente a factores de uso de recursos y dinámicas metapoblacionales (Lawton 1993). Sin embargo, a la escala de análisis de este trabajo y como aquí se consideró la densidad promedio de las poblaciones, la interacción entre ambas variables se minimiza y la coincidencia se reduce.

Especies prioritarias

Fijar prioridades a nivel de especies permite focalizar la investigación y los esfuerzos de conservación en ciertas especies que consideramos con mayor riesgo de extinción (IUCN 2006). Las especies endémicas de los Valles Calchaquíes dependen exclusivamente de las acciones de conservación y decisiones de desarrollo que se tomen para la región, y por lo tanto son consideradas prioritarias para la conservación regional. Entre las especies con máxima prioridad,

i.e. endémicas de los Valles que además son raras allí, sólo una especie, *xTrichomoza roseinflora*, se encuentra protegida dentro del Parque Nacional Los Cardones (Capítulo 1). Para *Lobivia walteri* urgen estudios sobre factores de amenaza y la implementación de programas de recuperación poblacional (*in situ* y *ex situ*), pues tiene una alta categoría de riesgo y el tipo de rareza más extremo. *Parodia penicillata* es exclusiva de una pequeña región del sur del área de estudio y allí sus poblaciones sufren intensa extracción de individuos para usos tradicionales. Por su parte, *Acanthocalycium ferrari*, *Lobivia bruchii* y *L. kieslingii* se distribuyen también en los Valles Calchaquíes de la provincia de Tucumán, donde presentan poblaciones más grandes (Mauseth et al. 2002). Entre las especies con el segundo orden de prioridad, es decir aquellas endémicas de los Valles que son relativamente comunes en esta región, *Parodia aureicentra*, *Tephrocactus moliniensis* y *Trichocereus smrzianus* presentan poblaciones dentro del Parque Nacional, sin embargo las dos últimas se encuentran escasamente representadas dentro de sus límites y dado que son especies bajo categorías de riesgo (Walter & Gillett 1998) se deben incorporar en las Áreas Protegidas otras áreas que incluyan poblaciones más grandes (Capítulo 1).

En este trabajo las especies no endémicas de los Valles no fueron consideradas prioritarias. Sin embargo, se reconoce la importancia de conservar las poblaciones calchaquíes de estas especies para mantener la diversidad regional y porque algunas tienen subespecies o variedades endémicas de los Valles (R. Kiesling, com. pers; Rausch 1975-77). Además, se ha reportado la importancia de conservar poblaciones periféricas, ya que suelen divergir genética y morfológicamente de las poblaciones del centro de su distribución, debiso a adaptaciones locales a ambientes menos favorables para la especie, deriva o aislamiento (Lovett-Doust & Lovett-Doust 1995; Lesica & Allendorf 1995). Por esto son consideradas fuente de eventos de especiación futuros, actuando como generadoras de diversidad futura y además de ser más susceptibles a la extinción local que las poblaciones del centro geográfico de la distribución, ya que frecuentemente se encuentran aisladas, en sitios subóptimos y en bajas densidades (Lesica & Allendorf 1995).

Patrones espaciales de diversidad

Antes de decidir una política de selección de áreas prioritarias es útil observar la relación entre los patrones de diversidad, la amenaza, el endemismo y la rareza; ya que de los objetivos de conservación depende qué áreas serán seleccionadas y qué atributos serán representados (Prendergast et al. 1993; Kershaw et al. 1995).

La riqueza de especies endémicas los Valles presentó una relación moderada con la diversidad total de especies y en general es el grupo que mejor representa la riqueza de los otros grupos de especies, i.e. especies endémicas, raras y amenazadas. Por el contrario los patrones de riqueza de especies raras a escala regional y de especies bajo categorías de riesgo presentaron bajas correlaciones con los patrones de diversidad de los otros grupos y de la diversidad total. En este sentido, dos de las tres especies bajo categorías de riesgo se distribuyen en los pastizales de altura, sitios de baja diversidad de cactáceas. La relación más fuerte se dio entre los patrones de la diversidad total de especies y el de las especies endémicas de Argentina. Ortega-Baes & Godínez-Álvarez (2006) encontraron correlaciones importantes entre la riqueza de especies y de especies endémicas de cactáceas entre países, debido al alto grado de endemismo político de esta familia. Resultados similares se han reportado para mamíferos de Chile, entre la riqueza de especies y el número de especies raras y de especies amenazadas entre regiones (Cofré & Marquet 1999). Sin embargo, otros estudios han encontrado relaciones débiles entre la riqueza de especies y el número de especies endémicas, amenazadas o raras tanto a escala global como regional (Prendergast et al. 1993; Ceballos & Brown 1995; Arita et al. 1997; Ceballos et al. 1998).

Los cuadros F7 y F8 y E4 se destacan para casi todos los grupos de especies. Los dos primeros presentaron alta concentración de todos los grupos de especies considerados, excepto de especies bajo categorías de riesgo y especies exclusivas de los Valles Calchaquíes y E4 se destaca para todos los grupos, a excepción de las especies raras a escala local. Este cuadro contiene el sector norte del Parque Nacional Los Cardones.

La mayor diversidad de especies se registró para los cuadros del este de los Valles, que contiene ambientes transicionales de Chaco-Monte y Yungas-Monte. Mourelle & Ezcurra (1996)

también encontraron alta riqueza de especies en regiones de ecotono para las cactáceas de Argentina. Los sitios de Prepuna y Monte presentaron una alta diversidad, lo que ha sido reportado por otros trabajos (Kiesling 2003; Mourelle & Ezcurra 1996). Contrariamente, las menores riquezas se registraron en el fondo del Valle, i.e. sitios de mayor homogeneidad, en regiones de mayor altura y en pastizales. Los pastizales de altura de las Yungas, aunque no posean una alta diversidad son de gran importancia para las cactáceas, ya que son el hábitat de *Trichocereus smrzianus* y *Lobivia walteri*, especies bajo categorías de riesgo.

La riqueza de cactáceas en los Valles se encuentra relacionada con la longitud y la altitud. A escala nacional existe un gradiente latitudinal en la riqueza de especies de cactáceas (Mourelle & Ezcurra 1997), sin embargo este patrón no ha podido ser detectado dentro de los Valles Calchaquíes. Esto podría deberse a que la escala de trabajo es pequeña para observarse un patrón latitudinal de riqueza de especies como los reportados en estudios macroecológicos de diversos organismos (Brown 1995; Gaston & Blackburn 2000), pero es adecuada para detectar patrones longitudinales ya que en la región preandina existe un abrupto gradiente ambiental en sentido este-oeste en escasos kilómetros. En esta región la longitud está relacionada con la altitud y con transiciones ambientales, que podrían ser las explicaciones del gradiente registrado. Trabajos que estudiaron la diversidad de mamíferos en la provincia de Salta han destacado la importancia del gradiente longitudinal para los patrones de diversidad de esta región (Ojeda & Mares 1989; Cabral 2003).

El recambio de especies es alto en la región. Los valores de β registrados en este trabajo son similares a los reportados por Goettsch & Hernández (2006) en un gradiente longitudinal del desierto de Chihuahua, México. Sin embargo, estos autores estudiaron el recambio de especies entre localidades, a diferencia del presente estudio que lo hizo entre cuadros que contienen registros de varias localidades. Si consideramos las tres categorías que usaron Mourelle & Ezcurra (1997) para la diversidad beta de cactus de Argentina: alta ($\beta = 0.661-1.00$), media ($\beta = 0.331-0.66$) y baja ($\beta = 0-0.33$), la mayoría de los pares de cuadros presentaron diversidad alta (25%) y media (53%). Para los cuadros contiguos solamente, el recambio de especies fue medio a bajo y sólo un ocho pares (1%) presentaron valores altos. Goettsch & Hernández (2006) también encontraron

valores de medios y altos en la mayoría de los pares de sitios, pero valores sólo medios y bajos entre sitios contiguos. Este patrón de menor recambio de especies entre cuadros contiguos, comparado con los cuadros no contiguos ha sido reportado en otros trabajos (Lennon et al. 2001; Koleff et al. 2003; Goettsch & Hernandez 2006). En los Valles esto se explica porque los cuadros alejados entre sí presentan en general mayores diferencias ambientales que los contiguos, excepciones a esto son los cuadros de las fajas del este del área de estudio (E y F), donde ocurren grandes transiciones ambientales tanto en sentido este-oeste como norte-sur.

Áreas prioritarias

Los criterios oportunistas suelen resultar poco convenientes para la selección de áreas de conservación, pues grandes superficies pueden representar sólo un mínimo incremento en la representatividad del sistema de Áreas Protegidas de una región. Por lo tanto una selección de áreas eficiente debe considerar criterios de diversidad y complementariedad (Pressey 1994; Araujo 1999).

Sólo son necesarios el 13 y 20% del total de cuadros para conservar la totalidad de las especies endémicas de los Valles Calchaquíes y del total de especies, respectivamente. Dado que los recursos disponibles en Argentina para la conservación son escasos, es conveniente separar los planes para la conservación de la familia en los Valles en dos etapas, con base en la prioridad establecida para las especies de los Valles. Como objetivo a largo plazo se debe conservar el 100% de la diversidad de los cactus que se distribuyen en el área de estudios; sin embargo medidas más urgentes deben realizarse para proteger las especies exclusivas de los Valles Calchaquíes. En una primera etapa deben realizarse acciones dentro de cuatro cuadros que incluyen el 100% de las especies endémicas de los Valles: E4, F10, E10 C4 y E9. En una segunda etapa deberían incluirse acciones dentro de los cuadros F7, F4 y D1, que junto con los cuadros anteriores se lograría una representatividad del 100% de las especies de cactáceas de los Valles Calchaquíes de Salta.

Una propuesta para la conservación regional de cactáceas: sistema federal de Áreas Protegidas

El plan de acción para la conservación de las cactáceas (CSE- IUCN) recomienda que las acciones de conservación para el grupo sean ejecutadas principalmente en los niveles locales y nacionales y sean llevadas a cabo por agencias estatales y locales especializadas (Oldfield 1997).

Argentina es un país federal y, por lo tanto, las decisiones de conservación y desarrollo se deciden a nivel provincial y nacional. Los organismos encargados de la conservación a escala nacional son la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación y la Administración de Parques Nacionales. Ésta última es la encargada de establecer un sistema nacional de Áreas Protegidas que aseguren la representatividad de los biomas del país y protejan la biodiversidad nacional (APN 2006). Por otro lado, las provincias tienen sus propias Áreas Protegidas. En Salta el Sistema Provincial de Áreas Protegidas fue creado en el año 2000 mediante la Ley 7107 (SeMADeS 2006 a). Éste tiene menor organización, presupuesto, personal y estabilidad política que el sistema nacional. Los municipios, gobiernos locales en los cuales están divididas las provincias, juegan un papel importante en la conservación de áreas y deben ser incluidos desde las primeras etapas de la planificación regional. Por lo tanto, la planificación de la conservación de las cactáceas de los Valles Calchaquíes debería realizarse con esfuerzos conjuntos de la Nación, la provincia de Salta, y los principales municipios involucrados. En este sentido, hay ejemplos de trabajos conjuntos en la provincia de Salta, entre entidades nacionales, provinciales, municipales y organizaciones no gubernamentales, como el proyecto de Reserva de la Biosfera de las Yungas, donde se ha logrado la conservación de más de un millón de hectáreas de selva de montaña (SeMADeS 2006 b).

Dada la situación presupuestaria del país y la provincia, la creación de reservas provinciales privadas en zonas donde se encuentren las poblaciones de interés es la mejor alternativa; más aún cuando una alta proporción de la tierra en Argentina es de dominio privado. Esta categoría de reservas requiere de convenios con los dueños de la tierra y la elaboración de un plan de manejo, y tienen como incentivo la reducción de los impuestos a la propiedad (Ley Provincia de Salta

7107/2000). Hasta ahora, la provincia de Salta nunca ha tomado la iniciativa de proponer esta alternativa a los propietarios de tierras prioritarias para la conservación de la biodiversidad regional.

Por lo tanto, una alternativa viable para la conservación *in situ* de estas plantas, con alta proporción de especies raras, es el establecimiento de un sistema federal de Áreas Protegidas que incluya múltiples categorías (desde reservas privadas y de uso múltiple hasta reservas estrictas) y jerarquías de jurisdicción (municipal, provincial y nacional). Una opción complementaria sería declarar toda la región de los Valles como Reserva de la Biosfera (UNESCO), ya que cuenta con valores biológicos y sociales destacados; allí podrían convivir diversos usos de suelo, tanto empresarial, de pequeños productores y Áreas Protegidas nacionales, provinciales y municipales.

Por último, a la hora de diseñar una red de Áreas Protegidas deben considerarse tanto los patrones como los procesos de la diversidad, por lo tanto, las áreas deben ser lo suficientemente grandes, bien conectadas y replicadas para permitir la persistencia a largo plazo. Debe evaluarse si conviene establecer varias reservas pequeñas o menos reservas pero más grandes (debate SLOSS: single large or several small; Diamond 1975; Simberloff & Abele 1982). Si bien una atomización de las reservas contendrá más especies que una sola reserva grande, especialmente dado el recambio de especies que existe en la región, muchas especies de baja densidad pueden requerir áreas más grandes para asegurar la persistencia. Por otro lado, muchas especies presentan una alta variabilidad interpoblacional, como es el caso de *Lobivia haemathantha* y *L. korethroides*. Por lo tanto, probablemente en este caso sea mejor conservar varias poblaciones aisladas dentro de una matriz de uso moderado que una sola grande.

Consideraciones metodológicas

El muestreo intensivo y exhaustivo dentro de los Valles permitió incluir especies raras que de otra manera no hubieran sido registradas en la región (Kunin & Gaston 1997). El tamaño de la cuadrícula ha resultado adecuado para reconocer patrones espaciales de la diversidad de cactáceas y proponer áreas prioritarias para la conservación dentro de la región de los Valles Calchaquíes. Esta escala de análisis requiere un esfuerzo de campo considerable, pero permite proponer áreas factibles de protección (Da Fonseca et al. 2000; Larsen & Rahbek 2003).

Con respecto a la determinación de la rareza, la estimación de la densidad poblacional de las especies es de gran utilidad para recomendaciones de uso y conservación de las especies. Sin embargo, presentó algunos inconvenientes metodológicos para las especies con un hábitat muy específico y poco frecuentes en los Valles, debido al muestreo aleatorio de este trabajo. La comparación entre distintos estudios sobre rareza suele no ser posible debido a diferencias operacionales, como criterios de los límites de corte, escala y resolución espacial y porque la rareza se estima generalmente de manera comparativa para un conjunto específico de especies y no de manera absoluta (Kunin & Gaston 1997). Por lo tanto, sería útil estandarizar las metodologías para determinar la rareza en Cactaceae, a fin de que pueda ser utilizado como un criterio de vulnerabilidad.

CONCLUSIONES

1. Los Valles Calchaquíes son importantes para la conservación de las cactáceas debido al alto número de especies y de especies endémicas y raras, además, porque es el hábitat exclusivo del 30% de las especies bajo categorías de riesgo reconocidas para el país.
2. La alta diversidad de la región es el resultado de la combinación de la ubicación geográfica, unidades de vegetación y topografía que provocan una alta diversidad beta.
3. Existe una alta proporción de especies raras. Esto se explica porque algunas especies: a) presentan sus límites de distribución en esta región y por lo tanto presentan poblaciones restringidas en espacio y/o número de individuos; b) viven en hábitats muy específicos y escasos dentro de la región; y c) si bien presentan su centro de distribución en la región, tendrían ciertas características intrínsecas o extrínsecas que le confieren rareza.
4. Las especies bajo categorías de riesgo son exclusivas de la región; *T. smrzianus* y *T. moliniensis* son relativamente comunes allí, mientras que *L. walteri* presenta el tipo de rareza más extremo.
5. Existe un gradiente longitudinal en la diversidad de especies pero no se detecta un patrón latitudinal; esto se debe a la geografía preandina y a la escala del trabajo.

6. El este y suroeste del área de estudio son de gran importancia para la conservación, porque allí se concentran el mayor número de especies y de especies prioritarias.
7. La mayor diversidad se registró en la transición entre el Chaco y el Monte, seguido por el Monte y la Prepuna. Aunque los pastizales de Yungas es el ambiente de menor diversidad, son importantes para la conservación ya que es el hábitat de dos de las tres especies bajo categorías de riesgo que se distribuyen en los Valles.
8. Los patrones de diversidad de la riqueza, amenaza, rareza y endemismo presentaron en general bajas coincidencias.
9. Se requieren ocho cuadros para complementar al Parque Nacional Los Cardones en la conservación del 100% de las especies y cinco para las especies exclusivas de los Valles.
10. Se recomienda el establecimiento de un sistema federal de Área Protegidas, en dos etapas: 1) acciones dentro de 5 cuadros para la protección de todas las especies endémicas de los Valles y 2) acciones dentro de 3 cuadros adicionales para la conservación de toda la diversidad regional.

REFERENCIAS

- Alonso, R. N. 1989. Late Cretaceous dinosaur trackways in Northern Argentina. En: Gillette, D., y M. Lockley (eds). *Dinosaur tracks and traces*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Anderson, E. F. 1997. North America. En: Oldfield, S. (Compilador). *Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Grupo de Especialistas de Cactus y Suculentas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.
- Anderson, E. F. 2001. *The cactus family*. Timber, Portland, Oregon.
- APN. 2006. Administración de Parques Nacionales. <www.parquesnacionales.gov.ar>.
- Araujo, M. B. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151–163.
- Arita, H., F. Figueroa, A. Frisch, P. Rodríguez, y K. Santos del Prado. 1997. Geographical range size and conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology* 11: 92-100.

- Bianchi, A. R., y C. E. Yañez 1992. *Las precipitaciones en el noroeste argentino*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
- Bonn, A., y K. J. Gaston. 2005. Capturing biodiversity: selecting priority areas for conservation using different criteria. *Biodiversity and Conservation* 14: 1083-1100.
- Brown, J. H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Brown, J. H., y M. V. Lomolino. 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, INC. publishers.
- Boyle, T. H., y E. Anderson 2002. Biodiversity and conservation. En: Nobel, P. S. (ed), *Cacti. Biology and uses*, University of California Press, Los Angeles.
- Cabral, C. 2003. Áreas prioritarias de conservación para la provincia de Salta: una evaluación con base en los mamíferos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Cabrera, A. L. 1994. *Regiones fitogeográficas argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fasc. 1. Ed. ACME SACI.
- Caldecott, J. O., M. D. Jenkins, T. H. Johnson, y B. Goombridge. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation* 5: 699-727.
- Ceballos, G. 2001. Especies raras, el conocimiento de la diversidad biológica y la conservación. *Biodiversitas* 38: 9-13.
- Ceballos, G., y J. H. Brown. 1995. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology* 9: 559-568.
- Ceballos, G., P. Rodríguez, y R. A. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse México: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications* 8(1): 8-17.
- Cofré, H., y P. A. Marquet. 1999. Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of Chilean mammals: an assessment. *Biological Conservation* 88: 53-68.
- Contreras, C., y T. Valverde. 2002. Evaluation of the conservation status of rare cactus (*Mammillaria crucigera*) through the analysis of its population dynamics. *Journal of Arid Environments* 51:89-102.
- Cowling, R. M., R. L. Pressey, A. T. Lombard, P. G. Desmet, y A. G. Ellis. 1999. From representation to persistence: requirements for a sustainable system of conservation areas in

- the species rich mediterranean-climate desert of southern Africa. *Diversity and Distributions* 5: 51–71.
- Da Fonseca, G. A. B., A. Balmford, C. Bibby, L. Boitani, F. Corsi, T. Brooks, C. Gascon, S. Olivieri, R. A. Mittermeier, N. Burgess, E. Dinerstein, D. Olson, L. Hannah, J. Lovett, D. Moyer, C. Rahbek, S. Stuart, y P. Williams. 2000. Following Africa`s lead in setting priorities. *Nature* 405: 393-394.
- Diamond, J. 1975. The island dilemma-lessons of modern biogeographic studies for the design of nature reserves. *Biological Conservation* 7: 129–145.
- Dobson, F. S., J. Yu, y A. T. Smith. 1995. The importance of evaluating rarity. *Conservation Biology* 9(6): 1648-1651.
- Dobson, F. S., J. P. Rodríguez, W. M. Roberts, y D. S. Wilcove. 1997. Geographic distribution of endangered species in the United States. *Science* 275:550-553.
- Domínguez-Lozano, F., J. C. Moreno-Sainz, y H. Sainz-Ollero. 2003. Rarity and threat relationship in the conservation planning of Iberian flora. *Biodiversity and Conservation* 12: 1861-1882.
- Font, F., y P. Picca. 2001. The geographic and conservation status of *Lobivia walteri* and *Trichocereus smrzianus*. *British Cactus and Succulent Journal* 19 (1): 2-14.
- Gaston, K. J. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall, London, Gran Bretaña.
- Gaston, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature* 402: 220-227.
- Gaston, K. J., y J. I. Spicer. 1998. *Biodiversity: an introduction*. Blackwell, Oxford.
- Gaston, K. J., y T. M Blackburn. 2000. *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science, Oxford.
- Gaston, K. J., T. M. Blackburn, J. J. D. Greenwoods, R. D. Gregory, R. M. Quinn, y J. H. Lawton. 2000. Abundance-occupancy relationships. *Journal of Applied Ecology* 37(1): 39-59.
- Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75 (1): 2-34.
- Gibson, A. C., y P. S. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

- Godínez-Álvarez, H., T. Valverde, y P. Ortega-Baes. 2003. Demographic trends in Cactaceae. *The Botanical Review* 69 (2):173-203.
- Gómez-Hinostrosa, C., y H. M. Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 9: 403-418.
- Gore, R. 1993. Dinosaurs. *National Geographic* 183(1): 2-54.
- Hernández, H. M., y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.
- Hernández, H. M., y R. T. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. I. Distribution patterns. *Conservation Biology* 9: 1176-1188.
- Hernández, H. M., y R. T. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert. II. Biogeography and conservation. *Conservation Biology* 10: 1200-1209.
- Hernández, H. M., y C. Gómez-Hinostrosa. 2002. An integrated approach to the conservation of cacti in Mexico. In: Maunder M., Clubbe C., Hankamer C. and Groves M. (eds.), *Plant Conservation in the Neotropics*. Royal Botanical Gardens, Kew, Gran Bretaña.
- Hernández, H. M., y M. Navarro. A new method to estimate areas of occupancy using herbarium data. *Biodiversity and Conservation*, en prensa.
- Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostroza, y R. T. Bárcenas. 2001. Diversity, spatial arrangement, and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot-spot in the Chihuahuan Desert. *Biodiversity and Conservation* 10: 1097-1112.
- Hunt, D. 1999. *CITES. Cactaceae checklist*. Ed. 2. Royal Botanic Gardens Kew y la International Organization for Succulent Plant Study. Gran Bretaña.
- IUCN. 2006. *2006 IUCN Red List of Threatened Species*. < www.iucnredlist.org>.
- Juárez, A. 2005. Diversidad y conservación de las plantas vasculares de Argentina: un análisis por unidades políticas. Tesis para acceder al grado de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Juárez, A., P. Ortega-Baes, S. Suhring, W. Martin, y G. Galíndez. 2006. Spatial patterns of dicots diversity in Argentina. *Biodiversity and Conservation*, en prensa.

- Kershaw, M., G. M. Mace, P. H. Williams. 1995. Threatened status, rarity, and diversity as alternative selection measures for protected areas: a test using afrotropical antelopes. *Conservation Biology* 9 (2): 324-334.
- Kiesling, R. 1999. Cactaceae. In F.O. Zuloaga and O. Morrone (eds.), *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina II*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 74.
- Kiesling, R. 2003. Cactaceae. En: R. Kiesling (ed.), *Flora de San Juan. Republica Argentina, vol II*. Estudio Sigma, Buenos Aires, Argentina.
- Kiesling, R., y O. E. Ferrari. 2003. *Yavia cryptocarpa*-conservation action of a new and interesting cactus. *British Cactus and Succulent Journal* 21 (1): 20-25.
- Kiesling, R., y O. E. Ferrari. 2005. *100 cactus argentinos*. Editorial Albatros.
- Koleff, P., K. J. Gaston, y J. J. Lennon. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72: 367-382.
- Kunin, W. F., y K. J. Gaston. 1997. *The biology of rarity. Causes and consequences of rare-common differences*. Chapman & Hall.
- Larsen, F. W., y C. Rahbek. 2003. Influence of scale on conservation priority setting- a test on African mammals. *Biodiversity and Conservation* 12: 599-614.
- Lawton, J. H. 1993. Range, population abundance and conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 8 (11): 409-413.
- Lennon, J. J., P. Koleff, J. J. D. Greenwood, y K. J. Gaston 2001. The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. *Journal of Animal Ecology* 70: 966-979.
- Lessica, P., y W. Allendorf. 1995. When are peripheral populations valuable for conservation? *Conservation Biology* 9(4): 753-760.
- Ley 7107/2000. Del Sistema de Áreas Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo sustentable de la Provincia de Salta, Argentina.
- Lovett-Doust, L., y J. Lovett-Doust. 1995. Wetland management and conservation of rare species. *Canadian Journal of Botany* 73: 1019-1028.

- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Mares, M. A., J. K. Braun, R. M. Barquez, y M. M. Diaz. 2000. Two new genera and species of halophytic desert mammals from isolates salt flats in Argentina. *Occasional papers, Museum of Texas, Tech University* 203: 1-27.
- Margules, C. R., y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Martínez-Ávalos, J. G., y E. Jurado. 2005. Geographic distribution and conservation of Cactaceae from Tamaulipas México. *Biodiversity and Conservation* 14: 2483-2503.
- Maurice, W. A. F., y E. F. Anderson. 1997. Mexico. En Oldfield S. (Compilador), *Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Grupo de Especialistas de Cactus y Suculentas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.
- Mauseth, J., R. Kiesling, y C. Ostalaza. 2002. *Cactus odyssey, Journeys in the wild of Bolivia, Peru and Argentina*. Timber Press. Portland, Oregon.
- Mc Arthur, R. H. 1972. *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. Harper & Row. New York.
- Mittermeier, R. A., N. Myers, y J. B. Thomsen. 1998. Biodiversity hotspot and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology* 12: 516-520.
- Mourelle, C., y E. Ezcurra. 1996. Species richness of Argentine cacti: A test of biogeographic hypotheses. *Journal of Vegetation Science* 7:667-680.
- Mourelle, C., y E. Ezcurra. 1997 a. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. *Journal of Vegetation Science* 8:547-558.
- Mourelle, C., y E. Ezcurra. 1997 b. Rapoport's rule: a comparative analysis between south and North American columnar cacti. *The American Naturalist* 150 (1): 131-142.
- Murray, B. R., y B. J. Lepschi. 2004. Are locally rare species abundant elsewhere in their geographical range? *Austral Ecology* 29: 287-293.

- Myers, N. 1990. The biodiversity challenge: expanded hotspots analysis. *The Environmentalist*, 10:243-256.
- NOM-ECOL-059. 2002. Norma Oficial Mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial. SEMARNAP, México.
- NOM-012-RECNAT. 1996. Norma Oficial Mexicana que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de leña para uso doméstico. SEMARNAP, México.
- NOM-005-RECNAT. 1997. Norma Oficial Mexicana que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal. SEMARNAP, México.
- NOM-007-RECNAT. 1997. Norma Oficial Mexicana que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas. SEMARNAP, México.
- Ojeda, R. A., y M. A. Mares. 1989. A biogeographic analysis of the mammals of Salta province, Argentina: patterns of species assemblage in the neotropics. *Special Publications, The museum, Texas Tech University* 27: 1-66
- Oldfield, S. (Compiler). 1997. Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan. IUCN/SSC IUCN/SSC Grupo de Especialistas de Cactus y Suculentas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.
- Olson, D. M., y E. Dinerstein. 1998. The global 200: the representation approach to conserving the Herat most biologically valuable regions. *Conservation Biology* 12 (3): 502-515.
- Ortega-Baes, P., y H. O. Godínez-Álvarez. 2006. Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15: 817-827.
- Picca, P., y F. Font. 2002. Populations of *Lobivia pugionacantha* var. *pugionacantha* in Argentina. *British Cactus and Succulent Journal* 20 (3): 147-155.

- Prendergast, J. R., R. M. Quinn, J. H. Lawton, B. C. Eversham, y D. W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365: 335-337.
- Pressey, R. L. 1994. Ad Hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems? *Conservation Biology* 8 (3): 662-668.
- Pressey, R. L., y S. L. Logan. 1998. Size of selection units for future reserves and its influence on actual vs targeted representation of features: a case study in western New South Wales. *Biological Conservation* 85: 305-319.
- Pressey, R. L., y R. M. Cowling. 2001. Reserve selection algorithms and the real world. *Conservation Biology* 15 (1): 275-277.
- Pressey, R. L.; C. J. Humphries; C. R. Margules; R. I. Vane Wright, y P. H. Williams. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology & Evolution* 8: 124-128.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, y F. Massardo. 2001. *Fundamentos de conservación biológicas: perspectivas latinoamericanas*. Fondo cultura económica México. Primera edición.
- Rabinowitz D. 1981. Seven forms of rarity. En: *Biological aspects of rare plant conservation*, Syngé H., Wiley J & Sons Ltd. (Eds), Chichester, Gran Bretaña.
- Rabinowitz, D., D. Cairo, y T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. En: *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*, Soulé, M. E. (ed), Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, EUA.
- Rae, J., y T. Ebert. 2002. Demography of the endangered fragrant prickly apple cactus, *Harrisia fragrans*. *International Journal of Plant Science* 163(4): 631-640.
- Rausch, W. 1975-1977. *Lobivia I- II- III*. Wien
- Rodríguez, A. S. L., y K. J. Gaston. 2002. Rarity and conservation planning across geopolitical units. *Conservation Biology* 16 (3): 674-682.
- Secretaría de Turismo de Salta. 2006. <www.turismosalta.gov.ar>
- SeMADeS. 2001. Propuesta para la lista tentativa nacional de Patrimonio Mundial. Valle Calchaquí. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Salta, Argentina.

- SeMADeS. 2006 a. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Salta, Argentina. Sistema Provincial de Áreas Protegidas.
<www.salta.gov.ar/medioambiente/areasproteg/SISTAPROTEG.htm>
- SeMADeS. 2006 b. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Salta, Argentina. Reserva de la Biosfera de las Yungas.
<www.salta.gov.ar/medioambiente/yungas/rby.htm>
- SIB. 2006. Sistema de Información de la Biodiversidad. Sistema Federal de Áreas Protegidas de Argentina. <www.sib.gov.ar/sifap>.
- Simberloff, D., y L. G. Abele. 1982. Refuge design and island biogeography theory: effects of fragmentation. *American Naturalist* 120, 40–50.
- Sisk, T. D., A. E. Launer, K. R. Switky, P. R. Ehrlich, y M. L. Imhoff. 1994. Identifying extinction threats. *Bioscience* 44 (9): 592-604.
- Tarragó, M., y M. de Lorenzi. 1966. Arqueología del Valle Calchaquí. *Etnia* 23, 24.
- UNEP-WCMC. 2006. *UNEP-WCMC species database: CITES- listed species*. <www.sea.unep-wcmc.org/isdb/CITES/>.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 1998. Recovery plan for fragrant prickly-apple cactus. U.S. Fish and Wildlife Service, Atlanta, Georgia.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 1999. Endangered and Threatened Wildlife and Plants 50 CFR 17.11 and 17.12.
- Walter, K. S., y H. J. Gillett (eds). 1998. *1997 IUCN Red List of Threatened Plants*. Compilado por el Centro de Monitoreo para la conservación Mundial. IUCN-Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.
- Wilson, M. V., y A. Sumida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology* 12: 1055-1064.
- Xamena, M. 2001. Aspectos históricos y culturales de la Quebrada de Las Conchas. Dirección de Patrimonio Cultural de la provincia de Salta, Argentina.
- Yu, J., y F. S. Dobson. 2000. Seven forms of rarity in mammals. *Journal of Biogeography* 27:31-39.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Segunda edición. Prentice-Hall, INC.

Cuadro 1.- Número de géneros, de total de especies, especies endémicas y especies amenazadas de los Valles Calchaquíes, la provincia de Salta y Argentina. Sólo se incluyeron especies nativas.
 VC: Valles Calchaquíes de Salta.

	VC	Salta	Argentina
Géneros	18	26	37
Especies	48	86	226
Especies endémicas de Argentina	29	46	133
Especies endémicas de Salta	10	17	–
Especies endémicas de los Valles Calchaquíes	11	–	–
Especies endémicas del área de estudio (Valles Calchaquíes de Salta)	7	–	–
Especies raras a escala nacional	10	17	83
Especies bajo categorías de riesgo	3	5	11

Cuadro 2.- Especies raras a escala regional (i.e. Valles Calchaquíes de Salta). Las columnas corresponden a tres tipos de rareza de acuerdo al área de distribución y densidad poblacional en los Valles Calchaquíes. * especies cuya densidad poblacional no fue evaluada debido a su ausencia en los transectos realizados en este estudio.

Patrones de distribución restringidos (1 cuadro)	Bajas densidades poblacionales (39 individuos/ha.)	Patrones de distribución restringidos y Bajas densidades poblacionales
<i>Acanthocalycium ferrarii</i>	<i>Blofeldia liliputana</i>	<i>Echinopsis longispina</i>
<i>Cereus forbesii</i>	<i>Cereus aethiops</i>	<i>Gymnocalycium planzii</i>
<i>Cleistocactus smaragdiflorus</i>	<i>Denmoza rodacantha</i>	<i>Lobivia buchii</i>
<i>Echinopsis tubiflora</i>	<i>Gymnocalycium schickendantzii</i>	<i>L. walteri</i>
<i>Lobivia cfr kieslingii</i>	<i>Trichocereus angelesii</i>	<i>Opuntia salmiana</i>
<i>Opuntia schickendantzii</i>		<i>Pfeiffera ianthothele</i>
<i>O. anacantha</i>		<i>Rebutia cfr minuscula</i>
<i>Pterocactus tuberosus</i> *		
<i>Parodia penicillata</i>		
<i>Tephrocactus articulatus</i> *		
<i>Trichocereus thelegonus</i>		
<i>xTrichomoza roseinflora</i> *		

Cuadro 3.- Especies endémicas, raras y amenazadas de los Valles Calchaquíes, Salta. * especies casi raras: aunque se distribuyen en dos provincias, lo hacen en un área restringida en el límite interprovincial; ?: no se evaluó la abundancia.

Especie	Endémica			Amenazada	Rara	
	Argentina	Salta	Valles		Argentina	Valles
<i>A. ferrarii</i>	X		X		X*	X
<i>A. thionanthum</i>	X		X			
<i>B. liliputana</i>						X
<i>C. aethiops</i>						X
<i>C. forbesii</i>						X
<i>C. smaragdiflorus</i>						X
<i>D. rhodacantha</i>	X					X
<i>E. ancistrophora</i>	X					?
<i>E. aurea</i>	X					
<i>E. leucantha</i>	X					
<i>E. longispina</i>						X
<i>E. tubiflora</i>	X					X
<i>G. saglionis</i>	X					
<i>G. pflanzii</i>		X			X	X
<i>G. schickendantzii</i>	X					X
<i>G. spegazzinii</i>	X					
<i>L. bruchii</i>	X		X		X*	X
<i>L. haematantha</i>	X					
<i>L. kieslingii</i>	X		X			X
<i>L. korethroides</i>	X					
<i>L. nigricans</i>	X				X	
<i>L. walteri</i>	X	X	X	X	X	X
<i>L. saltensis</i>	X				X	?
<i>O. salmiana</i>						X
<i>O. schickendantzii</i>						X
<i>O. anacantha</i>						X
<i>P. aureicentra</i>	X	X	X		X	
<i>P. penicillata</i>	X	X	X		X	X
<i>P. ianthothele</i>						X
<i>P. tuberosus</i>	X					X
<i>R. minuscula</i>	X					X
<i>T. articulatus</i>	X					X
<i>T. molinensis</i>	X	X	X	X	X	
<i>T. weberi</i>	X					
<i>T. angelesii</i>	X	X	X		X	X
<i>T. smrzianus</i>	X	X	X	X	X	
<i>T. thelegonus</i>	X					X
<i>T. corrugata</i>	X					
x <i>T. roseinflora</i>	X	X	X		X	X

Cuadro 4.- Valores de diversidad beta entre pares de cuadros

cuadro	B5	B6	B7	B8	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	Pomedio
B4	0.25	0.29	0.22	0.33	0.45	0.80	0.20	0.20	0.29	0.41	0.53	0.33	0.44	0.33	0.25	0.29	0.41	0.50	0.33	0.65	0.71	0.50	0.47	0.57	0.17	0.42	0.40	0.44	0.44	0.65	0.58	0.64	0.78	0.54	0.43	0.85	0.63	0.44	0.46	
B5		0.06	0.10	0.57	0.69	1.00	0.06	0.18	0.16	0.16	0.26	0.10	0.30	0.57	0.44	0.25	0.16	0.22	0.18	0.37	0.41	0.22	0.41	0.38	0.29	0.38	0.86	0.30	0.20	0.37	0.43	0.42	0.79	0.60	0.50	0.79	0.52	0.43	0.30	0.36
B6			0.16	0.69	0.67	1.00	0.13	0.25	0.22	0.22	0.22	0.16	0.26	0.69	0.53	0.20	0.22	0.18	0.13	0.33	0.33	0.18	0.38	0.33	0.23	0.44	0.43	0.26	0.16	0.33	0.40	0.39	0.89	0.71	0.60	0.78	0.50	0.40	0.37	0.38
B7				0.38	0.47	0.71	0.16	0.26	0.24	0.24	0.33	0.18	0.18	0.38	0.30	0.33	0.24	0.30	0.26	0.43	0.44	0.30	0.47	0.44	0.38	0.29	0.42	0.36	0.27	0.43	0.48	0.38	0.81	0.65	0.56	0.81	0.56	0.48	0.27	0.38
B8					0.33	0.50	0.54	0.54	0.60	0.60	0.73	0.63	0.50	0.00	0.29	0.67	0.60	0.71	0.69	0.87	1.00	0.71	0.69	0.67	0.60	0.55	0.67	0.75	0.75	0.87	0.88	0.70	0.87	0.64	0.50	1.00	0.90	0.88	0.50	0.64
B9						0.43	0.67	0.67	0.71	0.86	0.86	0.73	0.60	0.33	0.38	0.64	0.86	0.85	0.67	1.00	1.00	0.85	0.83	0.82	0.58	0.62	0.76	0.73	0.73	1.00	1.00	0.79	1.00	0.88	0.88	1.00	1.00	1.00	0.73	0.74
C1							1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.91
C2								0.25	0.22	0.22	0.33	0.16	0.37	0.54	0.41	0.20	0.22	0.29	0.13	0.44	0.47	0.29	0.50	0.47	0.23	0.44	0.43	0.37	0.26	0.44	0.50	0.48	0.78	0.57	0.47	0.85	0.58	0.50	0.37	0.40
C3									0.11	0.22	0.33	0.16	0.47	0.54	0.41	0.20	0.22	0.29	0.38	0.56	0.60	0.41	0.38	0.47	0.23	0.44	0.24	0.37	0.37	0.56	0.60	0.57	0.78	0.57	0.47	0.78	0.60	0.60	0.37	0.43
C4										0.20	0.30	0.14	0.43	0.60	0.47	0.29	0.20	0.26	0.33	0.50	0.53	0.37	0.44	0.53	0.33	0.41	0.50	0.33	0.33	0.50	0.55	0.52	0.80	0.63	0.53	0.79	0.62	0.55	0.33	0.43
C5											0.10	0.05	0.33	0.60	0.53	0.29	0.10	0.16	0.22	0.30	0.29	0.26	0.44	0.41	0.47	0.48	0.30	0.43	0.24	0.30	0.36	0.44	0.80	0.63	0.53	0.79	0.46	0.36	0.33	0.39
C6												0.14	0.33	0.73	0.68	0.29	0.20	0.16	0.22	0.20	0.18	0.16	0.33	0.41	0.47	0.56	0.39	0.43	0.14	0.20	0.27	0.36	0.90	0.75	0.65	0.72	0.38	0.27	0.43	0.41
C7													0.30	0.63	0.50	0.22	0.14	0.20	0.16	0.33	0.33	0.30	0.47	0.44	0.38	0.43	0.25	0.36	0.18	0.33	0.39	0.46	0.81	0.65	0.58	0.87	0.48	0.39	0.36	0.38
C8														0.50	0.50	0.44	0.33	0.30	0.37	0.24	0.44	0.20	0.37	0.33	0.50	0.43	0.60	0.36	0.27	0.33	0.39	0.31	0.90	0.65	0.67	0.73	0.41	0.30	0.36	0.42
C9															0.29	0.67	0.60	0.71	0.69	0.87	1.00	0.71	0.69	0.67	0.60	0.55	0.67	0.75	0.75	0.87	0.88	0.70	0.87	0.64	0.50	1.00	0.88	0.88	0.50	0.64
D1																0.50	0.58	0.67	0.53	0.79	0.88	0.67	0.65	0.63	0.43	0.38	0.35	0.50	0.60	0.79	0.81	0.58	0.79	0.60	0.50	0.93	0.88	0.88	0.50	0.56
D2																	0.29	0.25	0.20	0.53	0.57	0.38	0.47	0.43	0.17	0.58	0.40	0.44	0.33	0.53	0.58	0.55	0.88	0.69	0.57	0.85	0.65	0.58	0.56	0.46
D3																		0.16	0.33	0.40	0.41	0.26	0.44	0.41	0.47	0.48	0.39	0.43	0.33	0.40	0.45	0.44	0.70	0.63	0.53	0.72	0.54	0.45	0.33	0.41
D4																			0.29	0.37	0.38	0.22	0.41	0.38	0.43	0.54	0.35	0.40	0.30	0.37	0.43	0.42	0.89	0.73	0.63	0.71	0.44	0.43	0.40	0.43
D5																				0.33	0.33	0.29	0.50	0.47	0.23	0.52	0.43	0.37	0.16	0.33	0.40	0.48	0.89	0.71	0.60	0.85	0.50	0.40	0.47	0.42
D6																					0.18	0.16	0.33	0.41	0.60	0.63	0.48	0.43	0.14	0.10	0.18	0.36	0.90	0.75	0.76	0.66	0.23	0.09	0.52	0.47
D7																						0.25	0.47	0.57	0.67	0.67	0.40	0.56	0.22	0.18	0.26	0.45	0.88	0.85	0.86	0.69	0.39	0.26	0.56	0.54
D8																							0.18	0.25	0.43	0.54	0.35	0.40	0.20	0.16	0.24	0.25	0.89	0.73	0.63	0.64	0.36	0.24	0.40	0.40
D9																								0.20	0.38	0.60	0.42	0.47	0.37	0.33	0.40	0.30	0.89	0.71	0.60	0.63	0.50	0.40	0.47	0.49
D10																									0.50	0.67	0.40	0.56	0.44	0.41	0.47	0.36	0.88	0.69	0.57	0.77	0.57	0.47	0.56	0.52
E3																										0.55	0.44	0.38	0.38	0.60	0.65	0.60	0.87	0.64	0.50	0.83	0.71	0.65	0.50	0.49
E4																											0.63	0.36	0.50	0.63	0.66	0.50	0.56	0.65	0.42	0.83	0.70	0.66	0.43	0.53
E5																												0.33	0.33	0.57	0.60	0.64	0.65	0.47	0.40	0.81	0.59	0.52	0.50	0.49
E6																													0.27	0.62	0.57	0.46	0.81	0.65	0.56	0.80	0.56	0.48	0.45	0.48
E7																														0.24	0.30	0.38	0.90	0.65	0.67	0.73	0.33	0.22	0.45	0.40
E8																															0.09	0.28	0.90	0.88	0.76	0.66	0.23	0.09	0.52	0.48
E9																																0.33	0.91	0.89	0.79	0.68	0.29	0.17	0.57	0.53
E10																																	0.92	0.81	0.73	0.65	0.35	0.26	0.31	0.50
F4																																		0.50	0.41	0.79	0.85	0.91	0.81	0.82
F5																																			0.38	0.84	0.73	0.78	0.65	0.68
F6																																				0.92	0.83	0.70	0.56	0.61
F7																																					0.43	0.61	0.73	0.78
F8																																					0.14	0.56	0.56	
F9																																						0.48	0.50	
F10																																							0.48	0.48

Cuadros contiguos
 valores bajos de B: 0-0.33
 valores medios de B: 0.331-0.66
 valores altos de B: 0.661-1.00

Cuadro 5.- Matriz de correlaciones entre grupos de especies. □: correlaciones débiles; ▨: correlaciones moderadas; ■: correlaciones fuertes. r_s : valores del coeficiente de correlación de Spearman; p: valor de probabilidad.

	Endémicas Valles	Amenazadas	Raras: regional	Raras: nacional	Endémicas Argentina
Total de especies	$r_s = 0,66$ $p < 0,0001$	$r_s = 0,46$ $p = 0,003$	$r_s = 0,63$ $p < 0,0001$	$r_s = 0,63$ $p < 0,0001$	$r_s = 0,92$ $p < 0,0001$
Endémicas Valles		$r_s = 0,57$ $p < 0,0001$	$r_s = 0,41$ $p = 0,01$	$r_s = 0,71$ $p < 0,0001$	$r_s = 0,76$ $p < 0,0001$
Amenazadas			$r_s = 0,27$ $p = 0,1$	$r_s = 0,66$ $p < 0,0001$	$r_s = 0,48$ $p = 0,002$
Raras: regional				$r_s = 0,41$ $p = 0,009$	$r_s = 0,52$ $p = 0,0105$
Raras: nacional					$r_s = 0,68$ $p < 0,0001$

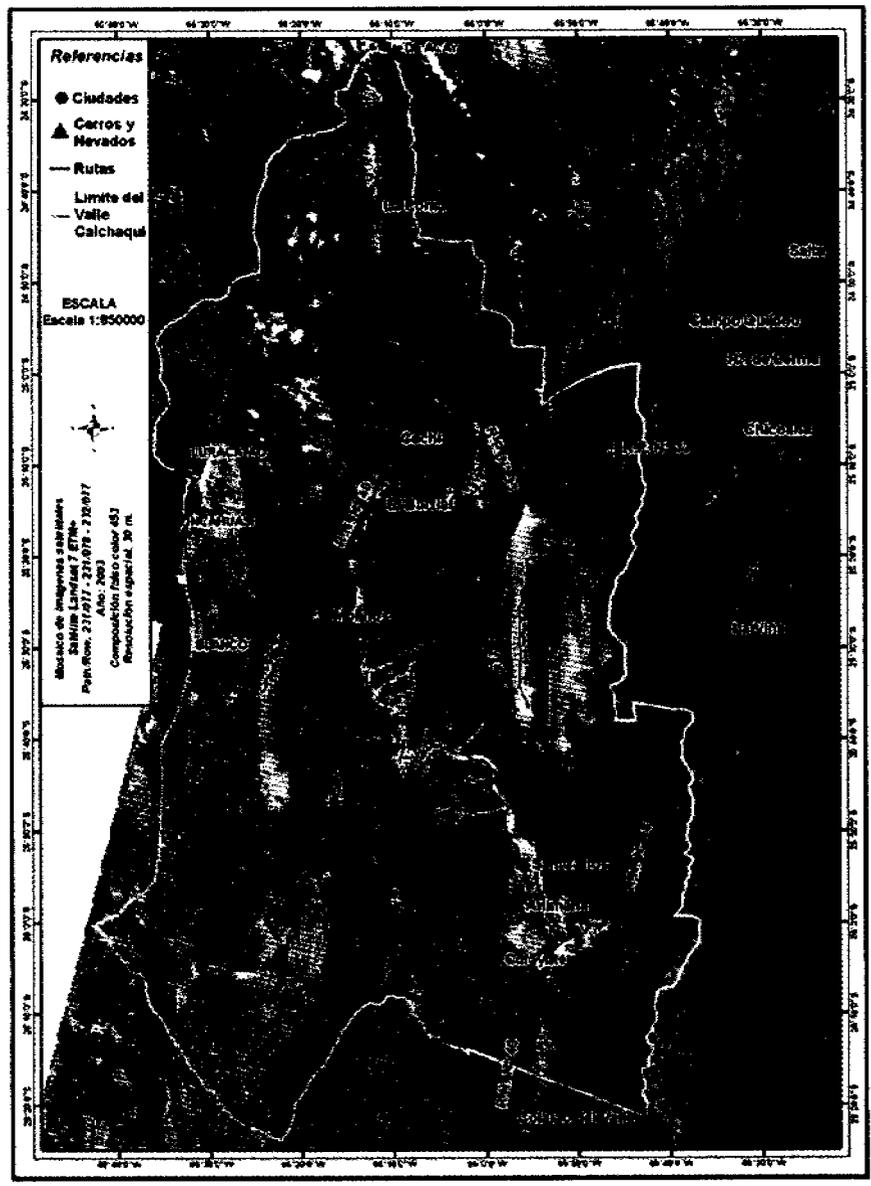
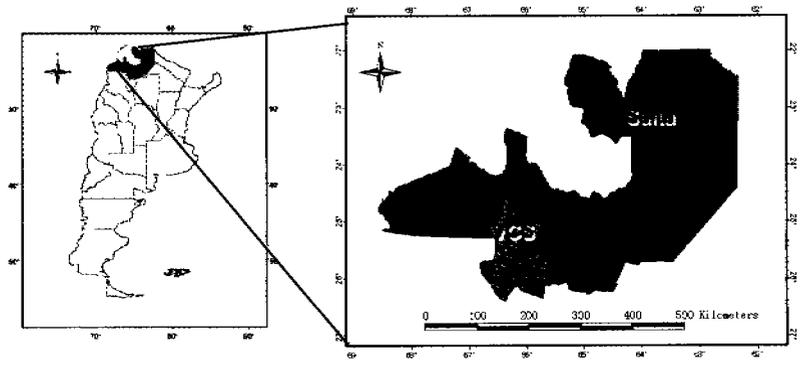


Figura 1. Área de estudio: Valles Calchaquíes, Salta, Argentina (VCS).

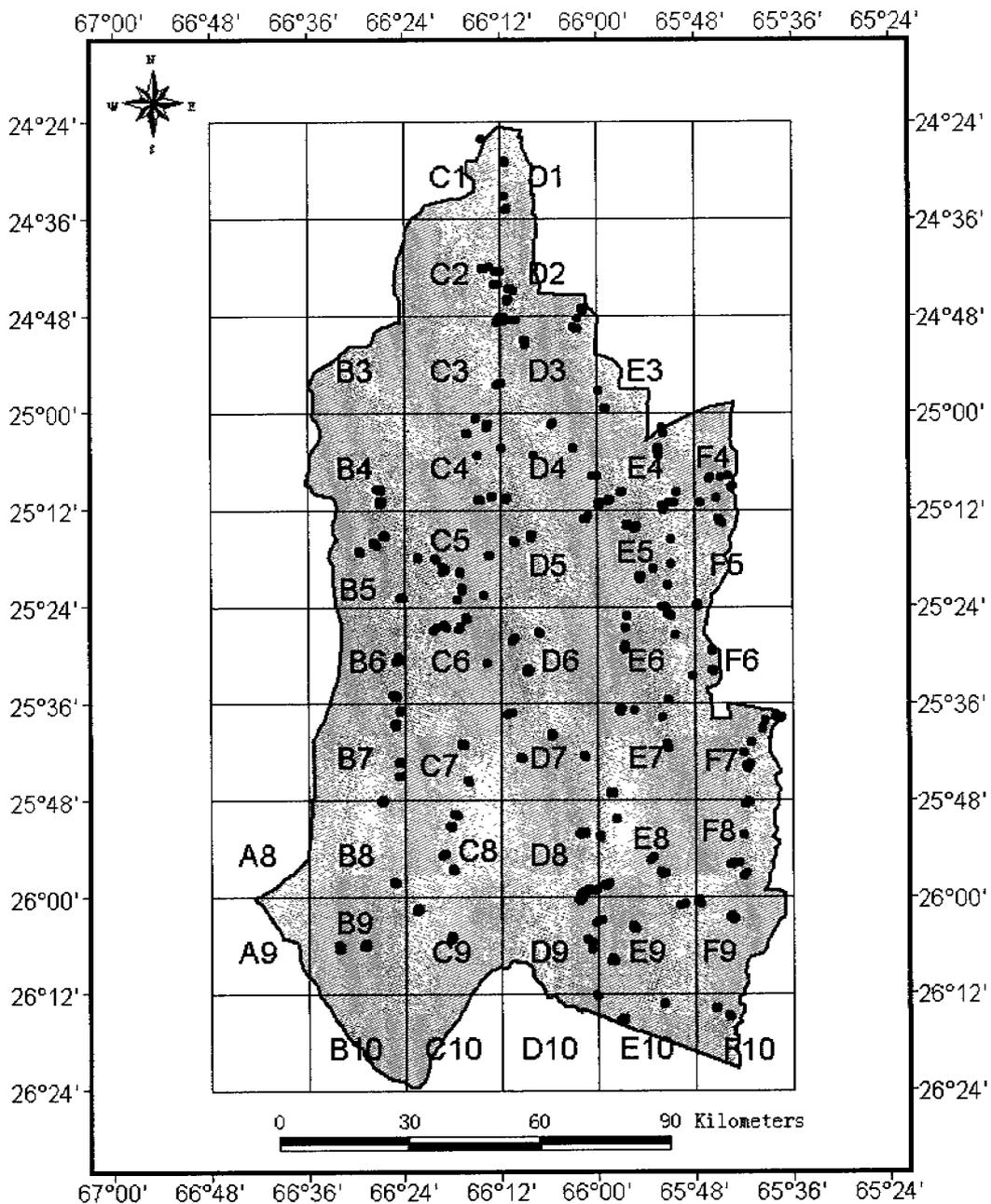


Figura 2.- Cuadrícula de 12 x 12 minutos utilizada para el muestreo de cactáceas de los Valles Calchaquíes, Salta, Argentina. Los puntos corresponden a los sitios de muestreo.

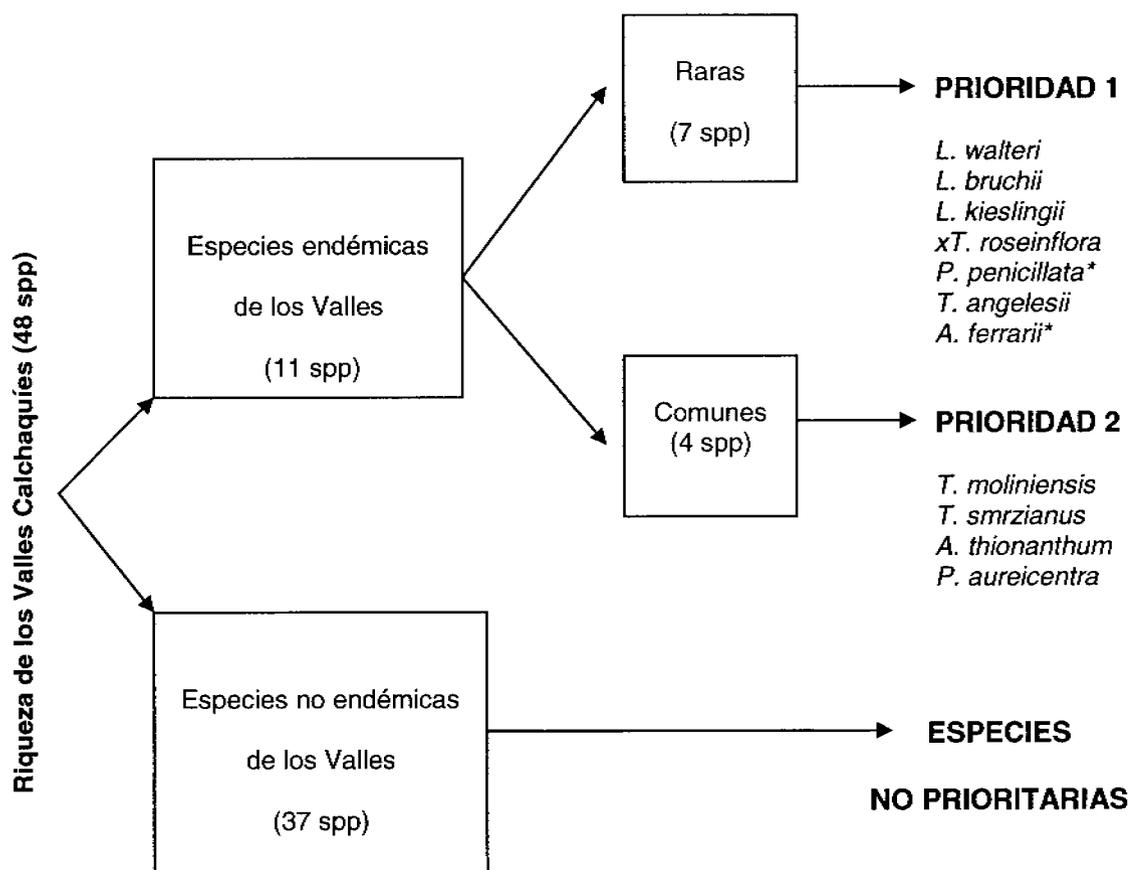
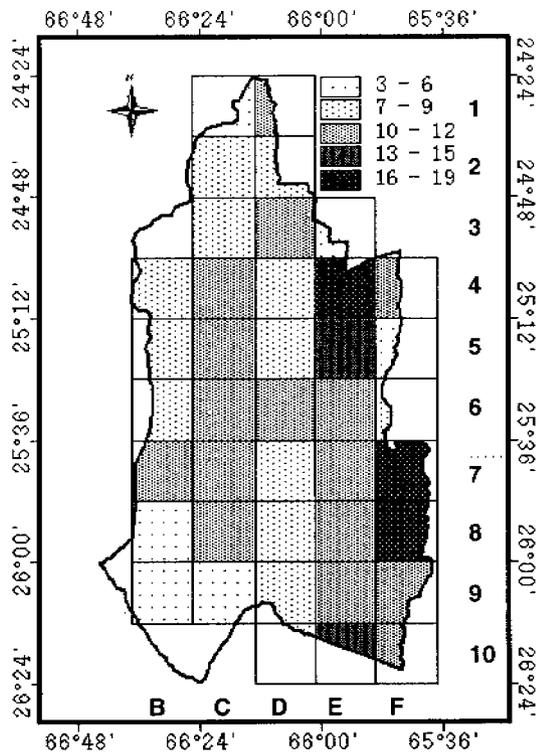


Figura 3.- Especies prioritarias para la conservación regional de cactáceas en los Valles Calchaquíes, Salta, Argentina. * especies casi raras.

a) Total de especies



b) Especies endémicas de los Valles Calchaquíes

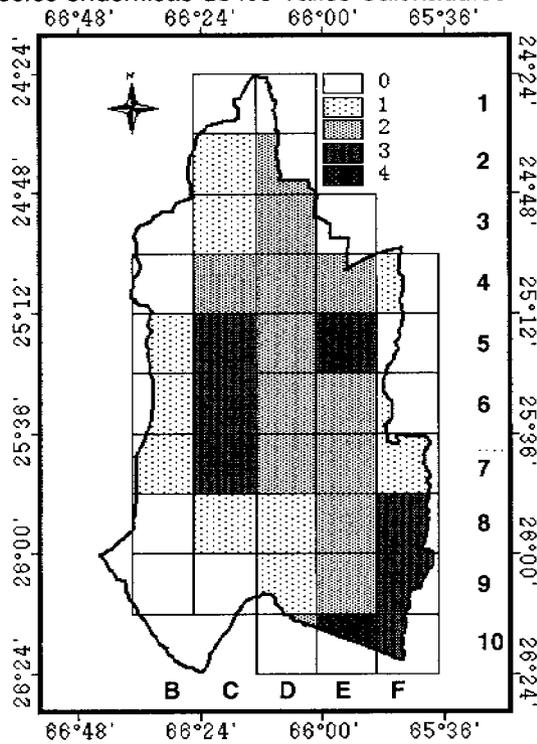
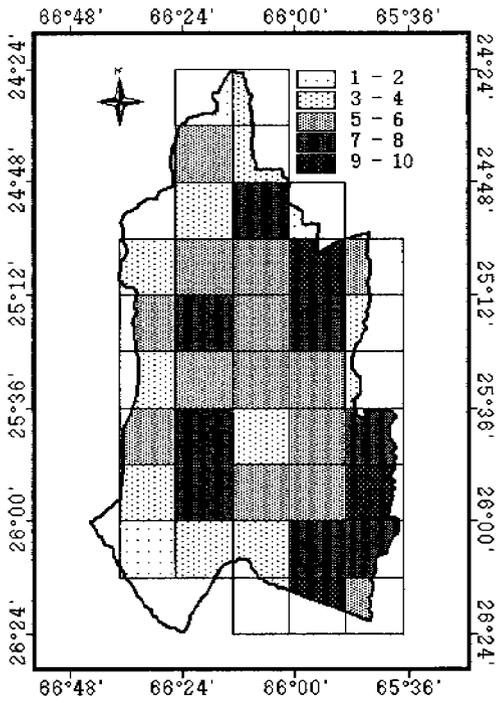
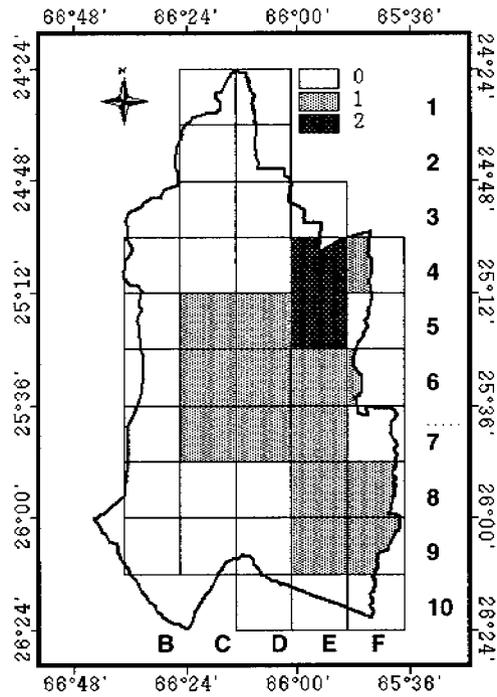


Figura 4.- Patrones espaciales de la riqueza de especies y de especies endémicas de los Valles Calchaquíes, Salta, Argentina.

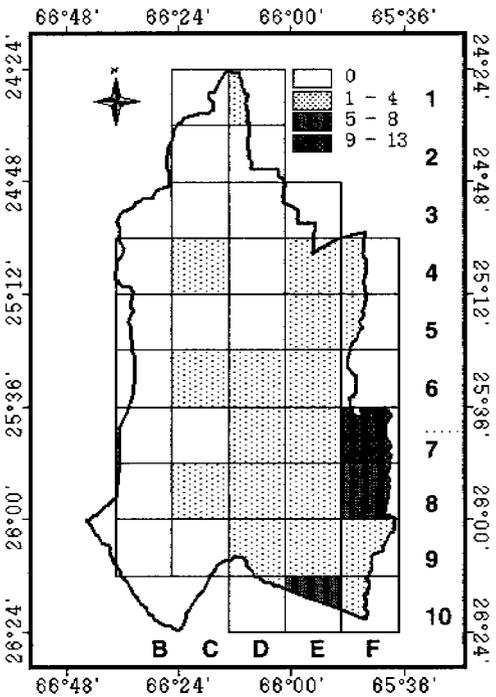
a) Especies endémicas Argentina



b) Especies amenazadas: IUCN



c) Especies raras a escala regional



d) Especies raras a escala nacional/
Especies endémicas de Salta

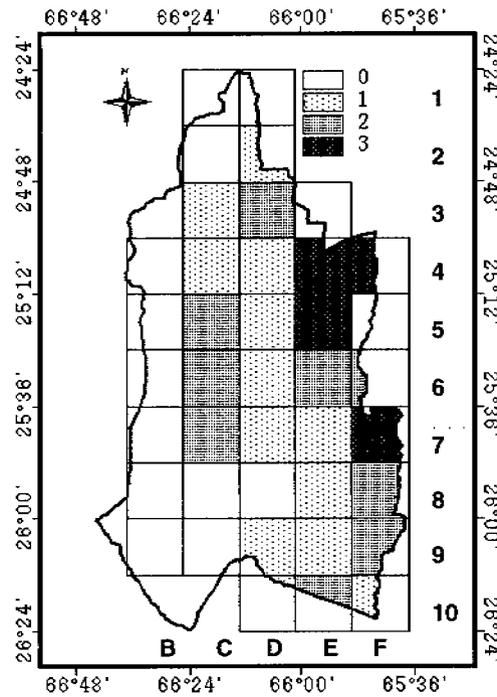
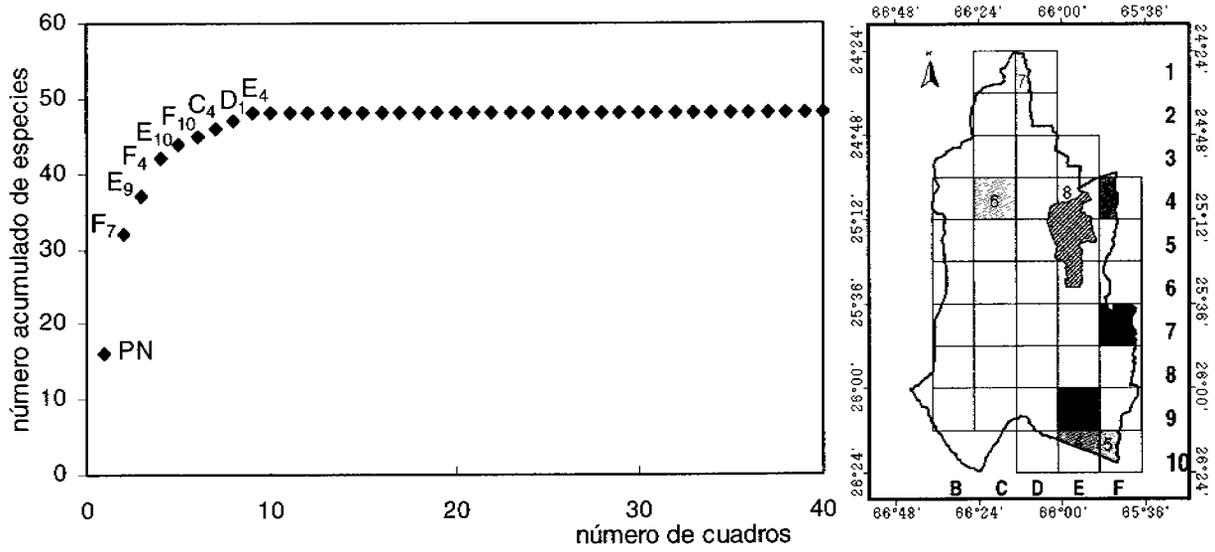


Figura 5.- Patrones de endemismo, amenaza y rareza en los Valles Calchaquías, Salta, Argentina.

a) Total de especies



b) Especies endémicas de los Valles Catchaquíes

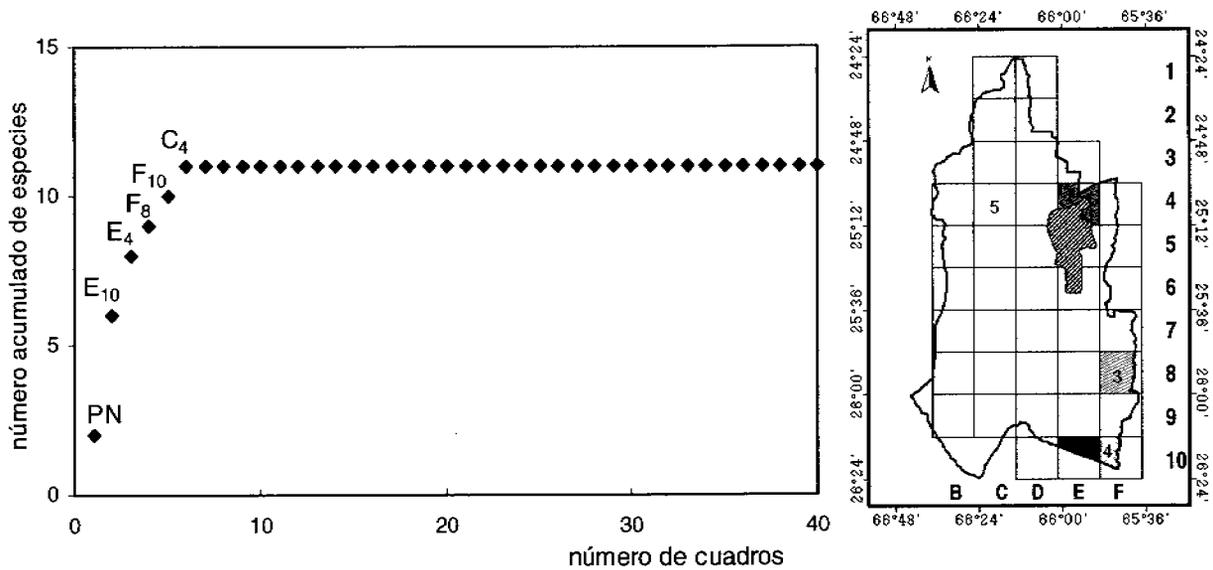


Figura 6.- Análisis de complementariedad. B_i-F_j:: cuadros; PN: Parque Nacional Los Cardones.

Apéndice.- Especies de cactáceas de los Valles Calchaquíes de Salta. Debajo del nombre se indican los ejemplares de herbario que corresponden a colectas dentro del área de estudio.

Subfamilia Opuntioideae

Austrocylindropuntia verschaffeltii (Cels ex F.A.C. Weber) Backeb.

Kiesling et al.1650 (IBODA)

Maihueniopsis boliviana (Salm-Dyck) R. Kiesling.

M. glomerata (Haw.) R. Kiesling.

M. rossiana (Heinr. & Backbrg) Ritt

M. Saravia y F. Moschione 36 (IBODA).

Opuntia anacantha Speg. var. ***retrorsa*** (Speg.) R. Kiesling

M. Saravia y P. Ortega 08 (IBODA).

O. salmiana Parm.

O. schickendantzii F.A.C. Weber.

M. Saravia 49

O. sulphurea Gillies ex Salm-Dyck var. ***hildmannii*** (Fric) Backeb.

Forzza et al. 1948 (MCNS)

Pterocactus tuberosus (Pfeiff.) Britton & Rose f. ***tuberosus***

véase Kiesling 2003

Tephrocactus articulatus (Pfeiff.) Backeb. var. ***oligacanthus*** (Speg.) Backeb.

véase Kiesling 2003

T. molinensis (Speg.) Backeb.

M. Saravia y F. Moschione 10; M. Saravia 42 (IBODA)

T. weberi (Speg.) Backeb. var. ***weberi***.

M. Saravia 51 (IBODA)

T. weberi (Speg.) Backeb. var. ***deminutus***

Tunilla corrugata (Salm-Dy) D.R.Hunt & J.Iliff.

M. Saravia y F. Moschione 12, 13; M. Saravia y P. Ortega 14 (IBODA)

T. soehrensii (Britton & Rose) D.R.Hunt & J.Iliff

M. Saravia et al.16 (IBODA). De Viana 334, 335 (MCNS).

Subfamilia Cactoideae

Tribu Cereeae

Cereus aethiops Haw.

M. Saravia 28 (IBODA).

C. forbesii Otto ex C.F. Först.

Tribu Notocactaceae

Blossfeldia liliputana Werderm.

Parodia aureicentra Backeb.

M. Saravia y F. Moschione 38; M.Saravia 41 (IBODA)

P. microsperma (F.A.C. Weber) Speg. subsp. ***microsperma***.

M. Saravia et al. 7 (IBODA).

P. microsperma (F.A.C. Weber) Speg. subsp. ***horrida*** (F.H. Brandt) R. Kiesling & O. Ferrari.

M. Saravia 52; M. Saravia y M. Saravia 47; Kiesling y Mauseth 8745 (IBODA)

P. penicillata Fehser & Steeg.

Tribu Rhipsalidae

Pfeiffera ianthothele (Monv.) F.A.C. Weber.

Tribu Trichocereae

Acanthocalycium thionanthum (Speg.) Backeb.

M. Saravia 29 (MCNS). M. Saravia 30, 53; M.Saravia y M. Saravia 46 (IBODA)

A. ferrarii Rausch.

M. Saravia y F. Moschione 34 (IBODA).

Cleistocactus smaragdiflorus (F.A.C. Weber) Britton & Rose.

M. Saravia et al. 09 (IBODA). Novara y Tolaba 1083 (MCNS)

Denmoza rhodacantha (Salm-Dyck) Britton & Rose.

Echinopsis ancistrophora Speg.

Font y Picca sin número (IBODA).

E. aurea Britton & Rose var. ***fallax*** (Oehme) J. Ullmann.

M. Saravia y P. Ortega 11 (IBODA).

E. longispina (Britton & Rose) Backeb.

E. leucantha (Gillies ex Salm-Dyck) Walp.

M. Saravia 31 (MCNS). M. Saravia 32 (IBODA)

E. tubiflora (Pfeiff.) Zucc.

M. Saravia et al. 4, 6 (IBODA).

Gymnocalycium pflanzii (Vaupel) Werderm. subsp. ***argentinese*** H. Till & W. Till.

G. saglionis (Cels) Britton & Rose var. ***saglionis***.

M. Saravia y P. Ortega 5 (IBODA).

G. schickendantzii (F.A.C. Weber) Britton & Rose var. ***deletii*** (K. Schum.) Backeb.

G. spegazzinii Britton & Rose.

M. Saravia 15, 25; Kiesling et al. 8712 (IBODA)

***Lobivia* sp.**

M. Saravia 55 (IBODA)

L. bruchii Britton & Rose.

M. Saravia y F. Moschione 33 (IBODA)

L. haematantha (Speg.) Britton & Rose var. ***amblayensis***

M. Saravia et al. 40 (IBODA)

L. haematantha (Speg.) Britton & Rose var. ***haemathantha***

M. Saravia y M. Saravia 48 (IBODA).

L. haematantha (Speg.) Britton & Rose var. ***kuehnrighii*** (Fric) Rausch.

L. cfr kieslingii Rausch.

L. korethroides (Werderm.) Werderm.

M. Saravia et al. 17; M. Saravia y F. Moschione 37; M. Saravia 56; Font y Picca 12, 13 (IBODA)

L. nigricans Wessner.

M. Saravia 39 (IBODA).

L. saltensis (Speg.) Britton & Rose

sin nombre (IBODA)

L. walteri R. Kiesling.

M. Saravia 54; Font y Picca 10, 11; Kiesling et al. 8721 (IBODA)

Rebutia cfr. minuscula K. Schum.

M. Saravia y F. Moschione 45 (IBODA)

Trichocereus angelesii R. Kiesling.

M. Saravia y F. Moschione 35 (IBODA).

T. atacamensis (Phil.) Backeb.

Burkart 17616 (IBODA). Novara et al. 12059 (MCNS).

T. smrzianus (Backeb.) Backeb.

M. Saravia 50; Font y Picca 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8; Kiesling et al. 1110, 8722 (IBODA)

T. terscheckii (Parm. ex Pfeiff.) Britton & Rose.

M. Saravia 27 (IBODA).M. Saravia 26 (MCNS).

T. thelegonus (F.A.C. Weber) Britton & Rose.

M. Saravia y F. Moschione 44; Kiesling et al. 1113 (IBODA). Novara 11902 (MCNS).

X Trichomoza roseinflora (híbrido).

Font y Picca sin número (IBODA).

¹ Kiesling 2003

DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados de esta tesis han permitido identificar las áreas prioritarias para la conservación regional de cactáceas dentro de los Valles Calchaquíes, uno de los principales centros de diversidad de cactus de Argentina. El Parque Nacional Los Cardones se ubica dentro de los cuadros de mayor diversidad del área de estudio y como tiene un alto grado de organización y control debe constituirse en el pilar fundamental del sistema regional de Áreas Protegidas para la conservación de la diversidad de la región. El estudio de la diversidad del Parque (Capítulo 1) ha permitido excluir del análisis de complementariedad a las especies ya protegidas. Esto evitó la redundancia en la representación de la diversidad y de esta manera permitió hacer más eficiente la propuesta de conservación (Capítulo 2, Araujo 1999). El análisis de la diversidad del Parque mostró que deben incorporarse nuevas áreas para asegurar la persistencia las especies amenazadas y otras para proteger toda la diversidad regional de cactáceas. En este sentido, el este y sureste de la región tienen la máxima prioridad, ya que presentan el mayor complemento para la diversidad del Parque. A pesar de que se ha registrado una alta proporción de especies endémicas y raras, solo son necesarios realizar acciones dentro de ocho áreas, e.i. 20% de las unidades de análisis (Capítulo 2). La escala utilizada en este trabajo permitió hacer mas eficiente la propuesta, ya que al disminuir la escala también disminuye la proporción de unidades que complementan la conservación de la diversidad (Larsen & Rahbek 2003).

La estrategia de conservación de la familia debe considerar, además del establecimiento de Áreas Protegidas, la identificación de especies prioritarias para acciones de conservación (Oldfield 1997). En este sentido, las especies endémicas de los Valles Calchaquíes que además son raras en la región, son las que presentan la mayor vulnerabilidad. Decisiones de uso o eventos catastróficos, como incendios, plagas, derrumbes de laderas o cambios climáticos, podrían llevar a algunas de estas especies a situaciones de peligro de extinción (Capítulo 2; Loret-Doust & Lovett-Doust 1997; Ceballos 2001). Los nuevos listados de especies amenazadas de la IUCN (2006) sólo incluyen una especie de cactus de Argentina y esto se debe a la carencia de información. Con base en los resultados de esta tesis, se pueden realizar recomendaciones acerca de las especies

endémicas de la región. En este sentido, a *Lobivia walteri* debería asignarse un alto riesgo de extinción, porque presenta el tipo de rareza más extremo y su hábitat está sujeto a fuertes presiones ganaderas. *Parodia penicillata*, *Trichocereus angelessii* y *xTrichomoza roseinflora* también deberían ser consideradas como especies con alta vulnerabilidad porque poseen poblaciones muy restringidas dentro del área de estudios y, en el caso de *P. penicillata*, además es colectada intensamente por los pobladores como planta ornamental durante la época de navidad, debido a sus flores rojas que abren en esa época del año (R. kiesling com. pers.). Para *Lobivia bruchii*, *L. kieslingii* y *Acanthocalycium ferrarii* se necesitan más estudios para evaluar su situación porque también se distribuyen en los Valles Calchaquíes de la provincia de Tucumán, fuera del área evaluada en esta tesis. En cuanto a *Trichocereus smrzianus*, aunque no es una especie rara en los Valles Calchaquíes (Capítulo 2), también debería ser incluida en estas listas porque su hábitat soporta una gran presión ganadera y de fuego, lo que provoca daños importantes a gran parte de los individuos.

Para la familia Cactaceae se justifica una propuesta de conservación exclusiva para el grupo, ya que presenta una alta susceptibilidad a las perturbaciones antropogénicas, son usadas actualmente y presentan gran potencial como recurso para los pobladores locales (Kiesling 1978; Hernandez y Godínez 1994, Nobel 2002). Sin embargo, el Grupo de Especialistas de cactus y Suculentas- IUCN, recomienda que estas propuestas sean incluidas dentro de las propuestas globales de conservación de la biodiversidad (Oldfield 1997). La planificación de la conservación utiliza la diversidad de algunos subgrupos de especies como plantas, aves o mamíferos como representantes de la diversidad general de especies (Ceballos et al. 1998; Cowling et al 1999; Reyers et al. 2000). Sin embargo, pocos trabajos han analizado la pertinencia de estos grupos como sustitutos de la diversidad de una región (Prendergrast et al. 1993; Lombard 1995; Williams et al. 1996). Sería interesante evaluar el papel de los cactus como representantes de la diversidad de especies en las regiones áridas y semiáridas de Argentina ya que esto fortalecería la propuesta de conservación de esta familia. Un buen representante debe tener fuertes correlaciones positivas entre sus patrones de diversidad y los de otros grupos de especies (Sarkak et al. 2006). Las cactáceas establecen estrechas relaciones bióticas a lo largo de su ciclo vital con un gran número

de organismos de plantas y animales que actúan como polinizadores, dispersores, facilitadores del establecimiento y predadores, entre otros (Fleming & Valiente Banuet 2002; Godínez Álvarez et al. 2003), por lo tanto podrían resultar buenos sustitutos de la biodiversidad en desiertos.

Los Valles Calchaquíes también son importantes para la conservación de las aves de Argentina, ya que se distribuyen 274 especies que representan el 27% de las aves de Argentina y 46% de las de Salta, 46 de las cuales son especies de Valor Especial (i.e. amenazadas, endémicas y de valor cultural) (Moschione F. y M. González en prep.). En la región se han propuesto cuatro áreas de importancia para la conservación de las aves de Argentina: Parque Nacional Los Cardones, Cuesta del Obispo (en cuadros F4-E4), Quebrada de las Conchas (en cuadros F7-E8-E9), Luracatao y Valle del río Calchaquí (en cuadros de las fajas C y D; Di Giacomo 2005). Estas áreas coinciden ampliamente con los cuadros prioritarios para la conservación de cactus en la región. Además todas las especies de aves con Valor Especial se encuentran incluidas dentro de las áreas propuestas para la conservación de cactáceas. Sólo una especie, el suri puneño (*Pterocnemia pennata*) no está contenida en los cuadros seleccionados para los cactus, pero esta especie prácticamente ha desaparecido de los Valles (F. Moschione comp. pers.).

En cuanto a los mamíferos, en los Valles existen aproximadamente 50 especies, que representan el 15% de los de Argentina y el 36% de los de Salta. De estas, 10 especies son consideradas con algún valor especial de conservación por ser endémicas o tener patrones de distribución restringidos o estar bajo alguna categoría de amenaza (Ojeda & Días 1997; Díaz et al. 2000). Para seis de estas especies prioritarias se ha confirmado su presencia en los cuadros que se seleccionaron para Cactaceae en la presente tesis. La taruca, *Hippocamelus antisensis*, considerada en peligro, es marginal en el área de estudio y no se ha confirmado aún su presencia. El cuadro D7, considerado prioritario para cactáceas presenta las poblaciones más grandes de vicuñas (*Vicugna vicugna*) y guanacos (*Lama guanicoe*) en los Valles Calchaquíes (Dirección Nacional de Fauna Silvestre 2006). Cabe aclarar que la vicuña es una especie marginal en el área de estudio, distribuyéndose sólo en los cordones de mayor altitud. Otros elementos que podrían ser de ayuda en el establecimiento de Áreas Protegidas en la región son los numerosos recursos culturales que existen a lo largo de toda el área de estudio. En uno de los cuadros prioritarios

existen importantes ruinas arqueológicas, otros de los cuadros seleccionados incluyen trayectos turísticos de extraordinaria belleza paisajística, como la Cuesta del Obispo, Alemania, y la Quebrada de las Conchas, ésta última es un Paisaje Protegido de la Provincia de Salta (SIB 2006):

Las cactáceas poseen diversos usos en la región; se utiliza la madera de algunas especies columnares para carpintería y fabricación de artesanías y los tallos son usados como fuente de agua y forraje para el ganado (Kiesling 1978, Ortega Baes & Saravia, datos no publicados). Si bien algunos frutos pueden ser usados como comestibles han perdido actualmente su importancia en las comunidades locales (Kiesling 1978). Muchas especies son colectadas con fines ornamentales y se comercializan en los mercados locales. En los últimos años se ha incrementado el comercio de especies nativas de cactus en la región, debido al aumento en la afluencia de turistas nacionales y extranjeros. Por lo tanto, las cactáceas actualmente son utilizadas en la región, sin legislación ni control alguno. Este uso podría organizarse y de esta manera ser usado a favor de la conservación de la familia, garantizando la supervivencia de las especies a través del uso sostenible. Esto permite ofrecer una alternativa económica a los pobladores locales y reducir otros usos del suelo perjudiciales para la diversidad de los sistemas áridos y semiáridos del país, como la ganadería (Capítulo 1; Morillo & Saravia Toledo 1959). En los Valles se distribuyen también otras especies de plantas y animales que podrían complementar a las cactáceas en un programa de uso sustentable para la conservación en la región. Sobre algunas especies se han empezado estudios tendientes a su aprovechamiento sustentable, como camélidos (*Vicugna vicugna* y *Lama guanicoe*), chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*) y loros (*Cyanoliseus patagonus* y *Aratinga mitrata*) (SeMADeS 2006).

Por último, las estrategias de conservación de esta familia no deben concentrarse exclusivamente en la creación de Áreas Protegidas o su uso sostenible. Otras acciones de conservación son necesarias para la protección de este grupo de plantas. Como ha sido indicado muchas especies se encuentran amenazadas a lo largo de su rango de distribución ya que son colectadas ilegalmente para su comercialización. Los colectores de cactus incluyen aquellos que extraen especímenes para incorporarlos a la cadena de comercialización y aquellos que los extraen para sus colecciones particulares. Los sitios de venta abarcan mercados locales, ferias

artesanales, viveros y domicilios particulares. También algunos ejemplares tienen como destino el comercio internacional. Acciones destinadas a revertir el impacto de la colecta en poblaciones locales son requeridas de manera urgente. Estas deberán incluir campañas de educación ambiental para la población y los turistas, pero también capacitación a los colectores y vendedores sobre la producción de cactus en viveros para disminuir el impacto de la colecta, así como legislación que regule la actividad.

REFERENCIAS

- Araujo, M. B. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions* 5: 151–163.
- Ceballos, G. 2001. Especies raras, el conocimiento de la diversidad biológica y la conservación. *Biodiversitas* 38: 9-13.
- Ceballos, G., P. Rodríguez, y R. A. Medellín. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse México: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications* 8(1): 8-17.
- Cowling, R.M., R.L. Pressey, A. T. Lombard, P. G. Desmet, y A. G. Ellis. 1999. From representation to persistence: requirements for a sustainable system of conservation areas in the species rich mediterranean-climate desert of southern Africa. *Diversity and Distributions* 5: 51–71.
- Di Giacomo, A. S. (ed). 2005. *Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Temas de Naturaleza y Conservación 5: 1-514. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires.
- Dirección Nacional de Fauna Silvestre. 2006. Censo nacional de camélidos silvestres. Dir. Nac. de Fauna Silvestre. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.
- Fleming, T. H., y A. Valiente-Banuet (eds.). 2002. *Columnar cacti and their mutualists: Evolution, ecology, and conservation*. University of Arizona Press, Tucson.
- Godínez-Álvarez, H., T. Valverde, y P. Ortega-Baes. 2003. Demographic trends in Cactaceae. *The Botanical Review* 69 (2):173-203.
- Hernández, H. M., y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26: 33-52.

- IUCN. 2006. *2006 IUCN Red List of Threatened Species*. < www.iucnredlist.org>.
- Kesling, R. 1978. El género *Trichocereus* (Cactaceae): I. Las especies de la República Argentina. *Darwiniana* 21 (2): 263-330.
- Larsen, F. W., y C. Rahbek. 2003. Influence of scale on conservation priority setting- a test on African mammals. *Biodiversity and Conservation* 12: 599-614.
- Lombard, A. T. 1995. The problems with multi-species conservation: do hot spots, ideal reserves and existing reserves coincide? *S. Afr. J. Zool.* 30: 145-163.
- Lovett-Doust, L., y J. Lovett-Doust. 1995. Wetland management and conservation of rare species. *Canadian Journal of Botany* 73: 1019-1028.
- Morello, J., y C. J. Saravia Toledo. 1959. El bosque Chaqueño II. La Ganadería y el Bosque en el Oriente de Salta. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 3(1-2):209-258.
- Oldfield, S. (Comp). 1997. *Cactus and succulent plants: status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC IUCN/SSC grupo de especialistas de cactus y suculentas. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales, Gland, Suiza y Cambridge, Gran Bretaña.
- Prendergast, J. R., R. M. Quinn, J. H. Lawton, B.C. Eversham, y D. W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365: 335-337.
- Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, y F. Massardo. 2001. *Fundamentos de conservación biológicas: perspectivas latinoamericanas*. Fondo cultura económica México.
- Sarkar, S., J. Justus, T. Fuller, C. Kelley, J. Garson, y M. Mayfield. Efficetiveness of environmental surrogates for selection of conservation areas network. *Conservation Biology* 9 (3): 815-825.
- SeMADeS. 2006. Fauna. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Salta, Argentina. <www.salta.gov.ar/medioambiente/fauna/proysustentable.htm>
- SIB. 2006. Sistema de Información de la Biodiversidad. Sistema Federal de Áreas Protegidas de Argentina. <www.sib.gov.ar/sifap>.
- Williams, P. H., D. Gibbons, C. Margules, A. Rabelo, C. Humbhries, y R. Pressey. 1996. A comparison of richness hot sports, rarity hot spots and complementary areas for conserving biodiversity of British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.