

TESIS DE DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE VEGAS DE LOS ALTOS ANDES CENTRALES DE ARGENTINA

por

Marcela del Valle Ontivero

Director: Eduardo Martínez Carretero

Co-Director: Carlos Alberto Lizana

Lugar de Trabajo

Centro de Fotogrametría, Cartografía y Catastro. Universidad Nacional de San
Juan

Geobotánica y Fitogeografía. IADIZA. CCT. Mendoza



**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

Córdoba, Argentina

2015

COMISIÓN ASESORA

Dra. Ana María Faggi, Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (CONICET).

Dr. Eduardo Martínez Carretero, Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. IADIZA, CCT, Mendoza (CONICET). Universidad Nacional de San Juan.

Dra. Ana María Cingolani, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET). Universidad Nacional de Córdoba.

DEFENSA ORAL Y PÚBLICA

Lugar y Fecha:

Calificación:

TRIBUNAL

Dra. Laura Patricia Perucca, Centro de Investigaciones de la Geósfera y la Biósfera (CIGEOBIO) (CONICET). Universidad Nacional de San Juan

Dra. Ana María Faggi, Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia (CONICET).

Dra. Ana María Cingolani, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET). Universidad Nacional de Córdoba.

Firma:

Aclaración:

Firma:

Aclaración:

Firma:

Aclaración:

Agradecimiento

Parece que nunca llegaría el momento de escribir este apartado pero gracias a la vida todo llega... Son muchas las personas y las instituciones a las que tengo que agradecer, ya que esta investigación es el resultado del esfuerzo, la colaboración y el apoyo de muchos.

Agradecer a mis directores Eduardo Martínez Carretero y Carlos Lizana, por toda la formación brindada durante este tiempo, gracias por su apoyo y ayuda en todas las fases de este trabajo tanto en el campo, como gabinete. Todo su esfuerzo ha sido de gran importancia y determinante para la finalización de este trabajo.

Agradecer a Graciela Salinas de Salmuni por dar el primer paso en este camino, por su generosidad y por todo lo brindado durante el desarrollo del trabajo.

A Mariana Martinelli por su colaboración, apoyo y por iniciarme en el mundo de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográficas.

A la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por el apoyo en todos los aspectos de esta investigación, en especial a Félix Menicocci y Guillermo Ibañez. Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por la beca de doctorado otorgada. A la Dirección de Conservación y Áreas Protegidas. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de San Juan por apoyar esta investigación desde el primer momento, agradecer a los Agentes Custodios de Conservación de la Reserva de San Guillermo por toda la ayuda brindada a lo largo de los años, todos fueron un importante apoyo en las campañas. En especial agradecer a Mariano Ariza, Yanina Ripoll, Dardo Recabarre, Marcelo Jordan, Raúl Coll y Justo Márquez. También agradecer al cuerpo de guardaparque de la Reserva Laguna Brava, por su colaboración en el campo, ayuda y hospitalidad.

Agradecer la colaboración de mis amigos y compañeros durante las campañas de campo y demás trabajos de gabinete y distintas instancias de esta tesis: Martín Almirón, José Villavicencio, Cecilia Montani, Pablo Martín, Martín Hadad, Yanina Ribas, Andrea Abarca, Gabriela Canovas, Andrea Duplancic, Antonio Dalmasso, Cecilia Vega, Gabriel Gatica, Yamile Massuh, Graciela Pastrán, Eduardo Pucheta, Ibon Tamayo, Juan Manuel Rodríguez, Ana Teresa Ortega, Pedro Martín, Mercedes Pulido, Paola García, valoro profundamente todo lo brindado. A mis compañeros de Alcalá de Henares por la hermosa amistad y por compartir este mundillo de las TIG: Pablo, Alberto, Patricia, Javier, Jorge, Lucía, Francisco, Alejandro, Ligia, Carlos, Daniel, Mirari, Manuel y Doramas.

A mis compañeros de oficina agradecerles toda la ayuda y apoyo brindado: Guillermo Garcés, Alejandro Lloveras, Maricina del Cid, Pedro Puigdengolas, Eduardo Marquez, Mirtha Martínez, Oscar Arrieta, Alvaro Wurstten, Walter Melian, Carmen Fuentes, Norma Martínez, Norma Herrera, Emilce Driz, Miriam Leal y a todos mis compañeros del CEFOCCA, UNSJ que hacen que sea muy lindo ir a trabajar, a cada uno muchas gracias.

Agradecer a mis compañeros biodiversos del departamento de Biología y Geología de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España. En especial Adrián Escudero y Aran Luzuriaga, como así también a Marcos Méndez y Alvaro Márquez por la calidez y la formación brindada. A mis compañeros Yadira, Rodrigo, Silvia, Samuel, Julia, Rubén, Pesca, Laura, María, Juan y tantos más que hicieron que me sintiera en familia y que fuera una instancia inolvidable y de mucho aprendizaje la estancia en España.

Agradecer al tribunal revisor y comisión asesora, Patricia Perucca, Ana María Faggi y Ana María Cingolani que durante estos años evaluaron y contribuyeron con mi formación como doctoranda.

Al personal del Doctorado en Ciencias Biología de la Universidad Nacional de Córdoba por la buena predisposición, la calidad humana y el compromiso en su labor.

Seguramente se me escapan muchos nombres de personas que en este momento no recuerdo, disculpen si me olvido de alguno, pero va mi agradecimiento profundo.

Quiero destacar el apoyo de las siguientes instituciones que hicieron posible el desarrollo y finalización de esta investigación: Comisión Nacional de Actividades Espaciales; Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; Dirección de Conservación y Áreas Protegidas, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de San Juan; Centro de Fotogrametría Cartografía y Catastro de Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan; Departamento de Biología Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA), Grupo de Geobotánica y Fitogeografía; Instituto de Geología, Gabinete de Neotectónica y Geomorfología; Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI); Departamento de Biología de la Universidad Rey Juan Carlos, España.

Y para terminar agradecer a mi familia que durante estos años cumplieron un rol muy importante en sostenerme y mantenerme integra para poder llegar hasta el final de este trabajo, a cada uno de ustedes les guardo un profundo afecto y estoy muy agradecida por su ayuda, a mi madre Rosario Celia Chatard mi padre Marcelo Ontivero, mi hermano Hernán Ontivero pilares de mi vida, como así también mi familia Susana Canto, Nelly Martínez, Pamela Alcayaga, Luis Eduardo Martínez, Luis Martínez, Camila, Julieta, Maximiliano y Valentina.

En especial dedico todo este esfuerzo y todo mi agradecimiento a mis tres amores que vivieron esta etapa las 24 hs del día...Gracias por existir y compartir la vida, los amo profundamente y son mis más grandes tesoros, Matías, Santino y Facundo Martínez.

Gracias a la naturaleza y a la montaña por permitirme ser inmensamente feliz y libre en sus alturas, por hacerme sentir la majestuosidad de su silencio, fuerza e inmensidad, porque entre tus glaciares, montañas y vegas me quiero quedar.

Con cariño y gratitud eterna a todos muchas gracias!

Listado de publicaciones derivadas de la tesis

1. E. Martínez Carretero, **M. Ontivero**, A. Dalmasso, M. Melendo, J. Márquez, F. Hernández y J. Garrido. La Vegetación de Vegas Altoandinas: Pastos Largos (La Rioja) San Guillermo (San Juan). Resumen. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Volumen 114, suplemento Octubre. 110-111pp. **2009**. ISSN 0373-580X.
2. **M. Ontivero**; Martínez Carretero E.; Lizana C. y Salinas Salmuni G. 2010. Caracterización y Zonificación de humedales de altura (vegas) en los Andes Centrales de Argentina. *In Proceeding*. Memorias del XIV Simposio Internacional SELPER México. 1-10pp. **2010**. ISBN 978-607-441-100-3.
3. **M. Ontivero**, E. Martínez Carretero; L. P. Perucca; G. Salinas y C. Lizana. 2010. Patrón de distribución espacial y Tipología de humedales de altura (vegas), en los Altos Andes Centrales de Argentina. Actas de resumen IV Reunión Binacional de Ecología, XXIV Reunión Argentina de Ecología XVII y Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile. Buenos Aires, Argentina. **2010**.
4. **M. Ontivero**; Martínez Carretero E.; Lizana C. y Salinas Salmuni G. Relevamientos de Humedales Altoandinos (Vegas) en la provincia de San Juan, mediante Teledetección y SIG. Resumen. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Volumen 46, suplemento Octubre. 31 y 252 pp. **2011**. ISSN 0373-580X.
5. **M. Ontivero**; Martínez Carretero, E; Dalmasso, A. y Lizana, C. Productividad Primaria Neta en distintas Tipologías de Humedales Altoandinos (Vegas) en los Andes Centrales de Argentina. Resumen. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Volumen 46, suplemento Octubre. 203pp. **2011**. ISSN 0373-580X.
6. **M. Ontivero** y Martínez Carretero. El ecosistema de vega en el Corredor Bioceánico (San Juan, Argentina) mediante el empleo de TIG. Capítulo de libro en García, A. (Editor) El Corredor Bioceánico en San Juan. Recursos culturales y naturales del sector andino. Editorial Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 21-29 pp. Total de páginas del libro 130 pp. **2013**. ISBN 978-950-605-748-0
7. Martínez Carretero y **M. Ontivero**. Vegas. Ecosistema altoandino de importancia biológica, ecológica y socio-económica. Capítulo de libro en García, A. y Martínez Carretero, E. (Editor) Ambiental San Juan. Editorial Universidad Nacional de San Juan. Argentina. pp 1-12. (**en prensa**).

Índice

1.-Capítulo 1	
Introducción General.....	15
1.1- Introducción General.....	16
1.2- Objetivo General	22
1.3- Objetivos Específicos.....	23
1.4- Metodología General.....	24
1.4.1- Área de Estudio.....	24
1.4.2- Materiales.....	31
1.4.2.1- Imágenes satelitales.....	31
1.4.2.2- Modelo Digital del Terreno (MDT)	31
1.4.2.3- Sistema de Información Geográfica (SIG).....	31
1.4.2.4- Cartografía	31
1.4.2.5- Software	31
1.5- Estructura General de la Tesis.....	31
1.5.1.- Organización del Estudio y los Capítulos.....	33
2.- Capítulo 2	
Caracterización Geomorfológica.....	37
2.1- Introducción.....	36
2.1.- Introducción.....	37
2.2- Objetivos	39
2.3- Metodología	39
2.4- Resultados	44
2.5- Discusión.....	66
2.6- Conclusiones.....	67
3- Capítulo 3	
Caracterización Hidrológica	69
3.1- Introducción.....	69
3.2- Objetivos	70
3.3- Metodologías.....	71
3.4- Resultados	75
3.5- Discusión.....	80
3.6- Conclusiones.....	82
4- Capítulo 4	
Caracterización Florística y de Microambientes.....	83
4.1- Introducción.....	84
4.2- Objetivo	86
4.3- Metodología	86
4.4- Resultados	94
4.5- Discusión.....	124
4.6- Conclusiones.....	126

5- Capítulo 5	
Propuesta de Clasificación de vega y Determinación del Estado	127
5.1- Introducción.....	128
5.2- Objetivos	130
5.3- Metodología	131
5.4- Resultados	133
5.5- Descusión	142
5.6- Conclusiones.....	144
6- Capítulo 6	
Conclusiones Finales	145
6- Conclusiones Generales	146
6.1- Conclusiones Finales	146
6.2- Propuestas de Investigación	148
7- Apendice	149
8- Bibliografía	155

Índice de Tablas

Tabla 1: Vegas muestreadas en campo, altura y superficie en la Reserva Laguna Brava, La Rioja y Reserva San Guillermo, San Juan	58
Tabla 2: Unidad geomorfológica vinculada a las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo	60
Tabla 3: Unidad geomorfológica, proporción del área total que ocupa cada unidad geomorfológica y proporción de vega en cada unidad.....	61
Tabla 4: Tipo de escurrimiento dominante asociado a la unidad geomorfológica en las 304 vegas del área de estudio	74
Tabla 5: Tipo de escurrimiento dominante determinado para las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo	76
Tabla 6: Tipo de escurrimiento dominante, proporción de vegas que se encuentran en cada tipo de escurrimiento y proporción de las unidades geomorfológicas	76
Tabla 7: Salinidad en las distintas vegas muestreadas en campo, unidad geomorfológica y tipo de escurrimiento	79
Tabla 8: Tabla sintética. se indican las distintas comunidades vegetales y el número que fue asignado a cada especie. los valores de constancia según la escala: I (<20%), II (21-40%), III (41-60%), IV (61-80%) y V (>80%).....	94
Tabla 9: Tabla florística de la comunidad de <i>juncus balticus</i>	96
Tabla 10: Tabla florística de la comunidad de <i>carex incurva</i>	97
Tabla 11: Tabla florística de la comunidad de <i>potosia clandestina</i>	99
Tabla 12: Tabla florística de la comunidad de <i>juncus stipulatus</i>	101
Tabla 13: Tabla florística de la comunidad <i>oxychloe andina</i>	102
Tabla 14: Tabla florística de la comunidad de <i>potamogeton pectinatus</i>	104
Tabla 15: Valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar del nivel digital de cada clase espectral obtenida de la imagen satelital de la Reserva Laguna Brava, La Rioja	108
Tabla 16: Valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar del nivel digital de cada clase espectral obtenida de la imagen satelital de la Reserva San Guillermo, San Juan.....	108
Tabla 17: Unidad geomorfológica, escurrimiento dominante y tipología de las vegas relevadas a campo en el área de estudio.....	135

Tabla 18: Categoría propuesta para determinar el estado de la vega en base al porcentaje de superficie de las distintas clases espectrales.....	140
Tabla 19: Estado de las seis vegas accesibles, determinadas en base a las distintas categorías (bueno, intermedio, regular y malo)	140
Tabla 20: Tipología de las seis vegas de difícil acceso del área de estudio	141
Tabla 21: Superficie en porcentajes de las distintas clases espectrales observadas en las vegas de difícil acceso del área de estudio	142
Tabla 22: Estado de las seis vegas de difícil acceso del área de estudio. determinadas en base a las distintas categorías (bueno, intermedio, regular y malo).....	142
Tabla 23: Especificaciones del satélite Landsat 5 TM	152
Tabla 24: Características de las imágenes Landsat 5 TM solicitadas	153
Tabla 25: Especificaciones satélites ALOS y sus sensores.....	154
Tabla 26: Características de las imágenes ALOS-PRISM solicitadas	155
Tabla 27: Características de las imágenes ALOS-AVNIR-2 solicitadas	155

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa área de estudio, Reserva Laguna Brava, La Rioja y Reserva San Guillermo San Juan	26
Figura 2: Panorámica del sector este de la laguna Brava, vista al norte Reserva Laguna Brava	29
Figura 3: Panorámica paisaje montañoso en la Reserva Laguna Brava	29
Figura 4: Paisaje característico con vista hacia el oeste en la Reserva San Guillermo, en el fondo se observa la Cordillera de la Brea luego de un temporal estival.....	30
Figura 5: Paisaje de vega característico en la Reserva San Guillermo	30
Figura 6: Propuesta del modelo para el estudio de las vegas, detalle de los objetivos, escala y producto obtenido en cada nivel	34
Figura 7: Fluxograma del esquema general del trabajo	35
Figura 8: Mapa geomorfológico escala 1:250.000 Reserva Laguna Brava, La Rioja, Argentina	51
Figura 9: Mapa geomorfológico escala 1:250.000, Reserva San Guillermo, San Juan, Argentina.....	52
Figura 10: Vista al norte en la que se observa la unidad deprimida de la Laguna Brava rodeada de elementos volcánicos, como conos y coladas.....	53
Figura 11: Vista al oeste en la que se observa al fondo un ambiente glaciar, representado por el glaciar el Potro y a su alrededor un cubierta detrítica de ambiente periglaciar en la Reserva San Guillermo	53
Figura 12: Se observa el curso del río Blanco, con su planicie fluvial y al fondo terrazas fluviales y glacifluviales	54
Figura 13: Vegas detectadas, se indican con color rojo las vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo. Reserva Laguna Brava, La Rioja	55
Figura 14: Vegas detectadas, se indican con color rojo las vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo, sector norte de la Reserva San Guillermo, San Juan	56
Figura 15: Vegas muestreadas en campo, A: Refugio Peñón, B: Quebrada Santo Domingo, C: Laguna Brava, D: La Brea, E: La Guanaca, F: Piuquenes.....	57
Figura 16: Porcentaje de vegas encontrado en cada tipo de unidad geomorfológica en el área de estudio	60
Figura 17: Cuadro síntesis con procesos endógenos y exógenos, origen de la unidad geomorfológica y asociación de la vega	62
Figura 18: Perfil de la microtopografía de la vega Refugio Peñón, Reserva Laguna Brava, La Rioja	63
Figura 19: Perfil de la microtopografía de la vega Quebrada Santo Domingo, Reserva Laguna Brava, La Rioja	63
Figura 20: Perfil de la microtopografía de la vega Laguna Brava, Reserva Laguna Brava, La Rioja	64
Figura 21: Perfil de la microtopografía de la vega La Brea, Reserva San Guillermo, San Juan	64

Figura 22: Perfil de la microtopografía de la vega La Guanaca, Reserva San Guillermo, San Juan	65
Figura 23: Perfil de la microtopografía de la vega Piuquenes, Reserva San Guillermo, San Juan	65
Figura 24: Porcentajes del tipo de escurrimiento de 304 vegas del área de estudio	75
Figura 25: Valor del pH obtenido en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo	78
Figura 26: Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{m}$) obtenido en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo	78
Figura 27: Dendograma del análisis de conglomerados en donde se observan seis comunidades indicadas con distinta letra	95
Figura 28: Ordenamiento de las especies de las seis comunidades. Se observa el primer y segundo eje del DCA.	105
Figura 29: Porcentaje de cobertura total en las distintas comunidades que conforman la vega	106
Figura 30: Valor medio de diversidad según el Índice de Simpson en las distintas comunidades que conforman la vega	106
Figura 31: Productividad primaria neta aérea obtenida en el año 2011 mediante clausuras a lo largo de un año en distintas vegas del área de estudio	107
Figura 32: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Laguna Brava, Reserva Laguna Brava, La Rioja	109
Figura 33: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Laguna Brava, Reserva Laguna Brava, La Rioja	109
Figura 34: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Quebrada Santo Domingo, Reserva Laguna Brava, La Rioja	110
Figura 35: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Quebrada Santo Domingo, Reserva Laguna Brava, La Rioja	110
Figura 36: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Refugio Peñón, Reserva Laguna Brava, La Rioja.....	111
Figura 37: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Refugio Peñón, Reserva Laguna Brava, La Rioja	111
Figura 38: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega La Brea, Reserva San Guillermo, San Juan.....	112
Figura 39: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega La Brea, Reserva San Guillermo, San Juan.....	112
Figura 40: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega La Guanaca, Reserva San Guillermo, San Juan	113
Figura 41: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega La Guanaca, Reserva San Guillermo, San Juan.....	113
Figura 42: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Piuquenes, Reserva San Guillermo, San Juan.....	114
Figura 43: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Piuquenes, Reserva San Guillermo, San Juan	114

Figura 44: Porcentaje de cobertura total en los microambientes sobresaturado, saturado y seco	116
Figura 45: Valor medio de diversidad según el índice de Simpson en los microambientes sobresaturado, saturado y seco	116
Figura 46: Posiciones de los relevamientos respecto a los ejes uno y dos del análisis de componentes principales.	117
Figura 47: Ordenamiento de las seis variables (microtopografía, contenido de humedad, diversidad, cobertura, nivel digital) resultado del análisis de componentes principales	118
Figura 48: Catena de las distintas comunidades vegetales que conforman los distintos microambientes en una vega.....	119
Figura 49: Tipos de microambientes en vegas. A y B: Sobresaturado, C y D: Saturado, E y F: Seco.....	122
Figura 50: Porcentaje de vegas determinado para la tipología de Río, Piedemonte, Depresiones y Falla en el área de estudio.....	133
Figura 51: Tipologías de vegas en el área de estudio, A: de Río, B: de Piedemonte, C: de Depresiones, D: de Falla.....	136
Figura 52: Valor medio de la superficie de las distintas tipologías de vegas	137
Figura 53: Valor medio de altura en las distintas tipologías de las vegas del área de estudio	138
Figura 54: Valor medio de pendiente determinado para las distintas tipologías en el área de estudio	138

Resumen

El objetivo general de la presente tesis de doctorado fue analizar las características biofísicas de las vegas (humedales altoandinos), proponer una clasificación y determinar el estado de las mismas en los Altos Andes Centrales de Argentina. Para tal fin, se realizó un estudio biofísico integrado a distintas escalas de análisis considerando los factores más relevantes como la geomorfología, la hidrología, topografía y los aspectos florísticos. Se emplearon imágenes satelitales, sistema de información geográfica y relevamientos de campo. El área de estudio fue definida dentro de dos espacios naturales protegidos de destacada importancia en los ecosistemas andinos: la Reserva Laguna Brava, La Rioja y Reserva San Guillermo, San Juan. Se abarcó un área de 570.405 ha, entre los 3300 m.s.n.m y los 4300 m.s.n.m en donde se identificaron 304 vegas. Los factores geomorfológicos, topográficos, hídricos y florísticos permitieron establecer distintas tipologías y determinar distintos microambientes dentro de las vegas. A escala de paisaje se pudieron distinguir cuatro tipologías: de Río, de Piedemonte, de Depresiones y de Falla, determinadas por la geomorfología y la hidrología. A escala de detalle, se pueden identificar dentro de la vega tres patrones de microambientes: sobresaturado, saturado y seco. Estos microambientes se ubican a lo largo de un gradiente en función de la microtopografía y del contenido de humedad del suelo. Florísticamente se determinaron las comunidades vegetales de: *Juncus balticus*, *Carex incurva*, *Patosia clandestina*, *Oxychloe andina*, *Juncus stipulatus* y *Potamogeton pectinatus*, asociadas a los distintos microambientes. A través del empleo de las imágenes satelitales se delimitaron los distintos microambientes en tres clases espectrales. Mediante la información de campo y de imágenes satelitales se determinaron cuatro categorías que indican el estado en que se encuentran las vegas: Bueno, Intermedio, Regular y Malo.

Summary

The objective of this thesis was to analyze the biophysical characteristics of the Vegas (Highandean wetlands), to propose a classification of the vega and to determine their state in of the High Central Andes of Argentina. A biophysical integrated analysis at different levels of analysis considering the most important factors such as geomorphology, hydrology, topography and a floristic aspects were carried out. Satellite images, Geographic Information Systems and field surveys were used. The study area was defined into two Andean protected natural areas: Laguna Brava Reserve, in La Rioja province and San Guillermo Reserve, in San Juan province. The study area extents on 570.405 ha, between 3300 m.s.n.m and 4300 m.s.n.m, where 304 wetlands (vegas) were surveyed. Geomorphological, topographic, hydric and floristic factors allowed to establish different typologies and to determine different microenvironments into vegas. At the landscape scale it is possible to distinguish four vegas types: of River, Foothill, Depression and Fault, which are mainly determined by the geomorphology and type of hydric runoff. At detail level, three patterns of microenvironments can be identified into each vega: over-saturated, saturated and dry. These microenvironments are distributed along a xeric gradient based on the microtopography and soil moisture content. Floristically the following plant communities were determined: *Juncus balticus*, *Carex incurva*, *Patosia clandestina*, *Oxychloe andina*, *Juncus stipulatus* y *Potamogeton pectinatus* associated to microenvironments. By using satellite images different microenvironments were characterized in three spectral classes. Using field data and characterization by mean of satellite images four categories were determined, indicating the state of wetland: Good, Medium, Fair and Poor.



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Introducción General

El término humedal comprende un conjunto de ambientes muy diversos que integran áreas que son inundadas o saturadas por aguas superficiales o subterráneas, de manera permanente o temporal, con una frecuencia y duración suficiente para soportar y hacer de sostén, bajo condiciones normales, a vegetación predominantemente adaptada a condiciones de suelos saturados. Los humedales pueden ser de agua dulce, salobre o salina y se pueden encontrar en el interior del continente o en las costas (Mitsch y Gosselink, 2007; Keddy, 2010; Roig y Roig, 2004).

De acuerdo con Brinson 1993, en un análisis a gran escala, la localización y distribución de los humedales está dada por el emplazamiento geomorfológico y responde a factores topográficos, geomorfológicos, hidrológicos y climáticos particulares. Las condiciones abióticas son importantes en el mantenimiento de la estructura y el funcionamiento de este tipo de ecosistemas, ya que determinan condiciones en la riqueza, composición de especies y productividad primaria (Mitsch y Gosselink, 2007).

Los humedales se hallan entre los ecosistemas más productivos y de mayor importancia ecológica, dado el alto número de especies vegetales y animales que contienen, en comparación con otros ecosistemas terrestres (Mitsch y Gosselink, 2007). Los humedales ofrecen importantes y numerosos servicios ambientales entre los que se puede mencionar: el control de inundaciones, abastecimiento y regulación de agua, recarga de acuíferos, reciclado de nutrientes, control de erosión, almacenamiento y fijación de carbono y formación de suelos, entre otros (Keddy, 2000).

La distribución mundial de los humedales es muy amplia ya que están presentes en casi todos los países y en todas las zonas climáticas, desde la tundra a los trópicos (Mitsch y Gosselink, 2007). Se localizan desde las costas hasta los altos cordones montañosos como el Himalaya y los Andes. Actualmente, mediante el inventario de los humedales, se estima que la extensión de éstos en el mundo es de 7 a 10 de millones km² (Lehner y Döll, 2004), aunque los valores varían según el autor y la metodología utilizada para las estimaciones (Mitsch y

Gosselink, 2007). El inventario de los humedales, así como su clasificación en distintas tipologías, es un paso previo para la elaboración de programas de conservación y gestión (Finlayson et al., 1999). Los factores responsables de controlar el rango de condiciones en el ambiente de los humedales son mucho más variables que lo que sucede en los ecosistemas terrestres (Brinson, 2004a). Debido a esto surge la necesidad de su clasificación. Además, la clasificación de las principales características de los diferentes tipos de humedales permite profundizar en las investigaciones sobre la estructura y funcionamiento de los mismos (Malvárez, 2004).

A nivel global existen diversos sistemas de clasificación de humedales entre los que se puede mencionar: Cowardin et al., 1979; Brinson, 1993; Dugan, 1993; Scott y Jones, 1995; Semeniuk y Semeniuk, 1995; Farinha et al., 1996; Finlayson et al., 2002; Keddy, 2010; Mitsch y Gosselink, 2007; entre otros. Cowardin et al. (1979) (NWI), propone cinco niveles de clasificación (sistema, subsistema, clase, subclase, tipos). Los factores que se tienen en cuenta para el nivel de sistema son: hidrológicos, geomorfológicos, químicos, biológicos; para el nivel de clase formas dominantes de vida de la vegetación y composición del sustrato. Por otro lado es de amplio uso la clasificación de RAMSAR propuesta por Scott y Jones (1995), este tipo de clasificación es un sistema jerárquico que se basa en categorías. Los humedales se agrupan en tres grande clases, y dentro de ellas se pueden reconocer distintas subclases, esta clasificación permite tener un marco amplio que facilita la identificación rápida. Los factores que se tienen en cuenta son vegetación, geoforma, suelo e inundación (Brinson, 2004b, Malvárez y Lingua, 2004). El Inventario de humedales del Mediterráneo (MedWet) de Farinha et al., (1996) es similar al sistema al de RAMSAR y utiliza los cinco niveles más altos que se reconocen en Cowardin (1979). La clasificación de aproximación hidrogeomórfologica (HGM) propuesta por Brinson (1993), es ampliamente usada, éste tipo de clasificación es funcional y establece tres características que son responsables de la mayor parte de su funcionamiento: el emplazamiento geomorfológico, la fuente del agua y la hidrodinámica. El sistema HGM no es explícitamente jerárquico, requiere el conocimiento de seis tipos de emplazamientos geomorfológicos: franja mareal, franja lacustre, depresiones, planicies, fluviales y de pendiente (Brinson, 2004b). Las clasificaciones

propuestas por Brinson (1993); Semeniuk y Semeniuk (1995) y Finlayson et al. (2002) consideran las variables geomorfológicas e hidrológicas como las más relevantes para establecer las categorías principales (Malvárez y Lingua, 2004).

Otro aspecto relevante en la ecología de humedales, es conocer el estado en que se encuentran. Según Clewell y Aronson (2007) el estado ecológico es la expresión o manifestación de un ecosistema en términos de lo que parece, según lo determinado por su composición de especies, estructura de la comunidad, el tamaño y las formas de vida de las especies dominantes y su configuración espacial. Existen distintas propuestas que evalúan el estado y se basan en la evaluación de distintos parámetros tanto físicos, como biológicos. Entre ellas se pueden mencionar: Figueroa et al. (2009), realizan una caracterización de humedales en Chile mediante distintos parámetros físico-químicos tales como: profundidad, ancho de lámina de agua, tipología del sustrato, temperatura del agua, pH, conductividad y parámetros biológicos. También se propone determinar el estado de los humedales mediante el Índice del Estado de Conservación de Ecosistemas Lénticos Someros (ECELS), propuesto por la Agencia Catalana del Agua (2004). Para la evaluación del estado de los humedales se han desarrollado algunos índices específicos para ríos, entre ellos se puede mencionar a Munne et al. (2003) que aplican un índice de calidad de riveras para arroyos y ríos, denominado índice QBR (Índice de calidad de bosque de riveras). Este índice se basa en datos de cuatro componentes del hábitat ribereño: cobertura de la vegetación, calidad, alteraciones de los canales y geomorfología. Por otro lado, González del Tánago, et al. (2006), proponen una nueva metodología para valorar la estructura y dinámica de las riberas fluviales denominada índice de calidad ecológica de las riberas (RQI). Esta metodología considera siete atributos de fácil reconocimiento visual con base hidrológica y geomorfológica. Posteriormente González del Tánago y García de Jalón (2011) proponen una versión mejorada del (RQI) conjuntamente con una propuesta de trabajos de campo para la toma de datos y la caracterización de las riberas, que debe realizarse previa a la interpretación y valoración de su estado. Finalmente, para la evaluación de ecosistemas de riveras surge la propuesta de Turak et al. (2004), en donde proponen un método rápido mediante la evaluación de los macro invertebrados y datos ambientales (variables físicas y químicas). La

implementación de los distintos criterios de evaluación del estado de los humedales es de gran importancia debido a la creciente demanda de información por los organismos de gobierno (Jacobs, et al., 2010).

Los cambios, modificaciones o perturbaciones en un humedal se están acelerando en todas las regiones del mundo, las causas de estos cambios son variadas y dependen del contexto en el cual el humedal se encuentra. Estos cambios pueden ser provocados por eventos naturales o antrópicos (Mitsch y Gosselink, 2007, Secretaría Convención de Ramsar, 2008, Les Landes et al., 2014). En zonas de montaña están asociadas a causas tanto naturales, como la sequía, cambio climático y causas antrópicas, agricultura, pastoreo excesivo y minería (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Secretaría de Convención de Ramsar, 2008).

Los humedales que se localizan a lo largo de la cordillera de los Andes se denominan humedales altoandinos, y se distribuyen en Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Venezuela, Colombia y Perú. En este tipo de humedales se incluyen los pastizales húmedos, bofedales, mallines, vegas de altura, salares, turberas, ríos, arroyos, lagos, lagunas y otros cuerpos de agua (Secretaría de Convención de Ramsar, 2005). Los humedales altoandinos juegan un papel vital en el funcionamiento de las cuencas andinas, en la recarga y descarga de sus acuíferos. Estos humedales y complejos de humedales mantienen una diversidad biológica elevada y se caracterizan por un alto nivel de endemismo de plantas y animales. Son componente fundamental del hábitat de especies de importancia económica y ecológica como la vicuña, el guanaco, entre otros (Secretaría de Convención de Ramsar, 2008).

En una visión general de los humedales altoandinos se pueden diferenciar los de ambientes turbosos de los no turbosos. Las vegas, mallín o bofedal integran los ambientes no turbosos (Roig y Roig, 2004). Una vega, mallín o bofedal, en el altiplano de Argentina, Chile, Bolivia y Perú, corresponde a un área temporaria o permanentemente saturada, con vegetación herbácea e hidrofítica integrada por gramíneas y ciperáceas que forman molisoles (Seibert, 1993; Lara y Lenis, 1996; Olivares, 1998; Alzérreca et al., 2001; Cartagena, 2002; Mazzoni y Vázquez, 2004). En determinadas circunstancias ambientales la vegetación

puede dar lugar a la formación de una capa de turba, histosoles, interpretándose en ese caso como turbales (Roig y Roig, 2004). En países como Bolivia y Perú generalmente toman la denominación de bofedales, en Argentina y Chile, el de vegas y en el sur argentino de mallines.

En la Argentina, las vegas se distribuyen a lo largo de la región de la Puna y Altoandina, entre 2000 y 4300 m.s.n.m aproximadamente y en general ocupan una proporción pequeña del paisaje. Sin embargo, tienen una destacada importancia por el entorno desértico que los rodea (Caziani y Derlindati, 1999). Son un tipo de pradera siempre-verde que se desarrolla en piedemonte, valles o depresiones de laderas, sobre suelos hidromorfos. El aporte hídrico proviene del derretimiento de la nieve y deshielos glaciares (Méndez, 1986; Canevari et al., 1998; Martínez Carretero, 2007; Martínez Carretero y Ontivero, en prensa).

A escala de detalle, en las vegas se pueden distinguir distintos microambientes que están determinados por las variaciones en la disponibilidad del agua, contenido de humedad en el suelo y variaciones en la topografía. Las variaciones en las condiciones físicas juegan un papel relevante en la conformación y disposición de las distintas comunidades vegetales (Boelcke, 1975, Marcolin et al., 1978; Gandullo y Schmid, 2001; Martínez Carretero et al., 2009). Estas variaciones ocurren, desde el cinturón más seco hasta los sitios saturados de agua, pudiéndose diferenciar principalmente tres zonas: periférica, intermedia y central, esta última zona corresponde con los sectores permanentemente anegados (Boelcke, 1975; Marcolin et al., 1978). La presencia de los distintos microambientes no sólo determina la conformación y disposición de las distintas comunidades vegetales, sino la disponibilidad de agua en la vega (Martínez Carretero y Ontivero, en prensa). Además, las características de los distintos microambientes en conjunto ayudan a inferir en qué estado se encuentra la vega.

En la actualidad no se cuenta con información sobre la extensión total o superficie de vegas, como así tampoco se cuenta con un método para clasificarlas y determinar el estado en el que se encuentran en los Andes Centrales de Argentina. El aumento de la actividad minera en los últimos años sobre la zona del centro oeste de la cordillera de los Andes en Argentina, el difícil acceso y la

poca información disponible de estos ecosistemas, destaca la importancia de desarrollar propuestas e investigaciones detalladas, que puedan ser utilizadas como herramientas de conservación, planificación y manejo y que permitan profundizar las investigaciones sobre la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas.

Los estudios previos realizados en los Andes Centrales de Argentina se han centrado en la descripción de aspectos florísticos en diferentes áreas de la región. Entre estos se pueden mencionar los trabajos de base florística (Martínez Carretero, 2000; Méndez, 2004; Teiller, 2005; Méndez et al., 2006; Méndez, 2007 y Martínez Carretero et al., 2007, 2009, 2010), de base socio-económica y ecológica (Martínez Carretero y Ontivero, en prensa), o relacionados con la recuperación de área degradadas por pastoreo y otros impactos (Barro y Gonnet, 2004; Ruiz, 2007). Estos estudios comprenden las vegas de San Guillermo (noroeste de San Juan); Laguna Brava (suroeste de La Rioja); Pastos Largos (noroeste de La Rioja); valle de Uspallata (noroeste de Mendoza), en ellos se determinaron las comunidades vegetales asociadas al microrelieve de la vega y el grado de saturación del suelo. En contacto con el agua libre la comunidad de *Potamogeton pectinatus*, en suelos sobresaturados las de *Oxychloe andina* y *Patosia clandestina* y en suelos saturados sin agua libre la de *Carex incurva*, en suelos secos en superficie la de *Juncus stipulathus* y *Juncus balticus*, entre otras comunidades. En el enfoque socio-económico se proponen dinamismos de la vegetación de vegas en función de la disponibilidad de agua y de la salinización. Se analiza la estructura interna de la vega y las comunidades vegetales que la integran. Se hacen consideraciones sobre su importancia biológica, hidrológica, ecológica y económico-social; así como se discuten algunos impactos naturales y antrópicos, entro otros aspectos. Los estudios relacionados con la degradación y recuperación de vegas proponen incluirlos como áreas prioritarias de conservación, debido a la fragilidad de estos ecosistemas. En relación con los ambientes de estepa. Las clausuras resultaron un método adecuado para su recuperación.

Por otro lado, las técnicas de teledetección son cada vez más utilizadas para la valoración de humedales y desde 1980 los datos obtenidos por sensores

remotos han sido considerados como la mejor herramienta para la identificación, cartográfica y monitoreo de humedales (Cartagena, 2002; Boyle et al., 2004; Mazzoni y Vázquez, 2004; Mitsch y Gosselink, 2007; Keddy, 2010; Otto et al., 2011). Los antecedentes que se encuentran vinculados a estos temas para el área de estudio son los trabajos realizados por Ontivero et al. (2010) que realizan la zonificación de distintos ambientes dentro de la vega, mediante el empleo de imágenes satelitales y caracterizan los ambientes con información de campo; Ontivero et al. (2011) realizaron el primer relevamiento de vegas para la provincia de San Juan mediante el empleo de imágenes satelitales y sistemas de información geográfica y Ontivero y Martínez Carretero (2013) en el corredor bioceánico de San Juan, realizan un relevamiento de vegas teniendo en cuenta el emplazamiento geomorfológico y caracterizan las comunidades vegetales con información de campo.

Esta tesis propone generar conocimientos sobre las características biofísicas de las vegas, teniendo en cuenta las variaciones en la microtopografía, el contenido de humedad del suelo y la vegetación. Por otra parte, generar una clasificación de vegas en base a los factores geomorfológicos e hidrológicos. También se busca realizar una propuesta para determinar el estado de las vegas mediante la evaluación de sus microambientes a través del análisis de clases espectrales determinadas con imágenes satelitales e información de campo. La posibilidad de poder evaluar las vegas mediante imágenes satelitales contribuye significativamente, ya que en su gran mayoría se encuentran localizadas en zonas de difícil o nulo acceso.

1.2. Objetivo General

Determinar las características biofísicas y florísticas de las vegas, proponer un clasificación) y un método para determinar el estado en que se encuentran en los Altos Andes Centrales de Argentina.

1.3. Objetivos Específicos

Objetivos específicos de la caracterización geomorfológica

1- Caracterizar geomorfológicamente, a escala 1:250.000, las cuencas hidrográficas donde se emplazan todas las vegas en el área de estudio y generar un mapa geomorfológico.

2- Detectar y analizar las vegas en el área de estudio, a escala 1: 100.000 y seleccionar vegas para realizar los estudios de campo.

3- Estudiar la asociación entre la unidad geomorfológica y las vegas.

4- Analizar las variaciones en la microtopografía en áreas homogéneas de las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

Objetivos específicos de la caracterización hidrológica

5- Analizar el tipo de escurrimiento dominante en todas las vegas en el área de estudio y vincularlo con las unidades geomorfológicas.

6- Determinar el caudal, pH y conductividad eléctrica (CE) de las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

7- Determinar el contenido de humedad en áreas homogéneas de las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

Objetivos específicos de la caracterización florística

8- Realizar el estudio florístico y determinar las comunidades vegetales en las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

9- Determinar la productividad primaria neta aérea, en las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

Objetivos específicos de la caracterización de microambientes

10- Delimitar diferentes tipos de coberturas en las vegas, mediante imágenes satelitales e información de campo.

11- Caracterizar los distintos microambientes en base a las comunidades vegetales.

12- Vincular la información obtenida y caracterizar los microambientes, a través del estudio relación microtopografía-contenido de humedad del suelo-comunidades vegetales-diversidad y clases espectrales.

Objetivos específicos clasificación de vega

13- Proponer una clasificación de vegas en base a la geomorfología-hidrología.

14- Caracterizar las distintas clases de vega en base a la superficie, altura y pendiente.

Objetivo específico del estado en que se encuentra la vega

15- Proponer un método para indicar el estado en que se encuentran las vegas.

Objetivo específico de la aplicación de las propuestas sobre vegas de difícil acceso

16- Evaluar en vegas de difícil acceso las metodologías propuestas de clasificación y determinación del estado de las vegas.

1.4. Metodología General**1.4.1- Área de estudio**

EL área de estudio ocupa una superficie de 570.405 ha y se encuentra comprendida entre dos reservas contiguas en la cordillera de los Andes Centrales de Argentina, entre el sector noroeste de la Reserva Provincial San Guillermo (RSG), provincia de San Juan (28° 27'S-69° 32'W) declarada Reserva Provincial

en el 1972 y Reserva de Biosfera en el año 1980 y el sector suroeste de la Reserva Provincial Laguna Brava (RLB), provincia de La Rioja (28°28'S-69°10'W), declarada área protegida en 1980 y sitio Ramsar en 2003 (Figura 1). Estas reservas se encuentran dentro de una de las zonas ecológicamente más intactas de América del Sur (Sanderson et al., 2002).

El área se ubica dentro de la Provincia Geológica Cordillera Frontal. La acción fluvial constituye el principal proceso morfogenético actual en ambas reservas. Sin embargo, en los sectores más elevados predominan las unidades geomorfológicas erosivas glaciales y periglaciales. En todo el paisaje de Puna y Altoandino se encuentran evidencias de la activa glaciación, como extensas morenas, y de ambiente criogénico como orlas y laderas escalonadas.

Con respecto a la geomorfología, se destacan las unidades morfoestructurales de Cordillera Frontal, Precordillera, Sierras Pampeanas Occidentales y numerosas depresiones intermontanas. El área deprimida, en el sector norte, está flanqueada por dos bloques montañosos: al oeste Cerro Carnerito y al este Sierra del Peñón. Estos bloques están limitados por fallas de rumbo NNE que demarcan la depresión de Laguna Brava y Laguna Verde.

En los sectores más elevados predominan las unidades geomorfológicas relacionadas con procesos degradacionales y agradacionales, fluviales, glaciales y periglaciales. Las regiones periglaciales actuales presentan elevada vulnerabilidad debido al incremento de la presión antrópica y a las implicancias del cambio climático (Gutiérrez Elorza, 2008).

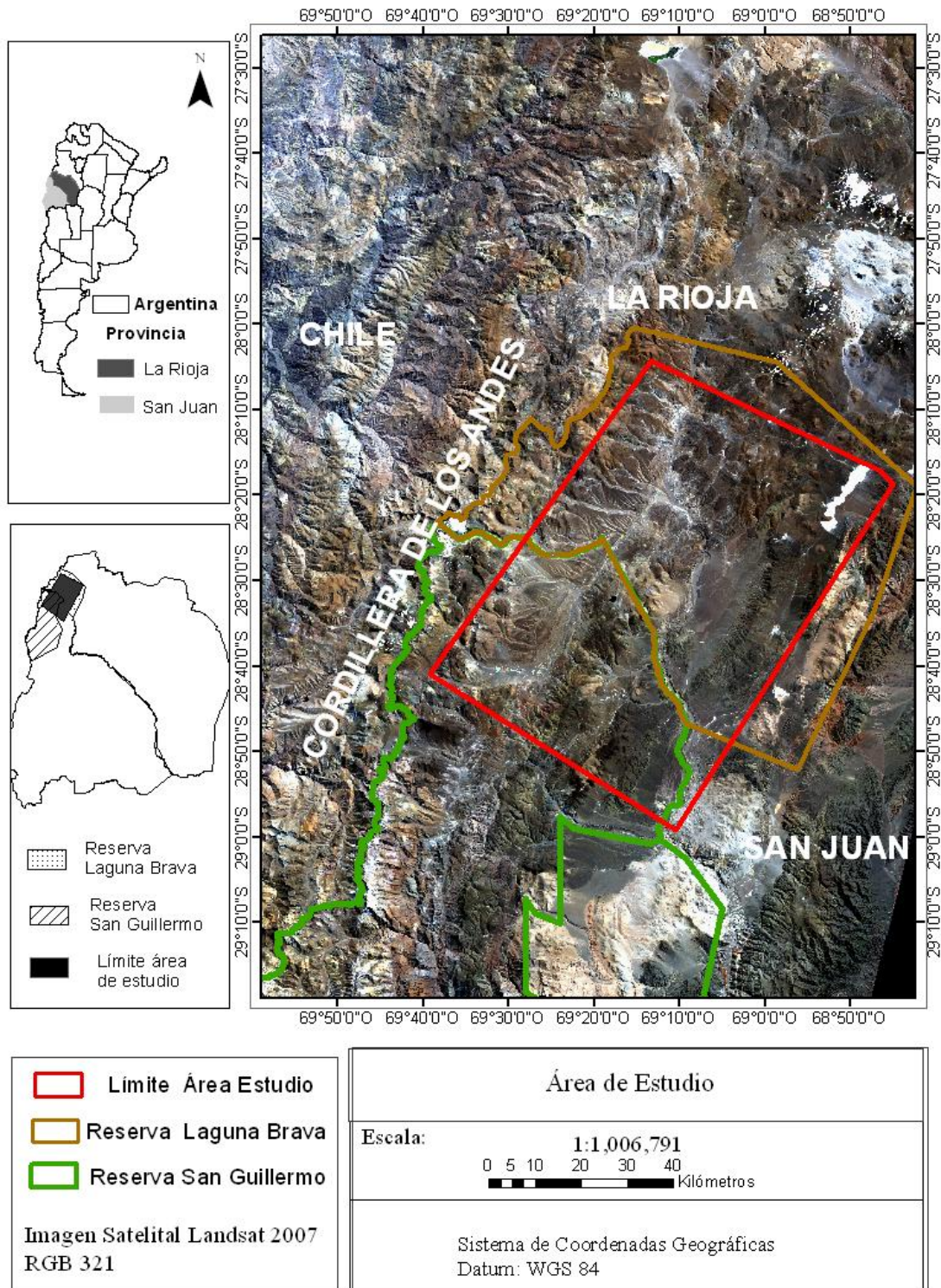


Figura 1. Mapa área de estudio, Reserva Laguna Brava, La Rioja y Reserva San Guillermo San Juan

Los suelos pertenecen, en general, al régimen climático méxico-árido (Van Wambeke y Scoppa, 1976). Carecen de materia orgánica y no presentan diferenciación, excepto en los llanos donde puede encontrarse un B cámbico, levemente estructurado, con depositación de carbonatos aproximadamente a los 0,5 m de profundidad. En las vegas ocurren suelos hidromórficos con evidencias de gleización y acumulación de materia orgánica, como los molisoles (Martínez Carretero, 2007).

El área posee un clima árido-frío, andino-puneño, característico de altura mayor a 4000 m.s.n.m. Muestra una gran amplitud térmica, prevaleciendo las bajas temperaturas, con fuertes vientos dominantes del oeste, con nevadas durante los meses de otoño e invierno.

Los datos de temperatura y precipitaciones registrados para la Reserva Laguna Brava son: Temperatura media anual de 12 ° C, temperatura media anual máxima de 28 ° C y temperatura media anual mínima de -2 ° C. La precipitación anual es inferior a 100 mm por año y se produce principalmente durante el verano. La precipitación en invierno es en forma de nieve (Combina and Pasarello 1980).

Para la Reserva provincial San Guillermo el clima es frío y seco, con una temperatura durante el verano la temperatura máxima media es de 25 ° C y la mínima media de -5 ° C. Las precipitaciones anuales medias son del orden de los 200 mm. Entre los 3000 m.s.n.m y 6000 m.s.n.m se producen precipitaciones principalmente en forma de nieve, granizo y escarchilla. Las velocidades máximas de los vientos son del orden de los 120 km/hora (Salvioli, 2007).

Hidrológicamente el área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica del Río Blanco y el sector noroeste en la cuenca del Río Bermejo-Vinchina. Los ríos y arroyos permanentes como: el Salado, Peña, Macho Muerto, La Brea, Santa Rosa, aportan sus aguas a la cuenca del río Blanco (Salvioli, 2007). En el sector noroeste de la unión del río Salado y Macho Muerto se origina el río Blanco. El Salado recibe desde su margen derecha los aportes permanentes y eventuales de numerosas quebradas en donde se destacan los arroyos Come Caballos, Barrancas Viejas y el arroyo Barrancas Blancas. El arroyo permanente

el Peñón aporta sus aguas a la cuenca del río Bermejo. Los cursos de agua temporarios (río y arroyos) de importancia son: Inca, Carnerito, Chinguillos, Veladero, Colorado, Pucha Pucha, del Infiernillo, Aguas de las Guanacas, Piuquenes, Carachas, entre otros. Se reconoce un marcado control de la red de drenaje principal por lineamientos estructurales de índole regional tales como fallas y fracturas, con predominio de laxorientación general N-S. Se destacan las lagunas ubicadas principalmente en el sector norte como: Mulas Muertas, Brava, Verde, Veladero y para el sector sur un conjunto de lagunas próximas al río Macho Muerto y la laguna el Leoncito, entre otras. El régimen dominante es de tipo nival, con caudales directamente asociados a las temperaturas imperantes en las cuencas activas (Damiani, 2007; Salvioli, 2007).

Desde el punto de vista biogeográfico, en el área confluyen elementos altoandinos entre 3000 m.s.n.m. y el límite de la vegetación a 4200-4500 m.s.n.m. (Cabrera, 1976; Martínez Carretero, 2007). La Puna de La Rioja pertenece al Subdistrito Central, siendo una transición entre el Cuyano (S) y el Jujeño (N) (Martínez Carretero, 1995). La vegetación es una estepa abierta de gramíneas xerófilas, dispuestas en forma de cojín. En el área se observan tres tipos de ambientes sobre la base de características topográficas y de vegetación: Los llanos con comunidades vegetales abiertas, las laderas con escasa vegetación y gramíneas xerófilas dispuestas en forma de cojín y las vegas que se caracterizan por gran cobertura vegetal con presencia de agua permanente.

En la Figura 2 y 3 se muestran fotos panorámicas de distintos paisajes en la Reserva Laguna Brava y en la Figura 4 y 5 se observan paisajes característicos de la Reserva San Guillermo.



Figura 2. Panorámica del sector este de la laguna Brava, vista al norte Reserva Laguna Brava



Figura 3. Panorámica al oeste paisaje montañoso en la Reserva Laguna Brava



Figura 4. Paisaje característico con vista hacia el oeste en la Reserva San Guillermo, en el fondo se observa la Cordillera de la Brea luego de un temporal estival



Figura 5. Paisaje de vega característico en la Reserva San Guillermo

1.4.2- Materiales

1.4.2.1- Imágenes satelitales

Los detalles de las imágenes empleadas y sus características se encuentran en el apéndice.

1.4.2.2- Modelo Digital del Terreno (MDT)

Para determinar la altura y pendiente de las vegas se utilizó un MDT de 15 m de resolución espacial proveniente del ASTER GDEM, Modelo Digital de Elevación Mundial.

1.4.2.3- Sistema de Información Geográfica (SIG)

Se han utilizado distintos tipos de coberturas provenientes del Atlas Socioeconómico de la Provincia de San Juan (Lizana et al., 2010), el Sistema de Información Geográfica de la Línea de Base de la Reserva San Guillermo (Martínez Carretero, 2007) y datos de la Reserva Laguna Brava proporcionados por Wildlife Conservation Society (WCS). Toda la información obtenida se integró en un Sistema de Información Geográfico (SIG).

1.4.2.4- Cartografía

Para las proyecciones cartográficas de detalle se utilizó el marco de referencia POSGAR 94, con Datum en WGS 84 y proyección en Gauss Kruger. Para los mapas de distribución de vegas y geomorfológicos se utilizó como sistema de referencia las coordenadas geográficas con Datum WGS 84. La denominación de escala pequeña, mediana y grande se siguió a Joly, (1979).

1.4.2.5- Software

El procesamiento de las imágenes satelitales y el MDT se realizó con el programa ENVI versión 4.7. Para digitalización de la información, generación de coberturas y tablas se utilizó el programa ArcGIS 10.

1.5. Estructura General de la Tesis

Para el desarrollo de este trabajo se realizó un análisis a distintas escalas, a pequeña y mediana escala se generó una caracterización geomorfológica de toda

el área de estudio y se detectaron, mediante imagen satelital, 304 vegas. Posteriormente se seleccionaron seis vegas accesibles, para realizar los estudios de caracterización y corroboraciones en campo. Se determinó para las 304 vegas la unidad geomorfológica en la que están emplazadas y el tipo de escurrimiento hídrico dominante. Con la información obtenida se propuso una clasificación de vegas. La propuesta de clasificación se aplicó sobre el total de vegas del área de estudio. Posteriormente, la clasificación se validó en campo sobre las seis vegas accesibles anteriormente mencionadas.

A gran escala y de detalle en campo, sobre las seis vegas seleccionadas, se realizaron estudios de: clases espectrales, microtopografía, contenido de humedad del suelo y vegetación, entre otros. En base a la vinculación de la información generada, se realizó la caracterización de los distintos microambientes definidos en la vega y se generó un método para determinar el estado en que se encuentran. Se determinó el estado de las seis vegas y posteriormente se validó en campo.

Finalmente se aplicó ambas propuestas (clasificación-condición), sobre vegas de difícil acceso dentro del área de estudio.

Trabajo de campo y diseño del muestreo en cada vega

Las actividades de campo se desarrollaron a lo largo de cuatro campañas comprendidas entre los meses de verano de los años 2009 a 2011. El diseño de muestreo para la toma de datos en campo sobre las seis vegas accesibles consistió en delimitar distintas unidades fisiográficamente homogéneas dentro de cada vega. Para definir las unidades homogéneas se tuvieron en cuenta los criterios de la contribución de la Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) (1959) esta metodología se basa en el reconocimiento de unidades homogéneas a través de imágenes y de formas del terreno con características distintivas. Se delimitaron tres unidades homogéneas dentro de la vega. Mediante la información de las imágenes satelitales se definieron tres clases espectrales, una por cada unidad homogénea. Las clases espectrales se obtuvieron mediante una clasificación no supervisada, empleando el método de IsoData.

Para determinar la microtopografía se realizó una transecta de 30 m a lo largo de las distintas unidades fisiográficamente homogénea en la vega. En cada unidad homogénea se realizaron parcelas de 10x10 m y se relevaron datos de: contenido de humedad del suelo y vegetación. Para los muestreos de contenido de humedad se realizó una parcela en cada unidad homogénea y para los florísticos se realizaron dos parcelas. Una de las dos parcelas empleadas en los relevamientos florísticos, se corresponde con la parcela utilizada en las muestras del contenido de humedad. Cada parcela se realizó siguiendo la transecta para el levantamiento de la microtopografía. Por vega se relevaron un total de 6 parcelas (dos en cada unidad homogénea).

Para evaluar la productividad de las vegas, se instalaron tres clausuras en las zonas de comunidades vegetales más extensas en cada vega. Las clausuras se colocaron en cuatro de las seis vegas seleccionadas.

En las vegas con escurrimiento superficial se midió el caudal y se tomaron muestras de agua para determinar el pH y conductividad eléctrica.

1.5.1. Organización del Estudio y los Capítulos

Para la organización, redacción y desarrollo de esta tesis se han tenido en cuenta distintas escalas de análisis. En la Figura 6 se observan las escalas abordadas, los objetivos y los productos obtenidos en cada nivel de detalle. Las escalas de análisis van de un estudio de la vega a nivel de paisaje a un estudio de la vega a nivel de detalle.

Esta tesis está conformada por seis capítulos. El capítulo 1: Introducción general; capítulo 2: Caracterización geomorfológica; capítulo 3: Caracterización hidrológica; capítulo 4: Caracterización florística y de los microambientes; capítulo 5: Propuesta de clasificación de vegas y determinación del estado de la vega; capítulo 6: Conclusiones generales. Los detalles de las metodologías empleadas serán dados en los capítulos correspondientes.

En la Figura 7 se observa un esquema general de los distintos capítulos y temas abordados en cada uno de ellos, se indican las relaciones entre ellos y la aplicación que pueden tener en el desarrollo de esta tesis.

Nº Objetivos	Escala	Producto
1	1:250.000	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa Geomorfológico del área de estudio (resolución espacial de imagen satelital 30x30 m)
2, 3, 5, 13	1: 100.000	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de localización de vegas en el área de estudio (resolución espacial de imagen satelital 10x10 m) y características • Asociación unidades geomorfológicas-vegas • Tipo de escurrimiento dominante • Clasificación de vegas
4, 6, 7, 8, 9, 11, 12	1:1	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil de la microtopografía • Caudal, pH y CE • Contenido de humedad del suelo • Caracterización florística • Productividad • Caracterización de los diferentes microambientes.
10, 14, 15,16	1:25.000	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de coberturas (resolución espacial de imagen satelital 10x10 m) • Características de las tipologías (superficie, altura y pendiente) • Determinación del estado de la vega

Figura 6.Propuesta del modelo para el estudio de las vegas, detalle de los objetivos, escala y producto obtenido en cada nivel

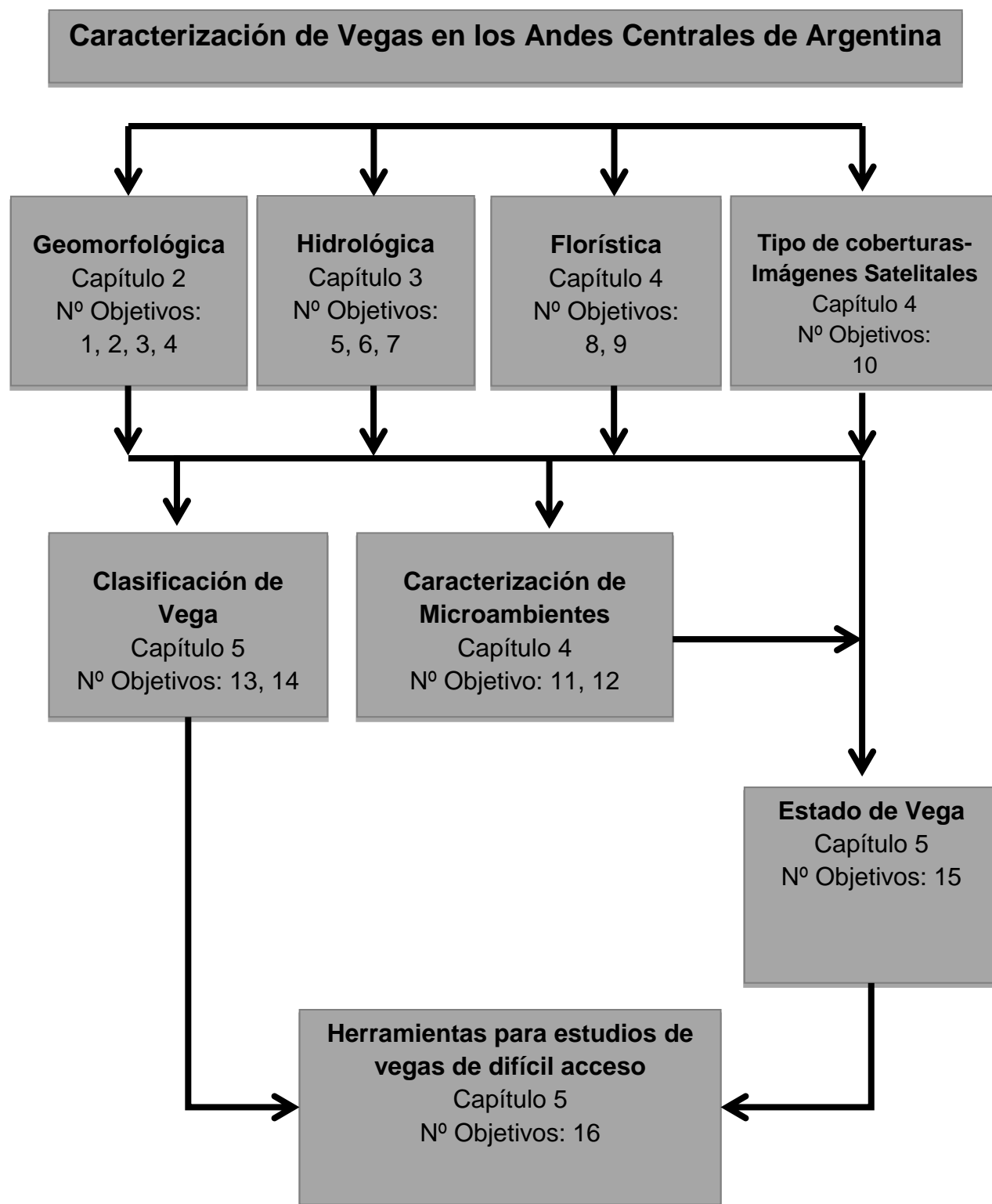


Figura 7. Fluxograma del esquema general del trabajo



Capítulo 2

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

2.1. Introducción

El relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las fuerzas endógenas actúan como creadoras de grandes elevaciones y depresiones, producidas fundamentalmente por movimientos de componente vertical, derivadas de la actividad tectónica. Las fuerzas exógenas son desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado. En los sistemas geomorfológicos de montaña son frecuentes los procesos endógenos de tectónica de placas y volcanismo, los procesos exógenos más habituales derivan en gran parte de las fuerzas climáticas. Estos procesos en conjunto dan lugar a las distintas unidades geomorfológicas que conforman el paisaje (Sayago, 1982; Gutiérrez Elorza, 2008). La unidad geomorfológica es un elemento esencial para la caracterización de los restantes elementos que conforman el paisaje natural particularmente de los factores como vegetación, suelo y agua que derivan en unidades territoriales homogéneas (Sayago, 1982).

El paisaje es una resultante sintética de las interrelaciones entre los factores, los cuales cambian en el espacio y tiempo y según su escala de análisis pueden variar sus percepciones (Matteucci y Buzai, 1998). El análisis del paisaje en un contexto de cuenca hidrográfica permite comprender las interrelaciones entre los distintos elementos que interactúan en un área delimitada, entendida como una unidad funcional (Cotler y Priego, 2004).

En los Andes Centrales se han realizado distintos estudios de caracterización geomorfológica y generación de mapas geomorfológicos. Entre estos se pueden mencionar los trabajos de Aparicio (1965) y Regairaz, et al. (1987) de caracterización y descripción geomorfológica para la provincia de San Juan. Para los estudios relacionados con la generación de mapas geomorfológicos Rosa y Mamani, (2000) proponen el mapa geomorfológico de la provincia de La Rioja y Suvires, (2000) el de la provincia de San Juan. A nivel más local para la provincia de San Juan Suvires (2007) describe los aspectos geomorfológicos en la región de San Guillermo, a través del análisis de las geoformas y procesos asociados.

De acuerdo con Brinson (1993), Semeniuk y Semeniuk, (1995), Neiff, (1999), Dennis, et al. (2005), Hanowski et al. (2007) entre otros, a gran escala la localización y distribución de los humedales está dada por el emplazamiento geomorfológico y responde a factores topográficos, geomorfológicos, hidrológicos y climáticos particulares. También en Chile y en Argentina encontramos este enfoque en trabajos como los de Squeo et al. (2006a), Borgnia et al. (2006), Gandullo y Schmid (2001) y Campos et al. (2011).

A gran escala en la zona de los Andes Centrales de Argentina la distribución de las vegas responde a factores litológicos, geomorfológicos e hidrológicos, en general ocupan superficies relativamente pequeñas. Una importante proporción de este ecosistema se encuentra en lugares de difícil acceso, ya que predominan en la parte alta y media de las cuencas imbríferas, a gran altura (Martínez Carretero y Ontivero, en prensa).

A escala de detalle las variaciones en la microtopografía y las características del suelo juegan un papel relevante en la conformación y disposición de los distintos microambientes; esto ha sido observado en diversos humedales como pastizales, vegas y mallines (Gandullo y Schmid, 2001, Martín, et al., 2007, Peña, et al., 2008, Martínez Carretero et al., 2009).

En la vega se puede diferenciar tres microambientes, principales con características homogéneas con respecto a su microtopografía, disponibilidad de agua, cobertura y composición de vegetación, entre otros factores. Éstos son: zona, central o anegada, intermedia y periférica, esta última zona corresponde a los sectores más secos o bordes de la vega (Boelcke, 1975; Marcolin et al., 1978; Martínez Carretero, 1995).

En Patagonia varios autores han empleado la base geomorfológica y la microtopografía para caracterizar estos ecosistemas, entre ellos se puede mencionar a Iriondo et al. (1974), Movia (1984), Gandullo y Schmid (2001) entre otros. Para los Andes Centrales, Ontivero y Martínez Carretero (2013), Martínez Carretero y Ontivero (en prensa) han empleado el emplazamiento geomorfológico y la microtopografía para caracterizar distintos tipos de vegas y describir sus comunidades vegetales.

2.2. Objetivos

Objetivos específicos de la caracterización geomorfológica

1- Caracterizar geomorfológicamente, a escala 1:250.000 las cuencas hidrográficas donde se emplazan todas las vegas en el área de estudio y generar un mapa geomorfológico.

2- Detectar y analizar las vegas en el área de estudio, a escala 1: 100.000 y seleccionar vegas accesibles para realizar los estudios de campo.

3- Estudiar la asociación entre la unidad geomorfológica y la vega.

4- Analizar las variaciones en la microtopografía en áreas homogéneas de las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

2.3. Metodología

Metodología Objetivo 1

Materiales y Métodos

Para realizar la caracterización geomorfológica y generar los mapas geomorfológicos se trabajó a escala 1:250.000 y se utilizó un mosaico satelital en falso color (bandas 7, 4, 2) proveniente de tres imágenes satelitales Landsat 5 TM de 30x30 m de resolución espacial del año 2007. En el apéndice, en la Tabla 1, se muestra la característica del satélite empleado y en la Tabla 2 de las imágenes.

Para la caracterización geomorfológica se utilizó la clasificación de Sayago (1982), identificándose hasta el nivel de región geomorfológica. Para la caracterización de las unidades geomorfológicas y elaboración del mapa geomorfológico se realizó un análisis basado en la identificación y digitalización de las principales unidades morfo-estructurales y la identificación de las unidades geomorfológicas vinculadas a procesos endógenos y exógenos. Este tipo de análisis es ampliamente empleado para la interpretación de unidades geomorfológicas (Gonzalez Díaz y Fauqué, 1993; Suvires, 2000; Rosa y Mamani, 2000; González et al., 2002). Además, se delimitó la cuenca hidrográfica, red de

drenaje con cursos de aguas permanentes y temporales, lagunas, salinas y barreales, como así también glaciares cubiertos y descubiertos entre otros elementos.

Debido a la gran extensión del área de estudio se confeccionó un mapa geomorfológico a escala 1:250.000 para cada espacio protegido, lo que permitió obtener un mayor detalle de cada lugar. Las laderas y los piedemontes no fueron incluidos en la cartografía debido a la escala de trabajo empleada.

Como base cartográfica de apoyo se utilizó la Carta Imagen de San Juan, Mapa Geomorfológico de San Juan (Suvires, 2000) y Mapa Geomorfológico de La Rioja (Cisneros, 2000). Además se utilizaron dos SIG, uno proveniente del Atlas Socioeconómico de la Provincia de San Juan (Lizana et al., 2010) y un SIG proveniente de la Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre (WCS) de la provincia de La Rioja, sumado a los antecedentes bibliográficos para la zona.

Además, se efectuaron corroboraciones en terreno de las distintas unidades geomorfológicas, realizando comprobaciones visuales y fotográficas de las unidades identificadas y cartografiadas. La supervisión se realizó siguiendo las escasas vías de comunicación en el área de estudio.

Metodología Objetivo 2

Materiales y Métodos

Para detectar las vegas del área de estudio se trabajó a escala 1:100.000 y se emplearon dos imágenes ALOS-AVNIR-2 de 10x10 m de resolución espacial del año 2008. Las escenas se trabajaron por separado, una se corresponde con la Reserva Laguna Brava y la otra con la Reserva San Guillermo. En el apéndice, Tablas 3 y 5, se muestra la característica del sensor empleado y de las imágenes, respectivamente.

La resolución espacial de las imágenes satelitales ALOS-AVNIR-2 fue adecuada para la identificación y caracterización las vegas en el área de estudio. Por otra parte, Ontivero et al. (2010); Aurélie et al. (2010); Brigitte et al. (2010), también han utilizado este tipo de resolución espacial con éxito para el estudios de humedales.

La metodología empleada para la identificación de las vegas incluyó una etapa de análisis visual de la imagen, siguiendo los procedimientos planteados en Chuvieco (2006). Para ello se tuvieron en cuenta los parámetros tales como color, brillo, tonalidad, forma-tamaño, contexto espacial, textura y patrón espacial. Estos parámetros permitieron discriminar e identificar los distintos elementos presentes en el área: agua, suelo y vegetación. Se utilizaron distintas combinaciones de bandas para mejorar la discriminación de las vegas, siendo la combinación RGB 4, 3, 2 la que mejor permitió identificar visualmente.

Una vez identificadas todas las vegas en el área de estudio se procedió a digitalizarlas en pantalla, determinar la localización, superficie y altura (m s.n.m) de cada una. La altura de cada vega se determinó mediante el empleo de un modelo digital del terreno GDEM de ASTER.

Posteriormente se procedió a confeccionar un mapa de la localización de todas las vegas. Para una mejor representación cartográfica se realizó un mapa para cada espacio protegido.

Finalmente, del total de vegas del área de estudio se seleccionaron las accesibles para realizar los trabajos de caracterización en campo. Resultaron seis vegas posibles de ser muestreadas, tres se localizan en la Reserva Laguna Brava y tres en la Reserva San Guillermo. Las vegas seleccionadas cumplieron con los siguientes requisitos:

-Superficie: superior a 60 m²: Condición necesaria debido a la resolución de la imagen con la que se trabajó, donde el objeto de estudio tiene que ser como mínimo tres veces mayor al tamaño del pixel para poder discriminar y realizar análisis digitales adecuados (Chuvieco, 2006).

-Acceso y Distancia: Dadas las condiciones de acceso a las áreas de estudio y a las características ambientales (clima, altura, topografía, ausencia de caminos o senderos) es necesario que las vegas a estudiar tengan posibilidad de acceso.

Se calculó la superficie para cada una de las vegas, determinando el valor máximo, mínimo y medio.

Metodología Objetivo 3

Materiales y Métodos

Para determinar la unidad geomorfológica que contenía a cada una de las vegas se vincularon los dos mapas geomorfológicos y los mapas de localización de las 304 vegas. La vinculación se realizó mediante un análisis espacial de superposición de coberturas, empleando la herramienta de intersección del programa ArcMap (Bosque Sendra, 1992; Buzai y Baxendale, 2011). Además, se realizaron interpretaciones visuales a escala 1:100.000. Para corroborar las vinculaciones obtenidas en una escala de más detalle se emplearon dos imágenes de apoyo ALOS-PRISM del año 2008 y 2009 de 2,5x2,5 m de resolución espacial. En el apéndice, Tablas 3, 4 y 5, se muestra las características del sensor y las imágenes empleadas. Se calculó el porcentaje de las 304 vegas que se localiza en cada unidad geomorfológica.

Se corroboró en campo los datos obtenidos en las seis vegas seleccionadas para los trabajos de campo.

Para conocer en que proporciones se encuentran las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se delimitaron las áreas de todas las unidades y se calculó el porcentaje del área total que ocupa cada unidad geomorfológica y el porcentaje que está ocupado por vegas. Para la delimitación en detalle del área de las distintas unidades geomorfológicas se tuvieron en cuenta los conceptos de Gutiérrez Elorza (2008). Para la delimitación de las áreas de fallas y terrazas fluviales, se consideraron 50 m a cada lado. En la unidad de ladera no se discrimino el sector de la cumbre, debido a la escala de análisis (1:100.000).

Para determinar la asociación de las vegas con las distintas unidades geomorfológicas se realizó una tabla de contingencia y un análisis de X^2 (Bosque Sendra, 1992). Se emplearon los porcentajes de vegas registradas en las distintas unidades geomorfológicas y el porcentaje de área ocupa por cada unidad geomorfológica.

Metodología Objetivo 4

Materiales y Métodos

El diseño de muestreo para la toma de datos en campo sobre las seis vegas seleccionadas consistió en delimitar distintas unidades fisiográficamente homogéneas dentro de la vega. Para definir las unidades homogéneas se tuvieron en cuenta los criterios de la contribución de la Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) (1959), esta metodología se basaba en el reconocimiento de unidades homogéneas, a través de imágenes y de formas del terreno, donde la caracterización litológica, topográfica, edáfica, hidrológica y de vegetación derivaba en unidades homogéneas. Mediante este análisis se establecieron tres unidades homogéneas en cada vega, estas unidades son fijas y se mantiene para la toma de los datos restantes. Los detalles de las metodologías empleadas para la delimitación de las unidades mediante el empleo de imágenes satelitales se desarrollan en el capítulo 4, Objetivo 10.

Para registrar la microtopografía se utilizó una cinta métrica metálica ubicada a 50 cm de altura. La cinta se consideró el nivel 0, de manera que todas las medidas se refirieron a ese nivel.

La microtopografía de las vegas se registró en las seis vegas, en cada una se realizó un levantamiento topográfico mediante una transecta de 30 m transversal a la vega, se registró cada 60 cm la altura del suelo a la cinta, desde el centro a la periferia, abarcando las distintas unidades fisiográficamente homogéneas de la vega. A lo largo de la transecta se reconocieron zonas central, intermedia y periférica o zona de borde de la vega. Se construyó el perfil de la microtopografía para cada vega, el punto central de la vega se indica con la letra A y con la letra B el punto más distal o borde de la vega.

El sistema de referencia empleado para la cartografía fue en coordenadas geográficas con Datum WGS 84.

Para realizar los trabajos de procesamiento se utilizó el programa ENVI 4.7 y para realizar la digitalización y cartografía se utilizó el programa ArcGIS 10.

2.4. Resultados

Características generales del paisaje regional

El área de estudio se enmarca dentro de la Unidad Andina según la clasificación de Sayago (1982), está conformada por las Provincias geológicas de la Cordillera Frontal, Puna, Precordillera occidental y Sierras Pampeanas, y por las Regiones geomorfológicas de la Sierra el Peñón, Sierra de la Punilla, Cordillera del Cajón de la Brea, Cordón del Infiernillo y Laguna La Brava.

Para el sector norte se ha identificado un paisaje con predominio volcánico, caracterizado por la presencia de conos volcánicos, campos de lava, presencia de salinas y lagunas. En el sector sur existe un paisaje con dominancia estructural o tectónica, con altos cordones montañosos y valles intermontanos fluviales. En la zona de las altas cumbres sobre la Cordillera Frontal se encuentra un paisaje de morfogenia glacial.

En el paisaje predominan los procesos exógenos tales como el fluvial, aluvial y los de origen glacial, periglacial y fluvio-glacial, que conjuntamente con los endógenos de origen volcánico y tectónico caracterizan el paisaje actual. Además, las formas resultantes del paisaje se relacionan a procesos degradacionales y agradacionales, también vinculados a los cambios climáticos.

Las características climáticas del área durante el Pleistoceno, permitieron la generación de grandes volúmenes de detritos que fueron movilizados por el agua de lluvia o de deshielo hacia las zonas deprimidas con bajas pendientes y que dieron origen a distintos niveles aluviales. Los principales cursos fluviales que evacuaron los detritos desde las áreas elevadas poseen un rumbo general nor-noroeste/sur-sureste. La generación de los amplios niveles aluviales reconocidos en el área señalaría condiciones climáticas pasadas más frías y húmedas que las actuales, con importante generación de detritos en el área montañosa a través de procesos crioclásticos y evacuación de los mismos desde la Cordillera Frontal, donde imperaban condiciones climáticas de características glaciares y periglaciares, hacia la depresión intermontana. Las mayores precipitaciones níveas y pluviales registradas en el Pleistoceno posibilitaron la evacuación de los detritos, generando cubiertas aluviales cuyo espesor aumenta de oeste a este

(Perucca y Martos, 2008). El paisaje actual de la región habría sido producto de variaciones climáticas ocurridas durante el Cuaternario, donde alternaron condiciones más frías y húmedas que el clima actual, con establecimiento de pisos glaciares, periglaciares y nivales en las áreas elevadas que dieron origen a niveles aluviales pedemontanos, alternando con épocas más áridas, similares a la actual, donde prevaleció la erosión vertical de los arroyos, dando origen a un paisaje de niveles escalonados. La presencia de fallas cuaternarias en el piedemonte cordillerano indica además un fuerte control estructural en la evolución del paisaje durante el Pleistoceno – Holoceno. La presencia de numerosos rasgos geomórficos como vegas y aguadas alineadas regionalmente y la de cauces encajados en profundas quebradas, son evidencias de la participación de la tectónica en la región (Suvires, 2007).

Clasificación sintética (según Sayago, 1982)

1. Provincia Geomorfológica Cordillera Frontal
 - 1.1. Región Geomorfológica Cordillera del Cajón de la Brea
 - 1.2. Región Geomorfológica Cordón del Infiernillo
2. Provincia Geomorfológica Precordillera
 - 2.1. Región Geomorfológica Sierra de la Punilla
3. Provincia Geomorfológica Sierras Pampeanas Occidentales
 - 3.1. Región Geomorfológica Sierra del Peñón
4. Provincia Geomorfológica Puna Sur
 - 4.1 Región Geomorfológica Laguna La Brava

Descripción de las Unidades Morfoestructurales

Área montañosa

Las unidades morfoestructurales identificadas en el sector montañoso norte, son: la Cordillera Frontal, integrada por distintos cordones montañosos como Macizo del Potro y Cordillera del Cajón la Brea y hacia el este los cordones precordilleranos conformados por la Sierra de la Punilla y Veladero; las Sierras Pampeanas occidentales están integradas por la Sierra del Peñón, sólo presente en Laguna Brava (Rosa y Mamaní, 2000). En el sector sur del área de estudio se observan otras zonas montañosas como la Cordillera del Inca, Cordillera de las Carachas, Cordillera de Santa Rosa, Cordón del Infiernillo, entre otras (Figuras 8 y 9).

Las laderas y los piedemontes son elementos comunes en todo el área, en su génesis están implicados diferentes procesos, como crioclastismo, movimientos en masas, escorrentía superficial y nivación, entre otros. Estos procesos pueden actuar de manera combinada o por separado y con intensidades muy variables (Gutiérrez Elorza, 2008). En el piedemonte se pueden diferenciar glaciares, conos de deyección, abanicos aluviales, entre otros. Debido a la escala de análisis empleada, sólo se han discriminado los abanicos aluviales, el resto de elementos se han agrupado en unidad de piedemonte indiferenciado.

Área deprimida

Inmediato a las bajadas pedemontanas de los cordones montañosos se conforman las áreas deprimidas. En estas áreas se pueden identificar, de norte a sur, la depresión intermontana del Colorado, depresión de Pastos Largos, entre la Cordillera del Cajón de la Brea y la Sierra la Punilla y la depresión de Laguna Brava, localizada entre la Sierra de Veladero y la Sierra del Peñón (Rosa y Mamaní, 2000). En el sector sur del área de estudio se destaca la depresión sobre el río Macho Muerto, que se localiza entre el macizo el Potro y la Cordillera del Cajón de la Brea, y la depresión de los llanos de la Majadita, sector comprendido entre la Cordillera del Cajón de la Brea y el área adyacente a las márgenes del río Blanco en San Guillermo (Suvires, 2000) (Figuras 8 y 9).

Descripción de los procesos endógenos y exógenos y las unidades geomorfológicas asociadas.

Procesos endógenos

En el área de estudio se identificaron los procesos volcánicos derivados de la acción volcánica actual o pasada y procesos de tectónica.

Descripción de las unidad geomorfológica asociadas a procesos endógenos

Unidad geomorfológica de origen volcánico

En el sector norte del área de estudio se localiza el extremo austral de la Provincia Geológica de la Puna caracterizada por la actividad volcánica del Cenozoico, donde se observa una ancha meseta de relieve moderado acompañada de conos volcánicos, coladas y depresiones sin descarga superficial con o sin agua, ocupadas por salares y/o lagunas.

Unidad geomorfológica de origen tectónico

Se ha identificado un conjunto de fallas con actividad tectónica cuaternaria generalmente inversas y con rumbo submeridional, localizadas en el piedemonte de la Sierra de la Punilla y Sierra del Peñón y hacia el sur en el piedemonte del Cordón del Infiernillo, Cordillera del Cajón de la Brea, próximas al río Blanco y al río Agua de la Guanaca. Estas fallas se encuentran afectando niveles aluviales y las que poseen la escarpa que mira al oeste y a contrapendiente generan vegas y barreales controlados por estas estructuras. Las fallas son estructuras conspicuas que debido a la escala de trabajo no han podido ser mapeadas en su totalidad (Figuras 18 y 19).

Procesos exógenos

En cuanto a los procesos exógenos que actúan en el sector de estudio se puede mencionar: el fluvial que es un proceso geomorfológico de erosión que modela el relieve, ya que los ríos son esencialmente agentes erosivos y transportadores. El glaciar es un proceso en donde actúan las masas de hielo, el periglacial es un proceso ligado a la acción del hielo-deshielo y el fluvio-glacial que es un proceso desarrollado por las corrientes fluviales procedentes de la fusión de

hielo glacial. La remoción en masa es un proceso en donde se movilizan materiales por la acción de la gravedad mientras que la meteorización física de las rocas ocurre debido a las grandes amplitudes térmicas que se registran (Gutiérrez Elorza, 2008), siendo el crioclastismo el proceso de meteorización más importante en la zona aunque también se observó termoclastismo.

Descripción de las unidades geomorfológicas asociadas a procesos exógenos

Unidad geomorfológica de origen fluvial y aluvial

En el área se pudo observar llanuras de inundación actual y pasada de grandes dimensiones, formadas durante el Pleistoceno, donde los cursos fluviales eran más caudalosos que en la actualidad, esto se puede observar en las márgenes del río Salado, río Macho Muerto y río Blanco. Las llanuras de inundación o planicies fluviales fueron relativamente planas y estuvieron constituidas por depósitos fluviales. Los canales más frecuentes fueron los de tipo trezado, con gran carga de fondo, inclinación elevada y relación anchura-profundidad alta. La anchura de las llanuras de inundación fue variable y depende del tamaño del río, de la velocidad de erosión y de la resistencia del material rocoso de las paredes del valle. Estas se pudieron observar en el río Salado, río Blanco, río Macho Muerto y otro conjunto de ríos como Cajón de la Brea, del Infiernillo, Santa Rosa y Aguas de las Guanacas, entre otros.

Las terrazas fluviales son la parte de la llanura de inundación que está por encima del nivel máximo de las aguas de un río, como resultado de la incisión del mismo. Las terrazas se inclinan suavemente aguas abajo, estas se pudieron observar en la zona norte del río Blanco y en la zona del río Macho Muerto.

Los abanicos aluviales son depósitos fluviales que se formaron como consecuencia de la fuerte reducción de la pendiente y de la disminución de la velocidad del flujo (Gutiérrez Elorza, 2008). Los mayores abanicos aluviales fueron identificados en el sector norte en las zonas deprimidas asociadas a lagunas y salinas, como así también localizados en el piedemonte de las Sierra de la Punilla. Con respecto al sector sur del área los abanicos aluviales se ubicaron en las márgenes del río Macho Muerto y río Blanco en el sector este.

Unidad geomorfológica de origen glacial y periglacial

Las formas glaciales actuales reconocidas en el área se restringen a los sectores más elevados en la parte occidental, por encima de los 5500 m s.n.m. En el cerro El Potro (5879 m s.n.m) se ubica un campo de hielo permanente y pequeños glaciares y morenas actuales y pasadas. Entre las unidades geomorfológicas erosivas se destacan los valles en U y los pequeños circos ubicados en las cabeceras de estos valles.

Entre las unidades geomorfológicas periglaciares se encuentran los glaciares de escombros, donde los tipos más comunes son los glaciares de talud y los con forma de lengua que se encuentran ubicados en el sector occidental del área. En las proximidades del cerro El Potro se ubican numerosos glaciares de escombros lingüiformes, que en general no superan el kilómetro de longitud con anchos de hasta 300 m. También se han ubicado glaciares de escombros con formas lobuladas, en la gran mayoría de los casos (>90%) debajo de los taludes o pendientes de ladera (glaciares de talud). Son muy escasos los glaciares lobulados ubicados en los sectores altos de los antiguos circos glaciales.

Se observaron además otros procesos comunes de los ambientes periglaciares que si bien no han sido mapeados han sido observados en campo. Algunos de los procesos más comunes fueron debidos a la acción de las heladas sobre el terreno que producen levantamientos de cantos rodados, donde los clastos de mayor tamaño se mueven más rápidamente que los pequeños. Otro proceso que se pudo observar son las agujas de hielo o pipkrake, cristales de hielo que se desarrollan cerca de la superficie y perpendicular a ella, común en todo el nivel Altoandino y de Puna.

Unidades geomorfológicas de origen fluvioglacial

Si bien las llanuras de inundación están afectadas por procesos fluviales actuales se pueden observar planicies y terrazas fluvioglaciales que han quedado como registro de otras épocas, donde el tamaño del río y el caudal era superior al actual. Las planicies fluvioglaciales se pueden ubicar en la margen norte del río Blanco y en las márgenes del río Macho Muerto. Los sectores con terrazas fluvioglaciales se pueden observar con claridad en las márgenes del río Macho

Muerto y río Blanco. También se determinó un conjunto de abanicos fluvioglaciales antiguos, cuya superficie es mayor que los abanicos aluviales actuales, localizados en la zona oeste del río Macho Muerto y río Blanco.

Unidades geomorfológicas de origen movimientos en masa

Las unidades geomorfológicas debidas a los movimientos en masa adquieren gran desarrollo en la región montañosa occidental. Diversos factores hacen posible esta situación, ya sean intrínsecos a la litología y estructura, como los propios de las características geomorfológicas incluyendo el clima. Entre las características particulares de la Cordillera Frontal, que explican la ocurrencia de estos fenómenos de movimientos en masa, se destacan el clima frío, la casi ausencia de cobertura vegetal y el volumen y tipo de precipitaciones. En casi toda el área se reconocen principalmente fenómenos gravitatorios como caída de rocas, conos de deyección y deslizamientos de roca. Las laderas y piedemonte son comunes en todo el área de estudio.

En las Figuras 8 y 9 se observan los mapas geomorfológicos obtenidos para cada espacio protegido. En la Figuras 10, 11 y 12 se observan distintas fotos del paisaje geomorfológico descrito en los apartados anteriores.

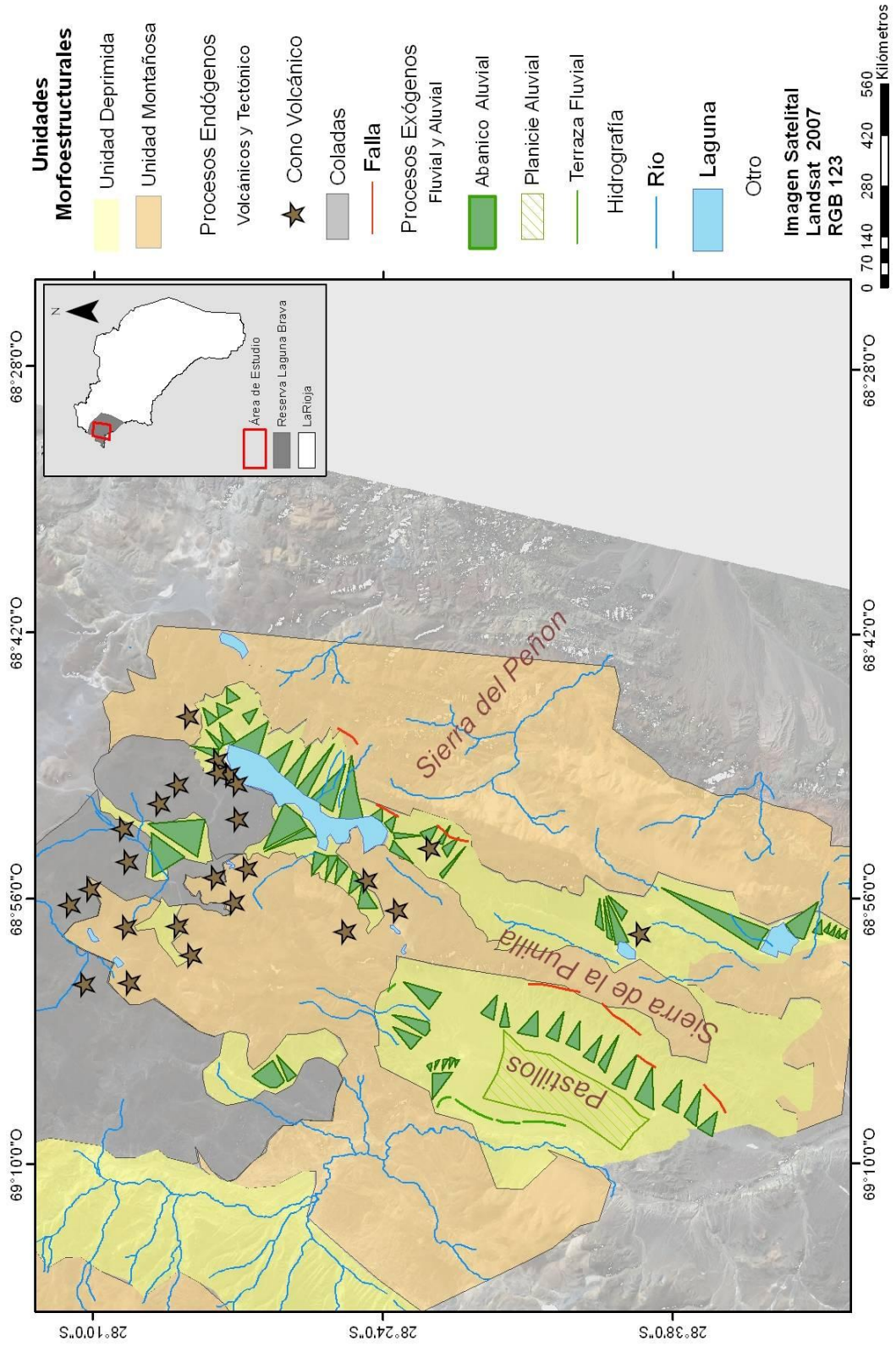


Figura 8: Mapa geomorfológico escala 1:250.000 Reserva Laguna Brava, La Rioja, Argentina

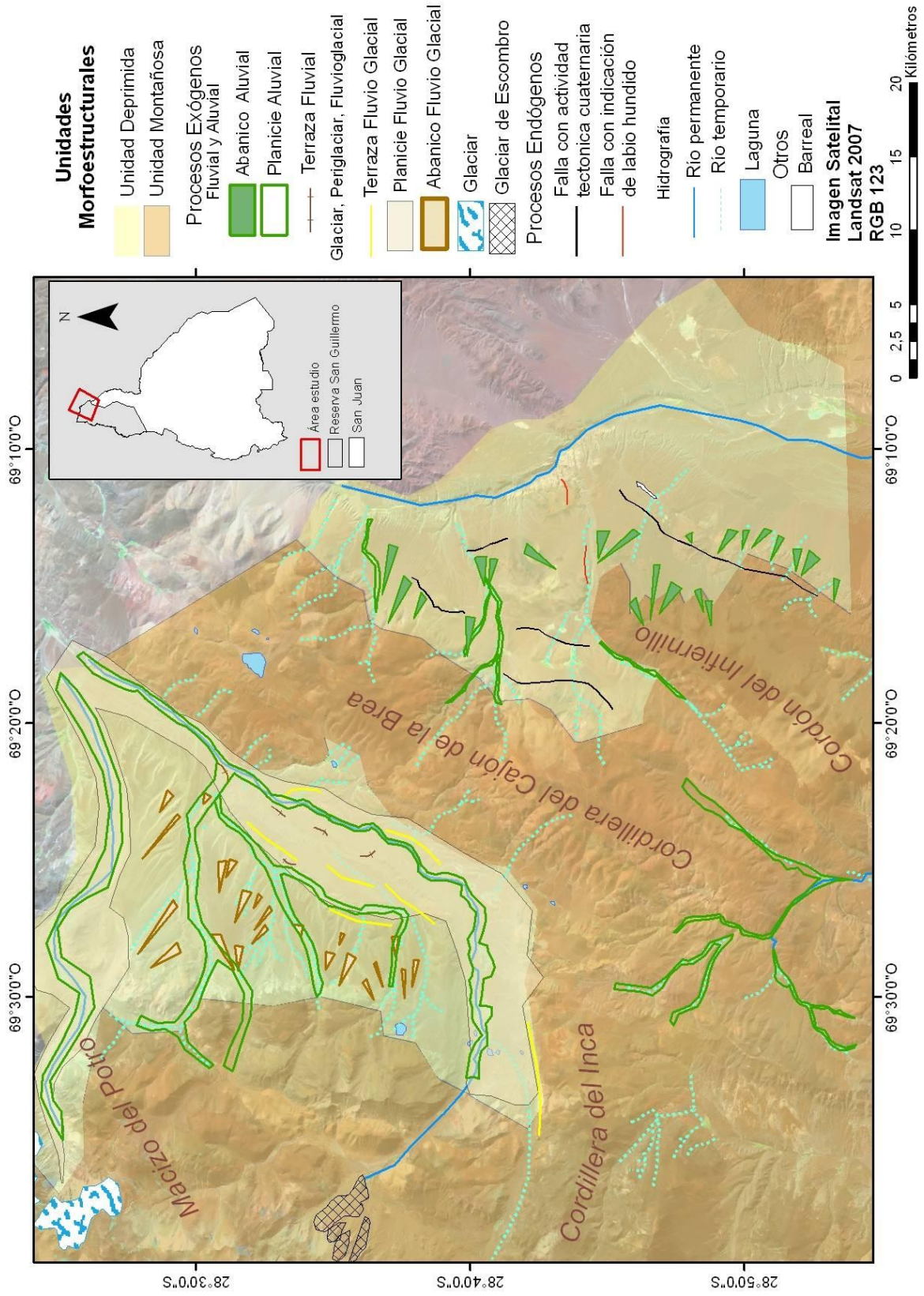


Figura 9: Mapa geomorfológico escala 1:250.000, Reserva San Guillermo, San Juan, Argentina



Figura 10: Vista al norte en la que se observa la unidad deprimida de la Laguna Brava rodeada de elementos volcanicos, como conos y coladas



Figura 11: Vista al oeste en la que se observa al fondo un ambiente glaciar, representado por el glaciar el Potro y a su alrededor un cubierta detritica de ambiente periglacial en la Reserva San Guillermo



Figura 12: Se observa el curso del río Blanco, con su planicie fluvial y al fondo terrazas fluviales y glacifluviales

Las vegas

En el área de estudio se detectaron 304 vegas, 153 pertenecen a la Reserva Laguna Brava y 151 a la Reserva San Guillermo. Se localizaron en un rango altitudinal entre los 3300 m s.n.m a los 4300 m s.n.m. La superficie total cubierta por éste ecosistema en el área de estudio fue de 2544 ha (aproximadamente 0,44% del área estudiada). La superficie media de las vegas fue de 8 ha y la superficie mínima y máxima de 0,12 ha y 140 ha, respectivamente. En las Figuras 13 y 14 se muestran los mapas con la localización y superficie de las vegas detectadas y con diferente color se indican las vegas accesibles seleccionadas para realizar los trabajos en campo. En la Tabla 1 se detalla la información de las seis vegas, nombre de las vegas, altura y superficie. En la Figura 15 se incluyen fotos de las distintas vegas, A: Refugio Peñón, B: Quebrada Santo Domingo, C: Laguna Brava, éstas están localizadas en la Reserva Laguna Brava y D: La Brea, C: La Guanaca, E: Piuquenenes, en la Reserva San Guillermo.

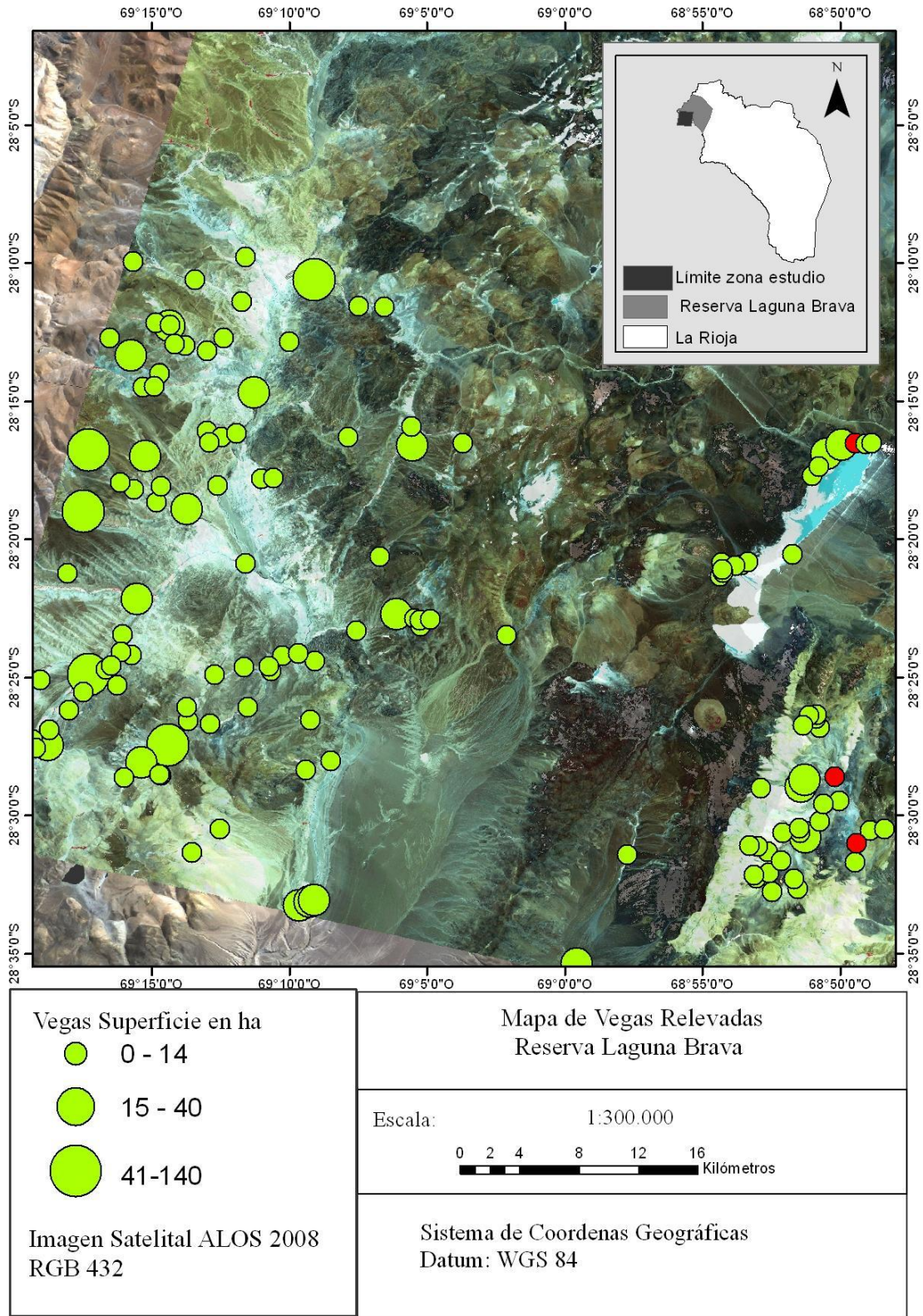


Figura 13: Vegas detectadas, se indican con color rojo las vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo, Reserva Laguna Brava, La Rioja

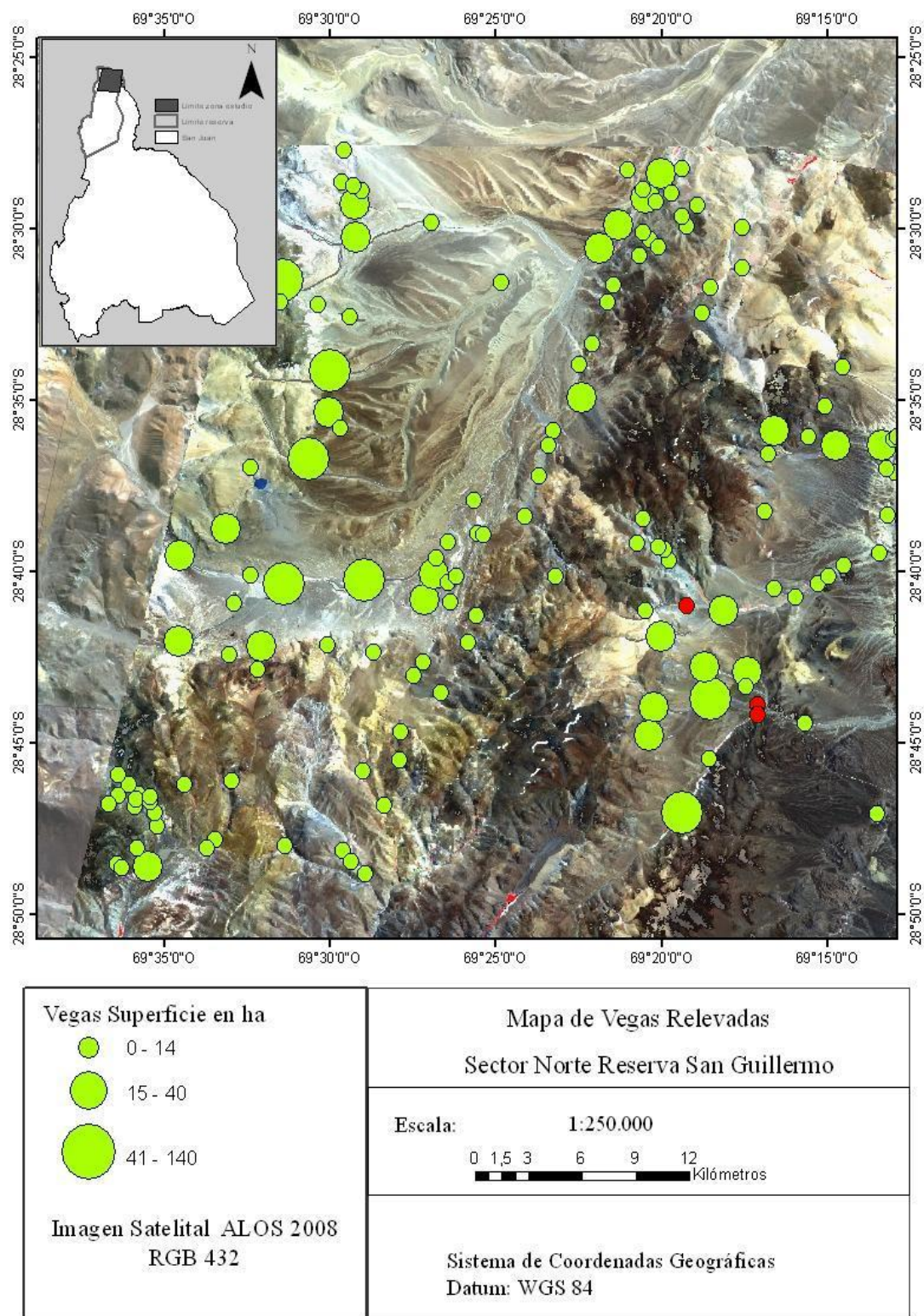


Figura 14: Vegas detectadas, se indican con color rojo las vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo, sector norte de la Reserva San Guillermo, San Juan

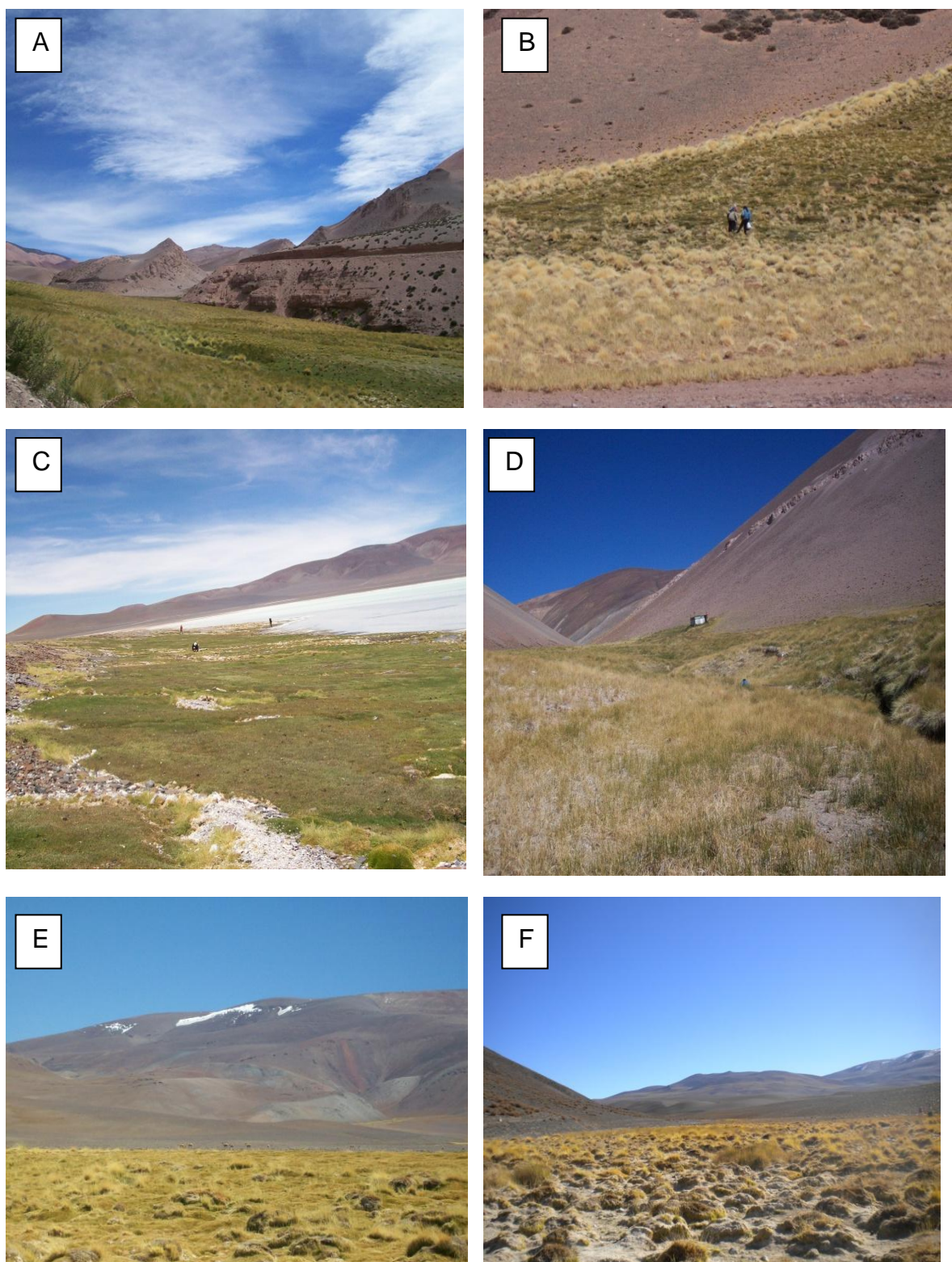


Figura 15: Vegas muestreadas en campo, A: Refugio Peñón, B: Quebrada Santo Domingo, C: Laguna Brava, D: La Brea, E: La Guanaca, F: Piuquenes

Tabla 1. Vegas muestreadas en campo, altura y superficie en la Reserva Laguna Brava, La Rioja y Reserva San Guillermo, San Juan

Reserva	Nombre de la Vega	Altura	Superficie
		msnm	ha
Laguna Brava, La Rioja	Refugio Peñón	3600	8,87
Laguna Brava, La Rioja	Quebrada Santo Domingo	3800	5,85
Laguna Brava, La Rioja	Laguna Brava	4200	5,01
San Guillermo, San Juan	La Brea	3800	4,12
San Guillermo, San Juan	La Guanaca	3700	9,04
San Guillermo, San Juan	Los Piuquenes	3700	4,05

Asociación de la unidad geomorfológica y vegas

Las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio son 14, de las cuales sólo seis incluyen vegas. Las unidades geomorfológicas que incluyen vegas son: Laderas, piedemonte indiferenciado, abanico aluvial, planicie fluvial, depresión sin descarga superficial con o sin agua y falla. Las distintas unidades geomorfológicas que poseen vegas son definidas, según Gutiérrez Elorza (2008), de la siguiente manera.

Ladera: es el flanco de una montaña. Está constituida en su parte superior por una cornisa, en la parte media aparece una ladera cubierta parcial o totalmente de detritos y al pie de la misma se suele observar una ligera concavidad basal, a partir del cual se desarrolla el piedemonte

Piedemonte indiferenciado: se considera la transición entre la zona elevada, donde la erosión es el proceso predominante y las áreas de bajo relieve, en las que imperan el transporte y la sedimentación. Dentro de esta unidad se incluyen los glaciares y los conos de deyección, entre otros.

Abanico aluvial: es un cuerpo de depósitos fluviales cuya superficie se aproxima al segmento de un cono que se extiende radialmente laderas

abajo desde el punto en el que el curso del agua abandona el área montañosa.

Planicie fluvial: Es la superficie aluvial adyacente a un curso fluvial, que frecuentemente suele inundarse, también es denominada con el nombre de llanura de inundación.

Depresión sin descarga superficial con o sin agua: Las depresiones son zonas situadas a una altura inferior a las zonas vecinas, cuando son sin descarga superficial puede dar lugar a la formación de lagunas o salinas.

Falla: Las fallas son fracturas con movimientos diferenciales que se producen en el terreno.

Las 304 vegas se encuentran distribuidas en distintos porcentajes en las diferentes unidades geomorfológicas. El 50 % de las vegas está asociado a la unidad geomorfológica planicie fluvial, el 20 % a abanico aluvial, el 12% y 10% de las vegas se asocian a depresión sin descarga superficial con o sin agua y piedemonte indiferenciado. Finalmente sólo el 5 % y el 3 % se encuentra sobre ladera y falla, respectivamente (Figura 16).

En la Tabla 2 se observan los resultados de las corroboraciones en terreno realizadas sobre las seis vegas seleccionadas para los trabajos de campo. Mediante éstas seis vegas se corroboró las distintas asociaciones geomorfológica-vega realizada para las 304 vegas a través de la imágenes satelitales.

En la Tabla 3 se observa las proporciones del área total que ocupa cada unidad geomorfológica y las proporciones de vegas que cubre cada unidad.

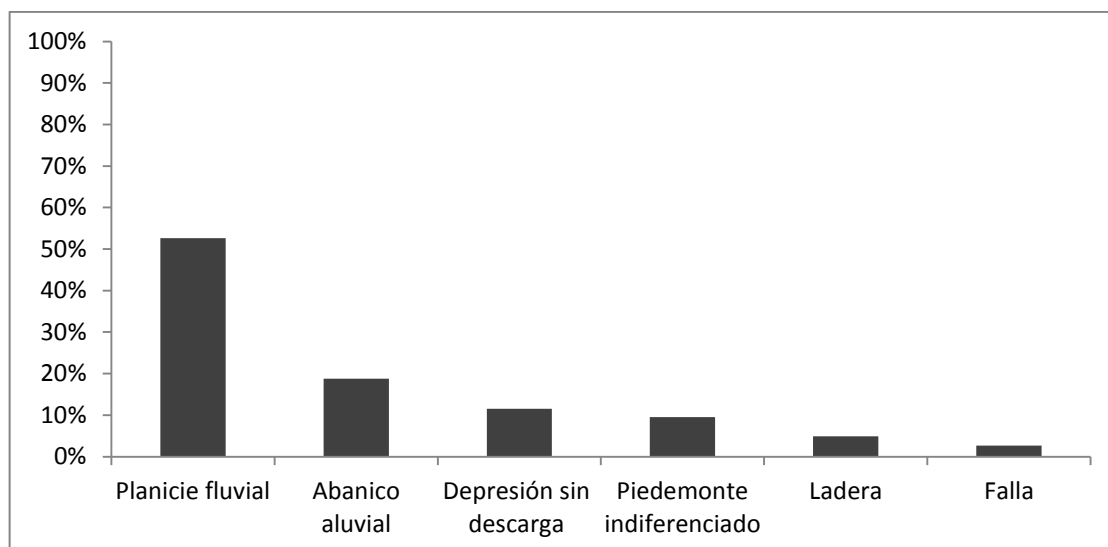


Figura 16: Porcentaje de vegas encontrado en cada tipo de unidad geomorfológica en el área de estudio

Tabla 2. Unidad geomorfológica vinculada a las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo

Nombre de Vega	Localización	Unidad Geomorfológica
Refugio Peñón	Reserva Laguna Brava	Planicie fluvial
Quebrada Santo Domingo	Reserva Laguna Brava	Piedemonte
Laguna Brava	Reserva Laguna Brava	Depresión sin descarga superficial con o sin agua
La Brea	Reserva San Guillermo	Planicie fluvial
La Guanaca	Reserva San Guillermo	Falla
Piuquenes	Reserva San Guillermo	Planicie fluvial

Tabla 3: Unidad geomorfológica, proporción del área total que ocupa cada unidad geomorfológica y proporción de vega en cada unidad

Unidad geomorfológica	Superficie relativa en % unidad geomorfológica	Superficie en % de vegas
Coladas	5.22	0
Conos volcánicos	3.21	0
Fallas	0.21	12.03
Abanicos aluviales	28.09	0.10
Planicies fluviales	3.97	8.27
Terrazas fluviales	0.02	0
Depresiones sin descarga	0.84	4.73
Terraza fluvioglacial	0.09	0
Planicie fluvioglacial	6.20	0
Abanico fluvioglacial	3.37	0
Glaciar	0.42	0
Glaciar de escombros	0.16	0
Laderas	17.60	0.01
Piedemonte- indiferenciado	30.61	0.06

El resultado del análisis estadístico evidencia la estrecha asociada unidad geomorfológica-vega ($X^2 = 798.34$; $df = 13$; $p < 0.05$).

A modo de síntesis en la Figura 17 se observa un cuadro que vincula los procesos endógenos y exógenos, el origen de la unidad geomorfológica y la unidad geomorfológica a la que están asociadas las vegas.

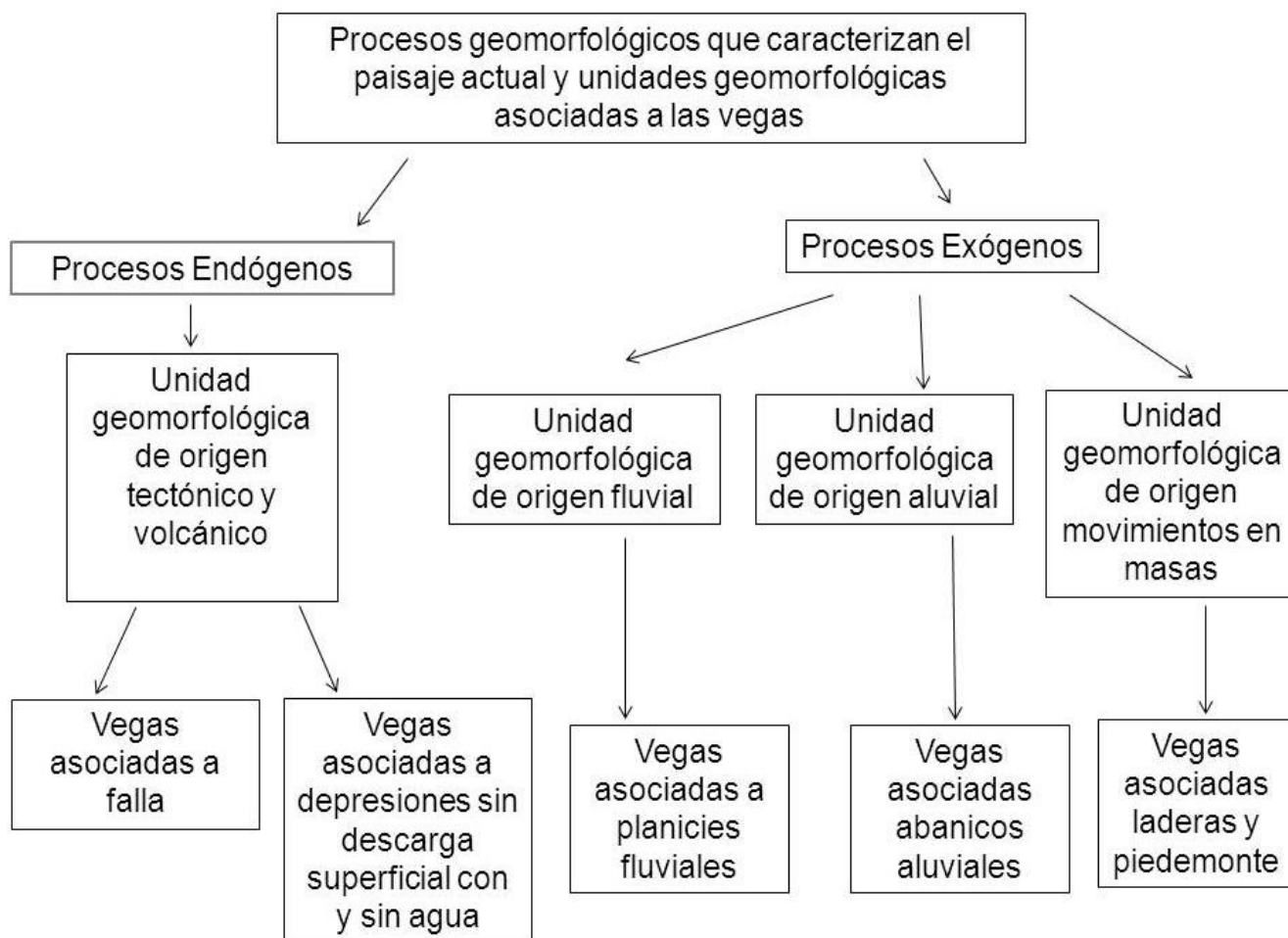


Figura 17: Cuadro síntesis con procesos endógenos y exógenos, origen de la unidad geomorfológica y asociación de la vega

Microtopografía

Los resultados de los perfiles del levantamiento microtopográfico en las distintas unidades dentro de las vegas se muestran en las Figuras 18, 19, 20, 21, 22 y 23. Se puede observar que existe una gran variación interna, a lo largo de todas las vegas, dado por depresiones, ondulaciones del terreno y domos criogénicos o montículos que se distribuyen desde el centro de la vega (A) a la zona periférica o de borde (B). En las Figuras 18, 20 y 22 se observa en la zona central sectores bajos o de depresiones, con valores de altura inferiores a las zonas restantes. El sitio relevado a continuación, es una zona intermedia, en donde aumentan levemente los valores de altura. Finalmente en la zona periférica se observa que hay un aumento en la altura del perfil, esto se produce por la

presencia de montículos o domos criogénicos, ubicados frecuentemente en la zona de bordes de la vega. En las vegas restantes el patrón se mantiene, aunque menos visible (Figura, 19, 21 y 23).

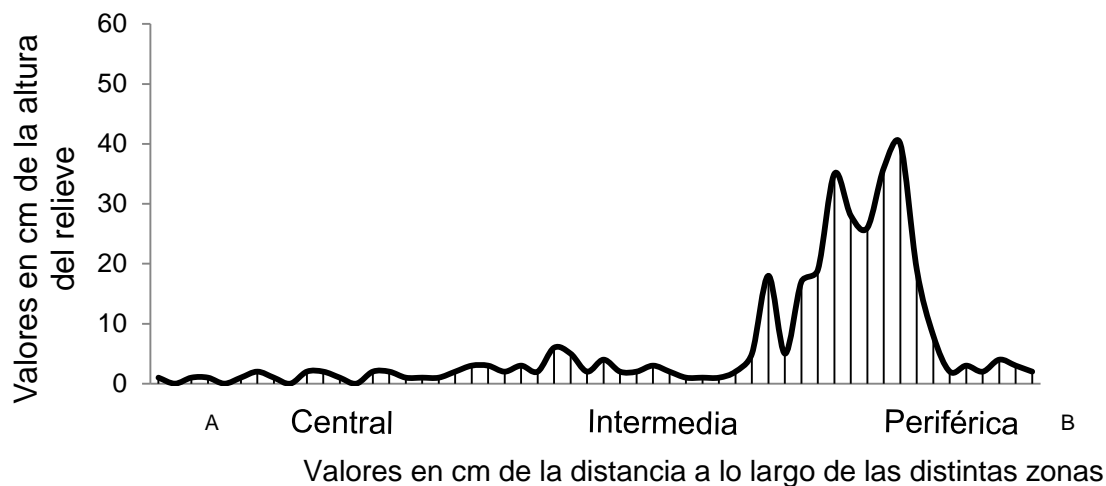


Figura 18: Perfil de la microtopografía de la vega Refugio Peñón, Reserva Laguna Brava, La Rioja

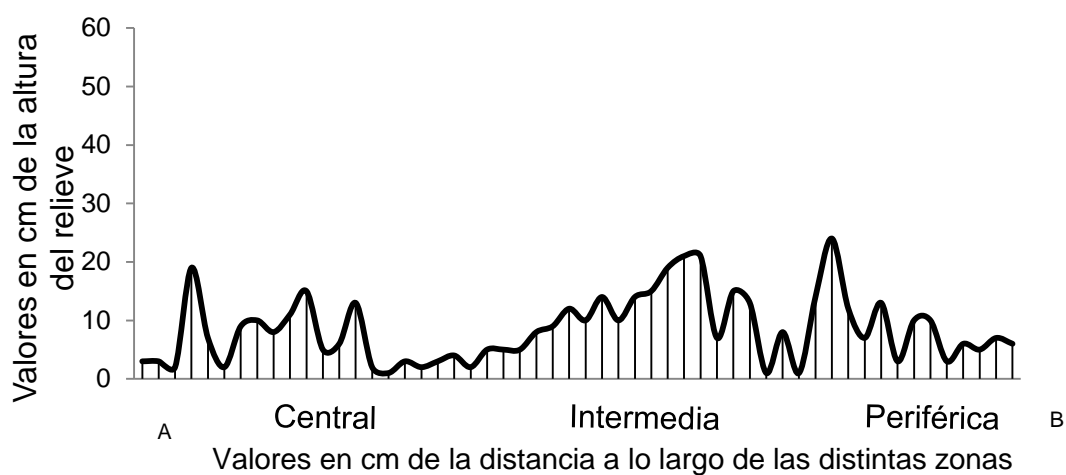


Figura 19: Perfil de la microtopografía de la vega Quebrada Santo Domingo, Reserva Laguna Brava, La Rioja

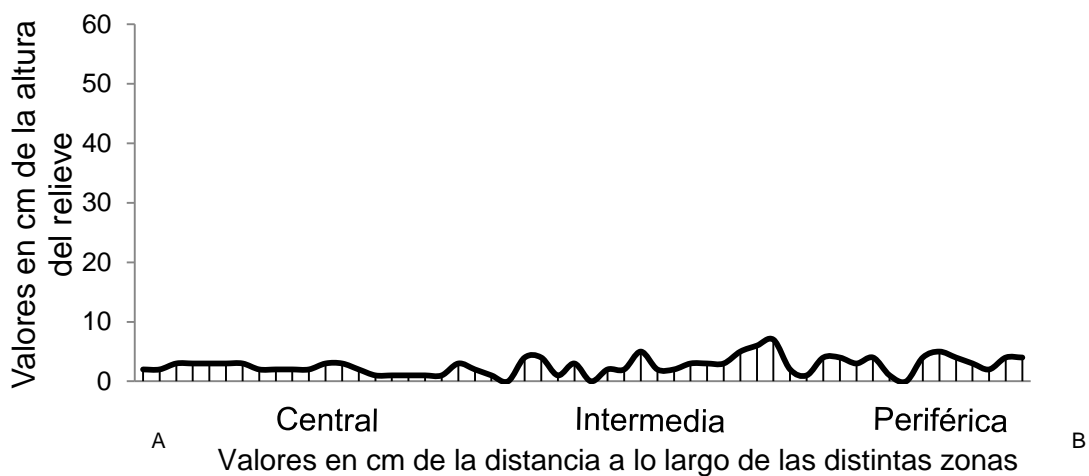


Figura 20: Perfil de la microtopografía de la vega Laguna Brava, Reserva Laguna Brava, La Rioja

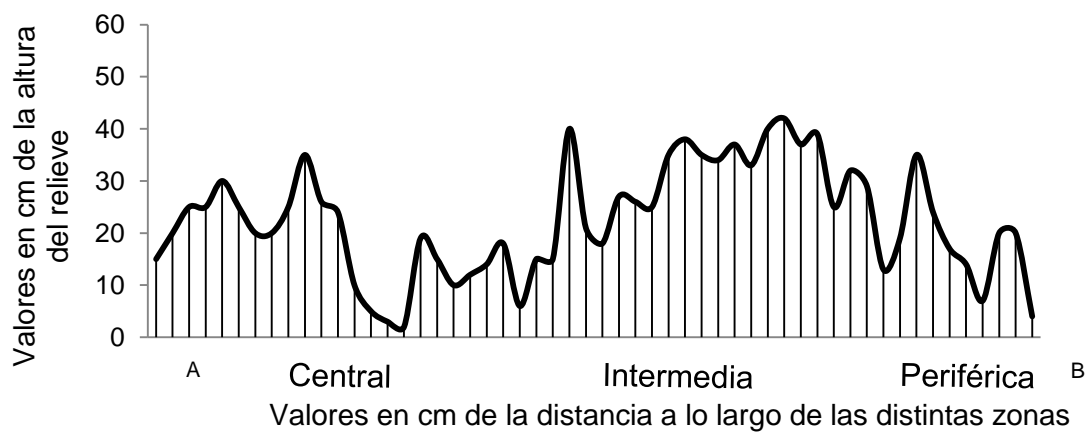


Figura 21: Perfil de la microtopografía de la vega La Brea, Reserva San Guillermo, San Juan

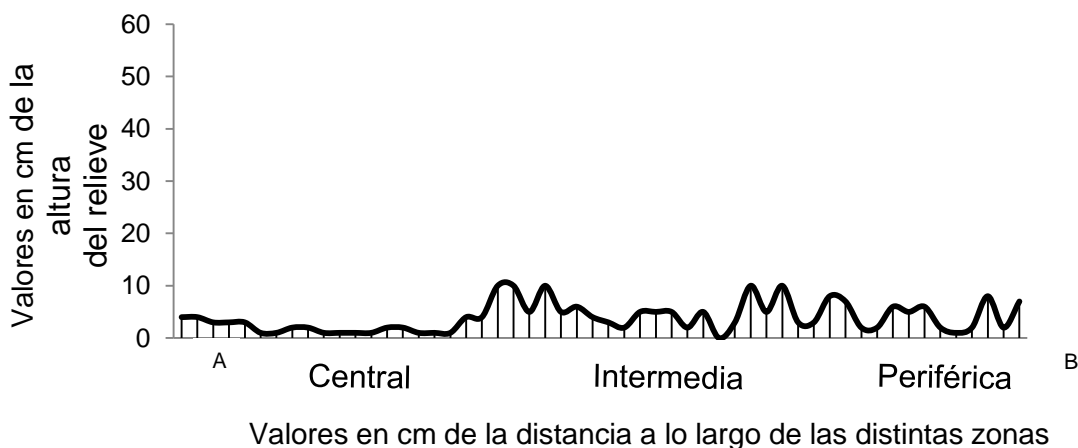


Figura 22: Perfil de la microtopografía de la vega La Guanaca, Reserva San Guillermo, San Juan

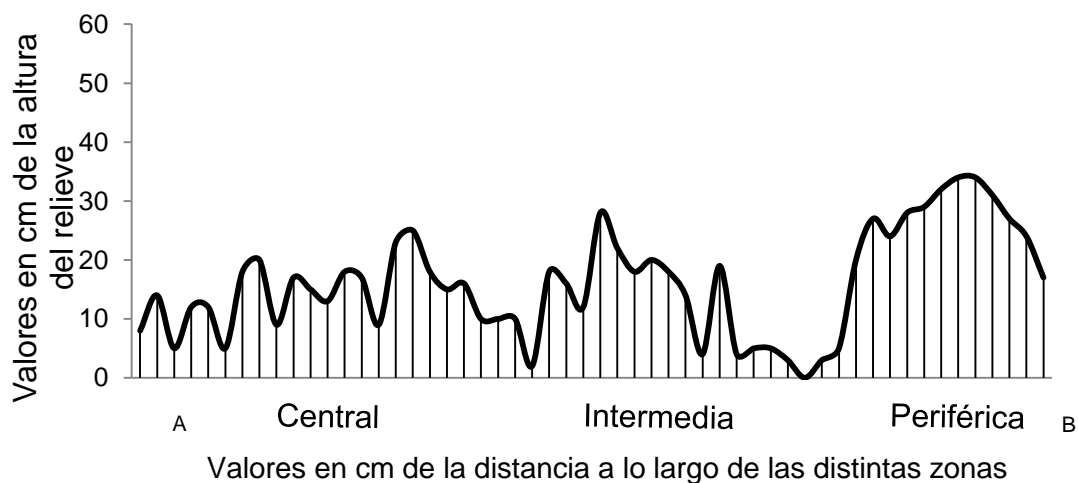


Figura 23: Perfil de la microtopografía de la vega Piuquenues, Reserva San Guillermo, San Juan

2.5. Discusión

En concordancia con Rosa y Mamaní (2000), Suvires (2000, 2007), Perucca y Martos (2008) en las características del relieve de la región se han diferenciado grandes unidades geomorfológicas que se han generado por diversos procesos geomórficos tanto endógenos como exógenos y han determinado el carácter complejo del paisaje regional. Se reconoció un predominio de la morfogénesis glacial y periglacial en la zona occidental correspondiente a la Cordillera Frontal.

En el sector norte se reconoció un predominio de un paisaje volcánico que se corresponde con la zona más austral de la provincia geológica de la Puna. Además, se reconoció un marcado control estructural que ha determinado el predominio de la morfología que expone el proceso fluvial en el área.

A gran escala las vegas se localizan en unidades geomorfológicas de materiales no consolidados que usualmente corresponden a depósitos más recientes con material más fino, más poroso y permeable, condiciones que ayudan a los procesos de infiltración. Las unidades geomorfológicas más frecuentes con vegas son: Depresión sin descarga superficial con o sin agua, falla, planicies fluvial y abanico aluvial y en menor medida piedemonte indiferenciado y laderas (Ontivero et al., 2010; Ontivero y Martínez Carretero, 2013; Martínez Carretero y Ontivero, en prensa). Estas unidades tienen en conjunto características fisiográficas que resultan favorables a la formación o génesis de vegas.

A pequeña escala los humedales presentan una gran variación interna con patrón de ambientes más complejo, principalmente los que están caracterizados por redes de drenaje internas de mayor densidad. Los cursos de agua generan modelado dentro del humedal y, con ello, mayor número de variaciones en la microtopografía (Malvárez, 1999). Las diferencias o variaciones en la posición topográfica pueden generar cambios importantes en la dinámica del agua y son fuente de la heterogeneidad de ambientes (Malvárez, 1999; Lezama, et al., 2006; Martín et al., 2007). Según Martínez Carretero y Ontivero (en prensa) la microtopografía juega un papel relevante en la estructura interna de la vega,

especialmente en relación con la profundidad del agua freática y el grado de saturación de los suelos. El perfil topográfico de las vegas estudiadas demuestra la gran variación interna que existe. Dentro de esta variación interna se puede observar un patrón donde los valores son más bajos en la zona central de la vega y más altos en la zona periférica. En la zona periférica o borde de la vega es más habitual encontrar mayor cantidad de domos criogénicos e irregularidad en el terreno resultado de los procesos de erosión. Esto también ha sido observado por Peña et al. (2006), Peña et al. (2008) y Campos et al. (2011) en mallines del sur de Argentina.

2.6. Conclusiones

Las vegas están asociadas a unidades geomorfológicas que en nuestra área de estudio resultan de la dominancia de la actividad tectónica, que permiten que prevalezca un paisaje de montañas y valles intermontanos con planicies fluviales y fallas y el volcanismo que permiten que dominen las salinas, lagunas, coladas y conos volcánicos.

Las unidades geomorfológicas que presentan vegas fueron: depresión sin descarga superficial con o sin agua, falla, planicie fluvial, abanico aluvial, piedemonte indiferenciado y ladera. En el área de estudio la mayor cantidad de vegas se localiza sobre planicie fluvial y abanico aluvial.

Las variaciones en la microtopografía permiten distinguir un patrón dentro de la vega, desde valores más bajos en la zona central a valores más altos en la zona periférica. Dentro del esquema general, el levantamiento microtopográfico muestra la gran variación del microrelieve donde los canales de escurrimiento y depresiones anegadas contactan con relieves positivos (domos de congelamiento) más secos.



Capítulo 3

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

3.1. Introducción

En las cuencas hidrográficas de la zona cordillerana el agua puede tener varios destinos, una parte es absorbida y luego transpirada por la vegetación y otra parte penetra en el suelo por infiltración llenando los intersticios del suelo. En algunas ocasiones, el agua infiltrada se desplaza horizontalmente en una capa cercana a la superficie, para luego aflorar en superficie en un punto de cota topográfica inferior a la cota del punto de infiltración, donde se integra al escurrimiento superficial, dicho proceso se denomina escurrimiento subsuperficial. El resto del agua que no llega a infiltrarse en el suelo y se desplaza horizontalmente sobre la superficie, se denomina escurrimiento superficial (Vich, 1996). Los distintos escurrimientos están influenciados por la geomorfología, litología y la humedad superficial del suelo, entre otros.

En los sectores cordilleranos el escurrimiento lento y disperso aumenta la capacidad de infiltración y la saturación de los suelos, permitiendo la formación y desarrollo de humedales tales como vegas y mallines. La superficie de este tipo de ecosistemas varía en función del tamaño del cauce, forma de la microcuenca, diseño de la red de drenaje y caudal disponible, principalmente. Además, la presencia del nivel freático cerca a la superficie de forma permanente o temporal determina distintos niveles de anegamiento o saturación en los suelos. En función del contenido de humedad del suelo se pueden determinar distintos microambientes que variarán en función de la microtopografía, disponibilidad de agua, las fluctuaciones en el nivel freático, entre otros (Gandullo et al., 2001; Peña et al., 2006; Verdugo Flores, et al., 2007; Ahumada y Faúndez, 2009; Martínez Carretero et al., 2009; Buono et al., 2010; Campos et al., 2011).

Las vegas son humedales originados y alimentados por suministros hídricos provenientes tanto de acuíferos subterráneos (ascenso capilar o vertientes) como de cursos de agua superficiales (ríos, arroyos, entre otros) de la cordillera de los Andes (Ahumada y Faúndez, 2009; Martínez Carretero y Ontivero, en prensa). Los ríos se caracterizan por tener un régimen predominantemente estival generado por el derretimiento de nieve, hielo y glaciares, su régimen puede ser permanente o temporario (Vich, 1996; Otto et al., 2011)

En las cuencas hidrográficas de los Andes Centrales las vegas son el componente vegetal más importante, éstas intervienen en los ciclos hidrológicos regulando los flujos hídricos superficiales y subterráneos (Méndez, 1986; Vich, 1996; Martínez Carretero y Ontivero, en prensa)

El estudio de los aspectos hidrológicos en las vegas es muy importante dada su dependencia con el agua. Entre estos aspectos, la salinidad es un factor que ayuda a conocer las condiciones en que se encuentra la vega ya que altos valores de salinidad podrían estar indicando acumulación de sales asociados a procesos de desecación, déficit hídrico, entre otros (Squeo et al., 2006^a; Ahumada y Faúndez, 2009; Martínez Carretero et al., 2009; Campo et al., 2011).

Entre los antecedentes en aspectos hidrológicos para el área de estudio se pueden mencionar, entre otros, a Salvioli (2000,2007) que realizó caracterizaciones del balance hídrico de la cuenca del río Jáchal y caracterizaciones hidrometeorológicas de la Reserva de San Guillermo. También se destacan los estudios de Damiani (2007) de las aguas superficiales en los principales ríos de la Reserva de San Guillermo, en donde se determinaron los valores de pH, conductividad eléctrica, T^o, contenido de Ca, Mg, entre otros.

3.2. Objetivos

Se sigue la misma numeración de los objetivos empleada en el capítulo introductorio con la finalidad de mantener el mismo orden.

Objetivos específicos de la caracterización hidrológica

5- Analizar el tipo de escurrimiento dominante en todas las vegas en el área de estudio y vincularlo con las unidades geomorfológicas.

6-Determinar el caudal, pH y conductividad eléctrica (CE) de las vegas seleccionadas para realizar los trabajar en campo.

7- Determinar el contenido de humedad en áreas homogéneas de las vegas seleccionadas para realizar los trabajar en campo.

3.3. Metodologías

Metodología Objetivo 5

Materiales y Métodos

Para la identificación del tipo de escurrimiento se utilizaron dos imágenes ALOS- AVNIR-2 de 10x10 m de resolución espacial del año 2008 y se emplearon distintas coberturas de SIG: cobertura de vegas del área de estudio, cobertura de ríos permanentes, ríos temporarios, lagunas y coberturas de unidades geomorfológicas.

Para determinar el tipo de escurrimiento dominante en todas las vegas del área de estudio se realizó un análisis a escala 1:100.000, mediante la interpretación visual y análisis de intersección SIG. Se analizaron y determinaron los distintos tipos de escurrimientos superficiales vinculados a las 304 vegas. Se confecciono una tabla y se calculó el porcentaje de las 304 vegas que se localiza en cada tipo de escurrimiento.

Se corroboró en campo esta información en las seis vegas seleccionadas para los trabajos de campo.

Para la tipificación de los distintos tipos de escurrimiento que se siguió a Vich (1996):

-Superficial lineal: Es un tipo de escurrimiento en donde la lámina de agua se desplaza o escurre sobre la superficie ladera abajo de manera lineal, ésta puede ser de manera recta o formando meandros.

-Subsuperficial mantiforme: Es un tipo de escurrimiento en el que previo a su escurrimiento o desplazamiento el agua forma una delgada lámina y llena las depresiones del terreno (almacenamiento en depresiones).

-Superficial lineal a subsuperficial mantiforme: Es un tipo de escurrimiento mixto. En donde el escurrimiento superficial lineal, que en general es temporario, es alimentado por un escurrimiento subsuperficial que abastece la corriente de agua superficial. Este tipo de escurrimiento obedece a las

condiciones locales de la topografía y litología, como por ejemplo manantiales, vertientes, entre otros.

Considerando la superficie total de geoforma con vegas se determinó la proporción de vega con el tipo de escurrimiento definido y se generó una tabla de contingencia. Posteriormente se evaluó mediante un X^2 la asociación entre el tipo de escurrimiento dominante en todas las vegas y las unidades geomorfológicas. Este método de análisis espacial es propuesto en Bosque Sendra, (1992).

Metodología Objetivo 6

Materiales y Métodos

Para la medición del caudal se siguieron los procedimientos basados en la geometría de la sección y la velocidad del flujo. Para registrar los datos se tomó un punto al azar en donde el tramo del río es uniforme y el agua fluye libremente, sin impedimentos. Posteriormente se determinó el área de la sección transversal del río, midiendo el ancho del cauce y la profundidad media (en ambas riberas y en el centro del cauce). La velocidad del agua se registró con un flotador y cronómetro. El cálculo del caudal de agua viene expresado por la ecuación de continuidad:

$$Q = V \cdot S$$

En la que:

Q: es el caudal (m^3/s)

V: es la velocidad del agua (m/s)

S: es la sección del curso de agua (m^2)

Para determinar los valores de pH y conductividad eléctrica (CE) se tomaron tres muestras de agua en cada vega en recipientes lavados con agua destilada-desmineralizada. Los sitios para tomar las muestras se seleccionaron al azar sobre cursos de agua, charcas y manantiales. Se muestrearon cinco de las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo. La vega Piuquenes no presentaba escurrimiento superficial en el período de muestreo.

Las 15 muestras de agua fueron analizadas en el Laboratorio de Fitoquímica del IADIZA, CRICYT, Mendoza. La conductividad eléctrica fue medida en $\mu\text{S}/\text{m}$ (microSiemens por metro).

Para cada vega relevada en campo se determinó la salinidad, en base a los valores obtenidos de pH y CE. Se generó una tabla indicando la salinidad de cada vega en relación a un gradiente de salinidad, de muy salino a no salino. Además se indicó la unidad geomorfológica y el tipo de escurrimiento de cada vega.

Metodología Objetivo 7

Materiales y Métodos

Para las muestras de contenido de humedad del suelo se utilizaron recipientes herméticos de aluminio. Las muestras se tomaron en las seis veces establecidas para realizar los trabajos de campo.

Las muestras se tomaron en tres unidades fisiográficamente homogéneas, los detalles de la delimitación, se explicaron en el objetivo 4 del capítulo 2. Las características de las unidades en base al contenido de humedad del suelo son:

Zonas de suelos sobresaturados: Sectores en donde el suelo ha superado su capacidad de absorción y se encuentra con agua libre que puede escurrir o estar estancada. Se corresponde generalmente con la zona centro de la vega.

Zona de suelos saturados: Sectores donde todos los poros del suelo se encuentran llenos de agua (Meza Ochoa, 2012), sin presentar agua libre en superficie. Se corresponde generalmente con la zona intermedia en la vega.

Zona de suelos secos: Sector donde mayormente los poros del suelo se encuentran llenos de aire, pudiendo existir una fase líquida pero en estado discontinuo (Meza Ochoa, 2012). Generalmente se corresponde con zona periférica o de borde de la vega.

En cada unidad homogénea se realizó una parcela de 10x10 m y se tomó dos muestras de suelo al azar, resultando seis muestras de suelo por vega. Cada parcela se realizó siguiendo la transecta para el levantamiento microtopográfico.

La determinación de la humedad se realizó por gravedad específica. Para ello, las muestras húmedas previamente pesadas se colocaron en estufa durante 72 horas a 60 °C. Estos trabajos se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Biología, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNSJ. Los valores de contenido de humedad obtenidos fueron organizados en rangos para cada zona homogénea.

Fórmula empleada para el cálculo del contenido de humedad:

$$W (\%) = (Mh - Ms) / (Ms) * 100$$

En la que:

W= Contenido de humedad de la muestra de suelo

Mh = Peso recipiente más la muestra del suelo húmedo (g)

Ms = Peso recipiente más la muestra de suelo seco (g)

3.4. Resultados

Escurrimiento dominante

Mediante la vinculación de la cobertura de tipos de escurrimientos dominantes-vegas y unidades geomorfológicas con vegas, se determinó que cada tipo de escurrimiento de las 304 vegas está asociado a una unidad geomorfológica en particular. En la Tabla 4 se muestra a que unidad geomorfológica está asociado cada tipo de escurrimiento dominante

Tabla 4. Tipo de escurrimiento dominante asociado a la unidad geomorfológica en las 304 vegas del área de estudio

Escurrimiento Dominante	Unidad Geomorfológica
Superficial lineal	Planicie fluvial
Superficial lineal a subsuperficial mantiforme	Abanico aluvial, ladera, piedemonte indiferenciado y falla
Subsuperficial mantiforme	Depresión sin descarga superficial con o sin agua

El escurrimiento predominante es el superficial lineal, el 50% de las vegas presentaron este tipo de escurrimiento, que es característico de los ríos permanentes o temporarios. Posteriormente el escurrimiento superficial lineal a subsuperficial mantiforme con el 40 %, se observó en lugares donde tiene alimentación mixta proveniente del escurrimiento superficial que generalmente temporal y del escurrimiento subsuperficial generalmente permanente. Esto es característico en las zonas de surgencia naturales en laderas y fallas. Finalmente los valores más bajos se observaron es el escurrimiento subsuperficial mantiforme con el 10 %, que puede ser permanente o temporal y es característico de lagunas y salinas (Figura 24).

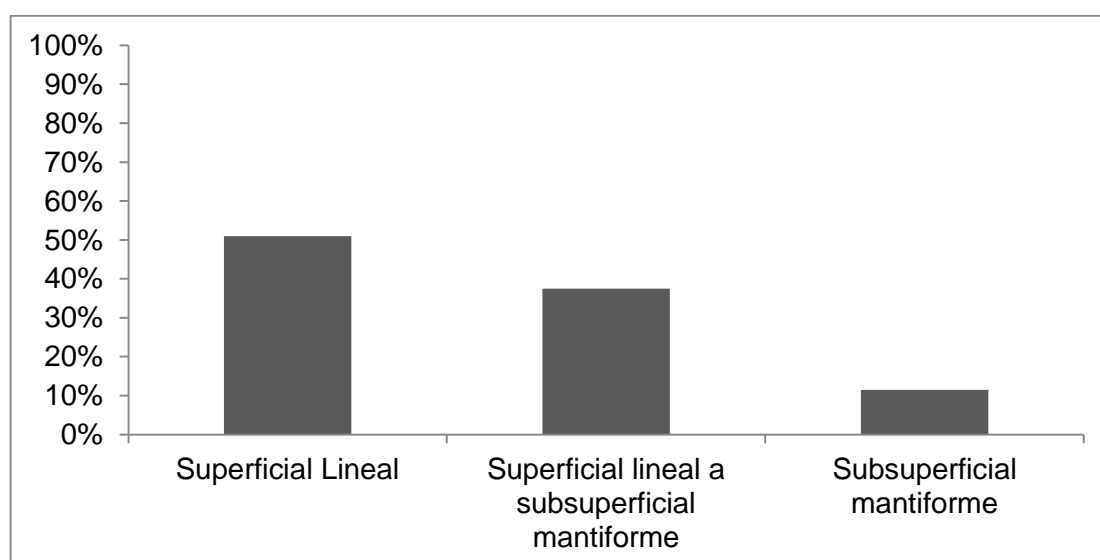


Figura 24: Porcentajes del tipo de escurrimiento de las 304 vegas en el área de estudio

En la Tabla 5 se observan los resultados de las corroboraciones realizadas sobre las seis vegas seleccionadas para los trabajos de campo. Mediante éstas seis vegas se corroboró la vinculación del escurrimiento con las unidades geomorfológicas realizada para las 304 vegas a través de la imágenes satelitales. En la vega Piuquenes el tipo de escurrimiento es el superficial lineal, proveniente de un río temporario, que en el momento de realizar el estudio se encontraba seco.

En la Tabla 6 se observan las proporciones de las superficies de las 304 vegas en los distintos tipos de escurrimientos y de las unidades geomorfológicas con vegas.

Tabla 5: Tipo de escurrimiento dominante determinado para las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo

Nombre de Vega	Localización	Unidad Geomorfológica
Refugio Peñón	Reserva Laguna Brava	Superficial lineal
Quebrada Santo Domingo	Reserva Laguna Brava	Superficial lineal a subsuperficial mantiforme
Laguna Brava	Reserva Laguna Brava	Subsuperficial mantiforme
La Brea	Reserva San Guillermo	Superficial lineal
La Guanaca	Reserva San Guillermo	Superficial lineal a subsuperficial mantiforme
Piunqueles	Reserva San Guillermo	Superficial lineal

Tabla 6: Tipo de escurrimiento dominante, proporción de vegas que se encuentran en cada tipo de escurrimiento y proporción de las unidades geomorfológicas en porcentajes

Escurrimiento Dominante	Superficie relativa % de unidades geomorfológica	Superficie en % de vegas
Superficial lineal	4	18
Superficial lineal a subsuperficial mantiforme	94	73
Subsuperficial mantiforme	2	9

El análisis estadístico indica la asociación entre el tipo de escurrimiento y las unidades geomorfológicas para las 304 vegas analizadas ($X^2 = 2478.57$; $df = 13$; $p < 0.05$).

Caudal, pH y conductividad eléctrica

El caudal para las vegas con escurrimiento superficial lineal fue: La Brea, de $0,0097 \text{ m}^3/\text{s}$ y Refugio Peñón de $0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$. La vega Piuquenes no tenía agua en superficie. En las vegas con escurrimiento superficial lineal a subsuperficial mantiforme, la velocidad del agua en el período de estudio fue despreciable.

Los valores obtenidos de pH se observan en la Figura 25. Los valores más altos se observan para la vega Refugio Peñón, Laguna Brava y Quebrada Santo Domingo. Los valores de conductividad eléctrica son más altos en la vega Refugio Peñón, si bien en el resto de las vegas los valores de conductividad son altos se mantienen constantes entre vegas (Figura 26).

En la vega Piuquenes no se observó agua libre en superficie al momento de realizar el estudio. Esta vega se localiza sobre el arroyo temporario Agua de las Guanacas y se encuentra sobre la unidad geomorfológica planicie fluviales cuyo tipo de escurrimiento es superficial lineal, cuando hay agua disponible. Esta vega en el momento del muestreo se encontraba seca.

. En la tabla 7 se observa los valores de salinidad obtenidos en las distintas vegas muestreadas. Además se indica la unidad geomorfológica que las contiene y el tipo de escurrimiento dominante. Las distintas vegas van de ambientes no salinos a muy salinos

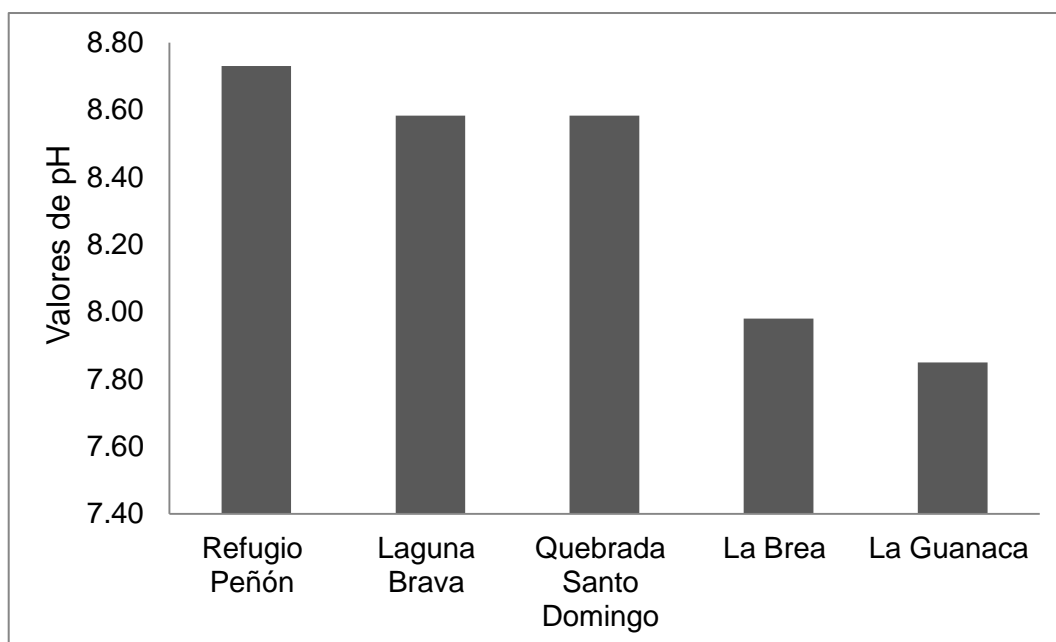


Figura 25: Valor del pH obtenido en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo

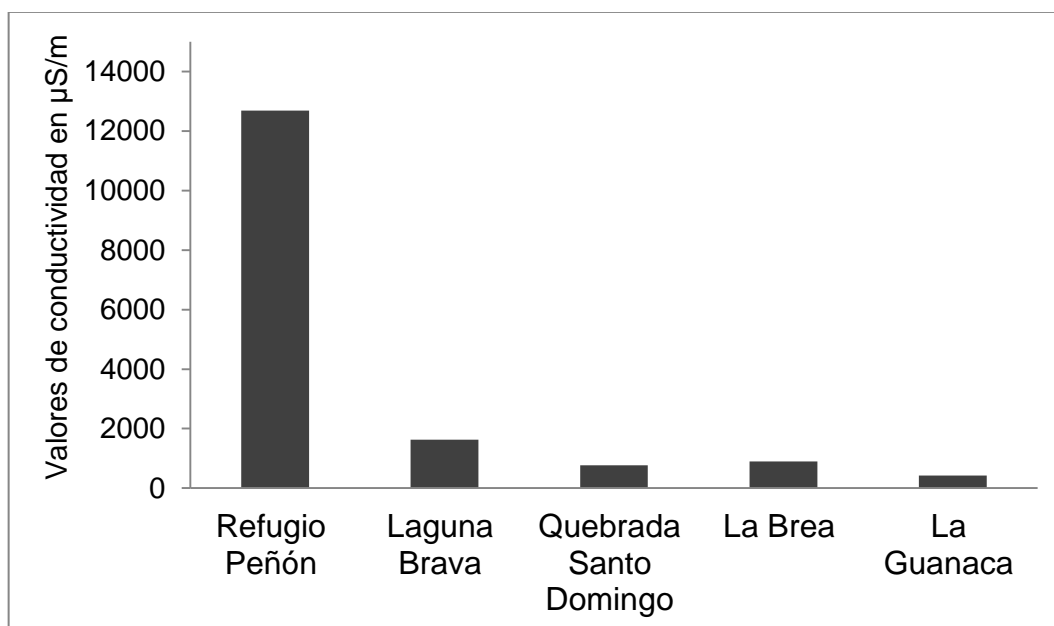


Figura 26: Valores de conductividad eléctrica (µS/m) obtenido en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo

Tabla 7: Salinidad en las distintas vegas muestreadas en campo, unidad geomorfológica y tipo de escurrimiento

Nombre de vega	Tipo de escurrimiento	Unidad geomorfológica	Salinidad
Refugio Peñón	Superficial lineal	Planicie fluviales	Muy salino
Laguna Brava	Subsuperficial	Depresión cerrada	Salino
La Brea	Superficial lineal	Planicie fluviales	Levemente salino
Quebrada Santo Domingo	Subsuperficial y superficial lineal	Piedemonte indiferenciado	Levemente salino
La Guanaca	Subsuperficial y superficial lineal	Falla	No salino

Contenido de humedad

Con respecto a los valores de contenido de humedad del suelo se obtuvieron que para zonas con suelos sobresaturados valores superiores a 100%. Para zonas con suelo saturado valores entre 90% y 100% y para zonas con suelos secos valores hasta 10 % de contenido de humedad.

3.5. Discusión

De acuerdo con Mazzoni y Vázquez (2004) los aspectos hidrológicos son muy importantes en los humedales debido a la vinculación y la dependencia de las vegas con el agua. Además, los cambios en las condiciones hidrológicas se relacionan también con modificaciones en la topografía y en las características edáficas, produciendo modificaciones en la distribución y estructura de la vegetación.

Los valores de conductividad eléctrica indican que son vegas minerotróficas, propias de ambientes con escurrimientos superficiales; datos similares fueron obtenidos por Navarro y Maldonado (2002) en bofedales en Bolivia y por Squeo et al. (2006a) en vegas chilenas.

Los valores de pH obtenidos varían entre neutros y básicos, dependiendo de su origen, datos similares fueron obtenidos por Damiani (2007) en los análisis de agua realizados en ríos en el área de estudio.

Por otro lado las vegas asociadas a depresiones cerradas con escurrimiento subsuperficial, características de lagunas, presentaron entornos salinos. Datos similares fueron citados en Caziani y Derlindati (1999), Alzérreca et al. (2001) y Squeo et al. (2006b) en bofedales altoandinos. De acuerdo con Squeo et al. (2006a), Ahumada y Faúndez (2009) y Martínez Carretero y Ontivero (en prensa) los valores altos de salinidad registrados en ambientes andinos, se deben a la concentración de sales en superficies, déficit hídrico o por el aporte de sales de ambientes salinos o zonas cercanas a depósitos minerales.

De acuerdo con Martínez Carretero et al. (2009), Gandullo et al. (2001), Buono et al. (2010), Peña et al. (2006) y Campos et al. (2011) se distinguen distintas zonas homogéneas con respecto al contenido de humedad en el suelo y la disponibilidad del agua, tales como: sobresaturado, saturado y seco. Las zonas sobresaturadas son los sectores con relieve (microtopografía) bajo y presentan mayores limitaciones para la normal evacuación de los excedentes hídricos del suelo; esto también fue observado por Martín et al. (2007). En concordancia con Gandullo et al. (2001); Peña et al. (2006); Campos et al. (2011) en los sectores secos se observa mayor pérdida de agua y menor capacidad de retención.

3.6. Conclusiones

La totalidad de las vegas identificadas en el área de estudio a escala 1:100.000, se encuadraron en tres patrones de escurrimiento asociado a unidades geomorfológicas:

- Ecurrimiento superficial lineal asociado a la unidad geomorfológica planicie fluvial.

- Ecurrimiento subsuperficial mantiforme asociado a las depresiones.

- Ecurrimiento subsuperficial mantiforme a superficial lineal, asociado a falla, ladera, piedemonte indiferenciado y abanico aluvial.

Las vegas analizadas son minerotróficas, con valores de pH entre neutros y básicos y con entornos muy salinos a levemente salinos.



Capítulo 4

CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y DE MICROAMBIENTES

1.1. Introducción

Las condiciones abióticas son importantes en el mantenimiento de la estructura y el funcionamiento de los humedales ya que influyen en la riqueza, composición de especies y productividad primaria (Mitsch y Gosselink, 2007). Los factores modeladores de la estructura y distribución de la vegetación a escala local son la topografía, tipo de suelo, profundidad de la freática, movimiento del agua dentro del perfil del suelo, entre otros (Collado y Faggi, 1999; Martín et al., 2007; Gaitán et al., 2011).

Las vegas son los ecosistemas más importantes en relación a otros ambientes de altura. Esto se debe a los altos valores en biodiversidad, productividad, biomasa aérea y porcentaje de cobertura de vegetación, entre otros (Martínez Carretero, 2007). Son áreas con suelos permanentemente saturados, formadas por vegetación herbácea, hidrofítica, de ciperáceas, juncáceas y gramíneas que forman molisoles. En la vega se pueden reconocer distintos microambientes que están conformados por diferente composición florística y cobertura vegetal (Martínez Carretero et al., 2010). Dentro de estos se distinguen normalmente tres grandes sectores, generalmente relacionados con su microtopografía y disponibilidad de agua: una zona de menor nivel topográfico, que generalmente es la más húmeda e inundable, otra zona intermedia, con un nivel topográfico más elevado, con el nivel freático cercano a la superficie la mayor parte del año y la zona periférica que se encuentra seca en superficie (Martínez Carretero, 1988; Gandullo y Schmid, 2001; Gandullo y Faggi, 2005; Martínez Carretero et al., 2009; Gaitán et al., 2011).

A pesar de la valiosa información que se tiene de la vegetación de los sitios húmedos en la zona andina central, éstos no son suficientemente conocidos (Méndez, 2007). Entre los antecedentes vinculados a los aspectos florísticos para los Altos Andes Centrales, para el sector de Mendoza se citan los trabajos realizados por Méndez (2004), Méndez et al. (2006) y Méndez (2007) que describen las distintas comunidades vegetales del Cordón del Plata y del Parque Provincial Aconcagua. Para el sector de los Andes comprendido entre la provincia de San Juan y de La Rioja, autores como Teillier (2005), Martínez Carretero et al. (2007), Martínez Carretero et al. (2009), Martínez Carretero et al. (2010),

Ontivero y Martínez Carretero (2013) analizan las comunidades vegetales desde el punto de vista florístico y su relación con la geomorfología a nivel de geotopo.

La teledetección es una herramienta de utilidad en los estudios a distintas escalas de suelos, vegetación, litología, geomorfología. La mayor parte de estos trabajos utilizan la información espectral para describir la variación en el espacio de la vegetación o del paisaje en términos más generales, integrando los distintos elementos del paisaje (Chuvienco, 2006; Cabello y Paruelo, 2008). Además, es generalmente empleada para evaluar las características de la vegetación, su distribución, superficie, forma, como así también pérdida de cobertura vegetal y cambios en la estructura. Los parámetros ambientales a los cuales es más sensible el sensor del satélite son los vinculados a la estructura y cobertura de la vegetación y al contenido de humedad en el suelo (Chuvienco, 2006).

Debido a que la vegetación juega un papel fundamental en los ciclos de nutrientes y la productividad de muchos de los sistemas terrestres y acuáticos, es importante el desarrollo de clasificaciones precisas, mediante percepción remota, de la cobertura vegetal y de los microambientes que conforman el paisaje (Dronova et al., 202).

Desde los años 80 la teledetección es una técnica ampliamente utilizada para la valoración, caracterización de microambientes y cartografía de los humedales (Toyra et al., 2001; Cartagena, 2002; Noriega y Lozano García, 2000; Kokaly et al., 2003; Boyle et al., 2004; Mazzoni y Vázquez, 2004, Bustamante et al., 2009; Campos et al., 2011; Dronova et al., 2012). Sin embargo, la inferencia de propiedades de la vegetación y de los microambientes mediante imágenes es un reto en paisajes heterogéneos como los humedales, ya que presentan variaciones a pequeña escala originadas por la topografía, la hidrología y la perturbación, entre otros (Johnston y Barson, 1993; Ozesmi y Bauer, 2002; Dobrowski et al., 2008; Dronova et al., 2012). Los antecedentes que se mencionan para el área vinculados a trabajos realizados en caracterización de ambientes mediante imágenes satelitales son: Martinelli et al., 2007, Martínez Carretero et al., 2010, Ontivero et al., 2010, Ontivero et al., 2013, Martínez Carretero y Ontivero (en prensa), entre otros.

1.2. Objetivo

Se sigue la misma numeración de los objetivos empleada en el capítulo introductorio con la finalidad de mantener el mismo orden.

Objetivo específico de la caracterización florística

8- Realizar el estudio florístico de la vegetación y determinar las comunidades vegetales en las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

9- Determinar la productividad primaria neta aérea, en las vegas seleccionadas para realizar los trabajos en campo.

Objetivo específico de la caracterización de microambientes

10-Delimitar diferentes tipos de coberturas en las vegas, mediante imágenes satelitales e información de campo.

11- Caracterizar los distintos microambientes en base a las comunidades vegetales.

12- Vincular la información obtenida y caracterizar los microambientes, a través del estudio relación microtopografía-contenido de humedad del suelo, comunidades vegetales, clases temáticas, cobertura y diversidad.

1.3. Metodología

Metodología Objetivo 8

Materiales y Métodos

Para la toma de datos de la vegetación se realizaron relevamientos florísticos-fitosociológicos (MuellerDumbois y Ellenberg, 1974; Braun-Blanquet, 1979), en tres unidades fisiográficamente homogéneas dentro de la vega. La metodología para delimitar las unidades homogéneas fue explicada en detalle en el Objetivo 4, Capítulo 2. Los muestreos se realizaron en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo. Las unidades homogéneas

quedaron definidas de la siguiente manera: Zona en contacto con los flujos superficiales y con agua libre; correspondiente con la parte central en la vega; zona con el suelo saturado, sin agua libre y una zona seca, sin agua en superficie, propio de la parte periférica o borde de la vega. Las unidades homogéneas determinadas en cada vega son fijas y se corresponde con la de los capítulos anteriores y posteriores.

En cada unidad homogénea se establecieron dos parcelas de 10x10 m para los relevamientos florísticos. Una de las parcelas fue empleada para la toma de las muestras del contenido de humedad del suelo. En cada parcela se realizaron los stands para los relevamientos florísticos. El tamaño del stand fue de 1,5 m² y estuvieron separados entre sí con una distancia igual al tamaño del stand. El stand no tiene forma constante por la diversidad morfológica de cada ambiente, pero sí la misma superficie. Las parcelas se colocaron siguiendo la transecta para el levantamiento microtopográfico. En cada vega se realizaron 6 parcelas.

La cobertura por especie se estableció según la escala fitosociológica. Se relevaron todas las especies y se las herborizó para determinarlas hasta nivel de especie.

Se obtuvo un total de 77 relevamientos: 45 relevamientos en ambiente con relieve bajo, en contacto con flujos superficiales y con agua libre; 10 relevamientos en el ambiente con suelo saturado, sin agua libre, relieve con valores intermedios y 22 relevamientos en el ambiente seco, sin agua en superficie con valores de relieve altos. Se confeccionó una matriz de especies/relevamientos con los datos de cobertura específica.

El análisis de los datos de vegetación se realizó mediante el método fitosociológico y métodos numéricos multivariados de clasificación y ordenamiento: análisis de conglomerados (AC), análisis de componentes principales (ACP) y análisis estadísticos.

Para la determinación de las comunidades vegetales mediante el método fitosociológico se construyeron tablas general y sintética. La especie dominante identificada en cada comunidad fue determinada como la especie indicadora.

En los análisis de vegetación se tuvieron en cuenta sólo las plantas vasculares. Para el análisis multivariado los datos de cobertura específica se transformaron mediante la función Raíz cuarta; para la matriz de semejanza se empleó el algoritmo de Bray y Curtis y para el agrupamiento se empleó el método de Promedio entre grupos. La matriz de especies por relevamiento se construyó empleando el valor de cobertura medio de la escala fitosociológica con la siguiente correspondencia: (+) 5, (1) 17,5, (2) 27,5, (3) 37,5, (4) 64,5, (5) 84,5. El programa empleado fue PRIMER 6.

Para la ordenación de la vegetación se utilizó el Análisis de Correspondencia Segmentado (DCA), los datos de cobertura específica se transformaron mediante la función Raíz cuadrada. El programa estadístico empleado fue CANOCO 4.5. Para la representación gráfica de la ordenación se empleó el módulo ConoDraw for Windows y se eligió la representación de diagramas de dispersión por especies. Cada punto representa una especie que se vinculó con la numeración que se asignó a cada especie en la tabla sintética. En el gráfico se indicó el nombre de la especie dominante que determina la comunidad.

Para cada especie se calculó la cobertura absoluta y media, y se expresó en porcentaje. Se calculó el porcentaje de cobertura específica y total para cada comunidad. Para obtener los valores de cobertura total por comunidad se sumaron los valores de porcentaje de cada especie. Se calculó la diversidad por comunidad mediante el índice de Simpson a través del programa PRIMER 6. Se determinó el valor medio del índice de Simpson, la desviación estándar y el error estándar.

Para determinar si existen diferencias en el porcentaje cobertura vegetal entre las distintas comunidades se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Para detectar las diferencias entre los valores de diversidad en las distintas comunidades se realizó la prueba de Kruskal Wallis y posteriormente se realizó una comparación de a pares. El programa estadístico empleado fue InfoStat.

Metodología Objetivo 9

Materiales y Métodos

Se utilizaron 12 clausuras de 1 m² cada una, que fueron construidas en hierro del 8, cerradas en todos sus lados con tela de alambre tejido romboidal de 2 cm de abertura.

Para determinar la productividad primaria neta aérea (PPNA) se midió la biomasa con exclusión, se colocaron 12 clausuras, en las comunidades vegetales más extensas claramente definidas florísticamente, comunidades de *Juncus stipulatus*, *Carex subantarctica*, *Carex atropicta*.

Las 12 clausuras se distribuyeron en cuatro vegas, colocando tres clausuras por vega. Las vegas seleccionadas fueron: Piuquenes, La Guanaca y La Brea en la Reserva de San Guillermo y Vega Launa Brava, en la Reserva Laguna Brava. Estos sitios fueron seleccionados por razones de accesibilidad, mantenimiento y vigilancias de las clausuras.

Las clausuras fueron colocadas en el año 2010 y se las dejó a lo largo de un año. En el año 2011 se realizaron cortes de vegetación a ras del piso en cada clausura, para posteriormente evaluar la biomasa. El material colectado se colocó en bolsas de papel y se secó en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante. El material fue procesado en el laboratorio del Departamento de Biología, FCEF y N de la UNSJ.

Metodología Objetivo 10

Materiales y Métodos

Para delimitar diferentes tipos de coberturas se utilizó dos imágenes ALOS-AVNIR-2 del año 2008, de 10x10 m de resolución espacial. Las escenas se trabajaron por separado, una se corresponde con la Reserva Laguna Brava y la otra con la Reserva San Guillermo. En el apéndice, Tabla 3 y Tabla 5, se observan las características del sensor y de las imágenes satelitales empleadas.

Para realizar los trabajos de delimitación de diferentes tipos de coberturas mediante imágenes satelitales se siguieron técnicas de análisis digital a escala de 1:25.000. Debido a que las características de la vegetación y los aspectos físicos están muy vinculados en el terreno, se abordó una clasificación teniendo en cuenta ambos aspectos en forma conjunta. Para detectar las diferencias entre los distintos tipos de coberturas se trabajó sobre una escena con una combinación de bandas RGB 4, 3, 2, que permite discriminar mejor los distintos elementos en la imagen. Posteriormente se aplicó una desviación estándar en todas las bandas. Al producto obtenido se le realizó una clasificación no supervisada, empleando el método de IsoData (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques). Este método es un algoritmo que permite que las agrupaciones se formen automáticamente durante la iteración mediante la fusión de grupos similares. Se probó y evaluó distintos valores de número de clases. Finalmente el valor asignado para el número de clases fue de tres como máximo y tres como mínimo. Se consideró que este criterio es el más adecuado ya que representa las principales coberturas que pueden ser observadas en campo en la vega. Además, se contó con información previa de observaciones visuales en la imágenes satelitales, en donde en la vega se pueden reconocer principalmente tres diferentes zonas. Posteriormente se realizó una máscara en las seis veigas seleccionadas, se digitalizó en pantalla cada clase espectral y se calculó la superficie en porcentajes que ocupaba cada una.

Las clases espectrales fueron evaluadas a campo para determinar los factores ambientales que representan cada una y asignarles una clase temática. La metodología de la evaluación se basó en la identificación a campo de las distintas clases espectrales detectadas a través de la imagen. Posteriormente se seleccionó un polígono por clase, el polígono seleccionado fue siempre el de mayor superficie. En cada vega se seleccionaron tres polígonos, que se corresponden con las tres clases espectrales definidas. En cada polígono se realizó una parcela de 10x10 m (parcela del mismo tamaño que la resolución de la imagen). Se tomaron datos de microtopografía (Capítulo 2), contenido de humedad del suelo (Capítulo 3) y vegetación (Capítulo 4). También, se tomaron puntos de control con GPS, con la finalidad de evaluar que las condiciones

tomadas en la parcela se cumplieran en otros puntos del polígono. Se tomaron entre cinco y diez puntos de control en los polígonos.

Este procedimiento se realizó en cada una de las seis vegas muestreadas. Posteriormente, se recorrió toda la vega corroborando visualmente que las condiciones observadas en el polígono seleccionado se cumplieran en el resto de los polígonos similares. Se obtuvo un total de 120 puntos de control para toda el área de estudio (20 puntos por vega, en cada vega se tomaron: cinco puntos de control en el polígono de la clase 1; cinco puntos en la clase 2 y diez puntos en la clase 3). La toma de la imagen y las épocas de evaluación de campo fue en los meses de verano.

Además, se utilizaron distintos materiales de apoyo adicionales para la evaluación de las distintas clases. Los materiales empleados fueron: mapas de detalles de las distintas unidades en la vega, mapas con la imagen en una combinación RGB 4, 3, 2 y mapas con la imagen clasificada. Además, se registraron observaciones sobre acetatos, reconociendo las diferentes coberturas por sus tonalidades, texturas y color. Las observaciones en acetato fueron realizadas en campo. Se consideró la ubicación geográfica, teniendo en cuenta los cruces de caminos u otro rasgo fácilmente reconocibles en la imagen y por sus coordenadas con un GPS. Para realizar estos trabajos, se utilizó una PocketPC donde está integrado el ordenador, GPS navegador, puntos de GPS y cartografía en general.

Para obtener el valor del nivel digital de cada clase espectral, se realizó el cálculo de parámetros estadísticos a partir de la imagen clasificada. Los valores obtenidos fueron valores mínimo, máximo, medio y desviación estándar. El nivel digital (ND) es el valor numérico de la codificación de la radiancia que realiza el sensor cuando adquiere la imagen (Chuvieco, 2006). Este procedimiento se realizó con la herramienta de estadística de clase del apartado de post-clasificación. El programa utilizado fue ENVI 4.7.

Construcción de leyenda, descripción de las clases y cartografía

La confección de la leyenda se realizó en base a las clases espectrales discriminadas, que dependen estrechamente de las características del sensor y

de la heterogeneidad del terreno. Las clases espectrales son mutuamente excluyentes y exhaustivas. A cada clase espectral se le asignó una clase temática que fue establecida en la leyenda.

Cada clase temática está representada por un tipo de cobertura dentro de la vega definida por la microtopografía, el contenido de humedad del suelo y las características de la vegetación. En este contexto la vega se considera la unidad de estudio y las distintas clases temáticas dentro de la vega se consideran microambientes de la vega. Las distintas clases temáticas fueron definidas con el nombre del microambiente: sobresaturado, saturado y seco. Los microambientes dentro de la vega se consideran distintos sectores fisiográficamente homogéneos en donde predominan determinadas condiciones físicas (microtopografía-contenido de humedad del suelo) y biológicas (vegetación). La leyenda quedó conformada de la siguiente manera: Clase 1: microambiente sobresaturado; clase 2: microambiente saturado; clase 3 microambiente seco.

Los mapas de detalles de cada vega, fueron proyectados en POSGAR 94, para realizar las mediciones de superficie de cada clase temática.

Metodología Objetivo 10

Materiales y Métodos

Se realizó una tabla de contingencia entre las variables comunidades y microambientes. Posteriormente, para analizar su asociación se realizó una prueba de X^2 . Para determinar el grado de la asociación entre las dos variables se calculó el coeficiente de contingencia de Pearson. Para probar si la composición florística fue diferente entre microambientes y entre vegas, se realizó un análisis multivariado de varianza (PERMANOVA) sobre la matriz florística. En este análisis el diseño experimental incluyó dos factores: microambientes y las distintas vegas. El factor microambiente se indicó como factor fijo con tres niveles (sobresaturado, saturado, seco) y las distintas vegas como factor aleatorio con seis niveles. Cada nivel se corresponde con cada una de las vegas relevadas en campo.

Se calculó el porcentaje de cobertura total y diversidad para cada microambiente. La diversidad se calculó mediante el índice de Simpson a través del programa PRIMER 6. Se determinó el valor medio del índice de Simpson, la desviación estándar y error estándar. Se evaluó el efecto del microambiente sobre el porcentaje de cobertura total y diversidad. Para evaluar si hay diferencia entre microambientes se utilizó un Modelo lineal generalizado (GLM). La distribución del error y la función de enlace que mejor ajustó con los datos fueron: para los datos de cobertura: modelos de Gauss y para la variable Índice de Simpson el modelo de Poisson (no gaussiano). Posteriormente se aplicó un test de Bonferroni para las variables en donde se detectaron diferencias. Para la función de GLM se empleó el programa estadístico R (R Desarrollo Core Team, 2012).

Metodología Objetivo 11

Materiales y Métodos

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para analizar la interdependencia de las seis variables y determinar mediante una representación gráfica la ordenación de los datos. Para realizar este análisis se confeccionó una matriz con las seis variables. Los valores empleados para las variables microtopografía y contenido de humedad, fueron los valores medios obtenidos en cada unidad homogénea. Además, se utilizó los valores medios del nivel digital de las distintas clases espectrales. Finalmente, los datos de porcentaje de cobertura, diversidad y comunidades, fueron obtenidos de los resultados del Objetivo 8. El programa estadístico empleado fue Statistica 7.

Para detectar las diferencias entre los microambientes con respecto a las variables microtopografía (Capítulo 2), contenido de humedad del suelo (Capítulo 3) y clases espectrales (Capítulo 4), se realizó una prueba de Kruskal Wallis.

En base a la información obtenida de los distintos análisis estadísticos se realizó la caracterización de los distintos microambientes presentes en la vega.

Resultados

Se identificaron 38 especies vasculares y se determinaron seis comunidades vegetales: de *Juncus balticus* (A), de *Carex incurva* (B), de *Patosia clandestina* (C), de *Oxychloe andina* (D), de *Juncus stipulatus* (E) y de *Potamogeton pectinatus* (F). En la tabla sintética (Tabla 8) se observan las distintas comunidades obtenidas y los valores de cobertura. Las comunidades vegetales determinadas se localizan entre los 3600 m s.n.m. a 4200 m s.n.m. En la Figura 27 se muestra el agrupamiento obtenido a partir de los relevamientos florísticos.

Tabla 8: Tabla Sintética. Se indican las distintas comunidades vegetales y el número que fue asignado a cada especie. Los valores de constancia según la escala: I (<20%), II (21-40%), III (41-60%), IV (61-80%) y V (>80%)

Comunidad	Nº de especie	<i>Juncus balticus</i> (A)	<i>Carex incurva</i> (B)	<i>Patosia clandestina</i> (C)	<i>Oxychloe andina</i> (D)	<i>Juncus stipulatus</i> (E)	<i>Potamogeton pectinatus</i> (F)
<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W. Hill	1	I					
<i>Spergula pissisi</i> (Phil.) Volponi	2	II					
<i>Nasthantus caespitosum</i> (Phil.) Reiche	3	I					
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	4	I					
<i>Deyeuxia</i> af. <i>velutina</i> Nees & Meyen	5	II		I	I		
<i>Cisthante</i> sp.	6	I					
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup	7	III	I		I		
<i>Astragalus</i> af. <i>famatinae</i> I.M. Johnst.	8	I					
<i>Muhlenbergia fastigiata</i> (J. Presl) Henrard	9	I					
<i>Polypogon</i> af. <i>interruptus</i> Kunth	10	II					
<i>Carex incurva</i> Lightf.	11		V	I			
<i>Poa annua</i> L.	12	II	IV	II	II		
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb.	13	I		I			
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau	14			V	I	I	
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.	15		II	I	I		
<i>Cerastium arvense</i> L.	16			I			
<i>Eleocharis</i> af. <i>melanomphala</i> C.B. Clarke	17			I	I		
<i>Caltha sagittata</i> Cav.	18	I				I	
<i>Carex subantarctica</i> Speg.	19			I	I	I	
<i>Carex</i> af. <i>gayana</i> E. Desv.	20	I		I			
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.	21			II			
<i>Juncus depauperatus</i> Phil.	22			I			
<i>Triglochin palustris</i> L.	23			I			
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup	24						
<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen				I	I	V	
<i>Calceolaria glacialis</i> Wedd.	25					II	
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	26			I		I	
<i>Eleocharis albibracteata</i> Nees	27		I			III	
<i>Carex atropicta</i> Steud.	28					II	
<i>Plantago paralias</i> Decne	29		I			I	
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	30			I	V		
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	31				I		V
<i>Urtica buchtienii</i> R. Ross	32					II	
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	33						III

Tabla 8 (cont.) Tabla Sintética. Se indican las distintas comunidades vegetales y el número que fue asignado a cada especie. Los valores de constancia según la escala: I (<20%), II (21-40%), III (41-60%), IV (61-80%) y V (>80%)

Comunidad	Nº de especies	<i>Juncus balticus</i> (A)	<i>Carex incurva</i> (B)	<i>Patosia clandestina</i> (C)	<i>Oxychloe andina</i> (D)	<i>Juncus stipulathus</i> (E)	<i>Potamogeton pectinatus</i> (F)
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	34	I		I			I
<i>Mimulus luteus</i> L.	35						II
<i>Ranunculus</i> af. <i>flagelliformis</i> Sm.	36	I	I				I
<i>Catabrosa wedermannii</i>	37						I
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>	38	I		I	I	II	

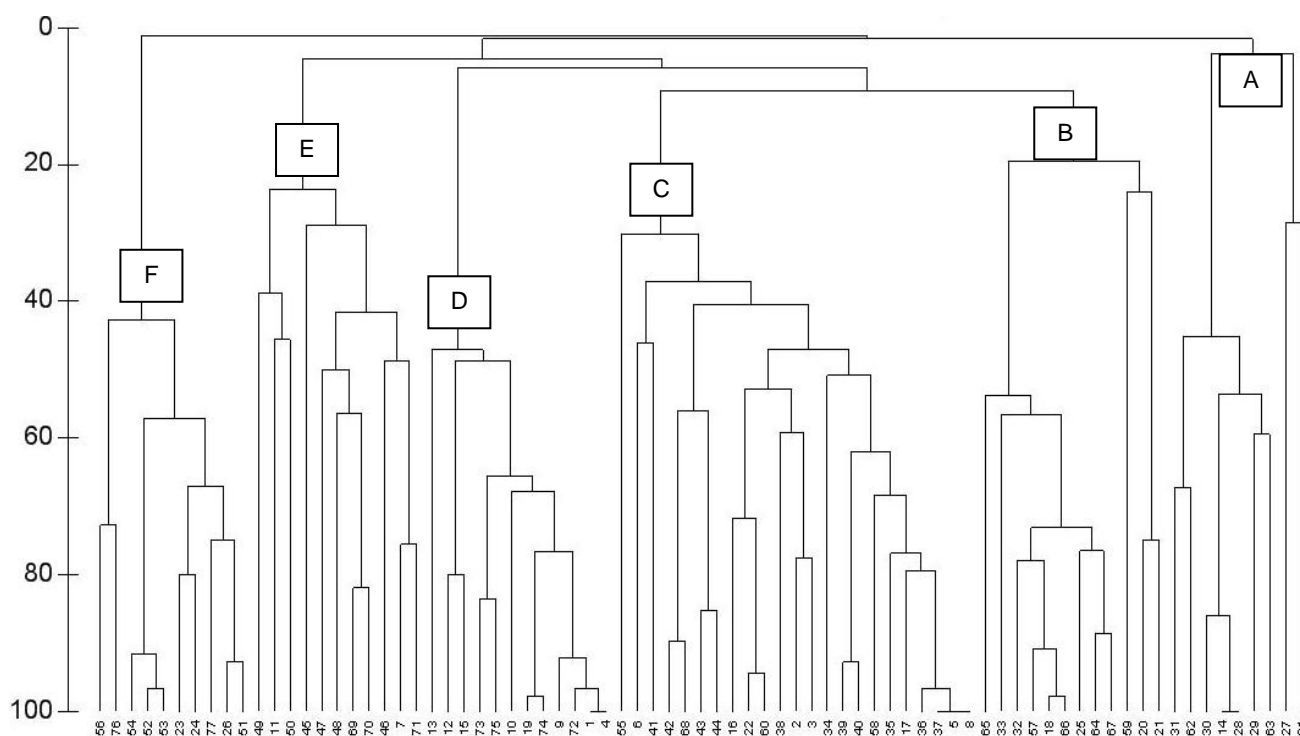


Figura 27: Dendrograma del análisis de conglomerados en donde se observan seis comunidades indicadas con distinta letra

A- Comunidad de *Juncus balticus*: (Tabla 9)

Comunidad de suelo seco en superficie con una cobertura media del 65%, acompañada por *Lilaeopsis macloviana*, *Spergula pissisi*, *Nasthantus caespitosum*, *Ranunculus cymbalaria* f. *exilis*, *Deyeuxia* af. *velutina*, *Cisthante* sp,

Astragalus af. *famatinae*, *Muhlenbergia fastigiata*, *Juncus balticus* ssp. *andicola*, *Polypogon* af. *interruptus*, *Poa annua*, *Festuca nardifolia*, *Caltha sagittata*, *Carex* af. *gayana*, *Puccinellia frigida*, *Ranunculus* af. *flagelliformis*, *Hordeum pubiflorum* ssp. *halophilum*. En la Tabla 9 se indican los valores de presencia, cobertura absoluta y en porcentaje. Entre las especies con valores de mayor cobertura se pueden mencionar *Cisthante* sp., *Polypogon* af. *interruptus* y *Halerpestes cymbalaria*.

Tabla 9: Tabla florística de la comunidad de *Juncus balticus*

Altitud	3600	3800	3800	3700	3600	3800	3800	4200	3700	4200	3700	3700			
Ubicación	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Relevamiento No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W. Hill	+				.	.	.	.					I	41,7	0,49
<i>Spergula pissisi</i> (Phil.) Volponi	+	+			.	.	.	.		+			II	125	1,48
<i>Nasthantus caespitosum</i> (Phil.) Reiche	+				.	.	.	.					I	41,7	0,49
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	+		2		.	.	.	.					I	271	3,21
<i>Deyeuxia</i> af. <i>velutina</i> Nees & Meyen	+				.	.	.	.			+	+	II	125	1,48
<i>Cisthante</i> sp.			4										I	538	6,36
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup	.			5	5	4	2	2	2	3			III	2946	34,9
<i>Astragalus</i> af. <i>famatinae</i> I.M. Johnst.	.				.	+	.	.		+			I	83,3	0,99
<i>Muhlenbergia fastigiata</i> (J. Presl) Henrard	.				.	1	.	.	+				I	188	2,22
<i>Polypogon</i> af. <i>interruptus</i> Kunth	.				.	.	.	2	+	+			II	313	3,7
<i>Poa annua</i> L.	.	+			.	.	.	.			+	+	II	125	1,48
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb.	.				.	.	.	.					I	41,7	0,49
<i>Caltha sagittata</i> Cav.	.				.	.	.	2					I	229	2,71
<i>Carex</i> af. <i>gayana</i> E. Desv.	.				.	.	.	.			+	+	I	83,3	0,99
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	+				.	.	.	.					I	41,7	0,49
<i>Ranunculus</i> af. <i>flagelliformis</i> Sm.	.				.	.	.	1	+				I	188	2,22
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>	.				.	.	.	.				+	I	41,7	0,49

B-Comunidad de *Carex incurva*: (Tabla 10)

Comunidad de suelo seco en superficie con una cobertura media 98 %, acompañada por: *Poa annua*, *Juncus balticus* ssp. *andicol* , *Werneria pygmaea*, *Eleocharis albibracteata*, *Plantago paralias*, *Ranunculus* af. *flagelliformis*. En la Tabla 10 se indican los valores de presencia, cobertura absoluta y porcentaje para cada especie. Las especies con mayor valor de cobertura son *Poa annua*, *Plantago paralias* y *Eleocharis albibracteata*.

Tabla 10: Tabla florística de la comunidad de *Carex incurva*

Altitud	3600	4200	4200	3700	3800	3800	3700	3800	3700	3800	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Ubicación	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"			
Relevamiento No.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup	1		+			.					I	225	2,66
<i>Carex incurva</i> Lightf.	5	4	3	4	4	5	5	4	5	1	V	6510	77
<i>Poa annua</i> L.	2	+		+	+	.	2	+	+		IV	800	9,47
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.	.	+	+		+	.					II	150	1,78
<i>Eleocharis albibracteata</i> Nees	.					.				2	I	275	3,25
<i>Plantago paralias</i> Decne	.				+	.		2			I	325	3,85
<i>Ranunculus</i> af. <i>flagelliformis</i> Sm.	.						+				I	50	0,59

C- Comunidad de *Patosia clandestina*: (Tabla 11)

Se extiende por suelos sobresaturados, con charcos en depresiones, con una cobertura media del 100 %, generalmente forma cojines muy densos no punzantes. Las especies acompañantes son: *Deyeuxia* af. *velutina*, *Carex incurva*, *Poa annua*, *Festuca nardifolia*, *Werneria pygmaea*, *Cerastium arvense*, *Eleocharis* af. *melanomphala*, *Carex subantarctica*, *Carex* af. *gayana*, *Deschampsia caespitosa*, *Juncus depauperatus*, *Triglochin palustris*, *Juncus balticus* ssp. *andicola*, *Juncus stipulatus*, *Plantago tomentosa*, *Oxychloe andina*, *Puccinellia frigida*, *Hordeum pubiflorum* ssp. *halophilum*. En la Tabla 11 se observan los valores de presencia, cobertura absoluta y porcentajes donde las especies con mayor valor de cobertura son: *Carex* af. *gayana*, *Deschampsia caespitosa* y *Juncus balticus* ssp. *andicola*, *Juncus stipulatus*.

Tabla 11: Tabla florística de la comunidad de *Patosia clandestina*

Altitud	3600	3800	3700	3600	3800	3800	3800	3700	3700	3600	3800			
	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Ubicación														
Relevamiento No.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
<i>Deyeuxia af. velutina</i> Nees & Meyen	.	+			.		.	.	.	.	.	I	22,7	0,27
<i>Carex incurva</i> Lightf.	2				.		.	.	.	.	.	I	125	1,48
<i>Poa annua</i> L.	.	+	+	+	1	1	.	.	.	.	.	II	330	3,9
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb.	2	+			.		.	.	.	.	.	I	148	1,75
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau	5	1	5	4	5	4	5	4	5	5	3	V	5811	68,8
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.	.			1	+		.	.	.	.	.	I	102	1,21
<i>Cerastium arvense</i> L.	.				+		.	.	.	.	.	I	45,5	0,54
<i>Eleocharis af. melanomphala</i> C.B. Clarke	.				.		.	.	.	.	.	I	125	1,48
<i>Carex subantarctica</i> Speg.	.				.		.	.	.	2	3	I	161	1,91
<i>Carex af. gayana</i> E. Desv.	.				.		.	.	.	.	.	I	330	3,9
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.	.				.		+	.	.	.	.	II	443	5,24
<i>Juncus depauperatus</i> Phil.	.				.		.	.	.	.	.	I	102	1,21
<i>Triglochin palustris</i> L.	.				.		.	.	.	.	.	I	102	1,21
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup	.				.		.	.	.	.	.	I	375	4,44
<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen	.				.		.	.	.	.	.	I	375	4,44
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	.				.		.	.	.	.	.	I	22,7	0,27
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	.			2	.		.	.	.	.	.	I	125	1,48
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	.				.		.	.	.	.	.	I	22,7	0,27
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>	.	2			.	1	.	.	.	.	.	I	307	3,63

Tabla 11 (Cont.) Tabla florística de la comunidad de *Patosia clandestina*

Altitud	3800	3800	3800	3700	3600	3700	3800	4200	4200	3700	3800	Ubicación	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Ubicación	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"				
Relevamiento No.	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44				
<i>Deyeuxia</i> af. <i>velutina</i> Nees & Meyen							.	.	.	.	.		I	22,7	0,27
<i>Carex incurva</i> Lightf.							.	.	.	.	.		I	125	1,48
<i>Poa annua</i> L.			+				.	.	.	1	.		II	330	3,9
<i>Festuca nardifolia</i> Griseb.							.	.	.	.	.		I	148	1,75
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau	5	5	5	2	5	3	4	1	1	5	+	V	5811	68,8	
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.							.	.	.	.	.		I	102	1,21
<i>Cerastium arvense</i> L.				+			.	.	.	.	.		I	45,5	0,54
<i>Eleocharis</i> af. <i>melanomphala</i> C.B. Clarke					2		.	.	.	.	.		I	125	1,48
<i>Carex subantarctica</i> Speg.							.	.	+	.	.		I	161	1,91
<i>Carex</i> af. <i>gayana</i> E. Desv.						1	3	.	.	.	1		I	330	3,9
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P. Beauv.				+		+	2	2	2	.	.		II	443	5,24
<i>Juncus depauperatus</i> Phil.				+			.	.	.	1	.		I	102	1,21
<i>Triglochin palustris</i> L.				+			.	.	.	1	.		I	102	1,21
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup															
<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen						1	2	.	.	3	.		I	375	4,44
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.							.	.	.	+	.		I	22,7	0,27
<i>Oxychloe andina</i> Phil.							.	.	.	.	.		I	125	1,48
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.							.	.	.	.	+		I	22,7	0,27
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>			1	+			.	.	.	.	.		I	307	3,63

E- Comunidad de *Juncus stipulatus*: (Tabla 12)

Comunidad de suelos saturados en superficie, con una cobertura media del 83 %, acompañada por: *Patosia clandestina*, *Caltha sagittata*, *Carex subantarctica*, *Juncus balticus* ssp. *andicola*, *Juncus stipulatus*, *Urtica buchtienii*, *Calceolaria glacialis*, *Plantago tomentosa*, *Eleocharis albibracteata*, *Carex atropicta*, *Plantago paralias*, *Hordeum pubiflorum* ssp. *halophilum*. En la Tabla 12 se observan los valores de presencia, cobertura absoluta y en porcentaje, las especies con valores más altos de coberturas son *Eleocharis albibracteata*, *Calceolaria glacialis* y *Carex atropicta*.

Tabla 12: Tabla florística de la comunidad de *Juncus stipulatus*

Altitud	3600	3800	3600	3700	4200	3800	3800	3700	3700	3700			
Ubicación	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Relevamiento No.	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54			
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I	50	0,59
<i>Caltha sagittata</i> Cav.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	50	0,59
<i>Carex subantarctica</i> Speg.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I	50	0,59
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup <i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen	.	2	4	4	4	+	+	3	3*	3	V	3435	40,65
<i>Urtica buchtienii</i> R. Ross	1	.	.	.	+	.	.	+	+	.	II	325	3,84
<i>Calceolaria glacialis</i> Wedd.	2	1	.	.	.	.	.	.	+	+	II	550	6,50
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	I	175	2,07
<i>Eleocharis albibracteata</i> Nees	+	.	.	5	2	.	+	1	.	.	III	1395	16,50
<i>Carex atropicta</i> Steud.	.	.	.	3	.	+	.	.	+	+	II	525	6,21
<i>Plantago paralias</i> Decne	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	I	100	1,18
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>	.	.	.	.	.	.	+	1	+	+	II	325	3,84

D-Comunidad de *Oxychloe andina*: (Tabla 13)

Comunidad de suelos sobresaturados con una cobertura media del 96 %, en contacto con agua libre de arroyo o grandes charcas en depresiones. Las especies acompañantes de esta comunidad son: *Deyeuxia* af. *velutina*, *Juncus balticus* ssp. *andicola*, *Poa annua*, *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea*, *Eleocharis* af. *melanomphala*, *Carex subantarctica*, *Juncus balticus* ssp. *andicola*, *Juncus stipulatus*, *Potamogeton pectinatus* y *Hordeum pubiflorum* ssp. *halophilum*. En la Tabla 13 se observan los valores de presencia, cobertura absoluta y porcentajes, en donde las especies con valores más altos de coberturas son: *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea* y *Deyeuxia* af. *velutina*.

Tabla 13: Tabla florística de la comunidad *Oxychloe andina*

Altitud	3600	3700	3800	3600	3600	4200	4200			
Ubicación	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Relevamiento No.	55	56	57	58	59	60	61			
<i>Deyeuxia</i> af. <i>velutina</i> Nees & Meyen								1	I	269 3,1862
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup									I	135 1,5931
<i>Poa annua</i> L.	+								II	115 1,3655
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau		1							I	135 1,5931
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.							1		I	135 1,5931
<i>Eleocharis</i> af. <i>melanomphala</i> C.B. Clarke									I	38,5 0,4552
<i>Carex subantarctica</i> Speg.			+						I	76,9 0,9103
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup										
<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen			+						I	38,5 0,4552
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	4	5	5	4	4	5	5		V	7012 82,977
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.									I	76,9 0,9103
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>								+	I	76,9 0,9103

Tabla 13. (Cont.) Tabla florística de la comunidad de *Oxychloe andina*

Altitud	4200	4200	3700	3700	3700	3800			
Ubicación	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 16'27.45" 68° 49'32.92"	28° 43'55.32" 69° 17'03.92"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 44'11.21" 69° 17'05.69"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Relevamiento No.	62	63	64	65	66	67			
<i>Deyeuxia</i> af. <i>velutina</i> Nees & Meyen	1						I	269	3,1862
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup		1					I	135	1,5931
<i>Poa annua</i> L.	+	+					II	115	1,3655
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau							I	135	1,5931
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.							I	135	1,5931
<i>Eleocharis</i> af. <i>melanophala</i> C.B. Clarke	+						I	38,5	0,4552
<i>Carex subantarctica</i> Speg.						+	I	76,9	0,9103
<i>Juncus balticus</i> Willd. ssp. <i>andicola</i> (Hook.) Snogerup <i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen							I	38,5	0,4552
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	4	4	5	4	4	3	V	7012	82,977
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.			+	+			I	76,9	0,9103
<i>Hordeum pubiflorum</i> ssp. <i>halophilum</i>	+						I	76,9	0,9103

F-Comunidad *Potamogeton pectinatus*: (Tabla 14)

Son comunidades de ambiente en agua libre y en movimiento, con una cobertura media del 79 %, acompañadas de: *Myriophyllum aquaticum*, *Puccinellia frigida*, *Mimulus luteus*, *Ranunculus* af. *flagelliformis* y *Catabrosa wedermannii*. En la Tabla 14 se observa los valores de presencia, cobertura absoluta y en porcentaje, para cada especie dentro de esta comunidad. Las especies con valores más altos de cobertura son *Myriophyllum aquaticum*, *Puccinellia frigida* y *Mimulus luteus*.

Tabla 14: Tabla florística de la comunidad de *Potamogeton pectinatus*

Altitud	3800	3800	3800	3800	3800	3800	3600	3600	3600	3600			
Ubicación	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 40'58.86" 69° 19'09.28"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 26'28.23" 68° 50'46.45"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	28° 28'35.40" 68° 50'12.07"	Presencia	Cobertura absoluta	Cobertura (%)
Relevamiento No.	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77			
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	5	4	5	3	3	2	2	3	+	+	V	4110	48,639
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc.	2	.	.	.	3	1		+	+	+	III	975	11,538
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	.	.	.	.		3	2				I	650	7,6923
<i>Mimulus luteus</i> L.	.	.	.	.		3	1	+			II	600	7,1006
<i>Ranunculus af. flagelliformis</i> Sm.	.	.	.	.		2					I	275	3,2544
<i>Catabrosa werdermanii</i>									+		I	50	0,5917

En la Figura 28 se observa el DCA con la ordenación de las distintas especies. Las especies se indicaron por un número que se identifican en la Tabla sintética (Tabla 8). A cada agrupamiento (comunidad) se le agregó el nombre de la especie que denomina la comunidad. La disposición de las distintas especies responde a un gradiente de saturación en el suelo, que va desde los sectores sobresaturados con agua libre, representados por la comunidad de *Potamogeton pectinatus* hasta sectores secos, zona de bordes, con la comunidad *Juncus balticus* (Figura 28).

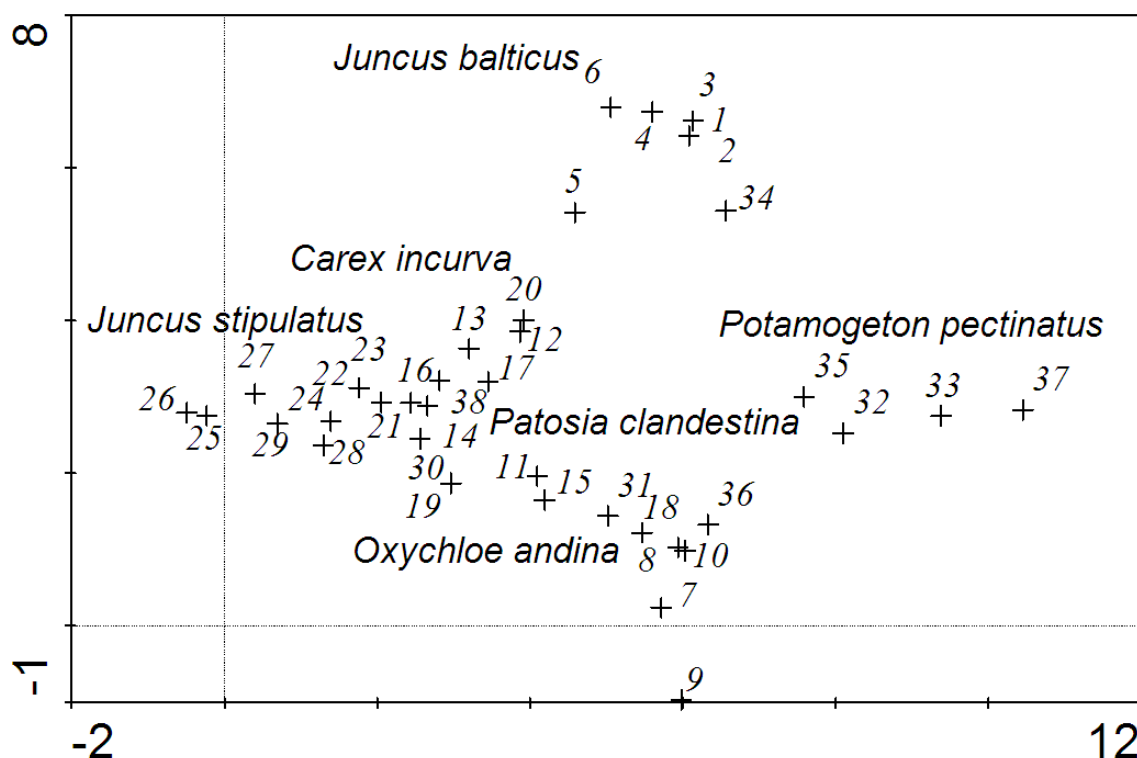


Figura 28: Ordenamiento de las especies de las seis comunidades. Se observa el primer y segundo eje del DCA. Las especies se indican con un número que se identifica en la tabla sintética. Para identificar las comunidades se agregó el nombre de la especie que denomina la comunidad

Los resultados obtenidos de los valores medios de porcentaje de cobertura total y de diversidad para cada comunidad se muestran en las Figuras 29 y 30. En la comunidad de *Juncus stipulatus* (E) se encuentra el valor más alto en diversidad, pero presenta un valor bajo en porcentaje de cobertura. La comunidad de *Potosia clandestina* (C) presenta valores altos de cobertura y diversidad. La comunidad de *Oxychloe andina* (D) es la comunidad que tiene el valor más bajo diversidad, pero presenta un valor alto de cobertura. La comunidad con menor diversidad del microambiente seco es *Juncus balticus* (A), mientras que la comunidad *Carex incurva* (B) tiene un valor alto de diversidad y de cobertura.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre la cobertura de las distintas comunidades (ANOVA, $F(5) = 2,09$; $P = 0,07$; $N = 77$). Con respecto a los valores de diversidad se detectaron diferencias significativas entre las distintas comunidades (Kruskal wallis, $H=11,10$; $gl= 5$; $P=0,04$ $N=77$). La

comunidad de *Oxychloe andina* es significativamente diferente de la comunidad *Juncus balticus* y a la comunidad *Juncus stipulatus*

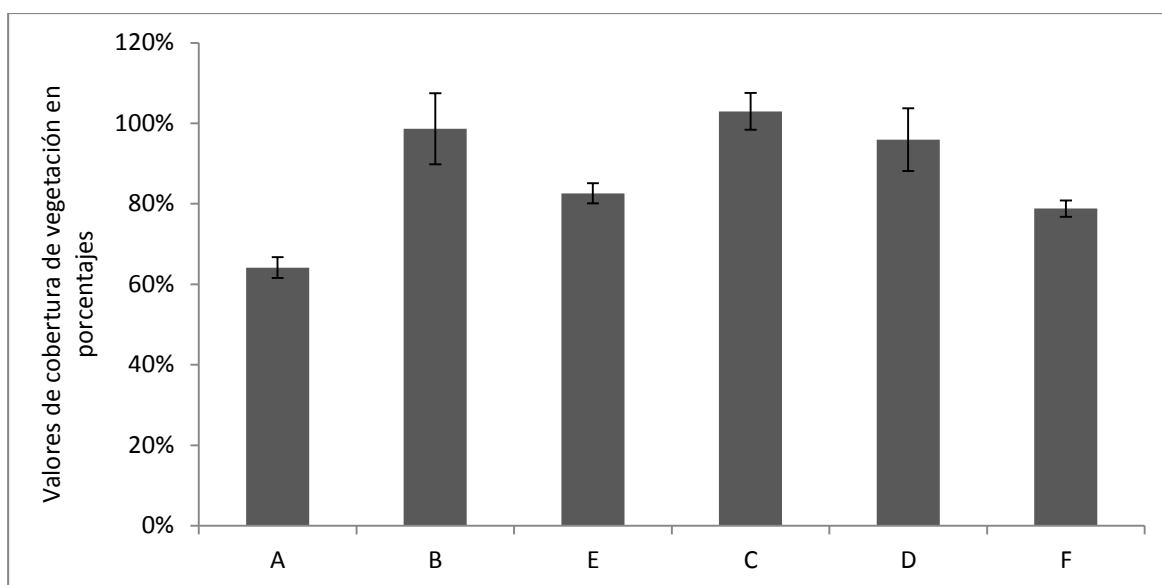


Figura 29: Porcentaje de cobertura total en las distintas comunidades que conforman la vega

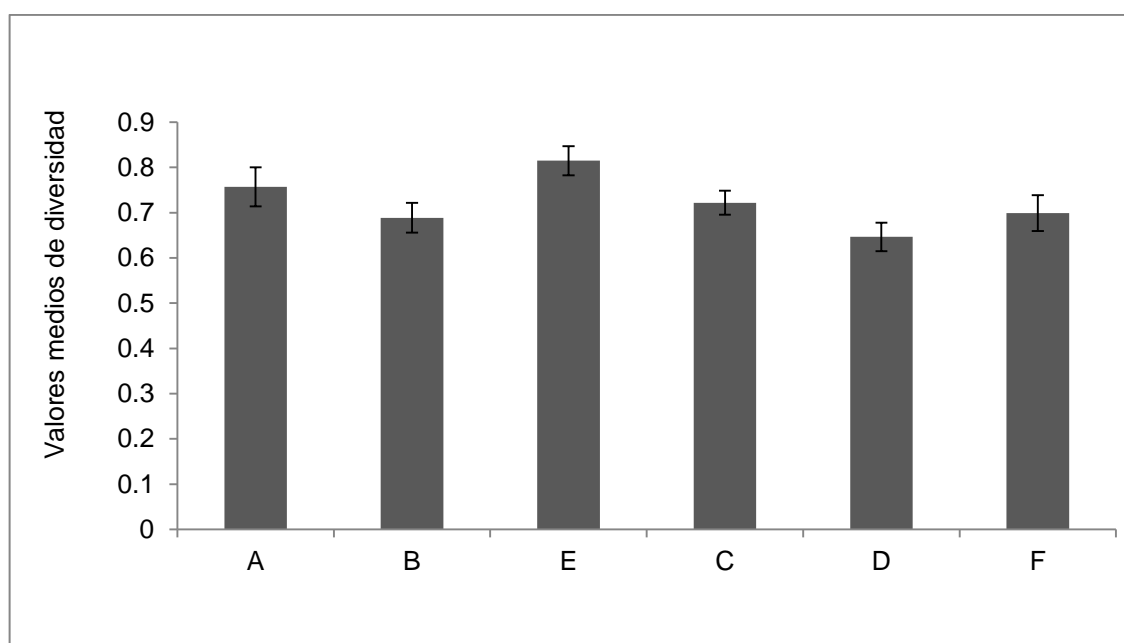


Figura 30: Valor medio de diversidad según el Índice de Simpson en las distintas comunidades que conforman la vega

Productividad primaria

Los valores obtenidos de productividad primaria neta aérea para un año con clausuras se observan en la Figura 31, el total anual fue de 2068.67 g/m². La vega Piuquenes es la que realiza mayor aporte y posteriormente Laguna Brava, La Guanaca y La Brea, respectivamente.

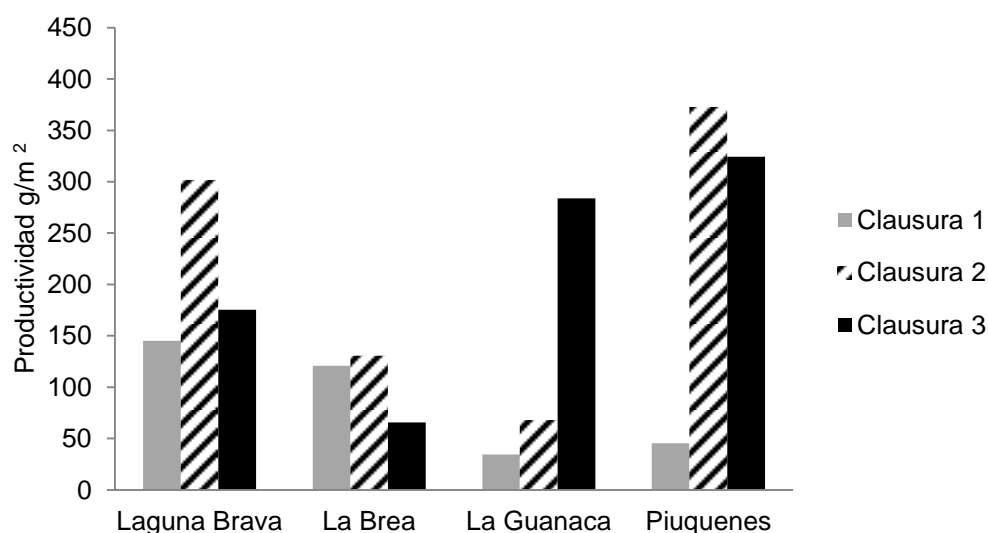


Figura 31: Productividad primaria neta aérea obtenida en el año 2011 mediante clausuras a lo largo de un año en distintas vegas del área de estudio

Delimitación de diferentes tipos de coberturas en las vegas

Los resultados obtenidos de la delimitación de los diferentes tipos de coberturas dentro de la vega se observan en la figuras 32, 34, 36, 38, 40 y 42. En estos mapas temáticos se muestran las diferentes coberturas del terreno para cada una de las vegas relevadas a campo. En las Figuras 33, 35, 37, 39, 41 y 43 se observan los valores de superficie en porcentaje para cada una de las clases temáticas delimitadas.

Los valores del nivel digital mínimo, máximo, medio y desviación estándar de las tres clases espectrales asignadas para los distintos microambientes para la escena de la Reserva de Laguna Brava se observan en la Tabla 15 y para la Reserva de San Guillermo Tabla 16.

Tabla 15: Valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar del nivel digital de cada clase espectral obtenida de la imagen satelital de la Reserva Laguna Brava, La Rioja

Valores del nivel digital en vegas Reserva Laguna Brava				
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Clase 1	0	20,78	0,49	2,84
Clase 2	20,79	39,69	33,13	4,06
Clase 3	39,70	147,22	48,65	7,37

Tabla 16: Valores mínimos, máximos, medios y desviación estándar del nivel digital de cada clase espectral obtenida de la imagen satelital de la Reserva San Guillermo, San Juan

Valores del nivel digital en vegas Reserva San Guillermo				
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Clase 1	0	17,80	0,27	1,99
Clase 2	17,81	33,37	26,76	3,52
Clase 3	33,37	127,50	42,54	7,60

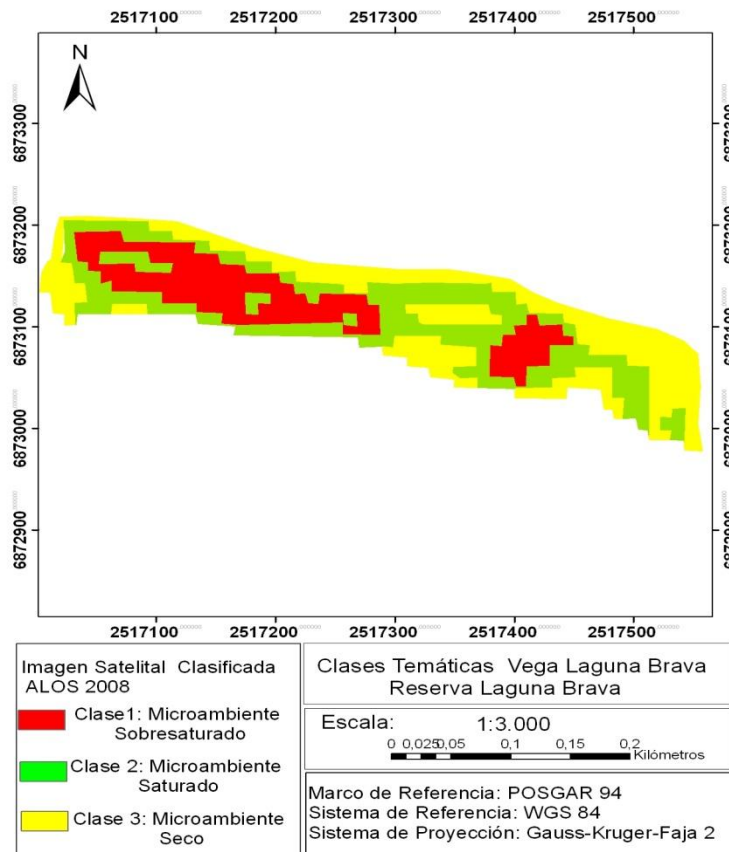


Figura 32: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Laguna Brava, Reserva Laguna Brava, La Rioja

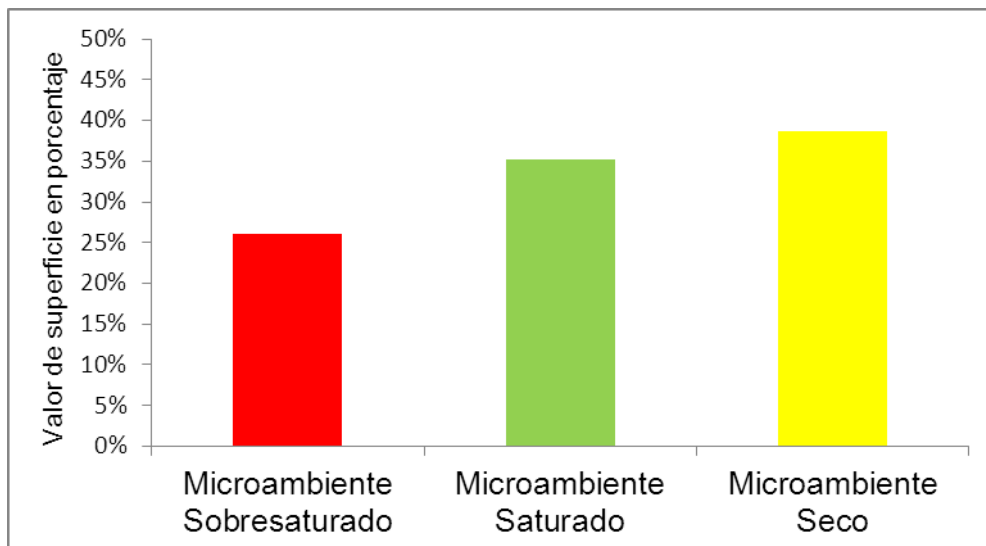


Figura 33: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Laguna Brava, Reserva Laguna Brava, La Rioja

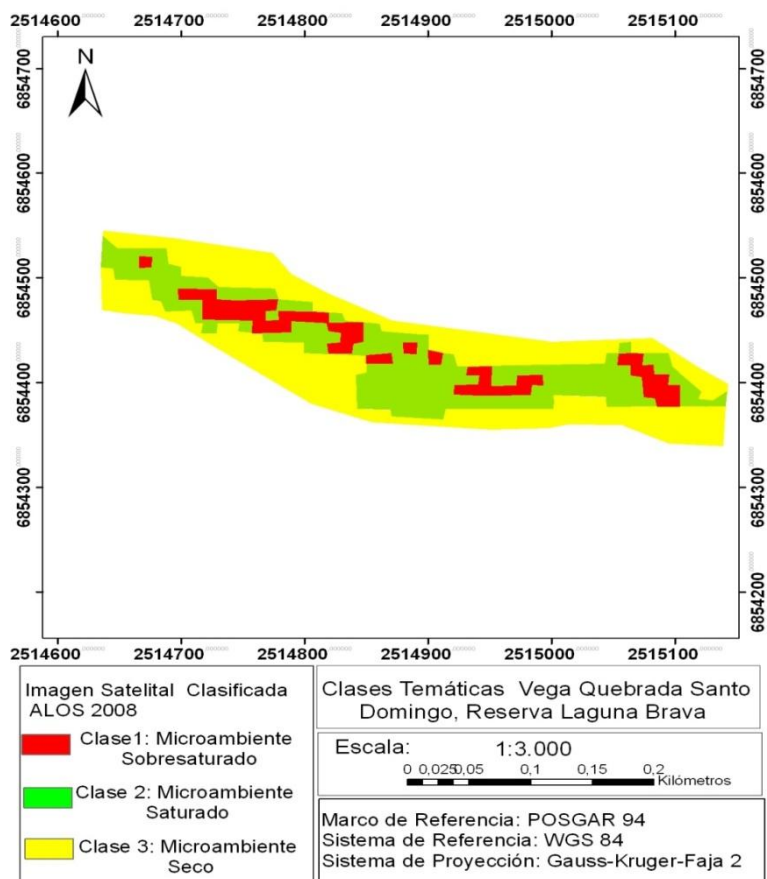


Figura 34: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Quebrada Santo Domingo, Reserva Laguna Brava, La Rioja

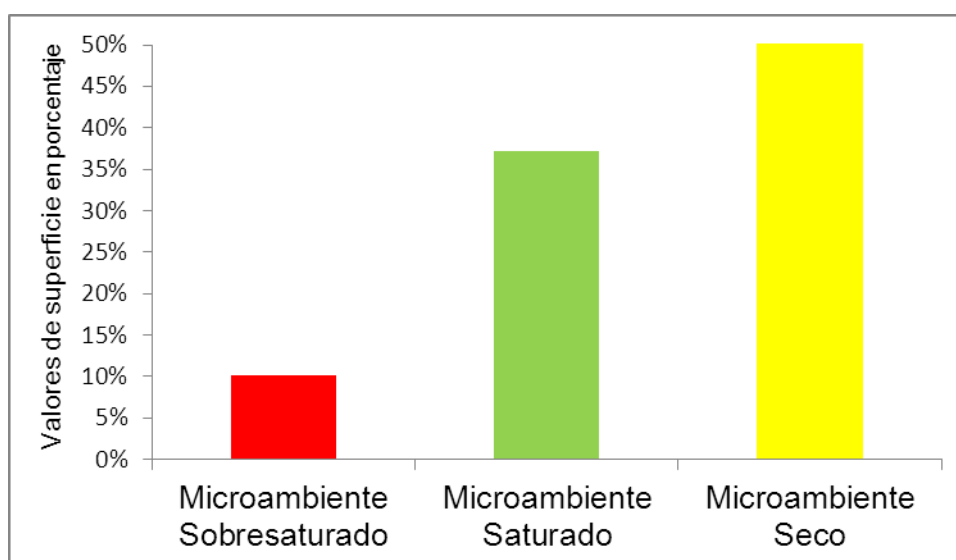


Figura 35: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Quebrada Santo Domingo, Reserva Laguna Brava, La Rioja

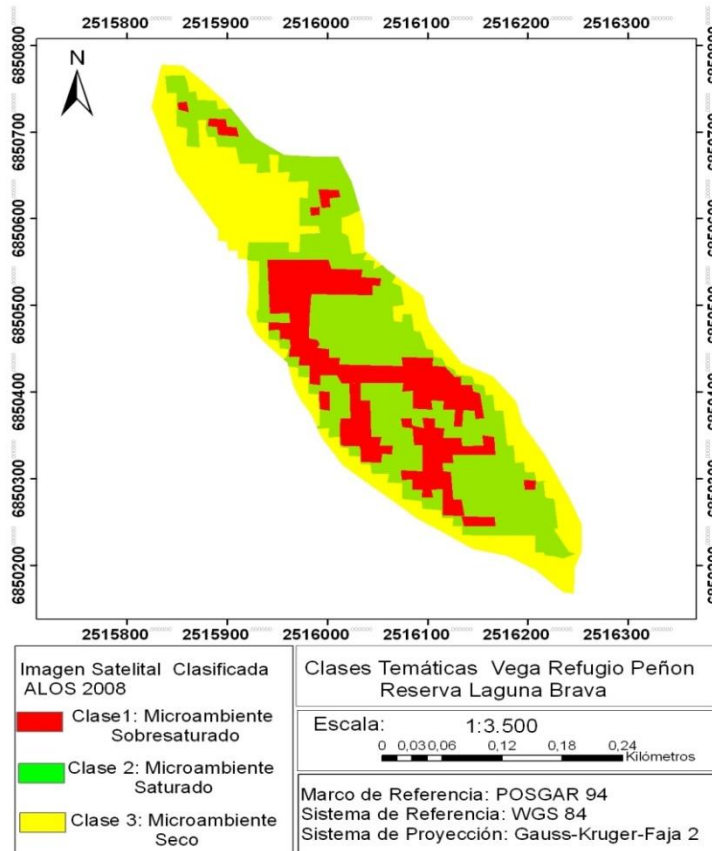


Figura 36: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Refugio Peñón, Reserva Laguna Brava, La Rioja

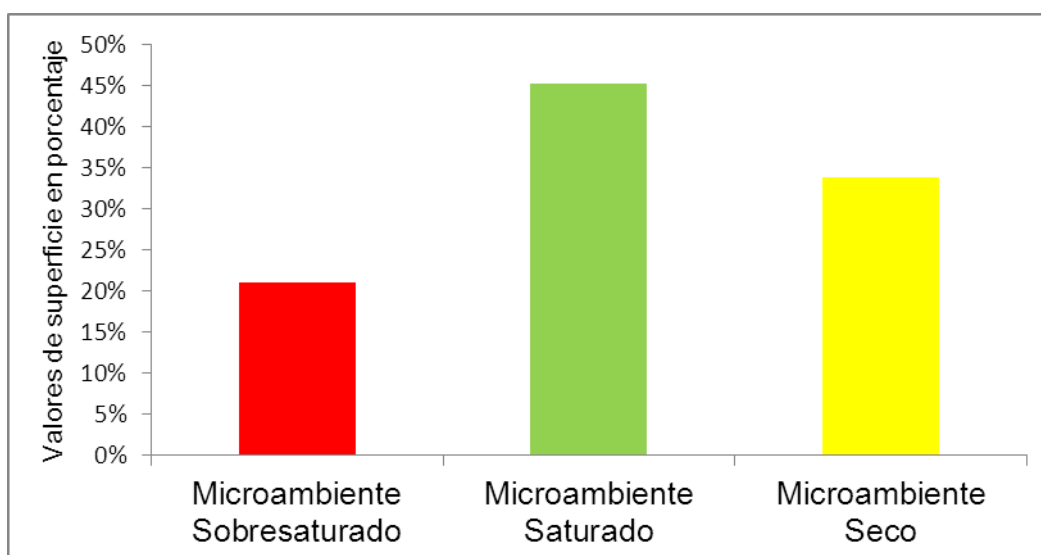


Figura 37: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Refugio Peñón, Reserva Laguna Brava, La Rioja

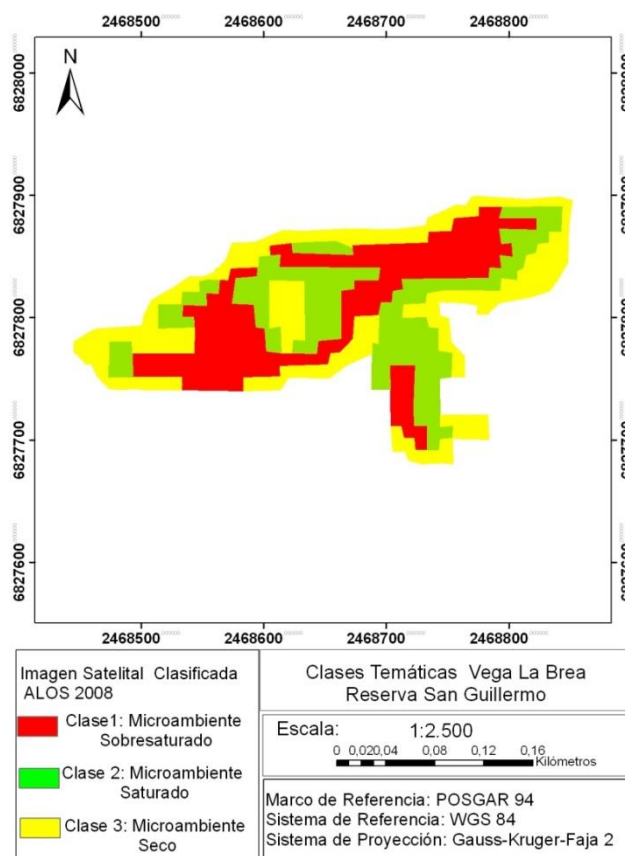


Figura 38: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega La Brea, Reserva San Guillermo, San Juan

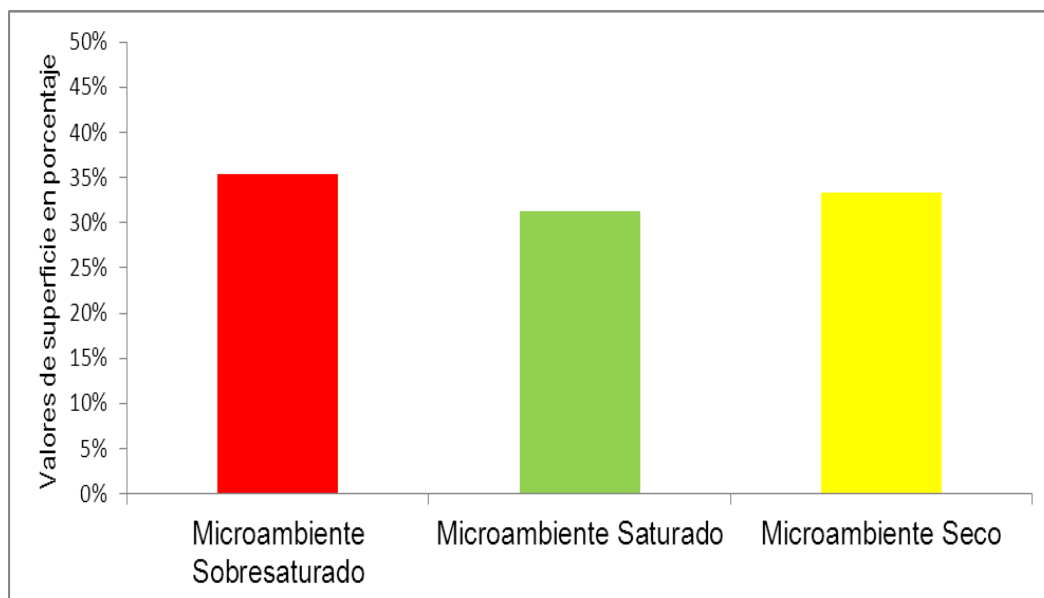


Figura 39: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega La Brea, Reserva San Guillermo, San Juan

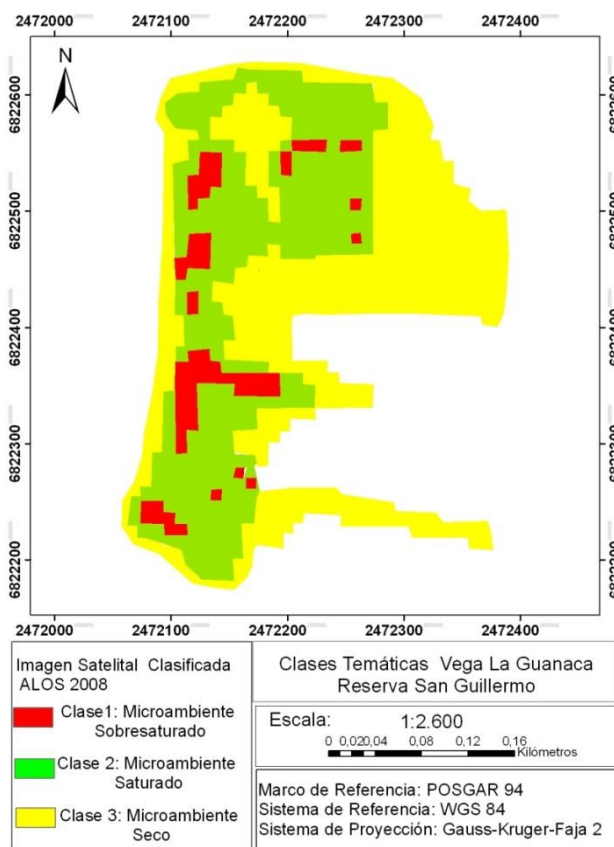


Figura 40: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega La Guanaca, Reserva San Guillermo, San Juan

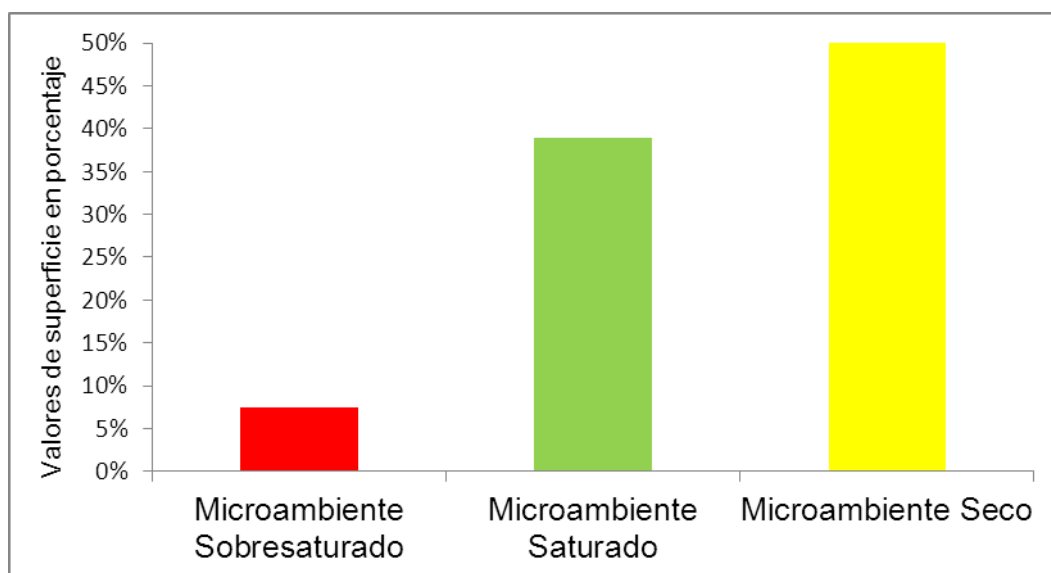


Figura 41: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega La Guanaca, Reserva San Guillermo, San Juan

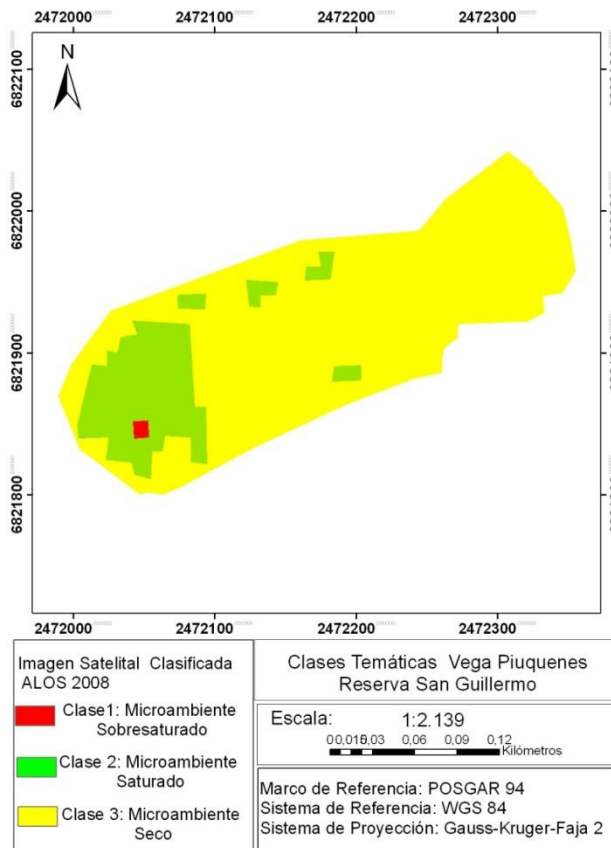


Figura 42: Mapa de caracterización de las clases temáticas en la vega Piuquenes, Reserva San Guillermo, San Juan

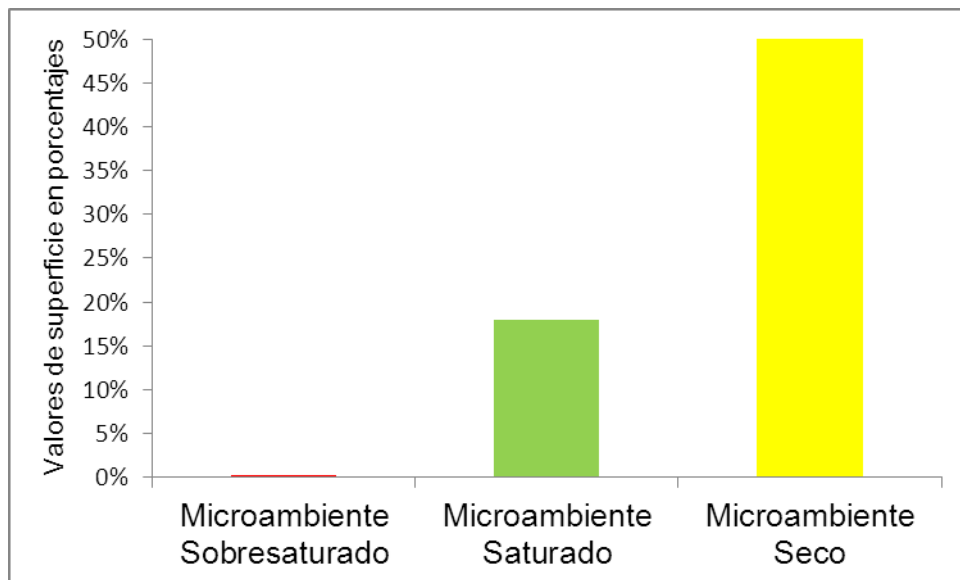


Figura 43: Valores de superficie en porcentajes de las distintas clases temáticas en la vega Piuquenes, Reserva San Guillermo, San Juan

En las seis vegas caracterizadas se encuentran presentes las tres clases temáticas, pero con diferentes valores de superficie.

Las vegas La Brea y Laguna Brava son las que tienen más superficie de microambiente sobresaturado y saturado. Las vegas La Guanaca, Quebrada Santo Domingo y Refugio Peñón tienen valores intermedios y la vega Piuquenes tiene los valores más bajos. Con respecto a los valores del microambiente seco son mayores en las vegas Piuquenes, La Guanaca, Quebrada Santo Domingo, Refugio Peñón, respectivamente.

Comunidades-Microambiente

Los resultados del X^2 indican que existe una asociación entre las comunidades y los microambientes. (X^2 Pearson= 146; $gl=10$; $P=0,0001$) y el grado de asociación entre estas es elevado (Coeficiente de contingencia de Pearson= 0,82).

Los resultados obtenidos del PERMANOVA muestran diferencias significativas en la composición florística entre microambientes ($P= 0,0001$), pero no entre la composición florística en las distintas vegas muestreadas ($P=0,8306$). La interacción entre el factor microambiente y vega no resultó significativa ($P=0,8541$).

Con respecto a los valores de cobertura por microambiente se observó que el microambiente sobresaturado presentó la mayor cobertura, el seco tuvo valores intermedios, mientras que el microambiente saturado obtuvo la menor cobertura vegetal (Figura 44). Sin embargo, el microambiente sobresaturado presentó los valores más bajos de diversidad, los microambientes secos mostraron valores intermedios y los saturados los valores más altos de diversidad (Figura 45).

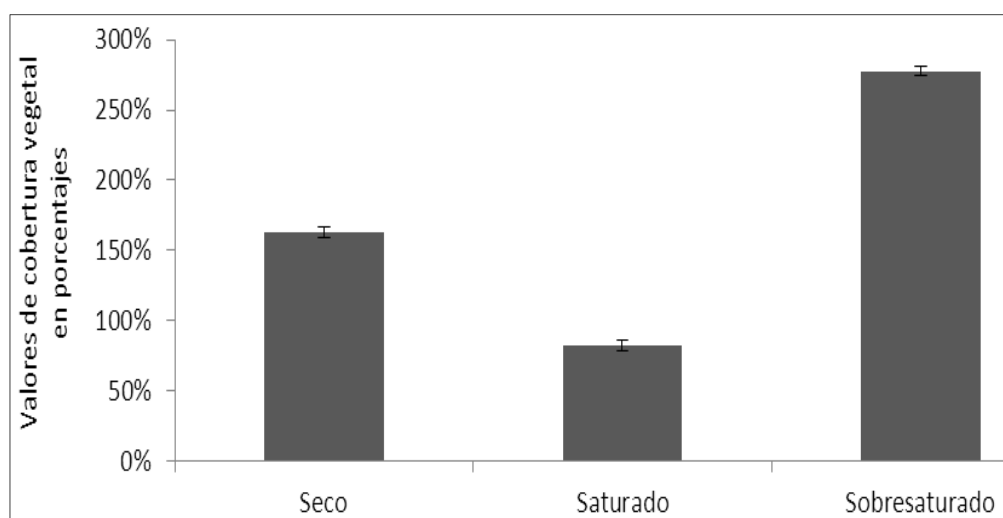


Figura 44: Porcentaje de cobertura total en los microambientes sobresaturado, saturado y seco

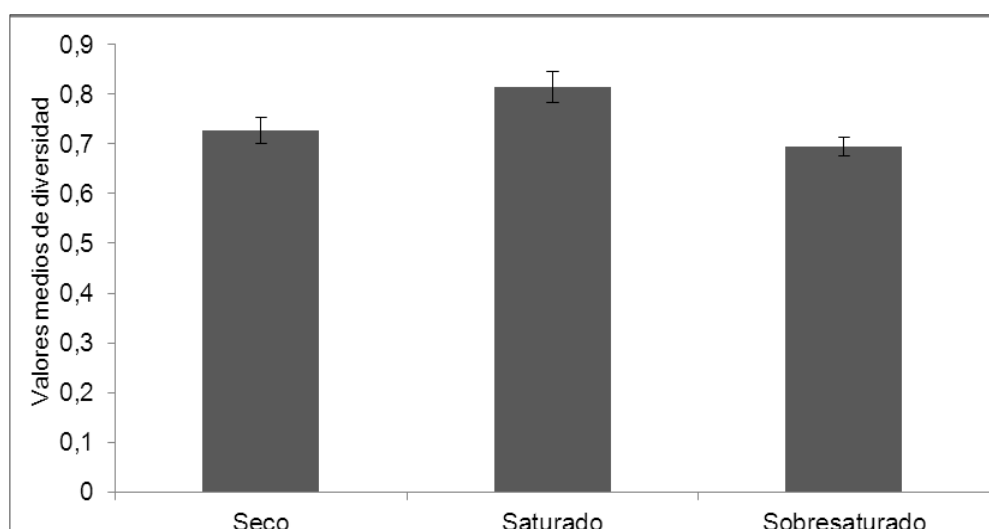


Figura 45: Valor medio de diversidad según el índice de Simpson en los microambientes sobresaturado, saturado y seco

Los análisis de GLM (Modelo Lineal Generalizado) mostraron que las diferencias en cobertura total no fueron significativamente diferentes entre microambientes ($X^2=1,25$; $P=0,53$), mientras que las diferencias en la diversidad entre microambientes fue significativa ($X^2 = 8,37$; $P=0,01$). La diversidad es diferente entre el microambiente sobresaturado y el saturado (Test a posteriori Bonferroni, $P= 0,03$).

Caracterización microambientes

El análisis de componentes principales mostró dos ejes que absorben la mayor variabilidad, el primer eje que explica el 57,65% y el segundo el 16,51%, ambos ejes explicaron el 74,16% de la variabilidad observada en los datos. En la Figura 46 se observó la ordenación de los relevamientos, que dio como resultado tres grupos claramente definidos, cada agrupación se correspondió con un tipo de microambiente.

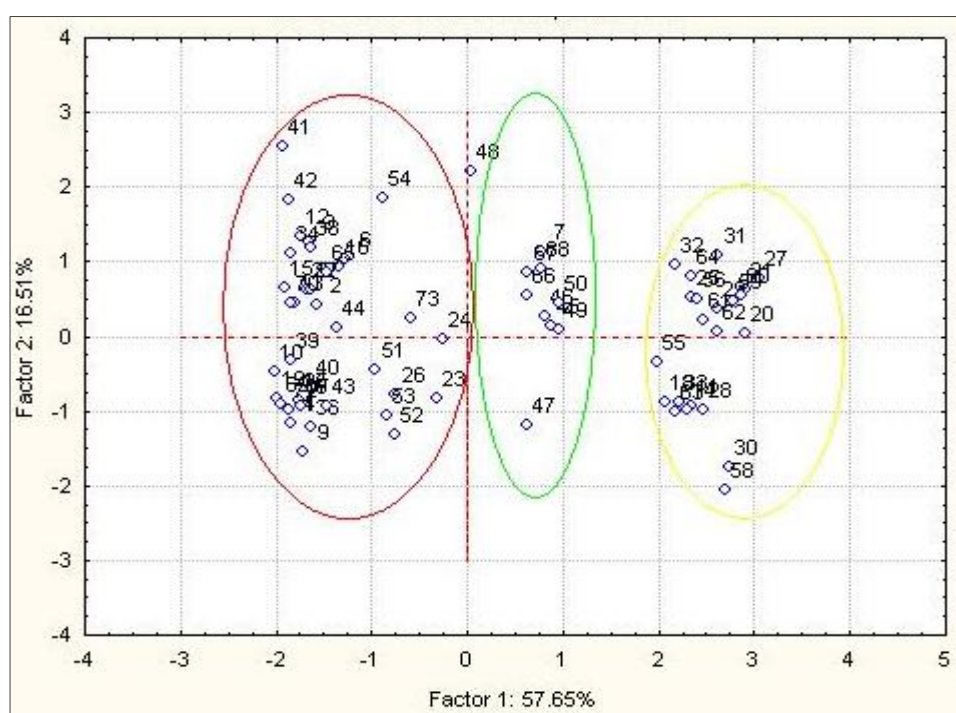


Figura 46: Posiciones de los relevamientos respecto a los ejes uno y dos del análisis de componentes principales. Se indicaron con círculos los límites del agrupamiento de los relevamiento correspondiente al microambiente sobresaturado (color rojo), saturado (color verde) y seco (color amarillo)

En la Figura 47 se observó cómo se comportan y correlacionan las seis variables. Las variables nivel digital, microtopografía y comunidades fueron correlacionados positivamente. La variable contenido de humedad fue correlacionada inversamente con respecto a las anteriores. Con respecto a la cobertura se observó una correlación menor y negativa. La diversidad también presentó una correlación menor pero positiva. Además se observó que los valores de nivel digital y microtopografía aumentan, mientras los valores de contenido de

humedad disminuyen. Las variables microtopografía, contenido de humedad, nivel digital y comunidades fueron las que mejor explicaron los agrupamientos.

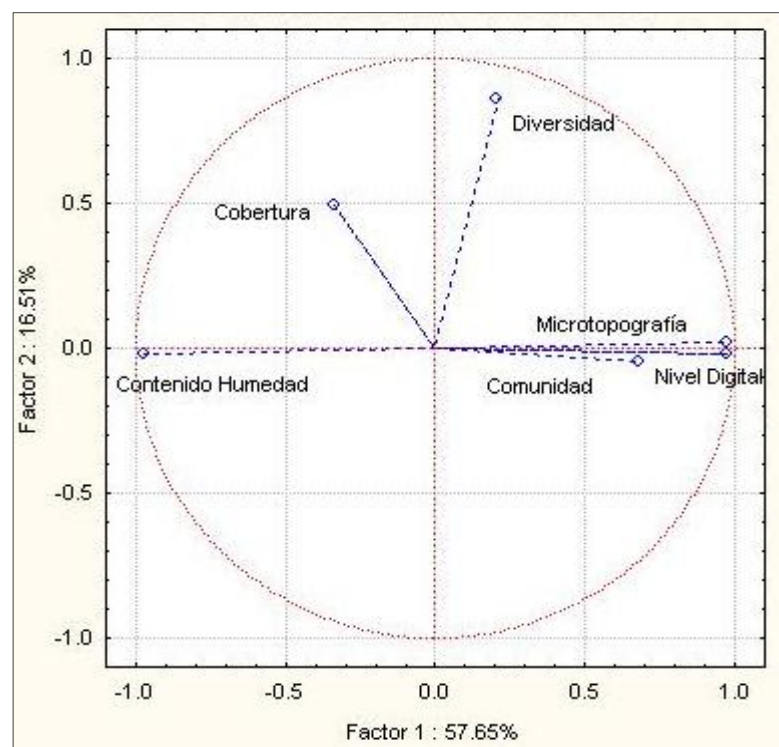


Figura 47: Ordenamiento de las seis variables (microtopografía, contenido de humedad, diversidad, cobertura, nivel digital) resultado del análisis de componentes principales, el eje un explica el 57, 66% de la variabilidad y el eje dos el 16,51%

Se detectaron diferencias significativas en el contenido de humedad entre los microambientes sobresaturado, saturado y seco (Kruskal Wallis, $H=57,10$; $gl= 2$; $P= 0.0001$; $N=77$). Los valores de microtopografía fueron significativamente diferentes entre los microambientes sobresaturado, saturado y seco (Kruskal Wallis, $H=57,10$; $gl= 2$; $P= 0.0001$; $N=77$). También los valores de nivel digital fueron significativamente diferentes entre los distintos microambientes, sobresaturado, saturado y seco (Kruskal Wallis, $H=57,10$; $gl= 2$; $P= 0,0001$; $N=77$).

En la Figura 48 se representa un esquema de aproximación de la vinculación de la microtopografía, el contenido de humedad del suelo y las comunidades vegetales en los distintos microambientes.



Figura 48: Catena de las distintas comunidades vegetales que conforman los distintos microambientes en una vega

En síntesis a escala de detalle en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo se observó una estructura interna dada principalmente por tres microambientes: sobresaturado, saturado y seco, que estuvieron determinados por la microtopografía, contenido de humedad del suelo, composición florística, clases espectrales y diversidad. Quedando caracterizados de la siguiente manera:

Microambiente sobresaturado

El microambiente sobresaturado tiene la particularidad de tener agua libre en superficie, ésta puede estar estancada (charcas de agua) o en movimiento (cursos de agua, arroyos o ríos), generalmente con drenaje e inundación permanente. Los valores de microtopografía media son más bajos, ya que son zonas casi planas. En cuanto a la diversidad, tienen valores bajos en relación a los otros microambientes, está conformado por la comunidad de *Patosia clandestina*, *Oxychloe andina* y *Potamogeton pectinatus*. La vegetación está adaptada condiciones de hidromorfismo (Figura 49). Está representado por la clase temática 1 (color rojo) de las imágenes satelitales, el nivel digital medio es bajo (0, 27-0,49).

Microambiente saturado

En el microambiente saturado el agua no se encuentra libre y el nivel de saturación dependerá de nivel del freático y de la proximidad con ambientes sobresaturados, entre otros. Son microambientes húmedos con suelos saturados en superficie, sin agua libre en movimiento ni inundación, generalmente con drenaje y escurrimiento periódico o temporal. Los valores de microtopografía media son más altos que los valores del microambiente sobresaturado. Este microambiente está conformado por la comunidad de *Juncus stipulatus* donde la vegetación se encuentra adaptada a periodos de humedad y sequía fluctuantes y tienen los valores más altos de diversidad (Figura 49). Mediante imágenes satelitales este microambiente está representado por la clase temática 2 (color verde), tiene valores medios de nivel digital intermedios (33,13-26,76).

Microambiente seco

Son microambientes con suelos secos en superficie, la cobertura de la vegetación es de media a alta, dependiendo de la comunidad. En algunas ocasiones se observan canales característicos con drenaje intermitente o temporal generalmente secos, se puede observar la presencia de domos criogénicos. La vegetación está adaptada a condiciones de sequedad prolongada. En la zona de la periferia o de borde de la vega se observa la comunidad de *Juncus balticus* sobre suelos secos, sin flujo hídrico. Ocurren procesos de

salinización con vegetación adaptada a condiciones de sequedad permanente (Figura 49). Los valores de diversidad, en relación a los microambientes sobresaturados, son más altos, pero menor en relación a los saturados. Los valores de microtopografía son más altos que los de microambientes saturados. Este microambiente está representado por la clase temática 3 (color amarillo) en la imagen satelital, tiene valores medios altos de nivel digital (42,54-48,65).

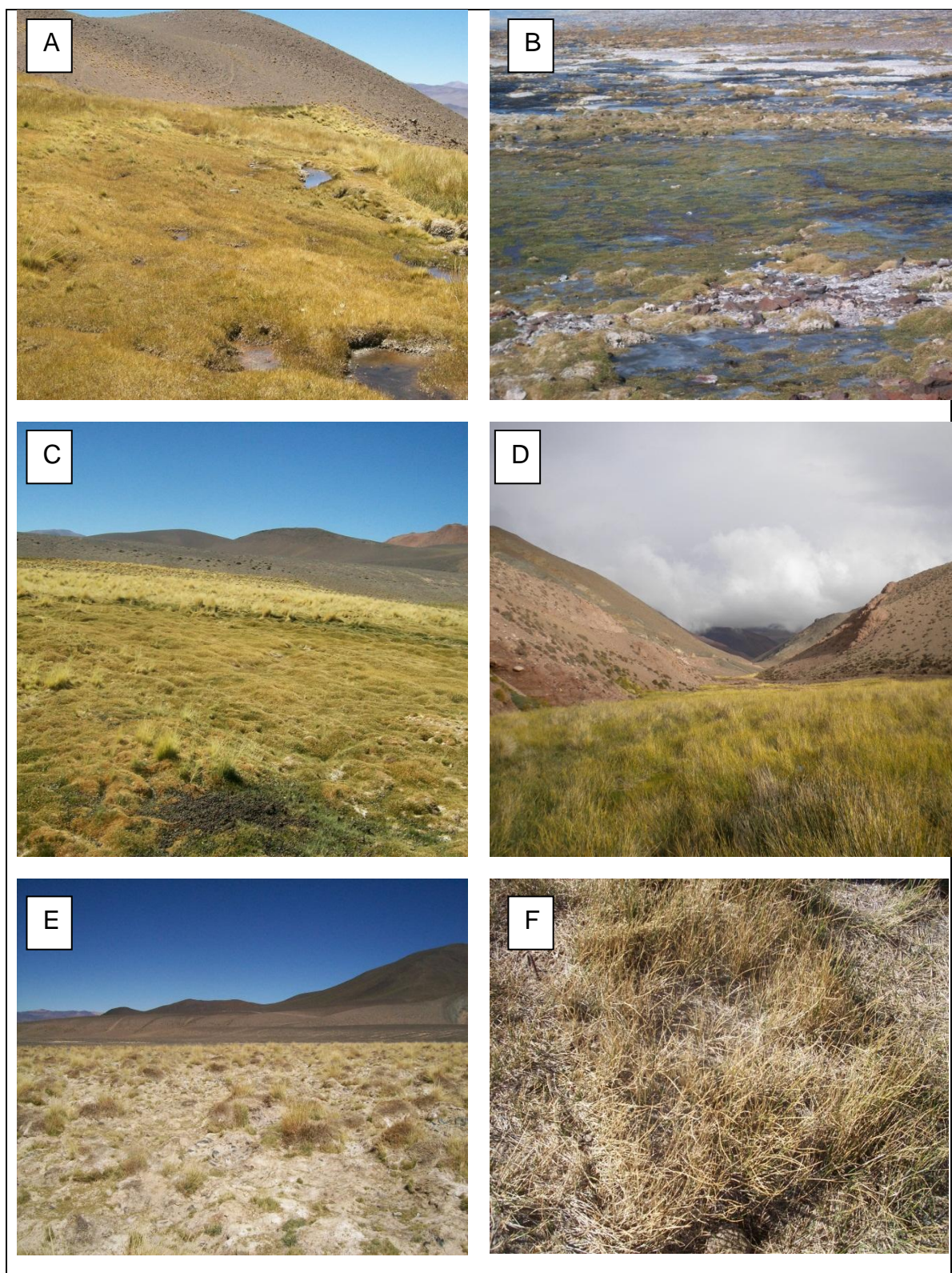


Figura 49: Tipos de microambientes en vegas A y B: Sobresaturado, C y D: Saturado, E y F: Seco

1.4. Discusión

En concordancia con Martínez Carretero (2007, 2010) se identificaron seis comunidades vegetales. Las comunidades están compuestas predominantemente por juncáceas, ciperáceas y gramíneas. Considerando la composición florística de vegas en diversas localidades altoandinas existen similitudes y diferencias florísticas. Estas variaciones pueden estar atribuidas a los cambios en temperatura, altitud, latitud, precipitaciones, entre otros, que determinan la presencia o ausencia de ciertas comunidades y especies. Existen especies que tiene rangos de tolerancia más amplios y se pueden encontrar en distintos sitios, como el caso de *Eleocharis albibracteata*, entre otras (Méndez, 2007). Las perturbaciones o presiones antrópicas a las que están sometidas las vegas pueden provocar cambios en su composición florística, como es el caso de vegas en Aconcagua (Méndez et al., 2006) o de mallines en Patagonia (Gandullo et al., 2011). Los resultados obtenidos de la conformación de comunidades vegetales y composición florística se asemejan a los trabajos realizados por otros autores en ambientes similares, como Squeo et al., (2006b), Méndez et al., (2006) y Méndez (2007).

Las distintas comunidades vegetales se desarrollan en tres microambientes donde la disponibilidad de agua y la microtopografía son los principales modeladores (Gaitán et al., 2011; Martínez Carretero y Ontivero, en prensa; entre otros). El solapamiento de las comunidades en el plano del ordenamiento espacial revela que existe un gradiente discontinuo, que se ve reflejado por la discontinuidad florística y microambiental (Campos et al., 2011; Gandullo et al., 2011; Gaitán et al., 2011; entre otros). En concordancia con Gaitán et al. (2011) las diferencias en la microtopografía determinan diferencias en régimen hidrológico en distintas áreas dentro de la vega. Cuando las condiciones de humedad del suelo aumentan y la microtopografía disminuye, se determinan microambientes sobresaturados, en este sector se encuentran las comunidades adaptadas a condiciones de agua permanente, con los valores de cobertura más altos. A continuación de este microambiente se observa la zona intermedia saturada, con un nivel topográfico más elevado donde la mayor parte del año posee el nivel freático cercano a la superficie, los valores de cobertura son intermedios. Por último, en la zona periférica o de borde, se encuentran

comunidades adaptadas a ambientes xéricos, donde los valores de cobertura disminuyen en relación a los otros microambientes (Martínez Carretero, 1988; Gandullo y Schmid, 2001; Gandullo y Faggi, 2005; Martínez Carretero et al., 2009; Gaitán et al., 2011). Esto también fue observado en humedales del extremo sur de Sudamérica donde se reconocen vegas húmedas situadas en el centro o próximas a él, con alta concentración de agua, y vegas xéricas que están hacia los bordes. Además, se observa como las variaciones en el relieve y el período de inundación determinan la estructura y la composición de la vegetación (Collantes y Faggi, 1999)

Gaitán et al. (2011) determinaron tres comunidades vegetales asociadas a los distintos microambientes. En el presente estudio se determinaron seis comunidades vegetales de las cuales tres están vinculadas a microambiente sobresaturado, uno a microambiente saturados y dos a microambiente seco.

Con respecto a la riqueza total se determinaron 38 especies vegetales. En ambientes similares como el Parque Aconcagua se encontraron 39 especies (Méndez et al., 2006), para el Parque San Guillermo 28 especies (Martínez Carretero, 2010) y en el sector de los Andes chilenos 32 especies (Ginocchio et al., 2008). La mayor diversidad se concentra en los microambientes saturados.

La biomasa total a lo largo de un año con clausura fue de 4556,12 g/m². Ruiz (2007) obtuvo para un ambiente similar en San Juan una biomasa anual total con clausura de 1489,37 g/m². Squeo et al. (2006a) en los Andes chilenos, determinó para vegas una productividad de 889,3 g/m². Es probable que las diferencias encontradas en la producción de biomasa entre ambientes, sean atribuidas al uso que se le da al territorio, a las acciones antrópicas y a las condiciones climáticas propias de cada año.

Las distintas clases espectrales se corresponden con distintos microambientes vinculados a condiciones más secas o condiciones más húmedas. Los cuales varían en superficie y disposición. De acuerdo con Gandullo et al. (2006) y Campos et al. (2011) estos microambientes están en función de las variaciones en la microtopografía, nivel freático, contenido de humedad en el suelo y cobertura vegetal.

Las imágenes satelitales utilizadas y el procesamiento digital permitieron detectar tres clases espectrales que representan y delimitan los distintos microambientes observados en la vega. Datos similares fueron obtenidos por Peña et al. (2008) en mallines en la provincia de Neuquén.

En concordancia con Dronova et al. (2012), clasificaciones precisas de la vegetación permiten la evaluación a gran escala de la estructura y dinámica de los ecosistemas. Por lo que mediante esta aproximación es factible conocer que microambientes se encuentran en las vegas, especialmente de aquellas de difícil acceso, ya que a través de la determinación de las clases espectrales se puede conocer que microambientes predominan.

1.5. Conclusiones

Se identificaron seis comunidades vegetales localizadas entre 3600 m s.n.m. a 4200 m s.n.m., la disponibilidad de agua y la microtopografía resultaron como los principales controles de la variación y distribución de la vegetación.

A escala de detalle, se establecieron tres microambientes (sobresaturado, saturado y seco) que se diferencian por el contenido de humedad del suelo, composición florística, diversidad y clases espectrales.

Las clases espectrales reflejan parámetros de disponibilidad de agua, microtopografía y comunidades vegetales de los distintos microambientes. Por tal motivo se las puede utilizar para delimitar microambientes presentes en las vegas, especialmente de aquellas de difícil acceso.

Capítulo 5

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE VEGA Y DETERMINACIÓN DEL ESTADO

5.1 Introducción

Los humedales se encuentran en casi todos los climas y muestran una gran variación dentro de una misma zona climática. En una región climática relativamente homogénea los patrones y procesos son más variables en los humedales que en los ecosistemas terrestres. Estos ecosistemas tienen una compleja diversidad de elementos, microambientes y funciones, que hace necesario otorgar un orden a través de una clasificación (Brinson, 2004a). En la clasificación e inventario de humedales existen amplios criterios sobre cómo relevarlos y clasificarlos. Entre los métodos disponibles hay algunas aproximaciones frecuentemente utilizadas: el inventario nacional de Estados Unidos (Cowardin et al., 1979), la Secretaría de convención de Ramsar (1990) y la clasificación Hidrogeomórfica (HGM) propuesta por Brinson (1993). El conjunto de estos sistemas de clasificación tiene en común que son sistemas jerárquicos y que sus análisis consideran las variables hidrológicas y geomorfológicas entre las más relevantes para establecer las categorías o tipologías principales (Malvares y Lingua, 2004). En el contexto de este estudio el término tipología se empleará para referirse a las distintas categorías de humedales que se deriven del método de clasificación.

La Secretaría de la Convención de Ramsar recomienda la elaboración de inventarios de humedales a los países que forman parte, como un instrumento de ayuda para la formulación de políticas nacionales de humedales y a la asistencia de su uso racional dentro del territorio (Molero y Novelli, 2004). Argentina forma parte de esta Convención desde el año 1991 y en el año 1998 se realizó una propuesta de clasificación e inventariado elaborado por Canevari et al. (1998). Además, de esta propuesta se realizaron otras para distintas regiones del país. Cada una de ellas ha sido producto de algún criterio que el autor consideró relevante, generalmente asociado a ambientes geomorfológicos, suelos, pendientes, tipo de vegetación, entre otros. Se puede mencionar a Iriando et al. (1974), Movia (1984), Mazzonni y Vázquez (2004), Ahumada y Faundez, 2009, entre otros. La mayoría de estas clasificaciones se ha desarrollado para humedales del sur del país en ambientes geomorfológicos diferentes a los montañosos. Hasta el momento para la zona de los Altos Andes Centrales no se han realizado inventarios y propuestas de clasificación de estos ambientes.

Si bien el inventario y la clasificación de los humedales son aspectos importantes como herramientas de conservación y gestión, el conocimiento del estado en que se encuentran también es un aspecto relevante. Los humedales de montaña a lo largo de los Andes han sido considerados de gran importancia biológica a nivel global, no obstante no se cuenta con información actual, inherente al estado en la que se encuentran, la que existe es muy escasa y fragmentada. Se han realizado distintas propuestas metodológicas de evaluación del estado de los humedales, entre ellas: Turak et al, (2000), Munne et al. (2003), Figueroa et al. (2009), Jacobs et al. (2010), Gandullo et al. (2011), González del Tánago y García de Jalón (2011), entre otras. Estas metodologías están basadas en técnicas de reconocimiento visual y medición de distintos parámetros en campo, tales como: cobertura y estructura vegetal, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del canal fluvial, entre otros. Entre los distintos parámetros empleados para la evaluación, se considera a la vegetación (estructura, cobertura y composición) como un indicador clave para la calificación del estado ecológico de los humedales, ya que la vegetación posee características singulares y desempeñan funciones primordiales para el óptimo funcionamiento del humedal (Cole, 2002; Carrasco et al., 2014).

Se considera que un humedal se encuentra en óptimo estado cuando prevalecen las condiciones necesarias para el desarrollo de sus funciones (Cole, 2002; Carrasco et al., 2014). Entre estas funciones se puede mencionar la regulación hídrica, productividad de plantas, ciclado de nutrientes, fijación de carbono, descomposición, protección contra los procesos de erosión, refugio para la fauna, entre otras (Cole, 2002; Carrasco et al., 2014; Les Landes et al., 2014). Para llevar a cabo este conjunto de funciones es indispensable la provisión de agua, ya que este es el factor determinante tanto para la existencia del humedal, como para el desarrollo de la diversidad vegetal, cobertura vegetal, productividad y dinámica de nutrientes (Keddy, 2000; Mitch y Gosselink, 2007). Cambios en el régimen hidrológico suelen derivar en cambios masivos de la biota y de las funciones ecosistémicas. La falta de agua provoca la pérdida de cobertura vegetal y aumento de los procesos de degradación (Bunn et al., 1999; Muotka & Laasonen, 2002; Carrasco et al., 2014).

En este estudio se busca conocer el estado en la que se encuentran las vegas en base a las características de sus microambientes. Esto es posible dada las condiciones del área de estudio que, además de tener normativas de protección, son sectores que carecen de poblaciones cercanas y el desarrollo de actividades por el hombre es escaso a nulo. Según Sanderson et al. (2002) las reservas de San Guillermo y Laguna Brava se encuentran dentro de una de las zonas ecológicamente más intactas de América del Sur. En este marco el estado de la vega hace referencia al conjunto de factores que determinan la estructura y funcionamiento natural de la vega. Los factores que se tuvieron en cuenta son la microtopografía, contenido de humedad del suelo, composición y diversidad de las comunidades vegetales. Este conjunto de aspectos diferencian y caracterizan los distintos microambientes presentes en las vegas.

Las vegas en los Andes Centrales de Argentina se distribuyen principalmente en las provincias fitogeográficas Altoandina y Puna (Martínez Carretero, 2007). Estas áreas se caracterizan por ser de difícil acceso, debido a las condiciones climáticas y topográfica. Por lo que poder evaluar el estado en que se encuentra el mayor número de vegas mediante la medición de datos de campo es escasa. Las metodologías de evaluación del estado de los humedales publicadas se basan en la medición de diferentes variables en campo, por lo que presentan ciertas limitantes al momento de determinar el estado en vegas de difícil acceso. Por tal motivo resulta necesario poder contar con métodos que permitan inferir el estado en que se encuentran las vegas a través de parámetros evaluables mediante imágenes satelitales.

El empleo de las imágenes satelitales es una técnica de gran utilidad para la obtención de información relevante en variables como la cubierta vegetal, el tipo de vegetación en humedales y las variaciones de estas durante períodos secos y húmedos (Peña et al., 2008). Esto resulta muy importante, principalmente en zonas extensas y de difícil acceso, ya que mediante la teledetección se puede tener acceso al mayor número de humedales (Harvey y Colina, 2001).

5.2 Objetivos

Se sigue la misma numeración de los objetivos empleada en el capítulo introductorio con la finalidad de mantener el mismo orden.

Objetivos específicos clasificación de vega

13- Proponer una clasificación de vegas en base a la geomorfología-hidrología.

14- Caracterizar las distintas clases de vegas en base a la superficie, altura y pendiente.

Objetivo específico del estado en que se encuentra la vega

15- Proponer un método para indicar el estado en que se encuentran las vegas.

Objetivo específico de la aplicación de la propuesta de clasificación y estado sobre nuevas vegas

16- Evaluar vegas de difícil acceso mediante las metodologías de clasificación y determinación del estado.

5.3 Metodología

Metodología Objetivo 13

Materiales y Métodos

La propuesta de clasificación de vegas consiste en determinar el patrón tipológico de cada vega, en base a la asociación de las unidades geomorfológico, el tipo de escurrimiento dominante.

Para determinar el patrón tipológico de las 304 vegas identificadas en el área de estudio, se realizó un análisis a escala 1: 100.000 mediante la interpretación visual y análisis de intersección geométrica de las entidades de entrada en un entorno SIG. En este análisis se vincularon las coberturas de las unidades geomorfológicas con vegas (Capítulo 2) y el tipo de escurrimiento dominante en las vegas (Capítulo 3). El patrón tipológico determinado para las distintas vegas

fue corroborado en campo en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo. Se calculó el porcentaje de vegas que fue registrado en cada tipología.

Metodología Objetivo 14

Materiales y Métodos

Se caracterizaron las distintas tipologías de vegas, en función de la superficie, altura y pendiente y se analizó si existen diferencias. La superficie fue determinada mediante la herramienta de cálculo de superficie de ArcMap 10. La altura se determinó mediante el mapa de alturas obtenido del Modelo Digital de Elevación (MDE) de 15 m de resolución proveniente de GDEM de ASTER. El valor de la pendiente de cada tipo de vega se determinó mediante el mapa de pendientes generado a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) de ASTER y coberturas de SIG. Para esto se utilizó la herramienta de análisis espacial denominada estadística zonal como tabla del programa ArcMap 10. Se determinó los valores medios de superficie, altura y pendiente para cada tipología y se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor para determinar si existen diferencias significativas entre las tipologías. Como factor se consideró la variable tipo (cuatro tipos: de Río, Depresiones, Piedemonte y Falla). Para comprobar la normalidad de los datos se analizó la distribución con la prueba Kolmogorov-Smirnov. Los datos de altura y superficie se transformaron mediante el método de raíz cuadrada. Se emplearon pruebas de comparaciones múltiples a posteriori, utilizando la prueba de Tukey. El N empleado fue de 304.

Metodología Objetivo 15

Materiales y Métodos

En esta tesis se propone una metodología para clasificar las vegas en base a su estado. Las categorías propuestas están basadas en las características de los diferentes microambientes: microtopografía (Capítulo 2), contenido de humedad del suelo (Capítulo 3), cobertura de la vegetación, composición de comunidades vegetales y diversidad (Capítulo 4).

Mediante el empleo de imágenes satelitales ALOS-AVNIR-2 de 10x10 m de resolución espacial, se discriminó y delimitó los distintos tipos de microambientes que conforman una vega, mediante tres clases espectrales. Por lo tanto se propone determinar distintas categorías del estado de la vega en base a la proporción de cada una de estas tres clases espectrales. Se considera que la delimitación de los distintos microambientes y el análisis de sus superficies es un indicador síntesis que permite inferir el estado en que se encuentra la vega.

Para determinar el estado y evaluar su correspondencia a campo se trabajó con las seis vegas seleccionadas que permiten conocer fehacientemente las características de los distintos microambientes. Posteriormente se calculó y analizó la superficie de las distintas clases temáticas y se determinó, en base al análisis de las proporciones de sus superficies, en que categoría de estado se encuentra cada una. Finalmente, se realizaron corroboraciones en campo de los resultados obtenidos para cada una de las vegas.

Mediante la aplicación de esta metodología es factible inferir el estado de las vegas de difícil acceso, ya que cada clase espectral resume la información de cada microambiente presente en la vega. Esta posibilidad es de gran relevancia en ambientes montañosos como los Andes Centrales, ya que el mayor número de vegas se encuentra en sitios poco accesibles.

Cabe destacar que es necesario el empleo de imágenes satelitales de similares características que las utilizadas en este estudio para el desarrollo de la propuesta de determinación del estado de la vega.

Metodología Objetivo 16

Materiales y Métodos

La propuesta de clasificación y estado de la vega se puso a prueba en seis vegas de difícil acceso que fueron seleccionaron al azar dentro del área de estudio. Se estableció la tipología de cada vega mediante el método de clasificación y se determinó en qué estado se encuentra cada tipo.

Los resultados obtenidos del cálculo de las superficies en porcentaje de las distintas clases se presentaron en una tabla. Finalmente, se determinó el estado en que se encuentran las distintas tipologías. Los resultados obtenidos para vegas de difícil acceso pueden ser corroborados a campo por el cuerpo de guardaparques durante sus campañas de control.

5.4 Resultados

Clasificación de vegas

Del análisis de las 304 vegas se determinó que responden a cuatro tipos: de Río, Piedemonte, Depresiones y Falla. Estas tipologías están en función de la unidad geomorfológica y el tipo de escurrimiento dominante. La tipología de Río es la más común, en menor medida la de Piedemonte, Depresiones y Falla, respectivamente (Figura 50).

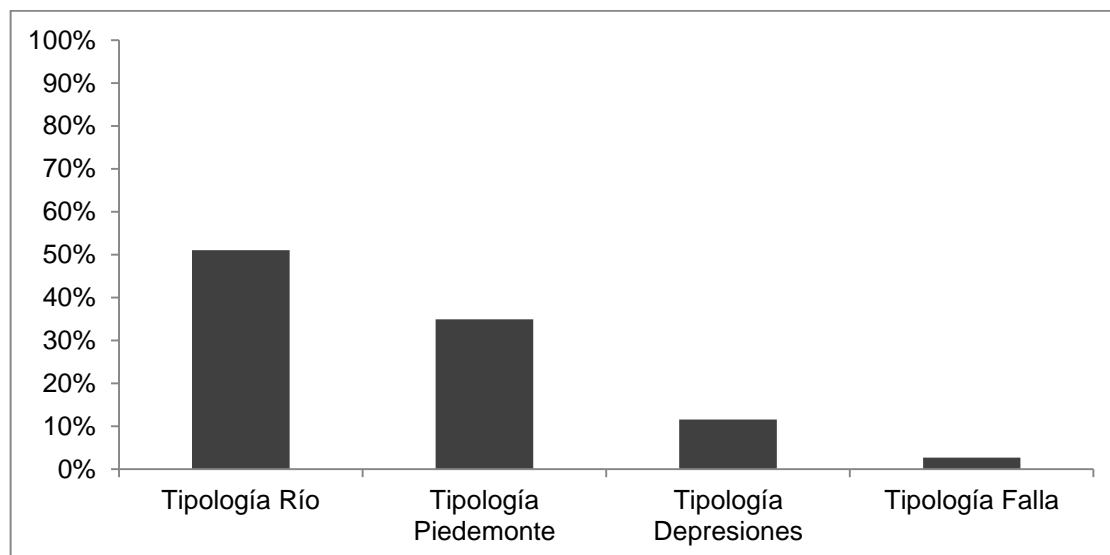


Figura 50: Porcentaje de vegas determinado para la tipología de Río, Piedemonte, Depresiones y Falla en el área de estudio

- **Tipología de Río:** Son vegas que están localizadas sobre planicies fluviales, que incluyen el curso del río y la llanura de inundación adyacente y presentan escurrimiento superficial lineal dominante. El escurrimiento puede ser permanente o temporal. Reciben principalmente aportes superficiales provenientes del derretimiento de nieves y glaciares y precipitaciones níveas.

-**Tipología de Piedemonte:** Son vegas que se localizan sobre laderas, abanicos aluviales y piedemonte indiferenciado, presentan escurrimiento superficial lineal a subsuperficial mantiforme dominante en la zona deprimida. Pueden tener agua permanente o temporal. Reciben principalmente aportes de agua subterránea y en ocasiones aportes superficiales temporales.

-**Tipología de Depresiones:** Son vegas que se localizan sobre depresiones sin descarga superficial con o sin agua, domina el escurrimiento subsuperficial mantiforme. Se consideran en esta categoría vegas de lagunas y salinas con agua permanente o temporal. Su alimentación proviene principalmente del agua subterránea; en ocasiones puede recibir aportes superficiales.

-**Tipología de Falla:** Son vegas que se localizan sobre fallas, presentan escurrimiento superficial lineal a subsuperficial mantiforme dominante en la zona deprimida, pueden tener o no agua en superficie y ésta ser permanente o temporal. Reciben principalmente aportes de agua subterránea y en menor medida aportes superficiales.

Las tipologías obtenidas fueron corroboradas en las seis vegas seleccionadas para realizar los trabajos de campo. En la Tabla 17 se observan los resultados obtenidos de la asociación entre la unidad geomorfológica- tipo de escurrimiento dominante y la tipología resultante. En la Figura 51 se observan fotos de las distintas tipologías de vegas observadas en el área de estudio.

Tabla 17: Unidad geomorfológica, escurrimiento dominante y tipología de las vegas relevadas a campo en el área de estudio

Nombre de Vega	Localización	Unidad Geomorfológica	Escurrecimiento dominante	Tipología
Refugio Peñón	Reserva Laguna Brava	Planicie fluvial	Superficial Lineal	Vegas de Río
Quebrada Santo Domingo	Reserva Laguna Brava	Piedemonte indiferenciado	Superficial lineal a subsuperficial mantiforme	Vegas de Piedemonte
Laguna Brava	Reserva Laguna Brava	Depresión sin descarga superficial con o sin agua	Subsuperficial mantiforme	Vegas de Depresiones
La Brea	Reserva San Guillermo	Planicie fluvial	Superficial Lineal	Vegas de Río
La Guanaca	Reserva San Guillermo	Falla	Superficial lineal a subsuperficial mantiforme	Vegas de Fallas
Piuquenes	Reserva San Guillermo	Planicie fluvial	Superficial Lineal	Vegas de Río

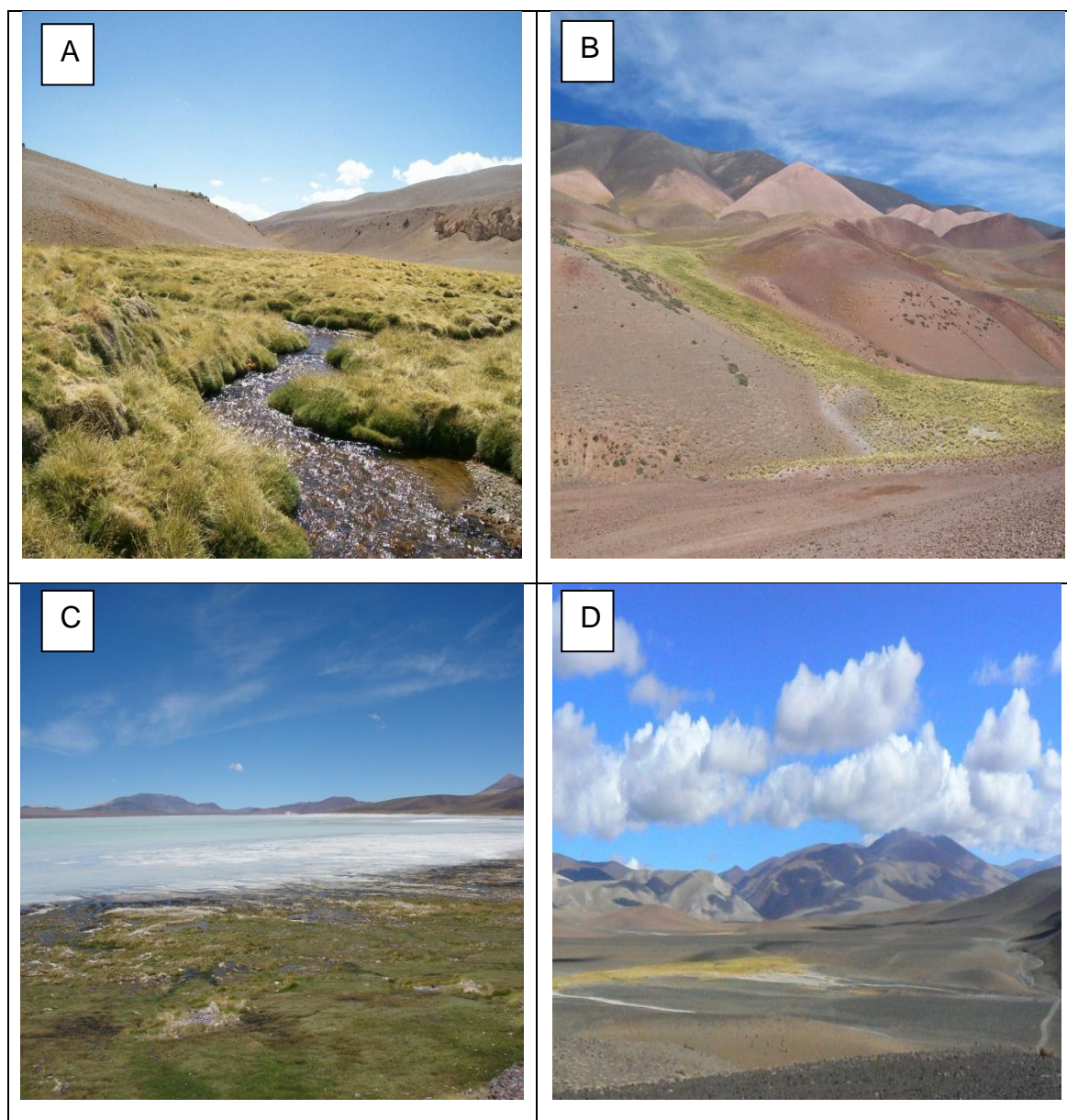


Figura 51: Tipologías de vegas en el área de estudio, A: de Río, B: de Piedemonte, C: de Depresiones, D: de Falla

Caracterización de las tipologías

Los resultados de la caracterización de las distintas tipologías en relación a la superficie muestran que la tipología de Falla presentan la mayor superficie, posteriormente la de Río, Depresiones y Piedemonte, respectivamente (Figura 52). La diferencia de superficie entre las distintas tipologías es significativamente diferente ($F=4,997$; $P=0,002$; $N=304$). Diferenciándose entre la tipología de

Piedemonte, con respecto a la tipología de Río y Falla (test a posteriori Tukey $P < 0.05$).

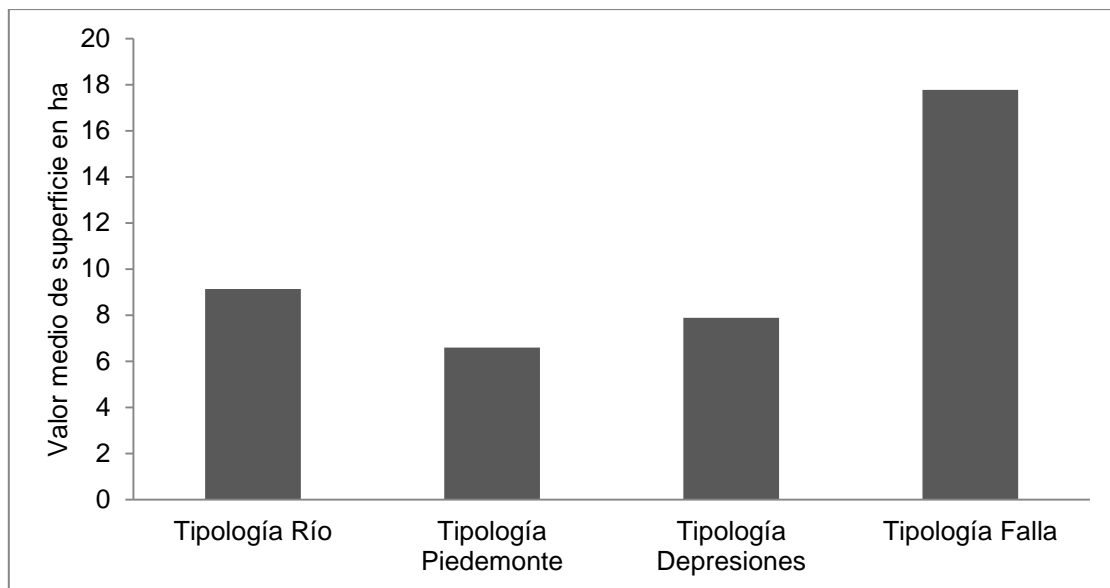


Figura 52: Valor medio de la superficie de las distintas tipologías de vegas en el área de estudio

Los resultados de la caracterización de las distintas tipologías en relación a los valores medios de altura se observan en la Figura 53, donde las vegas de tipología de Depresiones se localizan a mayor altura, posteriormente las de tipología de Piedemonte, Río y Falla respectivamente. La diferencia de altura entre las distintas tipologías no es significativa.

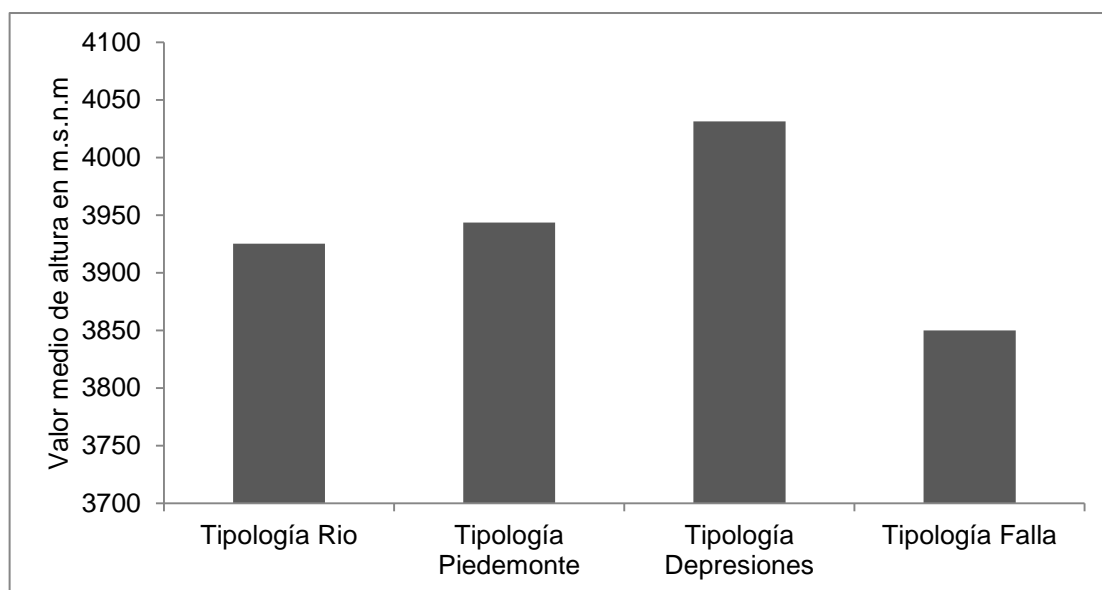


Figura 53: Valor medio de altura en las distintas tipologías de las vegas del área de estudio

Con respecto a los valores medios de pendiente, la tipología de Falla presenta los valores más altos posteriormente las de Río y Piedemonte (Figura 54). La diferencia de pendientes entre las distintas tipologías no es significativa.

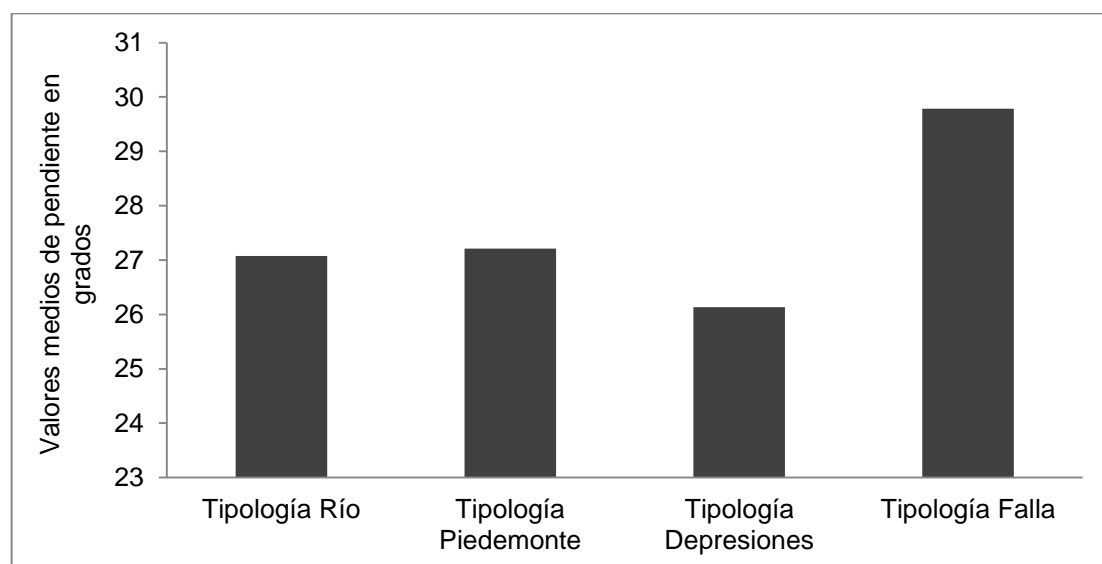


Figura 54: Valor medio de pendiente determinado para las distintas tipologías en el área de estudio

Determinación del estado de las vegas

El estado de las vegas se pudo evaluar a través de la identificación y delimitación de la superficie de sus microambientes, ya que estos infieren un conjunto de características como: el contenido de humedad del suelo, la microtopografía, las comunidades vegetales y la diversidad. Estas variables son de destacada importancia, ya que la presencia de agua y vegetación condiciona la existencia y desarrollo de dichos ambientes.

Teniendo en cuenta el área ocupada por cada microambiente se consideró que las vegas se encuentran en estado bueno cuando predominan los microambientes sobresaturados y saturados, considerando que estos microambientes en conjunto indican disponibilidad de agua, altos valores de cobertura vegetal y diversidad y variaciones en el relieve adecuadas para el desarrollo de la vegetación. El predominio de microambientes secos denota estado de mayor xericidad, ausencia de agua, menores valores de diversidad y microtopografía con relieve más elevado.

Se proponen cuatro categorías de estado de las vegas: Bueno, Intermedio, Regular y Malo. En la tabla 18 se establecieron las medidas en porcentaje de las superficies de cada clase temática para cada categoría. Para poder categorizar las vegas por este método es necesario que cumplan con al menos dos de las tres medidas de porcentaje de superficie establecidas. El microambiente sobresaturado está representado por la clase temática 1 (color rojo), el saturado por la clase temática 2 (color verde) y el microambiente seco por la clase temática 3 (color amarillo).

Tabla 18: Categoría propuesta para determinar el estado de la vega en base al porcentaje de superficie de las distintas clases espectrales

Categorías del estado de la vega	Superficie en porcentaje (%) de cada clase temática		
	Clase 1: microambiente sobresaturado	Clase 2: microambiente saturado	Clase 3: microambiente seco
Bueno	≥ 25%	≥ 25%	< 40%
Intermedio	25% < a ≥ 10%	25 %< a ≥10%	< 50%
Regular	< 10%	< 10%	≥ 60%
Malo	0%	0%	100%

En base a las categorías determinadas se estableció el estado en que se encuentra cada una de las seis vegas analizadas (Tabla 19). La vega Laguna Brava y La Brea se encuentran en estado bueno, las vegas Refugio Peñón y Quebrada Santo Domingo se hallan en estado intermedio, ya que presenta en casi iguales proporciones los microambientes sobresaturado, saturado y seco y finalmente las vegas La Guanaca y Piuquenes se encuentran en estado regular.

Tabla 19. Estado de las seis vegas accesibles, determinadas en base a las distintas categorías (Bueno, Intermedio, Regular y Malo)

Nombre de la Vega	Localización	Condición
Refugio Peñón	Reserva Laguna Brava	Intermedio
Quebrada Santo Domingo	Reserva Laguna Brava	Intermedio
Laguna Brava	Reserva Laguna Brava	Bueno
La Brea	Reserva San Guillermo	Bueno
La Guanaca	Reserva San Guillermo	Regular
Piuquenes	Reserva San Guillermo	Regular

Aplicación de la propuesta de clasificación y determinación del estado sobre vegas de difícil acceso

La tipología determinada para las seis vegas de difícil acceso se muestra en la Tabla 20. Las superficies en porcentajes para cada clase espectral determinada en cada vega, se observa en la Tabla 21. El estado determinado para las vegas se observa en la Tabla 22. Resultando que el 66 % se corresponde con la tipología de Río. Con respecto al estado de las tipologías de Río, el 75% se encuentra en estado intermedio y el 25% en estado regular. El 17 % pertenece a la tipología de Depresiones y se encuentran en estado bueno. El 17% restante, pertenece a vegas de tipología de Piedemonte y se encuentra en estado regular.

Tabla 20: Tipología de las seis vegas de difícil acceso del área de estudio

Vega	Localización	Tipología
1	Reserva San Guillermo	Río
2	Reserva San Guillermo	Depresiones
3	Reserva San Guillermo	Río
4	Reserva Laguna Brava	Piedemonte
5	Reserva Laguna Brava	Río
6	Reserva Laguna Brava	Río

Tabla 21: Superficie en porcentajes de las distintas clases espectrales observadas en las vegas de difícil acceso del área de estudio

Superficie en porcentaje (%) de cada clases espectral en las distintas vegas			
Nº de Vega	Clase 1	Clase 2	Clase 3
1	3 %	36 %	61 %
2	41 %	34 %	25 %
3	24 %	39 %	37 %
4	4 %	36 %	60 %
5	21 %	34 %	45 %
6	24 %	26 %	50 %

Tabla 22: Estado de las seis vegas de difícil acceso del área de estudio. Determinadas en base a las distintas categorías (Bueno, Intermedio, Regular y Malo)

Vega	Localización	Estado
1	Reserva San Guillermo	Regular
2	Reserva San Guillermo	Bueno
3	Reserva San Guillermo	Intermedio
4	Reserva Laguna Brava	Regular
5	Reserva Laguna Brava	Intermedio
6	Reserva Laguna Brava	Intermedio

5.5 Discusión

En concordancia con los sistemas de clasificación propuestos por Cowardin et al. (1979), Secretaría de Convención de Ramsar (1990) y Brinson (1993), el emplazamiento geomorfológico y la fuente de agua están entre los factores más relevantes para el estudio y clasificación de los humedales. Además, el emplazamiento geomorfológico influye sobre las fuentes de agua y sobre la hidrodinámica. En estos sistemas de clasificación se reconocen seis tipos de emplazamientos geomorfológicos que son equivalentes a un tipo de humedal: Franjas mareales, franjas lacustres, depresiones, planicies, pendientes y fluviales (Brinson, 2004b). En la zona de los Andes Centrales se definieron cuatro tipos de humedales en relación al emplazamiento geomorfológico que son tipología de río, ladera, falla y laguna. Por otro lado, se agruparon bajo la denominación tipología de lagunas a las vegas localizadas tanto en lagunas como en salinas. Las vegas localizadas sobre la planicie fluvial y sobre el curso del río se encuadraron dentro de la tipología de río. Sólo la tipología de falla se encuadra en un solo emplazamiento geomorfológico. Si bien se concuerda con cuatro tipos de emplazamiento (planicies, fluviales, depresiones y laderas) con las clasificaciones mencionadas, en ellas no se contempla el emplazamiento geomorfológico de Falla, esta unidad geomorfológica es frecuente en los Andes Centrales debido a su origen tectónico.

La tipología de Río propuesta en esta tesis, considera tanto el cauce del río como la planicie fluviales, en coincidencia con la clasificación de Brinson (1993), pero difiere del grupo fluvial de Cowardin et al. (1979) y de la Convención de Ramsar (1990), definida sólo para los cauces de ríos.

A nivel nacional, Movia (1984) propone una clasificación basada en la fisiografía y su posición en el paisaje que concuerda con las unidades geomorfológicas determinadas para las vegas en los Andes Centrales, las restantes clasificaciones tienen como base otros criterios que no han sido determinados relevantes para determinar las tipologías en nuestra área, como la pendiente, entre otros, (Iriondo et al., 1974).

La mayor cantidad de vegas en el área pertenecen a la tipología de río, esto también fue determinado para mallines en Santa Cruz (Mazzonni y Vázquez,

2004). En concordancia con Mazzonni y Vázquez (2004) la planicie fluvial es una unidad geomorfológica que presenta particularidades favorables para el establecimiento de la vegetación, como son la capacidad de retención de agua en el suelo, el diseño del drenaje del río, la posición topográfica y la disponibilidad de agua.

Para determinar el estado del humedal se pueden utilizar distintos criterios, entre ellos podemos mencionar el empleado por Figueroa et al. (2009), que considera cinco parámetros: morfología del humedal, construcciones, infraestructuras y usos humanos, aspecto del agua, vegetación de helófitos y vegetación sumergida y flotante. También se puede mencionar el índice del estado del humedal, basado en variables de la evaluación hidrogeomórfica (HGM) que tiene en cuenta distintos parámetros vinculados a la vegetación, hidrología y zonas de amortiguamiento (Jacobs et al., 2010). Por otro lado Munn et al. (2003), Gonzalez del Tanago y García de Jalón (2011) y Turak et al. (2004), emplean parámetros como: calidad y alteraciones del canal de la cubierta, aspectos de la geomorfología, inundación y conectividad lateral, calidad del agua, fauna, entre otros. Estos índices tienen en común que todas las mediciones de los parámetros se realizan en campo.

La propuesta de estado para las vegas que se plantea en esta tesis se desarrolla en base al conocimiento de distintos parámetros medidos en campo de los microambientes como: vegetación, microtopografía y contenido de humedad del suelo. En base a esta información y sumado la información de las imágenes satelitales, se plantea un método para medir y delimitar los microambientes presentes en las vegas, mediante las clases espectrales. Las clases espectrales obtenidas del procesamiento de imágenes satelitales son empleadas como un indicador del estado en que se encuentra la vega.

Esta propuesta ofrece una manera distinta de determinar el estado de una vega, en especial porque permite inferir el estado de las vegas de difícil acceso. El método ha podido ser aplicado con éxito en las vegas del área de estudio.

5.6 Conclusiones

A gran escala en base a las unidades geomorfológicas y el tipo de escurrimiento dominante se determinaron cuatro tipologías de vegas: Río, Piedemonte, Depresiones y Falla. La tipología de Río es la predominante en el área de estudio, la tipología menos frecuente es la Falla.

Las vegas de tipología de Falla, Río y Depresiones son las de mayor superficie. La altura y la pendiente no varían en las distintas tipologías.

En base al porcentaje de las superficies de las distintas clases temáticas, determinado mediante imágenes satelitales, se propone un método para determinar el estado de las vegas basado en cuatro categorías: Bueno, Intermedio, Regular y Malo.

La propuesta de clasificación y estado de las vegas pudo ser aplicada sobre vegas de difícil acceso.



Capítulo 6

CONCLUSIONES FINALES

6.1. Conclusiones Finales

Los estudios de las vegas en los Altos Andes Centrales de Argentina se realizaron en base a un enfoque biofísico integrado a distintas escalas de análisis teniendo en cuenta los factores geomorfológicos, hídricos, topográficos y florísticos. Esto permitió caracterizarlas y además obtener una propuesta de clasificación y un método para determinar el estado en que se encuentran en este lugar.

A escala de paisaje se pueden distinguir distintos tipos de vegas que están determinadas por la unidad geomorfológica (planicie fluviales, abanico aluvial, ladera, piedemonte indiferenciado, depresión sin descarga superficial con o sin agua y falla) y el tipo de escurrimiento dominante (superficial lineal, subsuperficial mantiforme y subsuperficial mantiforme a superficial lineal). En base a estos factores se reconocen tipologías: de Río, de Piedemonte, de Depresiones y de Falla. La tipología de Río es la que predomina en el área de estudio, en cambio la tipología de Falla es la menos frecuente. Las tipologías de Río, de Falla y Depresiones presentan las mayores superficies, mientras que la de Piedemonte la menor superficie.

A escala de detalle se identificaron en la vega 38 especies vegetales vasculares y se determinaron tres patrones de microambientes en función de la microtopografía, contenido de humedad del suelo y características de la vegetación. En base a esto se pudieron diferenciar distintos microambientes: sobresaturados que se caracterizan por presentar un menor nivel topográfico, generalmente anegado o con agua libre en movimiento, caracterizado por las comunidades de *Patosia clandestina*, de *Oxychloe andina* y de *Potamogeton pectinatus*. El microambiente saturado, sector que presenta un nivel topográfico más elevado que el anterior, con suelo húmedo, caracterizado por las comunidades de *Juncos stipulatus*. Finalmente, en la zona periférica o zona de borde de la vega se encuentra el microambiente con suelo seco en superficie con comunidades de *Juncos balticus* y *Carex incurva*. Los microambientes sobresaturados y secos son los que tienen valores de diversidad más bajos, mientras que los microambientes saturados presentan los valores más altos. La cobertura de la vegetación no varía entre los distintos microambientes.

La productividad primaria neta aérea en las vegas durante un año de clausura fue de 4556,12 g/m².

Mediante el empleo de imágenes satelitales se delimitaron los tipos de coberturas en las vegas en tres clases temáticas: clase 1 (color rojo) representa a los microambientes sobresaturados, clase 2 (color verde) representa a los microambientes saturados y clase 3 (color amarillo) a los microambientes secos. Esta delimitación permite evaluar la superficie de cada uno de los microambientes presentes en la vega y determinar si dominan microambientes asociados a condiciones más húmedas o a condiciones más secas. Se considera que la delimitación de los microambientes y el análisis de sus superficies es un indicador que permite inferir el estado en que se encuentran las vegas. Por ello se proponen cuatro categorías de estado de la vega a partir de cada una de las tres clases espectrales: Bueno, Intermedio, Regular y Malo. Mediante la aplicación de esta metodología, es factible inferir el estado de vegas de difícil acceso, ya que cada clase resume la información de los microambientes presentes en la vega. Esta posibilidad es de gran relevancia en ambientes montañosos como en los Altos Andes Centrales, ya que el mayor número de vegas se encuentra en zonas de difícil acceso.

El método de estudio que se propone relaciona dos niveles de escala: la de campo y la de imagen satelital-SIG. Esto permite relacionar los análisis precisos de comunidades vegetales, diversidad, saturación del suelo, microtopografía (Escala 1:1), tipo de escurrimiento, geomorfología y delimitación de coberturas con los análisis de imágenes (Escala 1: 100.000 y Escala 1: 25.000) y su extrapolación para evaluar tipología y el estado de numerosas vegas poco accesibles.

Finalmente, los resultados permiten disponer de una herramienta para determinar la tipología y estimar el estado de un gran número de vegas partiendo del conocimiento a campo de algunas de ellas. La aplicación de esta propuesta metodológica a nivel regional contribuirá de manera significativa a la gestión ambiental, conservación y monitoreo de estos ecosistemas de alto valor ecológico y básicos para la economía andina.

6.2- Propuestas de Investigación

Los objetivos generales y específicos planteados en este trabajo de investigación han sido desarrollados en su totalidad, a partir de ello se han generado nuevos temas a desarrollar en futuras investigaciones, tales como:

Relevamiento, tipología y estado de los humedales de alta montaña a nivel provincial y regional.

Monitoreo de humedales de alta montaña empleando la propuesta tipológica y la determinación de su condición.

Estudio y evaluación de nuevos parámetros evaluables mediante imágenes satelitales para determinar el estado de la vega, incorporación de diferentes índices, entre otros.

Análisis de los procesos y patrones que se desarrollan en la vega teniendo en cuenta la vinculación con los aspectos antrópicos, hidrológicos y los cambios climáticos.

Evaluar la funcionalidad de las vegas desde el punto de vista hidrológico, productividad, ciclado de nutrientes, entre otros.

Evaluación del funcionamiento de los humedales clasificados, con respecto a las variaciones climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas en la región.



APÉNDICE

Imágenes satelitales

Características del satélite, sensores e imágenes

Para los trabajos con sensores remotos se utilizaron imágenes satelitales provenientes del satélite Landsat 5 TM y ALOS. Las imágenes satelitales ALOS provienen del sensor AVNIR-2 y PRISM. Las imágenes satelitales fueron seleccionadas en función de la disponibilidad de datos sin nubes y fechas que se corresponden con el período estival, por ser la época más adecuada a los objetivos propuestos.

Las imágenes Landsat 5 TM fueron provistas por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil y las ALOS por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de Argentina.

Especificaciones del satélite Landsat

La misión Landsat transmite información de la Tierra desde hace más de 30 años. Este programa fue impulsado por el Departamento del Interior de EEUU y la NASA y puso en el espacio el primer satélite diseñado para adquirir datos de los recursos terrestres en forma sistemática y repetitiva, en base multiespectral. Estos satélites tienen órbitas repetitivas, circumpolares, sincrónicas al sol, cerca de los polos. Cada escena cubre un área de unos 180 x 180 km, con un intervalo de revisita de dieciséis días. En la Tabla 23 se describe las características de las imágenes Landsat 5 TM.

Tabla 23: Especificaciones del satélite Landsat 5 TM

Sensor	Resolución (m)	N° Bandas	Longitud de onda (μm)	Revisita (días)	Corredor (km)	Zona del espectro
Landsat 5 TM	30	Banda 1	0,45-0,52	16	185 x185	Visible Azul
	30	Banda 2	0,52-0,60			Visible Verde
	30	Banda 3	0,63-0,69			Visible Rojo
	30	Banda 4	0,76-0,90			Infrarrojo Cercano
	30	Banda 5	1,55-1,75			Infrarrojo Medio
	120	Banda 6	10,4 -12,5			Infrarrojo Térmico
	30	Banda 7	2,08 -2,35			Infrarrojo Medio

Especificación de imágenes Landsat solicitadas

Con respecto a las imágenes Landsat 5 TM se solicitaron dos escenas que se detallan en la Tabla 24.

Tabla 24: Características de las imágenes Landsat 5 TM solicitadas

Imagen	Pad	Row	Fecha	Nivel de Procesamiento	Lugar
Landsat5 TM	233	079	12/04/ 2007	1	Reserva Provincial Laguna Brava, La Rioja
Landsat5 TM	232	080	12/09/2007	1	Reserva Provincial Laguna Brava, La Rioja
Landsat 5TM	233	080	12/04/ 2007	1	Reserva Provincial San Guillermo, San Juan

Especificaciones del satélite ALOS

El satélite de observación japonés ALOS (Advanced Land Observing Satellite), fue lanzado el 24 de enero del 2006 por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA). El satélite ALOS está compuesto de tres sistemas sensores independientes (PRISM, AVNIR-2, PALSAR) que adquieren simultáneamente imágenes ópticas e imágenes de radar con diversas resoluciones y coberturas. Estos sensores adquieren imágenes con posicionamiento compatible con escala de 1:25.000. Se estima que la posición del satélite pasa a ser determinada con precisión de 1 m. Tiene un período de visitas de 46 días aproximadamente y captura las imágenes desde una altitud de 700 km con una inclinación de 98°. Se distribuyen distintos niveles de procesamiento que varían en función de la necesidad de los usuarios. La misión de ALOS tiene múltiples objetivos: apoyar la mejora de la cartografía, estudiar los recursos naturales, desarrollar tecnologías para nuevas misiones de Observación de la Tierra y controlar los desastres en todo el mundo. (www.jaxa.jp). Las especificaciones del satélite ALOS y sus sensores se muestran en la Tabla 25.

Especificaciones de los sensores empleados de ALOS

PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping): Es un sensor pancromático compuesto de tres telescopios delantero/nadir/trasero y genera imágenes con una resolución espacial de 2,5 m. El instrumento PRISM

dispone de varias modalidades de adquisición: Modalidad OB1, modalidad triplet: adquisiciones delantera, al nadir y trasera para escenas de 35 km de corredor y la modalidad OB2 y Modalidad OB3 para adquisiciones de 70 km de corredor (Tabla 25).

AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2): Es un sensor multispectral de cuatro bandas (rango del visible e infrarrojo cercano) dotado de una capacidad de puntería de +/-44°. Las imágenes capturadas por el sensor AVNIR-2 proveen información de 10 m de resolución espacial y cubren un área de 70 x 70 km (Tabla 25).

Tabla 25: Especificaciones satélites ALOS y sus sensores

Sensores ALOS	Resolución (m)	N° Bandas	Longitud de onda (µm)	Nivel	Revisita (días)	Corredor (Km)	Zona del espectro
PRISM	2,5	Pancromático		1 A 1B1 1B2 (G/R)	46	35 x35 (OB 1 Modalidad Triplet) 70x70 (OB 3Nadir)	Visible
AVNIR-2	10	1 2 3 4	0,42 – 0,50 0,52 – 0,60 0,61 – 0,69 0,76 – 0,89	1 A 1 B1 1 B2 (G/R)	46	70 x70	Visible Azul Visible Verde Visible Rojo Infrarrojo Cercano

Especificación de imágenes satelitales ALOS solicitadas

Se solicitaron dos escenas de imágenes ALOS-PRSIM, en la modalidad OB 1 y dos escenas de imágenes ALOS AVNIR-2. El nivel de procesamiento solicitado para las imágenes fue 1B2G, este nivel procesamiento indica que son imágenes que incluyen correcciones atmosféricas y correcciones geométricas. Los detalles de las imágenes ALOS-PRSIM se observan en la Tabla 26 y en la Tabla 27 se observan los detalles de las imágenes AVNIR-2.

Tabla 26: Características de las imágenes ALOS-PRISM solicitadas

Imagen	Centro de latitud	Centro de longitud	Fecha	Nivel de Procesamiento	Lugar
ALOS-PRSIM	-28,56	-69,38	09/06/2009	1B2G	Reserva San Guillermo, San Juan
ALOS-PRSIM	-28,37	-68,03	24/11/2008	1B2G	Reserva Laguna Brava, La Rioja

Tabla 27: Características de las imágenes ALOS-AVNIR-2 solicitadas

Imagen	Centro de latitud	Centro de longitud	Fecha	Nivel de Procesamiento	Lugar
ALOS-AVNIR-2	-28,83	-69,25	22/02/ 2008	1B2G	Reserva San Guillermo, San Juan
ALOS-AVNIR-2	-28,24	-68,86	30/12/2008	1B2G	Reserva Laguna Brava, La Rioja



BIBLIOGRAFÍA

Agencia Catalana del Agua. 2004. Caracterizació, regionalització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya. Generalitat de Catalunya.

Ahumada, M y Faúndez, L. 2009. Guía Descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT). Ministerio de agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago.

Alzérreca, H., Prieta, G., Laura, J., Luna, D. y Laguna, S. 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito Boliviano. Asociación Integral de ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA). La Paz, Bolivia.

Aparicio, E.P. 1965. Rasgos geomorfológicos de la provincia de San Juan. Acta Cuyana de Ingeniería. VIII, (3), 1- 59. Universidad Nacional de Cuyo. San Juan.

Aurélie, D., Gaëtan L. y Brigitte P. 2010. Wetland monitoring using classification trees and SPOT-5 seasonal time series. Remote Sensing of Environment, 114: 552–562.

Barbero, S. 1986. Efectos de las actividades humanas sobre ecosistemas montañosos y tundras. Proyecto regional andino Pachón-Achala. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América latina y el caribe.

Barro, A. y Gonnet, J. M. 2004. Impacto del uso público sobre el suelo, la vegetación y las comunidades acuáticas de la quebrada de horcones, Parque Provincial Aconcagua (Mendoza, Argentina). Tesis de maestría. Programa de posgrado en manejo de vida silvestre. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

Becker, G. F., Giraud, C., Somlo, R. y Siffredi, G. 1995. Ensayo de pastoreo rotativo con ovino en mallines centrales. Estación experimental agropecuaria, INTA. Chubut, Argentina.

Boelcke, O. 1975. Comunidades herbáceas del norte de la Patagonia y sus relaciones con la ganadería. Revistas de Investigación Agrícola, Tomo XI N°1

- Borgnia, M., Maggi, A., Arriaga, M., Aued, B., Vila, B. y Cassini, M. 2006. Bergolia. (2006). Caracterización de la vegetación en la Reserva de Biósfera Laguna Blanca (Catamarca, Argentina), 29–45. *Ecología Austral* 16: 29-45
- Bosque Sendra, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp S.A, Madrid.
- Boyle, T. P., Caziani, S. M. y Waltermire, R. G. 2004. Landsat TM inventory and assessment of waterbird habitat in the southeraltiplano of South America. *Wetlands Ecology and Manegement* 12: 563-573.
- Braun Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. ACME Ed.
- Brigitte P., Aurélie D. y Gaetan L. 2010. Ecological assessment of *Phragmites australis* wetlands using multi-season SPOT-5 scenes. *Remote Sensing of Environment* 114: 1602–1609.
- Brinson, M.M. 1993. A hydrogeomorphic Classifica- tion for Wetlands. Technical Report WRP-DE-4. Waterways Experiment Station, Army Corps of Engineers, Vicksburg, MS. Washington, DC.
- Brinson, M. 2004. a. Niveles extremos de variación de patrones y procesos en humedales. En: Malvárez, A. I (Ed.), *Documentos del curso-taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina*. 1º Edición, Buenos Aires.
- Brinson, M. 2004. b. Conceptos y desafíos de la clasificación de humedales. En: Malvárez, A. I (Ed.), *Documentos del curso-taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina*. 1º Edición, Buenos Aires.
- Brinson, M. 2011. *Clasificación de los Humedales*. En: Ben A. Lepage (Ed.), *Humedales*. Editorial Springer Países Bajos.
- Bunn, S., Davies, P. y Mosisch, T. 1999. Ecosystem measures or fiver health and their response to riparian and catchment degradation. *Freshwater Biology* 41: 333-34.

- Buono, G., Oesterheld, M., Nakamatsu, V. y Paruelo, J.M. 2010. Spatial and temporal variation of primary production of Patagonian wet meadows. *Journal of Arid environments*, 74: 1257-1261.
- Bustamante, J., Pacios, F., Díaz-Delgado, R. y Aragonés, D. 2009. Predictive models of turbidity and water depth in the Doñana marshes using Landsat TM and ETM images. *Journal of Environmental Management*, 90: 2219-2225.
- Buzai, C. y Baxendale, C. 2011. Análisis socioespacial con sistema de información geográfica : Perspectivas científicas : temáticas de base raster. Lugar Editorial S. A., Buenos Aires.
- Cabello, J. y Paruelo, J. M. 2008. La teledetección en estudios ecológicos. *Ecosistemas*.17 (3):1-3.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, Vol. 2, 2º Edición. ACME, Buenos Aires, Argentina.
- Cajal J.L., Reca, A. y Pujalte, J.C. 1981. La Reserva Provincial San Guillermo y sus asociaciones ambientales. Programa Nacional de Recursos Naturales Renovables. 1- 53. Subsecretaría de Ciencia y Tecnología. Ministerio de Cultura y Educación. Argentina.
- Canevari, P. Blanco, D.E., Bucher, E.H., Castro, G. y Davidson, I. 1998. Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. *Wetlands International*, Buenos Aires.
- Campo, A., Peña, O., Gandullo, R., De la cal, R. 2011. Análisis de la vegetación de un humedal Mallin localizado en una zona semiárida de la provincia de Neuquén, Argentina. *Papeles de Geografía*, 53-54, 35-48.
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña Cortes, F., Bertran, C., Tapia, J. y Vargas Chacoff, L. 2014. Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana Bot.* 71(1): 1-9.
- Cartagena, F. D. 2002. Identificación y análisis recambios en bofedales de la cordillera occidental y altiplano de Bolivia. Tesis maestría profesional en

Levantamiento de Recursos Hídricos. Manejo y conservación de cuencas. Centro latinoamericano aeroespacial y aplicaciones SIG para el desarrollo sostenible de los recursos naturales CLAS.

Caziani, S. y Derlindati, E. 1999. Humedales altoandinos del noroeste de Argentina. Su contribución a la biodiversidad regional. En: Malvares, A. (Ed.), *Temas sobre humedales subtropicales y templados de sudamerica*. 1º Edición. Editorial UNESCO, Montevideo, Uruguay.

Chuvieco, E. 2006. *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. 1º Edición. Editorial Ariel, S.A. Barcelona.

Cisneros, H., A. 2000. Mapa geomorfológico de La Rioja. En: Abraham E. M. y Rodríguez Martínez, F. (Ed.). 2000. *Argentina Recursos y Problemas Ambientales de zonas áridas. Caracterización Ambiental. Tomo I. Primera Parte Provincia de San Juan, Mendoza y La Rioja*.

Clewell, E. y Aronson, J. 2007. *Ecological Restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Island Press, Washington DC.

Combina M, Pasarello JC. 1980. *Evaluación geológica y estimación sulfatera: Laguna Brava*. Dirección Provincial de Minería, La Rioja

Commonwealth Scientific, and Industrial Research Organization Australia. 1959. *Annual Report of the Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization*. CSIRO,

Cotler H. y Priego, A. 2004. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: El caso de la cuenca Lerma-Chapala. En: Cotler H. (Ed.), *El manejo integral de cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. 1ª Edición. Editorial Máster Print, México.

Cole, C. 2002. The assessment of herbaceous plant cover in wetlands as an indicator of function. *Ecological Indicators* 2: 287–293.

Collado, M. y Faggi, A. M. 1999. Los Humedales del Sur de Sudamérica. En: Malvares, A. (Ed.), *Temas sobre humedales subtropicales y templados de sudamerica*. 1º Edición. Editorial UNESCO, Montevideo, Uruguay.

- Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C. y Laroe, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Damiani, O. 2007. Aguas superficiales. En: Martínez Carretero, E. (Ed.), Diversidad biológica y cultural de los altos Andes Centrales de Argentina: línea de base de la Reserva biósfera San Guillermo, San Juan. 1º Edición. Editorial Universidad Nacional de San Juan, San Juan.
- Dennis A., Douglas, A., Ingram, J. y Thompson, T. 2005. Hydrogeomorphic Classification for Great Lakes Coastal Wetlands. *Journal of Great Lakes Research*, 31 (1), 129–146.
- Dobrowski, S. Z., Safford, H. D., Cheng, Y. B. y Ustin, S. L. 2008. Mapping mountain vegetation using species distribution modeling, image-based texture analysis, and object-based classification. *Applied Vegetation Science*, 11: 499-508.
- Dronova, I., Peng, G., Clinton, N., Wang, L., Fu, W., Qi, S., Ying, L. 2012. Landscape analysis of wetland plant functional types: the effects of spatial scale, vegetation classes and classification methods. *Remote Sensing of Environment* 127: 357-369.
- Dugan, P. 1993. *Wetlands in danger*. Oxford University Press, New York, New York, USA.
- Erwin, K. L. 2009. Wetlands and global climate change the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology Manage* 17: 71-84.
- Farinha, J.C., Costa, L.T., Mantzavelas A., Fitoka, E., Hecker, N. y Tomas Vives. P. 1996. Mediterranean wetland inventory: Habitat Description System. MedWet Publication. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa, Wetlands International, Slimbridge and EKBY, Thessaloniki.
- Figuroa, R., Suarez, M., Andreu, A., Ruiz, V y Vidal Abarca, M. 2009. Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile Central. *Gayana* 73(1): 76-94.

- Finlayson, C., Davidson, N., Spiers, A. y Stevenson, N. 1999. Global wetland inventory-current status and future priorities. *Marine and Freshwater Research*, 50: 717-727.
- Finlayson, C., Begg, G. W., Howes, J., Davies, J., Tagi, K. y Lowry, J. 2002. A manual for an inventory of Asian wetlands. Version 1.0. Wetlands International Global, Series 10, Kuala Lumpur, Malasia.
- Gaitán, J.J., López, C., R., Donaldo E., B. 2011. Vegetation composition and its relationship with the environment in mallines of north Patagonia, Argentina. *Wetlands Ecol Manage*, 19:121–130.
- Gandullo, R. y Schmid, P. 2001. Análisis Ecológico de mallines del parque provincial Copahue, Neuquen, Argentina. *Agro Sur*. Julio, 29 (2): 83-99.
- Gandullo, R. y Faggi, A. M. 2005. Interpretación sintaxonómica de los humedales del noroeste de la provincia de Neuquén, Argentina. *Darwiniana* 43, (1-4): 10-29.
- Gandullo, R., Peña, O. y Campos, A. 2006. Variación temporal y espacial de parches, corredores y matriz en un humedal (Mallín) del centro-oeste de la provincia de Neuquén. *Geograficando*, 2 (2): 125-145.
- Gandullo, R., Schmid, P. y Peña, O. 2011. Dinámica de la vegetación de los humedales del Parque Nacional Laguna Blanca (Neuquén, Argentina). Propuesta de un modelo de estado y transiciones. *Multequina* 20: 43-62.
- Ginocchio, R., Hepp, J., Bustamante, E., Silva, Y., De la Fuente, L. M., Casale, J., F., De la Harpe, J. P., Urrestarazu, P., Anic, V. y Montenegro, G. 2008. Importance of water quality on plant abundance and diversity in high-alpine meadows of the Yerba Loca Natural Sanctuary at the Andes of north-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 81: 469-488.
- Giraud, C., Somlo, R., Bonvissuto, G., Siffredi, G. y Becker, G. F. 1995. Ensayo de pastoreo rotativo con ovinos en mallín central y periférico. Unidad Experimental de Pastoreo Pilcaniyeu. INTA EEA. Bariloche, Argentina.
- González del Tánago, M. y García de Jalón, D. , Lara, F. y Garilleti, R. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ingeniería Civil*, 143: 97-108.

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. 2011. Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30 (2): 235-254

Gonzalez Diaz, E. F. y L. E. Fauqué. 1993. Geomorfología. Relatorio del 12 Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Ed. V. Ramos. Mendoza. I (17) ,217-234.

González M. A., Gonzales Díaz, E. F., Sepúlveda E., Regairaz, M.C, Costa, C., Cisnero, H., Bea, S., Gardini, C., Pérez, I., Perez, M. 2002. Carta de Peligrosidad Geológica 3369 –II. Mendoza. Provincias de Mendoza y San Juan. Boletín N° 324. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada.

Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. 1º Edición Pearson/Prentice Hall, Madrid.

Hanowski, J., Danz, N., Howe, R., Niemi, G. y Regal, R. 2007. Consideration of Geography and Wetland Geomorphic Type in the Development of Great Lakes Coastal Wetland Bird Indicators. *EcoHealth*, 4(2), 194–205.

Harvey, K. R. y Colina, G. J. 2001. Vegetation mapping of a tropical freshwater swamp in the Northern Territory, Australia: A comparison of aerial photography, Landsat TM and SPOT satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing* 22, (15): 2911-2925

Iriondo, M., Orellana, J. A. y Neiff, J. J. 1974. Sobre el concepto de mallín cordillerano. *Revista Asoc. Científ. Nat. Lit.* 5:45-52. En Mazzoni, E. y Vázquez, M. 2004. Ecosistemas de mallines y paisajes de la Patagonia Austral, Provincia de Santa Cruz. INTA.

Jacobs, A. D., Kentula, M. E. y Herlihy, A.T. 2010. Developing an index of wetland condition from ecological data: An example using HGM functional variables from the Nanticoke watershed, USA. *Ecological Indicators* 10: 703–712.

- Johnston, R. M. y Barson, M. M. 1993. Remote-sensing of Australian Wetlands An evaluation of Landsat Tm data for inventory and classification. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 44: 235–252.
- Joly, F. 1979. *La cartografía*. Imprenta de la Universidad de París, Francia.
- Keddy, 2000. *Wetland Ecology. Principles and Conservation*. 1^o Edition. Editorial Cambridge University Press, New York.
- Keddy, P. A. 2010. *Wetland Ecology. Principles and Conservation*. 2^o Edition. Editorial Cambridge University Press, New York.
- Kokaly, R.F., Despain, D.G., Clark, R.N. y Livo, E. 2003. Mapping vegetation in Yellowstone Park using spectral feature analysis of AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*, 84: 437-456.
- Kruskal, W.H.; Wallis, W.A. 1952. Use of ranks on one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47: 583-621.
- Lara, R. y Lenis, A. 1996. Identificación y caracterización de bofedales en los Lípez-Potosí. Seminario Taller Manejo Sostenible de Praderas Nativas Andinas. Potosí. Bolivia.
- Lehner, B. y Doll. P. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*. Volume 296, Issues 1–4: 1–22
- Les Landes, A., Aquilina, L., De Ridder, J., Longuevergne, L., Pagé, C., Goderniaux, P. 2014. Investigating the respective impacts of groundwater exploitation and climate change on wetland extension over 150 years. *Journal of Hydrology* 509: 367-378.
- Lezama, F., Altesor, A., Leon, R. y Paruelo, J. 2006. Heterogeneidad de la vegetación en pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. *Ecología Austral* 16: 167-182
- Lizana, C., Martinez, M., Marquez, E., Del Cid, M., Herrera, N., Garces Olsen, G., Mallamaci, I., Maraz, J., Oviedo, V., Velazquez, R. y Martinelli, M. 2010. Atlas

Socioeconómico Provincia de San Juan. Centro de Fotogrametría Cartografía y Catastro. Universidad Nacional de San Juan.

Lloyd, C. 1995. Evaluación de la productividad forrajera de mallines en el oeste del Chubut y su relación con características fisicoquímicas de los suelos. INTA A.E.R. Esquel, Argentina.

Malvárez, A. 1999. El Delta del río Paraná como mosaico de humedales. En: Malvárez, A. (Ed.), *Temas sobre humedales subtropicales y templados de sudamerica*. 1º Edición. Editorial UNESCO, Montevideo, Uruguay.

Malvárez, A. y Lingua, G. 2004. Lineamientos para una clasificación e inventario de humedales. Un aporte conceptual. En: Malvárez, A. I (Ed.), *Documentos del curso-taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina*. 1º Edición, Buenos Aires.

Malvárez, A. 2004. Consideraciones preliminares sobre un sistema nacional de clasificación e inventariado de humedales. En: Malvárez, A. I (Ed.), *Documentos del curso-taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina*. 1º Edición, Buenos Aires.

Marcolín, A., Durañona, G., Ortiz, R., Sourrouille, E., Latour, M. y Larrama, G. 1978. Caracterización de mallines en un área del sudoeste del río negro. Informe INTA. INTA EEA, Bariloche.

Martín, B., Sosa, O., Montico, S. y Zerpa, G. 2007. Relación entre las unidades de vegetación y la microtopografía en un pastizal ubicado en un sector mal drenado de Argentina. *Cien. Inv. Agr.* 34 (2): 103-113.

Martinelli, M., Salmuni, G. y Garces, G. 2007. Sensores remotos y SIG. En: Martínez Carretero, E. (Ed.), *Diversidad biológica y cultural de los altos Andes Centrales de Argentina: línea de base de la Reserva biósfera San Guillermo*, San Juan. 1º Edición. Editorial Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

Martínez Carretero, E. 1995 La Puna Argentina: Delimitación General y División en Distritos Florísticos. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 31, (1-2): 27-40.

Martínez Carretero, E. 2000. Vegetación de los Andes centrales de la Argentina. El valle de Uspallata, Mendoza. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 34: 127-148.

Martínez Carretero, E., Dalmaso, A., Márquez, J. y Pastrán, G. 2006. Flora y vegetación. En: Línea de Base de la Biodiversidad del Parque Nacional y Reserva de Biosfera San Guillermo. Informe interno de la Administración de Parques Nacionales.

Martínez Carretero, E., Dalmaso, A., Márquez, J. y Pastrán, G. 2007. Comunidades Vegetales y Unidades Fitogeográficas. En: Martínez Carretero, E. (Ed.), Diversidad biológica y cultural de los altos Andes Centrales de Argentina: línea de base de la Reserva biósfera San Guillermo, San Juan. 1º Edición. Editorial Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

Martínez Carretero, E. 2007. Diversidad biológica y cultural de los altos Andes Centrales de Argentina: línea de base de la Reserva biósfera San Guillermo, San Juan. Edición literaria a cargo de Eduardo Martínez Carretero. 1º Edición San Juan: Universidad Nacional de San Juan.

Martínez Carretero, E., Ontivero, M., Dalmaso, A., Melendo, M., Márquez, J., Hernández, F. y Garrido, J. 2009. La Vegetación de vegas altoandinas: Pastos Largos (La Rioja) San Guillermo (San Juan). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Volumen 114, suplemento Octubre.

Martínez Carretero, E., Dalmaso, A., Márquez, J. y Martinelli, M. 2010. Plant communities and phytogeographical units from NW San Juan Province (High Central Andes of Argentina). *Candollea*, 65: 70-93.

Martínez Carretero, E. y Ontivero, M. (en prensa). Vegas. Ecosistema altoandino de importancia biológica, ecológica y socio-económica. San Juan Ambiental. (Ed.) Martínez Carretero, E. y García, A. Universidad Nacional de San Juan.

Matteucci, S. D. y Buzai, G. D. 1998. Sistemas ambientales complejos: Herramientas de análisis espacial. 1ª Edición. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

- Mazzoni, E. y Vazquez, M. 2004. Ecosistemas de mallines y paisaje de la Patagonia Austral, provincia de Santa Cruz. Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Unidad Académica de Río Gallego, Convenio EEA. Santa Cruz, INTA. Buenos Aires, Ediciones INTA.
- Méndez, E. 2004. La Vegetación de los altos Andes I. Pisos de vegetación del flanco oriental del cordón del Plata (Mendoza, Argentina). Boletín de la Sociedad Botánica de Argentina, 39: 227-253.
- Méndez, E., Martínez Carretero E. y Peralta, I. 2006. La Vegetación del parque provincial Aconcagua (altos Andes Centrales de Mendoza, Argentina). Boletín Sociedad Argentina de Botánica. 41 (1-2): 41-69.
- Méndez, E. 2007. La vegetación de los altos Andes II. Las vegas del flanco oriental del cordón del plata (Mendoza, Argentina). Boletín Sociedad Argentina de Botánica. 42 (3-4): 273-294.
- Meza Ochoa, V.2012. Suelos parcialmente saturados, de la investigación a la cátedra universitaria. Boletín de Ciencias de la Tierra. 31 (Julio): 23-38.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being. Synthesis. Island Press. Washington.
- Mitsch W. J. y Gosselink J.G. 2007. Wetlands. 4^o Edición. Editorial John Wiley y Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- Molero, G. C. y Novelli Y. S. 2004. Un sistema de clasificación de humedales propuesto para la Convención de Ramsar. En: Malvárez, A. I (Ed.), Documentos del curso-taller: Bases ecológicas para la clasificación e inventario de humedales en Argentina. 1^o Edición, Buenos Aires.
- Movia, C. 1984. Tipología de mallines. En: Rabassa, J. y Brandani, A., Capua, O. y Ottonello, E. Cursos de campo en sistemas ecogeomorfológicos: Guía de excursiones. Dpto de Posgrado. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén.
- Mueller Dumbois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology.

- Munné, A. Prat, N., Sola, C., Bonada, N. y Rieradevall, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 13: 147–163
- Muotka, T. y Laasonen, P. 2002. Ecosystem recovery in restored headwater stream: the role of enhanced leaf retention. *Journal of Applied Ecology* 39: 145-156.
- Navarro y Maldonado, 2002. *Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes acuáticos.* Fundación Simón I. Patiño. Cochabamba. 720. Sacado de De la Barra, N. 2003. Clasificación Ecológica de la vegetación acuática en ambientes lacustres de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental.* 13: 65 - 93.
- Neiff, J.J., 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. En: Malváres, A. (Ed.), *Temas sobre humedales subtropicales y templados de sudamerica.* 1º Edición. Editorial UNESCO, Montevideo, Uruguay.
- Neiff, J.J., 2000. Humedales de la Argentina: Sinopsis, problemas y perspectivas futuras. Contribución de los proyectos CONICET PIP N°4242; 4244; 0815. Centro de ecología aplicada (CECOAL), Corrientes, Argentina.
- Noriega, J. y Lozano Garcia, D.F. 2000. Spatial filtering of radar data (RADARSAT) for wetlands (Brackish marshes) classification. *Remote Sensing of Environment,* 73: 143-151.
- Olivares, A. 1998. Experiencias de investigación en praderas nativas en un ecosistema frágil. I Reunión Nacional de Praderas Nativas de Bolivia. Oruro, Bolivia, 265-291.
- Ontivero, M., Martínez Carretero, E., Salinas, G. y Lizana, C. 2010. Caracterización y zonificación de humedales de altura (vegas) en los Andes Centrales de Argentina. Artículo completo. Memorias del XIV Simposio Internacional SELPER México 1-10.
- Ontivero, M., Martínez Carretero E., Lizana C. y Salinas Salmuni G. 2011. Relevamientos de humedales altoandinos (vegas) en la provincia de San Juan,

mediante Teledetección y SIG. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Volumen 46, suplemento Octubre.

Ontivero, M. y Martínez Carretero, E. 2013. El ecosistema de vega en el corredor bioceánico (San Juan, Argentina) mediante el empleo de TIG. En García, A. (Ed.), El Corredor Bioceánico en San Juan. Recursos culturales y naturales del sector andino. Editorial Universidad Nacional de San Juan. Argentina.

Otto, M., Scherer, D. y Richters, J. 2011. Hydrological differentiation and spatial distribution of high altitude wetlands in a semi-arid Andean region derived from satellite data. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 1713-1727.

Ozesmi, S. L. y Bauer, M. E. 2002. Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10: 381-402.

Peña, O.R., Ostertag, G., Gandullo, R., Campo, A. 2006. Los estados del tiempo y su efecto sobre la capacidad forrajera de un mallín. *Párrafos Geográficos*, 5, 2: 90-109.

Peña, O.R., Ostertag, G., Gandullo, R., Campo, A. 2008. Comportamiento de la vegetación de un humedal (Mallin) entre períodos húmedos y secos mediante análisis hidrológico y espectral. *Investigaciones geográficas*, 45: 229-249.

Perucca, L. y Martos, L. 2008. Análisis preliminar de la evolución del Paisaje Cuaternario en el Valle de Iglesia, San Juan. Argentina. XVII Congreso Geológico Argentino. Jujuy.

Ramsar COP9 DOC. 26. 2005. Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) Kampala, Uganda.

R Desarrollo Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. Consultado en Enero 2014.

Regairaz, A., G. Suvires y W. Simon, 1987. Síntesis Geomorfológica de la Provincia de San Juan - República Argentina. *Actas X Congreso Geológico Argentino* -San Miguel de Tucumán. T3: 1-5.

Robles, E. C. 2001. Evaluación de las características y distribución de los bofedales en el ámbito Peruano del sistema TDPS. Proyecto de conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca-desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa. Universidad del Altiplano-Puno. Facultad de Ciencias Biológicas.

Roig, C. y Roig, F. 2004. Consideraciones generales. Capítulo 1. En Blanco, D. E. y Balze, V. M. (Eds.) Los turbales de la patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad, 19. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.

Rosa, H.y Mamaní, M. 2000. Geomorfología de La Rioja. En: Abraham E. M. y Rodríguez Martínez, F. (Ed.). Argentina Recursos y Problemas Ambientales de zonas áridas. Caracterización Ambiental. Tomo I. Primera Parte Provincia de San Juan, Mendoza y La Rioja.

Ruiz, M. 2007. Recuperación de áreas degradadas por el pastoreo en la zona cordillerana de Influencia del parque nacional San Guillermo. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias. Estación Experimental Agropecuaria, San Juan.

Salvioli, G. H. 1997. Caracterización climática de las áreas Iglesia (San Juan), Campo del Arenal (Catamarca), La Puna (Salta), Famatina (La Rioja), Uspallata (Mendoza) y Sierra de San Luis (San Luis), Tomos I, II y III. Programa de Apoyo al Sector Minero Argentino (PASMA). Convenio Fundación de la UNSJ-AIMSACÓNDOR. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ. Trabajo realizado para la Consultora Dames & Moore.

Salvioli, G. H. 2000. Balance hídrico de la cuenca del río Jáchal. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la U.N.S.J. Proyecto de Investigación CICYTCA Balance hídrico de las cuencas hidrográficas de la provincia de San Juan.

Salvioli, G. H. 2007. Caracterización hidrometeorológica. En: Martínez Carretero, E. (Ed.), Diversidad biológica y cultural de los altos Andes Centrales de Argentina:

línea de base de la Reserva biósfera San Guillermo, San Juan. 1º Edición. Editorial Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

Sanderson, E. W., Jaiteh, M. A., Levy, K. H., Redford, A., Wannebo, V. y Woolmer, G. 2002. The human footprint and the last of the wild. *Bioscience*, 52: 891–904.

Sayago, J. M. 1982. Las unidades geomorfológicas como base para la evaluación integrada del paisaje. *Acta geológica Lilollana XVI*. 169-180.

Scott, D.A. y Jones, T. A. 1995. Classification and inventory of wetlands: A global overview. *Vegetatio* 118: 16-33.

Scott, G. A. J. 1974. Grassland creation in a mountain tropical rain forest and its effects on soil vegetation nutrient pools and nutrient cycles: A case study in the Gran Pajonal of eastern Peru. Dissertation University of tropical mountain ecosystem. *South America Journal of Ecology* 67: 401-416.

Secretaría de la Convención de Ramsar, 2008. Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA. 2008. Estrategia Regional para la Conservación y Uso Sostenible de Humedales Altoandinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC-Chile.

Secretaría de la Convención de Ramsar, 2005. Ramsar COP9 DOC. 26. Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Kampala, Uganda.

Seibert. P. 1993. La Vegetación de la región de los KallaWaya y del Altiplano de Ulla Ulla en los Andes Bolivianos. *Ecología en Bolivia*, 20: 1-84.

Semeniuk, C.A. y Semeniuk, V. 1995. A geomorphic approach to global wetland classification. *Vegetatio* 118:103–124.

Siffredi, G., Ayesa, J., Becker, G. F., Mueller, J. y Bonvissuto, G. 1995. Efecto de la carga animal sobre la vegetación y la producción ovina en Río Mayo (Chubut) a 10 años de pastoreo. INTA EEA. Bariloche, Argentina.

- Squeo, F., Ibacache, E., Warner, B., Espinoza, D., Aravena, R., Gutierrez, J. 2006 a. Productividad y Diversidad florística de la Vega Tambo, Cordillera de Doña Ana. En Cepeda J (Ed). *Geoecología de los Andes Desérticos: La Alta Montaña del Valle del Elqui*. 1^o Edición Universidad de La Serena. La Serena, Chile.
- Squeo, F., Warber B., Aravena, R., Espinoza, D. 2006 b. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 245-255.
- Suvires, G. 2000. Geomorfología de la Provincia de San Juan. En: Abraham E. M. y F. Rodríguez Martínez. (Ed). *Argentina Recursos y Problemas Ambientales de zonas áridas. Caracterización Ambiental. Tomo I. Primera Parte Provincia de San Juan, Mendoza y La Rioja*.
- Suvires, G. 2007. Geomorfología. En: Martínez Carretero, E. (Ed.), *Diversidad biológica y cultural de los altos Andes Centrales de Argentina: línea de base de la Reserva biósfera San Guillermo, San Juan*. 1^{er}. Edición. Editorial Universidad Nacional de San Juan, San Juan.
- Teillier, S. 2005. Contribución al conocimiento de la flora y la vegetación de las vegas de la cuenca del río de Las Taguas, departamento Iglesias, San Juan, Argentina. *Chloris Chilensis* 8, 2. URL: <http://www.chlorischile.cl>.
- Toyra, J., Pietroniro, A. y Martz, L.W. 2001. Multisensor hydrologic assessment of a freshwater wetland. *Remote Sensing of Environment*, 75: 162-173.
- Turak, E., Waddell, N. y Johnstone, G. 2004. *New South Wales (NSW) Australian River Assessment System (AUSRIVAS) Sampling and Processing Manual*. Department of Environment and Conservation (NSW), Sydney, Australia.
- Van Wambeke, A. y Scoppa, C.O. 1976. Los regímenes hídricos y térmicos de los suelos argentinos calculados sobre la base de los registros climáticos, *I.D.I.A*, 33: 388-401.
- Verdugo Flores, F., Moreno Casasola, P., Agraz Hernández, C., López Rosas, H., Benítez Prado, D. y Travieso Bello, C. 2007. La topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de humedales costeros.

Vich, A. 1996. Aguas Continentales Formas y Procesos. Mendoza, Impreso en los talleres gráficos del centro de economía legislación y administración del agua y el ambiente.