



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DOCTORAL EN GEOGRAFÍA

**LA INCIDENCIA DE LOS AGENTES NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS EN
LA EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA REGIÓN RÍO CHICO - RÍO
GRANDE, TIERRA DEL FUEGO**

Tesista: Lic. Diego Rubén Andrés Quiroga

Directores: Dra. Andrea María Josefa Coronato

Dr. Guillermo Raúl Ángeles

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2018

PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar el grado Académico de Doctor en Geografía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Geografía y Turismo durante el período comprendido entre 2012 y 2016, bajo la dirección de la Dra. Andrea María Josefa Coronato, (Profesor Titular Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Investigador Independiente CADIC-CONICET) y del Dr. Guillermo Raúl Ángeles (Profesor Asociado Exclusiva – Universidad Nacional del Sur – Departamento de Geografía y Turismo).

Lic. Diego R. A. Quiroga

Bahía Blanca, 2 de diciembre de 2017

Departamento de Geografía y Turismo

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaría General de Posgrado y Educación
Continua

La presente tesis ha sido aprobada el..../..../....., Mereciendo la calificación de (.....)

RESUMEN

El sector de Tierra del Fuego delimitado por el río Chico, al norte; el río Grande, al sur; el límite internacional con Chile, al oeste y el meridiano de 68° oeste, al este, constituye una de las zonas semiáridas frías del sur argentino en las que los cambios ambientales ocurridos durante el Cuaternario y los procesos erosivos naturales y antrópicos han influido en la conformación del paisaje geomorfológico actual.

El objetivo principal de la tesis es aportar conocimientos para comprender cómo dichos cambios ambientales y antrópicos afectaron la configuración del relieve. La tesis se estructura en cuatro partes. La primera introductoria plantea el objeto de estudio; las hipótesis que guían la investigación y la metodología aplicada. En la segunda parte, se describe el área de estudio. La tercera parte, desarrolla los resultados obtenidos y por último, la cuarta parte sintetiza las conclusiones.

En relación con los resultados, el estudio geomorfológico permitió determinar los componentes, dinámica y evolución del paisaje. Además, se pudo comprobar que la acción del ganado ovino en interacción con los vientos dominantes del sector oeste-sudoeste son los principales agentes que, en la actualidad, modelan el paisaje. Mediante imágenes satelitales se estimó el grado de desarrollo y cobertura de la vegetación en laderas para evaluar el impacto del pastoreo ovino sobre la misma.

ABSTRACT

The Tierra del Fuego area delimited by the Chico river, to the N; the Grande river, to the S; the international limit, to the W, and the meridian the 68° W, to the E, constitutes one of the semiarid cold zones at south of Argentina, in which Quaternary environmental changes and natural and anthropic erosive processes have influenced in the conformation of the current geomorphological landscape and its modifications.

The aim of this thesis is to provide knowledge to understand how those environmental and anthropic changes affected the relief configuration. The thesis it is conform by four parts. The first part containing the introduction, purpose of study, the hypothesis and methodology. The second, describes the study area. The third, shows the results. Finally, the quarter part present the conclusions.

Geomorphological analysis allowed to identify both landscape elements, dynamic and evolution. Also, it was possible to determine how the interrelationship between the wind and the livestock sheep modify the landscape at present. Satellite images were applied to estimate the vegetation coverage in the slopes to evaluate the livestock sheep impact.

IV

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis directores de tesis Dra. Andrea Coronato y Dr. Guillermo Ángeles, quienes me guiaron y acompañaron en todo el trayecto de esta etapa. Muchas gracias por su tiempo, esfuerzo y paciencia dedicados. Gracias por confiar en mí para la realización de este trabajo. Este trabajo fue financiado por una beca doctoral de CONICET, con lugar de trabajo en el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC). A su vez, el trabajo se enmarcó en proyectos de investigación financiados por ANPCyT y CONICET a cargo de las Dras. Coronato y Salemme, investigadoras del laboratorio de Geomorfología y Cuaternario de CADIC

Al Dr. Federico Ponce, por su colaboración y buena predisposición en todo el desarrollo de este trabajo. A la Dra. Verónica Gil, por iniciarme en el camino de morfometría fluvial. Al Dr. Héctor F. del Valle, por iniciarme en el camino del análisis de imágenes. Al Tec. Carlos Ramiro López por toda su ayuda incondicional en el desarrollo de este trabajo. A todos mis compañeros del laboratorio de Geomorfología y Cuaternario – CADIC- CONICET, Soledad Candel, Fernando Santiago, Lucas Turnes, Mónica Salemme, Romina Onorato, Jimena Oría, Marilén Fernández y Ma. Laura Villarreal a todos ellos por su ayuda, consejos, compañía durante todo el desarrollo de este trabajo. A mi familia, mis viejos: Claudia y Daniel y mis hermanos: Daniela, Carolina, y Nacho por el apoyo.

Al personal de las estancias Ma. Behety, Flamencos, San Julio y El Salvador por la buena predisposición para ingresar a trabajar al campo. Al personal de la Estación Astronómica Río Grande (EARG) por facilitar la logística durante las campañas.

Diego Quiroga

A mi familia

PREFACIO	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
PARTE I. Introducción a la problemática a estudiar, planteo de problema hipótesis y objetivos de trabajo	1
1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA A INVESTIGAR	4
1.1.1. Planteo del problema	4
1.1.2. Hipótesis de trabajo	4
1.1.3. Objetivos	5
1.1.3.1. Objetivo general	5
1.1.3.2. Objetivos específicos	5
1.1.4. Marco teórico conceptual	6
1.1.4.1. Relación sociedad - naturaleza	6
1.1.4.2. Geografía cuantitativa	7
1.1.4.3. Neogeografía a partir del uso de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG)	8
1.2. ANTECEDENTES	9
1.2.1. Componentes, dinámica y evolución del paisaje	9
1.2.2. Morfometría fluvial	11
1.2.3. Efectos de la actividad ganadera en la génesis de procesos erosivos en laderas a través de imágenes satelitales	13
2. CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1. CARTOGRAFÍA BASE E IMÁGENES	16
2.2. ANÁLISIS DE IMÁGENES SATELITALES	17
2.3. SITIOS DE OBSERVACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR LA ACTIVIDAD GANADERA	20
2.4. ANÁLISIS FOTOGRAMÉTRICO DE LADERAS AFECTADAS POR EL GANADO OVINO	22
2.5. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA	22
2.6. RELEVAMIENTO DE CAMPO PARA LA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA	23

VII

2.6.1.	Reconocimiento y descripción de geformas y procesos geomorfológicos	25
2.6.2.	Realización de perfiles topográficos	25
2.6.3.	Levantamiento de sección estratigráficas y perfiles de suelo	26
2.6.4.	Análisis petrográfico de bloques erráticos	26
2.7.	DATOS METEOROLÓGICOS	27
2.8.	ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS	28
2.8.1.	Morfometría	28
2.8.2.	Datos hidrométricos	31
2.9.	ESQUEMA DE TRABAJO	31
PARTE II. Área de estudio		33
3.	CAPÍTULO 3. SOPORTE FÍSICO - AMBIENTAL	34
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	34
3.2.	BASE GEOLÓGICA	36
3.3.	TOPOGRAFÍA	39
3.4.	CLIMA	41
3.4.1.	Análisis de las estaciones meteorológicas del área de estudio	43
3.4.1.1.	Temperaturas	43
3.4.1.2.	Precipitaciones	45
3.4.1.3.	Análisis estacional de viento	48
3.4.1.4.	Probabilidad de lluvia según dirección de viento	53
3.4.1.5.	Diagramas ombrotérmicos	54
3.5.	BIOMAS	56
3.6.	USOS DEL SUELO	58
PARTE III. Resultados y Discusión		61
4	CAPÍTULO 4. COMPONENTES, DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DEL PAISAJE	62
4.1.	COMPONENTES Y DINÁMICA	62
4.1.1.	COMPONENTES DEL ORDEN ESTRUCTURAL	68
4.1.2.	COMPONENTES DEL ORDEN GEOMORFOLÓGICO	69
4.1.2.1.	Origen gravitatorio	69
4.1.2.2.	Origen glacial	74
4.1.2.3.	Origen fluvial	83
4.1.2.4.	Origen eólico – lagunar	85
4.2.	EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA	87
5.	CAPÍTULO 5. MORFOMETRÍA FLUVIAL	95
5.2.	CUENCA RÍO AVILÉS	95
5.2.1.	Mediciones de aforo	97
5.2.2.	Parámetros morfométricos	98
5.2.3.	Variables de relieve	101
5.2.4.	Variables de topología y longitud de los cauces	103
5.2.5.	Variables de tamaño y forma de las cuencas	105

VIII

5.2.6.	Variables de intensidad fluvial	107
5.2.7.	Morfometría y geomorfología	111
5.3.	CUENCA RÍO MONETA	114
5.3.1.	Variables de relieve	115
5.3.2.	Variables de topología y longitud de los cauces	117
5.3.3.	Variables de tamaño y forma de las cuencas	118
5.3.4.	Variables de intensidad fluvial	119
5.3.5.	Crecidas en el río Moneta. Ejemplo de caso	120
5.4.	COMPARACIÓN DE LAS CUENCAS DEL RÍO MONETA (CRM) Y RÍO AVILÉS (CRA)	122
5.4.1.	Comparación de cuencas según sectores de cuenca	125
5.4.1.1.	Cuenca alta	126
5.4.1.2.	Cuenca media	128
5.4.1.3.	Cuenca baja	130
6	CAPÍTULO 6. EFECTO DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN LA GÉNESIS DE PROCESOS EROSIVOS EN LADERAS A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES	132
6.1.	RASGOS EROSIVOS EN LADERAS	132
6.2.	CONDICIONES FÍSICAS A ESCALA REGIONAL	134
6.3.	ESTADO DE LA COBERTURA VEGETAL-SUELO DESNUDO	135
6.4.	RELACIÓN CON CONDICIONES METEOROLÓGICAS	138
6.5.	DISCUSIÓN: IDENTIFICACIÓN DE LADERAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN	140
6.6.	MONITOREO DE SITIOS DE INTERÉS A TRAVÉS DE FOTOGRAMETRÍA	144
	PARTE IV. Conclusiones	147
7	CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	148
	PARTE V. Bibliografía y Anexo	154
8	CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA	155
9	CAPÍTULO 9: ANEXO	171
9.1	LISTADO DE IMÁGENES UTILIZADAS	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Localización del área de estudio en la Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina.	2
Figura 2.1.	Localización de sitios de trabajo en campo.	19
Figura 2.2.	Laderas en las que se ubican los sitios de muestreo: A) Sitio 1; B) Sitio 2; C) Sitio 3; D) Sitio 4. Fotografías: Quiroga Diego, R.A.	21
Figura 2.3.	Tareas de campo realizadas: A): Medición de aforo, B): Descripción de sección estratigráfica, C): Medición de lámina de agua, D): Molinete hidrométrico utilizado, E): Realización de perfiles topográficos con GPS diferencial.	24
Figura 2.4.	Esquema de trabajo de la tesis.	32
Figura 3.1.	Área de estudio.	35
Figura 3.2.	Mapa geológico modificado de Olivero <i>et al.</i> , 2007	36
Figura 3.3.	Mapa topográfico.	40
Figura 3.4.	Circulación atmosférica regional. Modificado de Tuhkanen, 1992.	42
Figura 3.5.	Distribución de temperaturas medias, máximas y mínimas medias y absolutas, estación meteorológica Ma. Behety, período 25 de mayo de 2013 al 1 de abril de 2016. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2.	44
Figura 3.6.	Distribución de temperaturas medias, máximas y mínimas medias y absolutas, estación meteorológica Ea. San Julio. Período 4 de febrero de 2011 al 15 de marzo de 2016. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2.	45
Figura 3.7.	Mapa de distribución de precipitaciones, elaborado sobre la base del modelo digital de precipitaciones propuesto por http://www.worldclim.org/ .	46
Figura 3.8.	Distribución anual de la precipitación acumulada mensual. Estación meteorológica Ea. Ma. Behety, período 2014 - 2015. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2.	47
Figura 3.9.	Distribución anual de la precipitación acumulada mensual. Estación meteorológica Ea. San Julio, período 2011 - 2015. Datos registrados por estación la meteorológica Davis Vantage PRO2.	48
Figura 3.10.	Rosa de los vientos según época del año. Estación meteorológica Ea. Ma. Behety, período 2014 – 2015.	50
Figura 3.11.	Rosa de los vientos según época del año. Estación meteorológica Ea. San Julio, período 2011 – 2016.	52
Figura 3.12.	Probabilidad de ocurrencia de lluvia según dirección de viento Ea. Ma, Behety.	53
Figura 3.13.	Probabilidad de ocurrencia de lluvia según dirección de viento Ea. San Julio	54

Figura 3.14.	Diagrama ombrotermico, estación meteorológica Ea. Ma. Behety, período 2013 – 2016. Datos registrados por estación meteorológica Davis Vantage PRO2.	55
Figura 3.15.	Diagrama ombrotermico, estación meteorológica Ea. San Julio, período 2011 – 2016. Datos registrados por estación meteorológica Davis Vantage PRO2.	56
Figura 4.1.	Modelo digital de elevación del área de estudio y línea de trazado de perfiles topográficos presentados en la figura 4.2.	64
Figura 4.2.	A) Perfil topográfico dirección O-E de la parte S del área de estudio, B) Perfil topográfico dirección O-E de la parte S del área de estudio, C) Perfil topográfico dirección N- S	65
Figura 4.3.	A) Paisaje de Serranías: sistema de Sierras en el área del Co. Mesa; B) Paisaje Glacial: Paisaje morénico conteniendo bloques erráticos en Ea El Salvador; C). Paisaje fluvial: valle del río Avilés en una sección de la cuenca media	66
Figura 4.4.	Mapa geomorfológico a escala 1:210.000.	67
Figura 4.5.	Mapa de pendientes, en valor porcentual.	71
Figura 4.6.	Mapa de curvatura de laderas del área de estudio.	72
Figura 4.7.	Mapa de orientación de laderas del área de estudio.	73
Figura 4.8.	Bloques erráticos distribuidos en el área de estudio: A). Bloque en Ea. El Salvador (B12); B). Bloque ubicado al noroeste Laguna Amalia (B1). C). Bloque en Ea. El Salvador (B13); D). Bloque en Ea San Julio (B2). La nomenclatura y características de cada bloque se presentan en la tabla 4.2.	77
Figura 4.9.	Sección estratigráfica del abanico glacifluvial, en cantera ubicada en 53°32'37,7 LS / 68°22'31,4 LO.	80
Figura 4.10.	Sección estratigráfica de la planicie glacifluvial, laguna Hortensia. (53°35'8,2 LS / 68°31'57,2 LO).	82
Figura 4.11.	A) Cantera río Avilés Medio, Sección estratigráfica A, B). Sección estratigráfica de la planicie glacifluvial, laguna Hortensia. Sección B.	83
Figura 4.12.	Perfil de suelo del cauce río Avilés en ribera del cauce medio	85
Figura 4.13.	Mapa de glaciaciones, sector norte y centro de Tierra del Fuego, modificado de Coronato <i>et al.</i> , (2004 b).	89
Figura 4.14.	Límite del englazamiento durante la GGP en el área de estudio. Límites del frente de hielo, dirección del paleoglaciario Lago Blanco y dirección de flujo de las líneas de drenaje de fusión glacial en el sistema serrano.	92
Figura 5.1.	Localización y desarrollo de las cuencas exorreicas estudiadas	95
Figura 5.2.	Variación de la superficie de la sección transversal	98
Figura 5.3.	A) Sectorización de la cuenca en alta, media y baja B) Subcuencas del río Avilés. Dado la inexistencia de toponimia, se identificaron las subcuencas con siglas que corresponden a número de orden - Subcuenca Avilés n°.	100

	Ej. O3-SCA5 = Orden 3-Subcuenca Avilés 5. C) Perfil longitudinal del río Avilés	
Figura 5.4.	A) Cauces según orden jerárquico. B) Esquema sin escala de los ejes principales de drenaje.	101
Figura 5.5.	Mapa de pendientes de la cuenca del río Avilés, expresada en valor porcentual	102
Figura 5.6.	Razón de elongación según subcuencas de orden 3 y 4 de la cuenca del río Avilés. Los índices de cada subcuenca se presentan en la Tabla 5.4	106
Figura 5.7.	A) Densidad de drenaje según subcuencas de orden 3 y 4 del río Avilés. B) Coeficiente de torrencialidad según subcuencas de orden 3 y 4. Los índices de cada subcuenca se presentan en la Tabla 5.5.	109
Figura 5.8.	A) Subcuencas mayores a orden 3; B) Esquema de subcuencas y curso principal del río Moneta	115
Figura 5.9	Mapa de pendientes de la cuenca del río Moneta, en porcentaje	116
Figura 5.10.	A) Fotografía del valle del río Moneta medio 17 de febrero de 2013, B). Fotografía del valle del río Moneta en un máximo de inundación (25 de septiembre de 2015) C) Partes del valle fluvial (Pedraza Gilsanz, J., 1996)	121
Figura 5.11.	Relación de bifurcación en las cuencas Avilés y Moneta	123
Figura 5.12.	Relación de longitud de cursos y número de orden en las cuencas Avilés y Moneta	124
Figura 5.13.	Cuencas de los ríos Avilés y Moneta según sectores de la cuenca	125
Figura 5.14.	Valores medios de intensidad fluvial según cuenca alta. La posición relativa de los sectores de cuenca respecto a la cuenca general está indicada en la figura 5.13	127
Figura 5.15.	Valores medios de intensidad fluvial según cuenca media de los ríos Avilés y Moneta. La posición relativa de los sectores de cuenca respecto a la cuenca general está indicada en la figura 5.13.	129
Figura 5.16.	Valores medios de intensidad fluvial según sector de la cuenca baja en los ríos Avilés y Moneta. La posición relativa de los sectores de cuenca respecto a la cuenca general está indicada en la figura 5.13.	131
Figura 6.1.	A). Ladera de solana utilizada por el ganado como zona de resguardo y descanso. Nótese la escasa cobertura de matas de <i>Festuca gracillima</i> por efectos del pastoreo B) Hoya provocada por efectos del ganado, en la escarpa de erosión se observa el escaso espesor de suelo desarrollado sobre la roca de base meteorizada y la presencia de derrubios dispersos. C). Hoya desde una vista superior	132
Figura 6.2.	Modelo digital de elevaciones creado con puntos obtenidos por GPS de medición diferencial y perfil topográfico	133

Figura 6.3.	A) Evolución de los valores de NDVI en los cuatro sitios de observación, con diferentes condiciones de relieve en base al análisis de 146 imágenes. B). Evolución del NDVI de la cobertura vegetal en los dos puntos de observación en los que se presentó mayor contraste: SO 1 (ladera N) y SO 4 (laderas S)	138
Figura 6.4.	Distribución de valores de temperatura media diaria y de precipitaciones diarias para el período 2000 – 2009. Coincidente con el período de captura de las imágenes de NVDI. Datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, Estación Río Grande	140
Figura 6.5.	Distribución de laderas con orientación N-NE, curvatura convexa y pendiente porcentual mayor a 6,59 %	142
Figura 6.6.	Laderas con orientación N-NE afectadas por formación de hoyadas	143
Figura 6.7.	Fotogrametría SO 1 A) Fotografía 12/09/2012; B) Fotografía 03/05/2016; C) Gráfico comparativo de superficies de escarpa	145
Figura 6.8.	Fotogrametría SO 3 A) Fotografía 23/10/2013; B) Fotografía 03/05/2016; C) Gráfico comparativo de superficies de escarpa	146

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Elementos cartográficos utilizados	16
Tabla 2.2.	Variables morfométricas utilizadas en el análisis de cuencas, fuente: Strahler (1964), Horton (1945), Schumm (1956), Mueller (1968), Sensiales (1999)	29
Tabla 3.1.	Distribución de frecuencias de dirección de vientos según estación de año, estación meteorológica Ea. María Behety. Datos registrados por la estación meteorológica Davis. Período 2014 – 2015.	49
Tabla 3.2.	Distribución de frecuencias de dirección de vientos según estación de año, estación meteorológica Ea. San Julio. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2, período 2011 – 2015.	51
Tabla 4.1.	Clases de pendiente del área de estudio y superficie ocupada	70
Tabla 4.2.	Litología, posicionamiento y dimensiones de los bloques erráticos relevados.	76
Tabla 5.1.	Superficie de sección transversal según fechas de medición. P. Media = pendiente media; Long. Trans. Cauce = longitud transversal de cauce	97
Tabla 5.2.	Variables de relieve por cuenca y subcuencas	103
Tabla 5.3.	Valores medios de las variables de topología y longitud de los cauces, por cuenca y subcuencas	105
Tabla 5.4.	Variables de tamaño y forma por subcuencas y cuenca del río Avilés	107
Tabla 5.5.	Variables de intensidad fluvial por subcuencas y cuenca del río Avilés	108
Tabla 5.6.	Índices morfométricos del río Moneta, según subcuencas	117
Tabla 5.7.	Distribución de subcuencas según los cursos principales	122
Tabla 5.8.	Índices morfométricos a escala de cuenca	123
Tabla 5.9.	Propiedades de la cuenca según sectores	126
Tabla 6.1.	Dimensiones de las hoyadas del SO 3, el total de superficie de hoyadas relevada representan el 2,5% de la superficie total de la ladera afectada. Eje X: distancia longitudinal paralelo a la pendiente, Eje Y: distancia longitudinal perpendicular a la pendiente	134

PARTE I

Introducción a la problemática a estudiar, planteo de problema, hipótesis y objetivos de trabajo

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta tesis permite la comprensión de los cambios ambientales ocurridos en el sector norte de Tierra del Fuego delimitado por el río Chico, al norte; el río Grande, al sur; el límite internacional, al oeste y el meridiano de 68°oeste, al este (Figura 1.1). Se analizaron las modificaciones ambientales ocurridas desde el Cuaternario hasta el presente, haciendo énfasis en los procesos erosivos de origen antrópico.

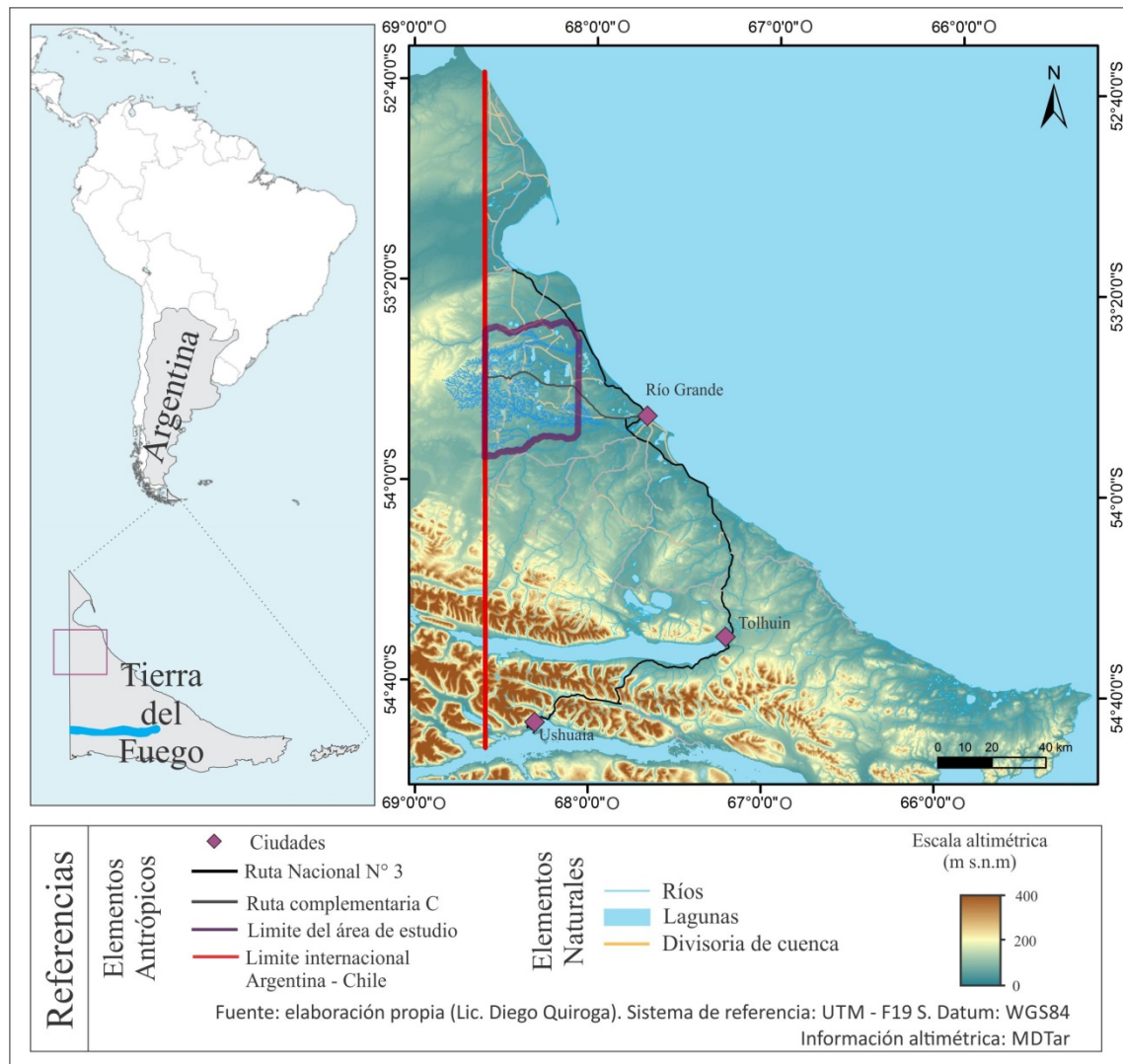


Figura 1.1. Localización del área de estudio en la Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina

La tesis se estructura en cuatro partes: en la primera se desarrolla la introducción a la problemática de estudio, planteo de problema, hipótesis y objetivos de trabajo. En la segunda se aborda el área de estudio, realizando una descripción de las características físicas y usos de suelo que se identifican en la región. En la tercera parte, se exponen los resultados, estructurados en tres capítulos: el capítulo 4 trata de los componentes, dinámica y evolución del paisaje, capítulo 5: morfometría fluvial y capítulo 6 efecto de la actividad ganadera en la génesis de procesos erosivos en laderas a través de imágenes satelitales. En la cuarta parte de la tesis se desarrollan las conclusiones. Por último, en la quinta parte se plasma la bibliografía y anexos.

Entre los años 2012 y 2016 se llevaron a cabo distintos trabajos de campo, que permitieron la obtención de información de manera directa de las diferentes variables analizadas para el desarrollo de la tesis. Algunos trabajos consistieron en el relevamiento de geoformas, descripción de perfiles estratigráficos, medición de caudales, realización de perfiles topográficos, etc. Todo esto se detalla en el capítulo 2 “Materiales y Métodos”. La utilización de Tecnologías de Información Geográfica permite el desarrollo de trabajos a diferentes escalas de análisis, facilitando el cambio de escala local a regional.

1. PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA A ESTUDIAR

1.1.1 Planteo del problema

El conocimiento de la evolución y dinámica geomorfológica como respuesta a la incidencia de agentes naturales y antropogénicos en la región ubicada entre los ríos Chico y Grande, en la estepa fueguina, se plantea como un problema de interés científico y socio-económico, no abordado en ámbitos nacionales o internacionales hasta el inicio de esta tesis. A través de las hipótesis y objetivos de trabajo se intentará llenar el vacío de información existente sobre el impacto de los cambios globales ocurridos durante el Cuaternario. El conocimiento acerca del impacto erosivo del ganado en laderas permitirá caracterizar y cuantificar la superficie de suelo afectado por la actividad antrópica. El estudio de las formas de erosión generadas por el ganado es aún inédito en la región austral. El estudio de las redes de drenaje a través de su análisis morfométrico permitirá obtener información indirecta del comportamiento de las cuencas del área, las que no cuentan con información hidrométrica. La distribución de materiales según su textura y configuración morfológica servirá como herramienta de decisión para aquellos que realicen la planificación del uso del suelo en la región, a la vez que intentará dar respuesta a actuales inquietudes de los administradores de los campos ganaderos existentes en el área de trabajo.

1.1.2. Hipótesis de trabajo

1. El viento, la escorrentía superficial y la actividad ganadera son los principales agentes modeladores de un paisaje resultante de procesos geomorfológicos ocurridos por la alternancia de períodos fríos y cálidos (glaciaciones – actividad fluvial) en el pasado.

2. La disponibilidad de agua superficial en el paisaje de estepa está determinada por sus características litológicas y geomorfológicas y actúa como factor condicionante para el uso del suelo ganadero.

1.1.3. Objetivos

1.1.3.1. Objetivo general

El objetivo general de la tesis es contribuir al conocimiento de los procesos naturales y antrópicos que actúan como agentes modeladores del paisaje estepario característico de zonas semiáridas frías del extremo austral de la Argentina, desde el Cuaternario al presente.

1.1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar y describir los componentes del paisaje geomorfológico y establecer su evolución a lo largo del Cuaternario y de los tiempos históricos.
- Caracterizar las cuencas fluviales del área de trabajo mediante el estudio morfométrico.
- Evaluar el efecto de la actividad ganadera en la génesis y evolución de las formas de erosión eólica y de remoción en masa.

1.1.4. Marco teórico conceptual

El desarrollo de esta tesis se enmarca en un cuerpo conceptual y metodológico bajo el cual se aborda la relación sociedad naturaleza y espacio resultante, contemplando las modificaciones en su configuración morfológica y morfométrico del sistema de drenaje. La Neogeografía se encuadra en el uso de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG).

1.1.4.1. Relación sociedad - naturaleza

De la relación sociedad – naturaleza se conforman diferentes paisajes. Estos son entendidos como el aspecto visible del espacio geográfico, en el cual el hombre se relaciona con el medio ambiente (Santos, 2000; Zamorano *et al.*, 1968). Esto resulta en un sin número de interacciones complejas; para la interpretación de estas Capitanelli (1998) propone realizar un enfoque sistémico. El hombre utiliza el paisaje como medio para satisfacer sus necesidades de subsistencia y como resultado de esto se produce modificaciones en el espacio, en algunos casos desfavorables para la permanencia del hombre en el tiempo. Según Reboratti (2006), el espacio en el cual el hombre ha transcurrido su vida conforma un sistema complejo y dinámico. En el paisaje es donde surgen un sin número de interacciones entre el hombre y el medio ambiente. Se conforma un lugar de encuentro de fenómenos de diferente escala espacial y temporal.

La intervención espontánea y permanente de la sociedad sobre la naturaleza, a mediados del siglo XX, se vio plasmada en el espacio en forma de contaminación y amenaza sobre el equilibrio ecológico (Gallopín, 1986). Desde la segunda mitad del siglo XX, se incorpora la variable ambiental del entorno. Es decir, surge la idea de contemplar los aspectos sociales del ambiente, principalmente en los países con menor grado de desarrollo socio-económico. Temas como contaminación de la pobreza, uso

irracional de los recursos y las condiciones de vida de la población comienzan a tener relevancia en las agendas políticas y académicas (Rosell, 2010).

Este cambio conlleva hacia una visión más integradora del espacio, en el cual se vinculan a las ciencias del ambiente y a las sociales, arribando al concepto de ecología social, siendo este “el estudio de los sistemas humanos en interacción con sus sistemas ambientales” (Gudynas y Evia 1991: 26). Esta interacción comprende las relaciones que se establecen entre la atmósfera, hidrósfera, litósfera, biósfera, es decir en las esferas objeto de estudio de la Geografía Física a la que se agrega la gnósfera, que al modificarse internamente provocan reacciones en cadena en el espacio (Pierre, 1972).

El estudio de la evolución geomorfológica de una región, permite comprender e identificar los diferentes procesos erosivos y depositacionales que ocurrieron en el espacio, estos procesos se encuentran vinculados a cambios ambientales en el pasado. Los procesos erosivos en determinadas ocasiones generan deterioro del ambiente que pueden afectar a largo plazo a la sociedad o a un sector de ella según sea su forma de organización, valores, creencias, estructura política, socioeconómica y jurídica de la sociedad que se ve amenazada.

1.1.4.2. Geografía cuantitativa

La geografía cuantitativa surge en la segunda mitad del siglo XX planteando la elaboración de modelos espaciales amparados en la estadística y matemática. El estudio de las cuencas hidrográficas es abordado globalmente desde un paradigma de la geografía cuantitativa. Se toma a la cuenca como una unidad espacial completa, definida como el área delimitada por la topografía que confluye en un sistema fluvial (Sheng, 1992). La cuenca es considerada como un sistema abierto en el cual interactúan en el intercambio de energía y materia el clima, procesos endógenos y resulta en transporte de

sedimentos (Gregory & Walling, 1973). Para la comprensión de los procesos fluviales de las cuencas hidrográficas es necesario analizarla a diferentes escalas, partiendo desde la escala cuenca finalizando a subcuenca (Senciales González, 1999).

1.1.4.3. Neogeografía a partir del uso de Tecnologías de la Información Geográfica

En respuesta a las múltiples posibilidades de observación de la realidad de manera indirecta a través de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) se ha planteado un paradigma geotecnológico. Surge la Geografía Global, cuyo campo de análisis engloba distintos conceptos y métodos de análisis geográfico que establecen relaciones entre el espacio geográfico (espacio real) y la representación digital (espacio virtual). La metodología de trabajo relacionada al uso de las TIG, la cual incluye a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) fue diseñada para lograr una eficiente automatización de los procedimientos geográficos en la búsqueda de soluciones de cuestiones espaciales, humanas y ambientales. A partir de la implementación de las TIG se ha generado un nuevo espacio de trabajo conocido como el ciberespacio, en el cual se superpone y complementa la geografía real de los paisajes empíricos (Buzai, 2001).

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1. Componentes, dinámica y evolución del paisaje

La Isla Grande de Tierra del Fuego se encuentra separada del continente sudamericano por el estrecho de Magallanes. La misma está conformada por la unión de dos placas tectónicas: la placa Sudamericana y la de Scotia (Rabassa *et al.*, 2000; Menichetti *et al.*, 2008). El conocimiento de los aspectos geológicos – geomorfológicos en esta región de estudio es escaso. Codignotto y Malumián (1981) realizaron una descripción de la geología local y Olivero *et al.*, (2007) el mapeo geológico. Trabajos de geología estructural fueron desarrollados por Torres Carbonell *et al.*, (2013). A su vez, el área de estudio fue incluida en los estudios sobre geología glacial por Meglioli (1992), quien la definió como una parte de la *drift-less área*, o bien como área que no fue englazada durante el Pleistoceno. Esta es una controversia aún en debate ya que autores previos (Caldenius, 1932) postularon que la totalidad de Tierra del Fuego fue cubierta por hielo durante la Gran Glaciación Pleistocena (GGP) ocurrida en Patagonia Austral entre 1.15 – 1.05 Ma (Coronato *et al.*, 2004 a, b). A pesar de la ausencia de geoformas glaciarias, los bloques erráticos dispersos en el área ponen en duda la idea de ausencia de englazamiento. Bujalesky *et al.*, (2001) propusieron una génesis paraglacial para dos grandes unidades de paisaje constituidas por abanicos glacifluviales provenientes de la margen sur del paleo glaciar que ocupaba la depresión Bahía Inútil – San Sebastián. La corriente de agua se originaba en la margen del cuerpo de hielo y fluía hacia el SO encajonándose en las sierras de Carmen Silva, ubicadas al sur del río Chico, para luego esparcirse en forma de abanico, al pie de un sistema de colinas bajas y mesetas. Los abanicos glacifluviales fueron interpretados como de edad Pleistoceno medio y a su vez

asociados a la Glaciación Río Cullen y San Sebastián (Post GGP 1 y 2) respectivamente, según Coronato *et al.*, 2004 a, ocurrida en la depresión antes mencionada.

Menciones sobre la topografía y algunos aspectos morfológicos de la región fueron realizadas por Cingolani (1999), Collantes y Faggi (1999) en el marco de estudios sobre suelos, comunidades vegetales e impacto del ganado ovino en el medio ambiente. La presencia de una secuencia de paleosuelos de origen eólico formando una megaduna de limos–arcillo–arenosos fue interpretada por Coronato *et al.* (2011) como un indicador de cambios en las condiciones de humedad y precipitaciones a lo largo del Holoceno, lo cual se confirma con resultados de magnetismo ambiental de los minerales componentes de la secuencia (Orgeira *et al.*, 2012).

La ocupación humana en la estepa fueguina se inició durante la transición Pleistoceno/Holoceno, durante el último máximo glacial Pleistocénico (*sensu*; Massone 2003; McCulloch *et al.*, 2005, Rabassa y Coronato, 2007). Los descensos periódicos en el nivel del mar provocaron la conexión de la Isla Grande de Tierra del Fuego con el continente mediante puentes terrestres, a través de los cuales migraron los primeros grupos cazadores-recolectores (McCulloch *et al.* 2005). Los registros arqueológicos encontrados en el área de estudio revelan su presencia durante el Holoceno medio, aprovechando los recursos líticos y faunísticos concentrados en lagunas y valles de la zona mediante un modo de vida trashumante. (Favier Dubois y Borrero, 2005; Salemme *et al.*, 2007; Santiago, 2013). Sin embargo la totalidad del espacio se ocupó en forma permanente en los últimos 120 años desde que se produjo el parcelamiento rural de estancias (Cingolani, 1999). En la actualidad el área de estudio se encuentra dividida en cuatro estancias: El Salvador (22.855 ha); San Julio (51.762 ha); Flamencos (46.828 ha) y María Behety (61.876 ha). Las estancias antes mencionadas tienen como principal

actividad económica la cría de ganadería ovina extensiva, la cual se realiza a través de una rotación de cuadros de pasturas naturales según la época del año. Desde la mitad del siglo XX la explotación petrolera produjo modificaciones en el paisaje mediante la instalación de infraestructura de explotación, almacenaje y transporte de petróleo y gas.

Las modificaciones más notables en el paisaje se presentan en relación directa con la ganadería ovina. De acuerdo con Oría *et al.* (2010), el ganado actúa como un agente erosivo en planicies y laderas.

1.2.2. Morfometría fluvial

La morfometría fluvial proporciona información indirecta sobre la influencia que tiene la configuración geomorfológica en la dinámica de una cuenca hidrográfica. Horton (1945), Strahler (1952), Schumm (1956) y Morisawa (1962) fueron los primeros que trabajaron en la conformación de índices para establecer una cuantificación y correlación de las características geomorfológicas y los procesos fluviales que se generan en las cuencas. A partir de allí los índices morfométricos fueron utilizados para analizar y comparar procesos hidrológicos en cuencas de la Argentina y del mundo (Guido y Busnelli, 1993; Doffo y González Bonorino 2005; Mesa 2006; Gil *et al.*, 2009; Romero Díaz, 1989; Leopold *et al.*, 1992; Senciales González 1999; Moussa 2003; Sreedevi *et al.*, 2005; Viramontes-Olivas *et al.*, 2008; Al Saud 2009; Eze y Efiang, 2010; Thomas *et al.*, 2012), aplicados al análisis de hidrología de crecidas o como insumo de entrada para modelos de simulación de escurrimiento (Martini y Loat 2007; Esper Angillieri, 2008; Diez-Herrero *et al.*, 2008; Lastra *et al.*, 2008). Los estudios de morfometría fluvial pueden ser abordados desde una óptica descriptiva, mediante la cual se clasifican los cauces según su forma y característica asociándolos con el sustrato geológico, o desde el punto de vista cuantitativo, con el que se comparan las redes de

drenaje y se obtiene información respecto a las relaciones forma-procesos hidrológicos (Romero Díaz, 1989).

En un comienzo el análisis morfométrico ha sido usado para caracterizar las cuencas de drenaje, tal como se desprende de los trabajos de Gregory y Walling (1973), Gardiner (1975), Costa (1987); Leopold, *et al.*, (1992); Moussa (2003); Sreedevi *et al.* (2005), Doffo y González Bonorino (2005); Mesa (2006); Esper Angillieri (2008) y Thomas *et al.* (2012). En los últimos años, el uso de tecnologías de información geográfica (TIG) permitió aplicar diferentes técnicas indirectas para obtener resultados más precisos de los índices morfométricos (Ozdemir y Bird, 2009; Magesh *et al.*, 2013). Los datos altimétricos obtenidos “*in situ*” y los de manera indirecta, mediante el uso de modelos digitales de elevación (MDE), sumados a imágenes ópticas de diferentes resoluciones espaciales, permiten realizar cambios de escala y además, reducir el error cartográfico a la hora de extraer información digital. De esta manera, las características morfométricas de una cuenca pueden ser estudiadas no solo con mayor precisión sino con mayor rapidez. Este tipo de análisis adquiere gran importancia ya que permite una primera aproximación a la dinámica fluvial de redes de drenaje en las que los datos hidrométricos superficiales son escasos o ausentes, tal como es el caso de la mayoría de las cuencas hidrográficas de Tierra del Fuego, Argentina.

En el área de estudio se localizan varias redes de drenaje de carácter endorreico que delimitan la periferia de lagunas y dos redes de drenaje exorreicas que abarcan casi la totalidad del área de estudio. Una de estas cuencas es la del río Avilés, que desemboca en el río Chico y la otra cuenca es la del río Moneta, cuya desembocadura está en el río Grande. Ambas son cuencas binacionales, poseen las nacientes en territorio chileno y las desembocaduras en territorio argentino (Figura 5.1).

1.2.3. Efecto de la actividad ganadera en la génesis de procesos erosivos en laderas a través de imágenes satelitales

Los suelos de ladera se caracterizan por una fragilidad intrínseca y baja resiliencia. Es decir, baja capacidad de recuperarse después de una perturbación natural grave y/o impacto humano, haciendo que el proceso de erosión de los suelos sea casi irreversible cuando se desencadenan procesos como excavación animal, escorrentía, remoción en masa y/o deflación. Además, en ambientes semiáridos el riesgo de erosión del suelo está determinado por las condiciones climáticas y topográficas (Ochoa *et al.*, 2016).

Por otra parte, Oría y Salemme (2012) reconocieron disturbios antrópicos modernos en las laderas con orientación general N, ocasionados por procesos de erosión generados por el ganado. Coronato y Villarreal (2014) y O (2014) identifican al viento como agente modelador predominante en el paisaje del N de Tierra del Fuego. La observación directa y testimonios de informantes clave permiten reconocer la ocurrencia de procesos generados por el ganado a micro-escala en los ambientes serranos. Es sabido que la producción agrícola y ganadera intensiva en la Argentina, genera modificaciones en los parámetros físicos del suelo, por ej. modificaciones en la porosidad, conductividad hidráulica, permeabilidad y estructura del suelo (Costa *et al.*, 2015), pero se desconoce el impacto erosivo del manejo ganadero en relieves serranos de ambientes templado-fríos.

La utilización de imágenes satelitales posibilitó obtener información sobre la cobertura terrestre de manera remota e indirecta. Los sensores instalados a bordo de satélites colectan la radiación electromagnética de las coberturas y usos de la tierra y se captan en diferentes rangos espectrales. Esta información es almacenada en Números Digitales (ND), que se transforman en radiancia (parámetros físicos), Sobre la

base de la información multiespectral es posible analizar patrones espaciales, cambios en las coberturas terrestres, etc. La conformación de diferentes índices mediante algoritmos de combinación de bandas espectrales, permite estimar y evaluar, por ejemplo, la ubicación de los distintos tipos de vegetación y su estado fenológico en relación con la cobertura del suelo y la existencia de terrenos con suelo desnudo. En este sentido, uno de los índices más utilizados es el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) (Eckert *et al.*, 2015, Higginbottom y Symeonakis, 2014, Li, *et al.*, 2004).

El estudio de las variaciones del NDVI en series de tiempo prolongadas permitió obtener información del comportamiento histórico de la cobertura vegetal. Esta variación espaciotemporal puede deberse tanto a la variabilidad de la cantidad de precipitación como a causas socioprodutivas relacionadas con el uso de la tierra, como por ejemplo, el sobrepastoreo (Gaitán *et al.*, 2009). Este incide fuertemente en la pérdida de la cobertura vegetal y en el desarrollo de los procesos erosivos del suelo, más aún cuando el relieve se conforma por sistemas serranos o colinas aisladas. Tales procesos y sus consecuencias, pueden ser también abordados a partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales con el objetivo de estudiar la tendencia y dinámica de las variables de interés, por ejemplo: uso y cobertura de suelo, estado de la vegetación. Asimismo, la identificación de procesos de remoción en masa en áreas de difícil acceso puede ser detectada a través de patrones espaciales representados en las imágenes clasificadas con un algoritmo basado en el método de estimación por máxima verosimilitud (Mantovani *et al.*, 1996).

La ganadería extensiva en terrenos irregulares constituye uno de los principales factores desencadenantes de procesos de degradación ambiental y erosión que afecta directamente a la vegetación y al suelo. El sobrepastoreo se considera como uno de los

principales factores de desertificación en los ecosistemas semiáridos (Cerdá *et al.*, 2013).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Dadas las distintas temáticas abordadas en este estudio, los materiales utilizados y los métodos desarrollados se presentan individualmente.

2.1. CARTOGRAFÍA BASE E IMÁGENES

Se realizó una recopilación cartográfica consultando fuentes en el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET), Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), cartas topográficas provistas por la Dirección de Catastro de la Provincia de Tierra del Fuego, fotografías aéreas obtenidas por el Servicio de Hidrografía Naval y cartografía informal provista por las Estancias San Julio y El Salvador (Tabla 2.1).

Tipo	Nombre	Elaborado por	Escala
Hoja Geológica	Mapa Geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego	Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)	1:500.000
Carta Topográfica	Salvador Molina	Subc. de Planeamiento, Dirección de planificación y ordenamiento territorial	1:50.000
Carta Topográfica	Río Grande Oeste	Subc. de Planeamiento, Dirección de planificación y ordenamiento territorial	1:50.000
Carta Topográfica	Río Chico	Subc. de Planeamiento, Dirección de planificación y ordenamiento territorial	1:50.000
Carta Topográfica	Río Moneta	Subc. de Planeamiento, Dirección de planificación y ordenamiento territorial	1:50.000
Carta Topográfica	Ea. Los Flamencos	Subc. de Planeamiento, Dirección de planificación y ordenamiento territorial	1:50.000
Cartografía informal		Ea. El Salvador	1:50.000
Fotografías Aéreas	Corridas: 23b, 25 a 30.	Servicio de Hidrografía Naval. Años 1970 y 1971	1:40.000

Tabla 2.1. Elementos cartográficos utilizados

Se analizaron imágenes satelitales e imágenes de productos elaborados que se presentan en el Anexo I. Las imágenes SPOT se obtuvieron mediante convenio participativo de trabajo entre el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET) y Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Las imágenes MODIS, en cambio, fueron suministradas por el Laboratorio de Aplicaciones de los

Sensores Remotos y SIG Ecosistemas Patagónicos – Centro Nacional Patagónico (ECOPATA-CENPAT). El análisis de las imágenes se llevó a cabo a través de diferentes plataformas de procesamiento digital (GrassGis 7, QGIS 2.14, NEST ESA SAR TOOL BOX 5.1).

Como marco de referencia visual se utilizó un mosaico de imágenes extraídas de Google Earth®. La altimetría se obtuvo a través del modelo digital del terreno (MDT), de 45 m de resolución espacial, MDEar (Modelo Digital de Elevaciones Argentina – Instituto Geográfico Nacional - IGN). Los puntos de control altimétrico distribuidos en el área de estudio, se obtuvieron a través de GPS de medición diferencial permitiendo así aumentar la resolución espacial del MDT.

Se conformó una base de datos geoespaciales en formato digital en un Sistema de Información Geográfico (Quantum GIS 2.14.2®) a partir del cual se procesó la información en diferentes capas, posibilitando el desarrollo de la cartografía temática para cada capítulo. La escala de trabajo utilizada para la confección de los mapas finales es 1:210.000, conteniendo la totalidad del área de estudio (1.507 km²). El sistema de referencia utilizado es el de Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) faja 19 sur (Huso 19 y zona F) y Datum WGS84.

2.2. ANÁLISIS DE IMÁGENES SATELITALES

Para el desarrollo del capítulo 6, sobre los efectos de la ganadería ovina en la génesis y evolución del paisaje, se utilizó la imagen satelital SPOT 4 correspondiente al 17 de marzo de 2012, con resolución espacial de 20 m para visualización, localización y clasificación. Mediante el análisis de 252 imágenes MODIS Vegetation Index (NDVI), período 2000-2009, con una resolución espacial de 250 m y un intervalo de revisita de 16 días, se analizó la distribución multitemporal del NDVI. De esta serie de imágenes se

descartaron las correspondientes a los meses de invierno (mayo, junio, julio y agosto), período en el cual los suelos se encuentran cubiertos de hielo y/o nieve en su totalidad, quedando un total de 146 imágenes.

A escala local se realizó el análisis multitemporal de las variaciones interanuales de NDVI para las laderas con orientación N-NE con una pendiente mayor a 7 %, utilizando los programas GRASS GIS 7.0® y ORFEO Toolbox®, herramienta r.series. Para el análisis del estado de la cobertura vegetal se realizó una selección temporal de la serie de datos.

Por otra parte, el análisis de la imagen SPOT 4, permitió obtener una zonificación de las áreas afectadas por actividad antrópica, a través de una clasificación supervisada, con la cual se cuantificó la superficie de laderas afectadas por remoción en masa. Para su procesamiento se realizaron correcciones atmosféricas transformando los datos de la imagen (número digitales ND) a reflectancia a nivel del tope de la atmósfera, mediante el algoritmo TOA.

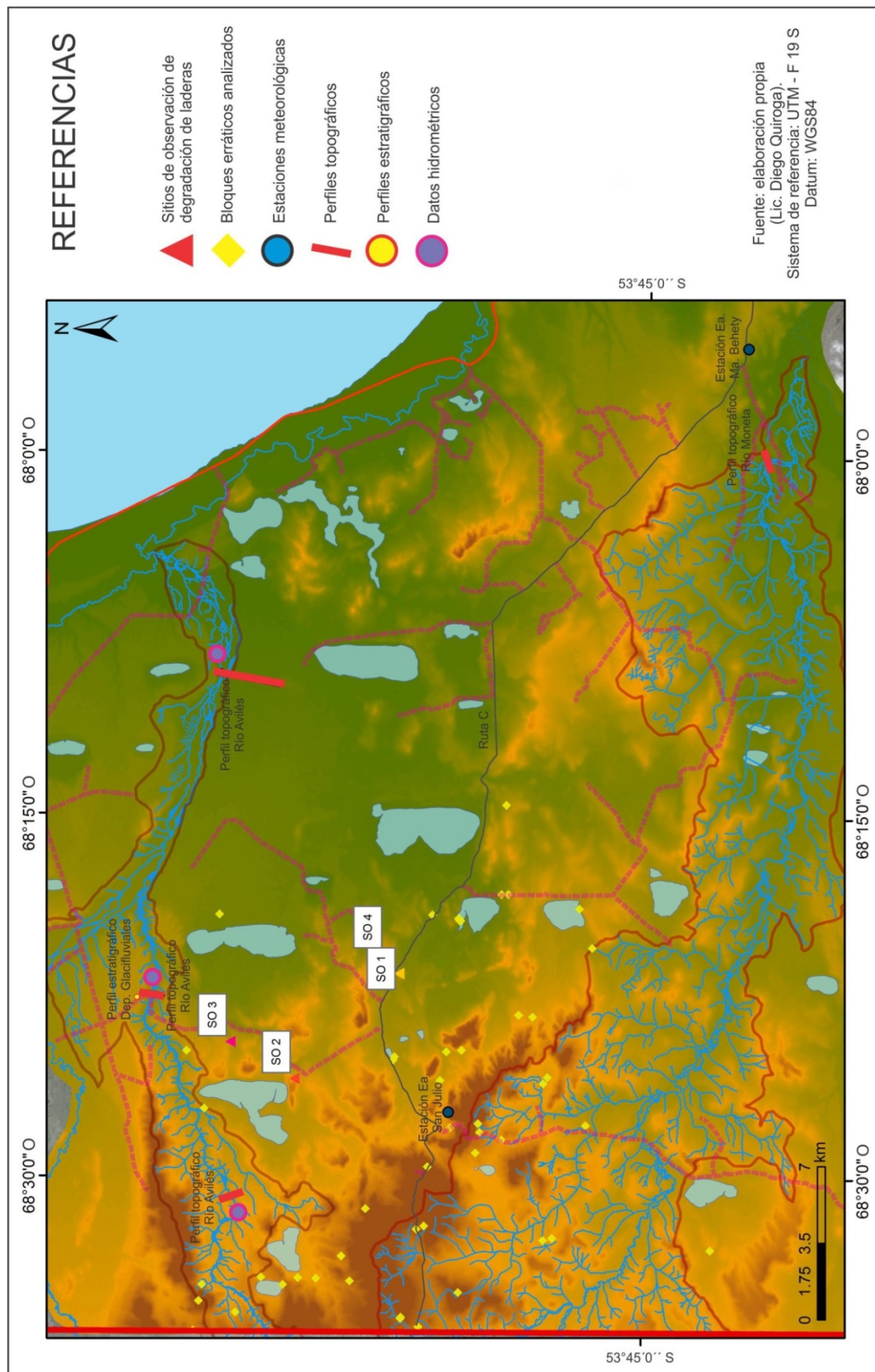


Figura 2.1. Localización de sitios de trabajo en campo

2.3. SITIOS DE OBSERVACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR LA ACTIVIDAD GANADERA

Se seleccionaron cuatro sitios de observación y descripción directa de procesos erosivos en laderas con distintas características físicas (Figura 2.2) en las que existe un gran número de hoyas donde se evidencian los siguientes procesos erosivos: remoción de cubierta vegetal, deflación, esorrentía y remoción en masa (Figura 2.3A), cuyos valores de referencia, obtenidos en las imágenes satelitales, se aplicarán en el análisis a escala regional. Tres de ellos (sitios 1 a 3, Figura 2.1) corresponden a laderas orientadas al N (solana); el restante (sitio 4) corresponde a ladera de umbría.

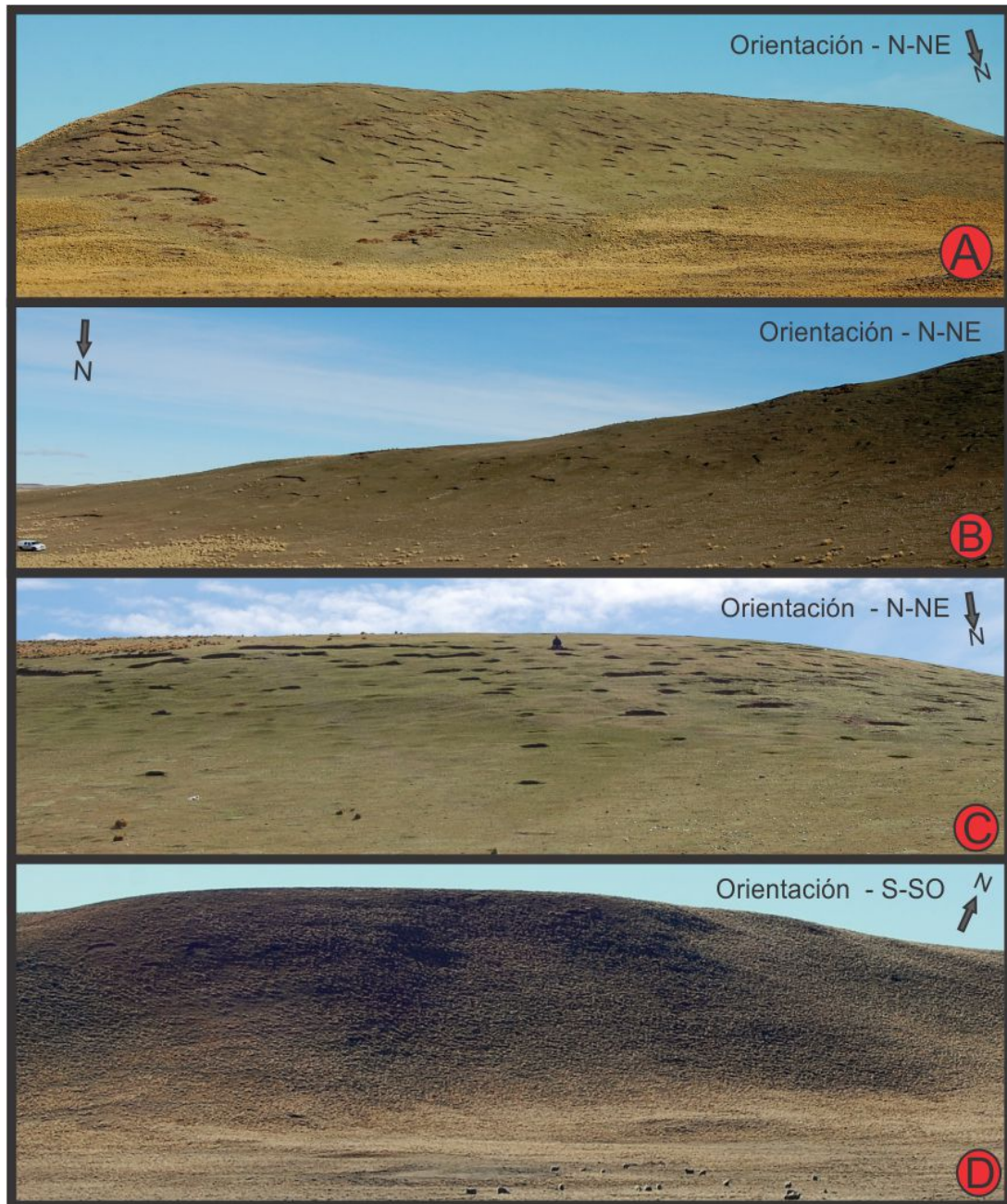


Figura 2.2. Laderas en las que se ubican los sitios de muestreo: A) Sitio 1; B) Sitio 2; C) Sitio 3; D) Sitio 4. Fotografías: Quiroga Diego, R.A.

2.4. ANÁLISIS FOTOGRAMÉTRICO DE LADERAS AFECTADAS POR EL GANADO OVINO

Para el análisis de campo y cuantificación de la erosión en laderas se tomaron fotografías digitales a los sitios de observación 1 y 4, con una cámara fotográfica marca NIKON modelo D40, de 5 megapíxeles. Las capturas fotográficas se realizaron a inicios y finales del período de estudio, septiembre 2012 y mayo 2016. Se realizó un análisis fotogramétrico mediante el programa de código abierto Confocal Uniovi 1-51 con el siguiente procedimiento: (i) selección de fotos (ii) definición de escala en la fotografía; (iii) obtención de fotografías con una regla de 1 metro plantada en el centro de la imagen; (iv) aplicación de correcciones de ajuste de imagen color y contrastes hasta tener resaltados en un 100 % los píxeles de interés; (v) aplicación de la herramienta de analizador de partículas, posibilitando la identificación de áreas con una superficie mayor a 50 cm².

2.5. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

La cartografía geomorfológica se realizó siguiendo la metodología de mapeo preliminar mediante la utilización de imágenes satelitales (SPOT y Google Earth), modelo digital de elevación (MDar – 45 m), cartas topográficas del área de estudio, fotografías aéreas 1970 y 1971, relevamiento en campo, posicionamiento global y posterior mapeo de geoformas y procesos, adoptando el sistema de referencias planteado por Peña Monné (1997). Se utilizó como base de referencia visual imágenes Google Earth® y curvas de nivel con una equidistancia de 10 m, en el entorno de un Sistema de Información Geográfica (QGis 2.14.2®). El área de estudio queda representada en su totalidad en una carta geomorfológica a escala 1:210.000.

2.6. RELEVAMIENTO DE CAMPO PARA LA DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

En el transcurso de los años 2012 a 2016 se realizaron diferentes tipos de trabajo de campo, los mismos consistieron en el reconocimiento y la descripción de geoformas y procesos geomorfológicos, realización de perfiles topográficos, levantamiento perfiles de suelo, levantamiento de secciones estratigráficas, posicionamiento geográfico de elementos de interés y obtención de datos hidrométricos; los cuales se detallan a continuación.

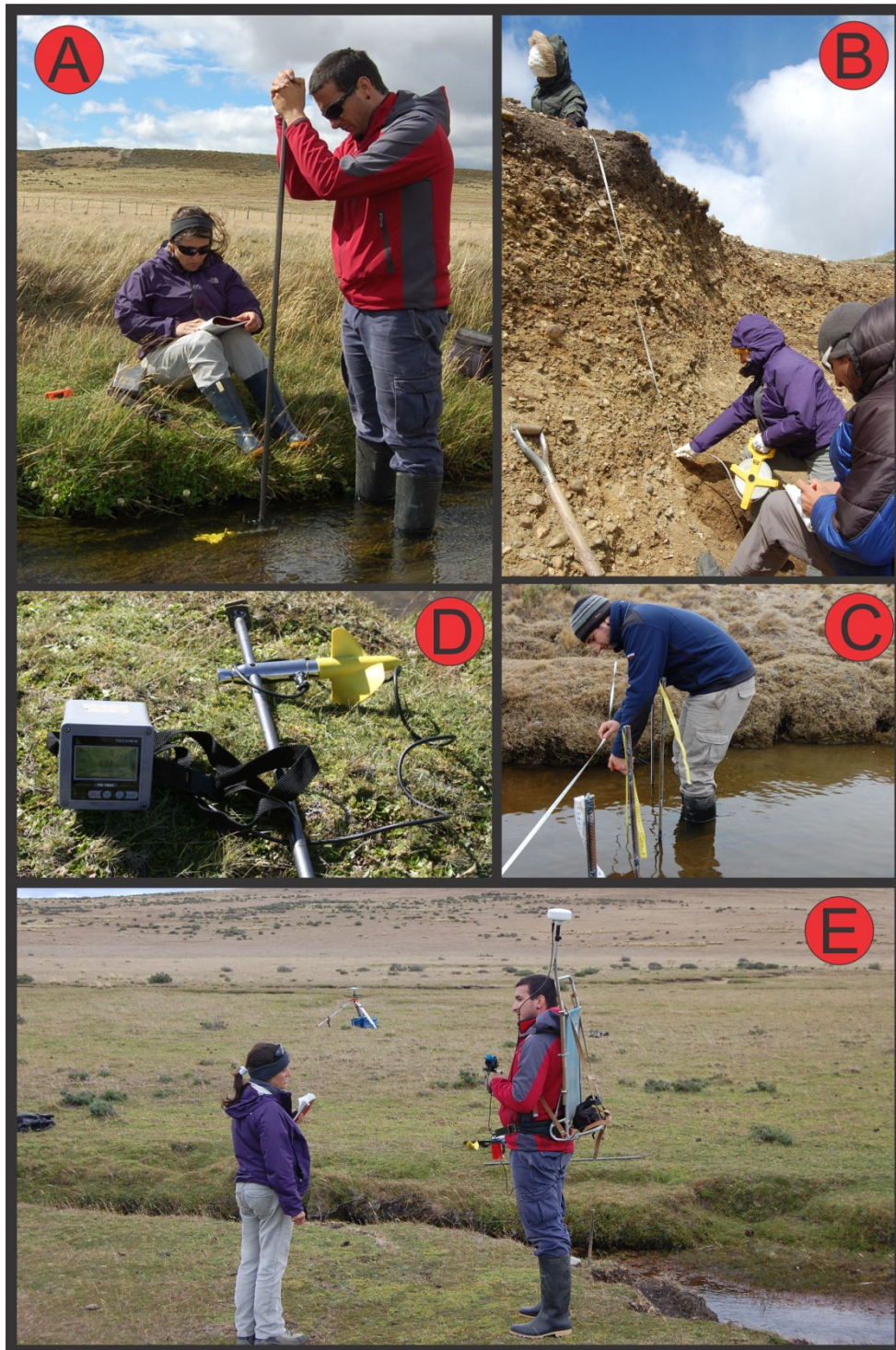


Figura 2.3. Tareas de campo realizadas: A): Medición de aforo, B): Descripción de sección estratigráfica, C): Medición de lámina de agua, D): Molinete hidrométrico utilizado, E): Realización de perfiles topográficos con GPS diferencial.

2.6.1. Reconocimiento y descripción de geoformas y procesos geomorfológicos

Para la ubicación geográfica de las geoformas y puntos de interés geomorfológico se utilizaron navegadores satelitales GPS marca GARMIN modelo E-Trex. La metodología implementada consistió en:

- a) Reconocimiento de geoformas
- b) Localización geográfica absoluta por medio de navegadores satelitales (GPS - Garmin E-Trex) y localización geográfica relativa mediante cartografía básica preliminar
- c) Descripción de rasgos característicos del paisaje, de su morfogénesis y materiales componentes y de los procesos geomorfológicos actuantes en el pasado y la actualidad.
- d) Mapeo y generación de un banco de datos geoespacial.

2.6.2. Realización de perfiles topográficos

Se realizaron perfiles topográficos utilizando GPS de medición diferencial, Marca Astech: Modelo: ProMark2, con el objetivo de obtener información detallada de la topografía (Figura 2.3E). Para ello se establecieron dos puntos de referencia base en los extremos transversales del valle y se los unió realizando una caminata en línea recta. El tipo de medición realizada fue “cinemática”, es decir, mediante almacenamiento de la información cada dos segundos de tiempo transcurrido. (Figura 2.3E). La descarga y procesamiento de los datos se realizó mediante el programa GNSS Solution. El postprocesamiento se realizó con QGis 2.14.2 utilizando la Herramienta Raster Interpolación, mediante la cual se obtuvo la visualización de los perfiles topográficos.

2.6.3. Levantamiento de secciones estratigráficas y perfiles de suelo

Se realizó la descripción de secciones estratigráficas en diferentes afloramientos de interés geomorfológico, según el siguiente procedimiento:

- a) Posicionamiento satelital
- b) Medición de la altura del afloramiento utilizando mira graduada.
- c) Descripción detallada de tipo textural, estructuras sedimentarias y ordenamiento estratigráfico
- d) Identificación y medición de discontinuidades

2.6.4. Análisis petrográfico de bloques erráticos

Con objeto de determinar procedencia de los bloques erráticos mapeados, se solicitó un análisis petrográfico a la Licenciada en Ciencias Geológicas Sabrina Crosta, Docente - Investigador de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Se tomaron muestras de 18 bloques ubicados en distintos sectores del área de estudio, con las que se confeccionaron cortes delgados de 30 micrones de espesor en el Laboratorio de Petrotomía de CADIC. Los cortes delgados fueron analizados bajo el microscopio de luz polarizada transmitida con objetivos de 4x a 63x de aumento por la mencionada profesional, quien determinó el contenido mineralógico y la formación litológica de pertenencia

2.7. DATOS METEOROLÓGICOS

Para el análisis de la distribución pluviométrica a escala regional se utilizó el modelo digital de precipitaciones, provisto por el sitio web <http://www.worldclim.org/>, del cual se extrajeron las isohietas posibilitando así el cálculo de gradiente pluviométrico (1). A su vez, esta información se complementó con datos provenientes de tres estaciones meteorológicas ubicadas en el N de Tierra del Fuego: Estación Río Grande (53°46'53.09'' S / 67°44'58.11'' O, período 1959 - 2011, 6 m s.n.m.) perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, Estación Estancia María Behety (53°47'10.29'' S / 67°56'19.86'' O, período comprendido entre el 29 de mayo de 2013 al 1 de abril de 2016, a 33 m s.n.m.) esta estación pertenece a la Ea. Ma. Behety y por último Estación Estancia San Julio (53°40'03,52'' S / 68°27'51,98'' O, período comprendido entre el 4 de febrero de 2011 y el 15 de marzo de 2016, 132 m s.n.m) datos pertenecientes al Laboratorio de Geomorfología y Cuaternario – CADIC- CONICET. Los datos de las estaciones Ea. María Behety y Ea. San Julio fueron registrados en estaciones meteorológicas marca Davis Vantage Pro2 (Figura 2.1).

(1)

$$G_p = \frac{P_p (mm)}{Dist (km)}$$

G_p: gradiente pluviométrico

P_p: precipitación acumulada anual

Dist: distancia expresada en km

Los datos meteorológicos fueron analizados mediante métodos de estadística descriptiva, se obtuvieron valores medios, moda, mediana, máximos y mínimos. Se

analizaron los registros de temperatura, viento y precipitación con el objetivo de establecer una aproximación actual a las condiciones meteorológicas del área.

Se calculó la temperatura media, máxima y mínima mensual contemplando toda la serie de datos para cada estación, con el objetivo de definir un comportamiento de la temperatura a lo largo del año. Se trabajó con los datos de precipitación acumulada mensual y luego se estableció un promedio mensual de los datos acumulados. El mapa de isohietas se obtuvo a través del análisis del modelo digital de precipitaciones. Por último, se trabajó la frecuencia, dirección y velocidad de los vientos. Esto permitió estimar el valor velocidad media y predominancia de procedencia, permitiendo establecer la relación y probabilidad entre la dirección de viento y ocurrencia de precipitaciones, con el objetivo de establecer una relación entre la probabilidad de ocurrencia de dirección de viento y precipitación.

2.8. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS

2.8.1. Morfometría

Con el objetivo de obtener una caracterización general de las cuencas hídricas de la zona de estudio, en primera instancia un análisis morfométrico, siguiendo las metodologías de Strahler (1964) y Senciales González (1999), a escala de cuenca (1:200.000). Luego se realizó un cambio de escala de análisis, obteniendo así información detallada de la dinámica fluvial de las diferentes subcuencas, principalmente en las de orden 5, 4 y 3. Se obtuvieron diferentes parámetros morfométricos (área, longitud de cuenca, número de cursos, longitud de curso principal, etc.) obteniendo índices propuestos por Strahler (1964), Horton (1945), Schumm (1956) y Mueller (1968) (Tabla 2). Los mismos son: Razón de relieve (Rr), Relación de relieve (R), Razón de bifurcación (Rb), Razón de longitud (RI), Sinuosidad hidráulica del curso

principal (*Ish*), Razón de elongación (*Re*), Densidad de drenaje (*Dd*), Índice de frecuencia (*If*), Coeficiente de torrencialidad (*Ct*), Coeficiente de almacenamiento (*Ca*) y Constante de mantenimiento del curso (*Cm*).

Posteriormente, se procedió a la comparación de ambas cuencas. Para ello, se estudiaron las cuencas a nivel general y luego según la subdivisión de las cuencas en sectores (alta, media y baja). Se adoptó esta forma de subdivisión con el objetivo de comprender las características correspondientes a cada tramo del cauce principal. Para el análisis de ambas cuencas se seleccionaron los índices de intensidad fluvial y la razón de elongación (*Re*), ya que estos son los que mejor representan el comportamiento del flujo superficial de la cuenca.

Variables de:	Parámetros	Índices (Fórmula)	Definición
Relieve	Altura máxima	Razón de relieve $(Rr = D/Lc)$	<i>D</i> : Desnivel Absoluto <i>Lc</i> : Longitud de la cuenca <i>P</i> : Perímetro
	Altura mínima		
	Altura media		
	Desnivel absoluto		
	Pendiente media de la cuenca	Relación de relieve $(R = D/P)$	
	Pendiente media del curso principal		
Topología y longitud de los cauces	Orden de la cuenca	Razón de bifurcación $Rb = N_u/N_{u+1}$	<i>Nu</i> : Número de orden
	Nº de cauces de orden u	Razón de longitud $Rl = L_u/L_{u-1}$	<i>Lu</i> : Longitud de los cursos de un orden dado
	Nº total de cauces		<i>l</i> : Longitud del curso principal
	Longitud de cauces de orden u	Sinuosidad hidráulica del curso principal	<i>Ld</i> : Longitud más corta entre el inicio y el final del curso
	Longitud del curso principal		

		$Ish = \frac{1}{Ld}$	
Forma y tamaño de las cuencas	Área de la cuenca Perímetro Longitud de la cuenca	Razón de elongación $Re = \frac{A/l}{\sqrt{1,129}}$ *	<i>A: Área</i>
Intensidad fluvial		Densidad de drenaje $Dd = \frac{Lt}{A}$ Índice de frecuencia $If = \frac{N1}{A}$ Coeficiente de torrencialidad $CT = Dd * (\frac{N1}{A})$ Coeficiente de almacenamiento $Ca = \frac{Rl}{Rb}$ Constante de mantenimiento del curso $Cm = \frac{1}{Dd}$	<i>Lt: longitud total de cursos</i> <i>N1: Número de cursos de orden 1</i> <i>Dd: Densidad de drenaje</i> <i>Rl: Razón de longitud</i> <i>Rb: Razón de bifurcación</i>

Tabla 2.2. Variables morfométricas utilizadas en el análisis de cuencas, fuente: Strahler (1964), Horton (1945), Schumm (1956), Mueller (1968), Senciales González (1999)

2.8.2. Datos hidrométricos

Dado que los cursos de agua que drenan el área de estudio no tienen una red de aforos y no hay datos hidrológicos disponibles, se colectó información de campo en las temporadas estivales de los años 2013 a 2016. A su vez se analizaron los datos históricos del río Moneta, años 1980 – 1981 (Iturraspe *et al.*, 1987).

Para ello, se seleccionaron tres sitios de observación del flujo en el río Avilés y tres en el río Moneta (Figura 2.1). La selección de estos sitios se basó en la accesibilidad a los ríos en diferentes sectores de la cuenca (cuenca baja, media y alta). Se obtuvieron datos cuantitativos: sección transversal del cauce, altura de la lámina de agua (Figura 2.3C) y la velocidad de flujo, mediante la utilización del instrumental molinete hidrométrico TECMES modelo: TS-1001 (Figura 2.3D).

2.9. ESQUEMA DE TRABAJO

Los temas abordados en esta tesis están organizados bajo un esquema de trabajo en el cual se resaltan las diferentes fases de la tesis (Figura 2.4). El trabajo se inicia a través de una revisión bibliográfica de la temática a estudiar, la adquisición de materiales que permitan un trabajo de manera indirecta, como es el caso de las imágenes satelitales, la confección de productos cartográficos preliminares.

Las variables de estudio analizadas son: geología, geomorfología, hidrografía, y parcelario rural. Además, se consideró la clasificación de suelos disponible (Panigatti, 2010) y aspectos específicos de la vegetación de laderas. De la interacción de las variables analizadas se obtienen como resultado productos cartográficos: mapa geomorfológico, mapa morfométrico de cuencas y mapas de áreas afectadas por procesos erosivos de origen antrópico, según diversas variables geomorfológicas.

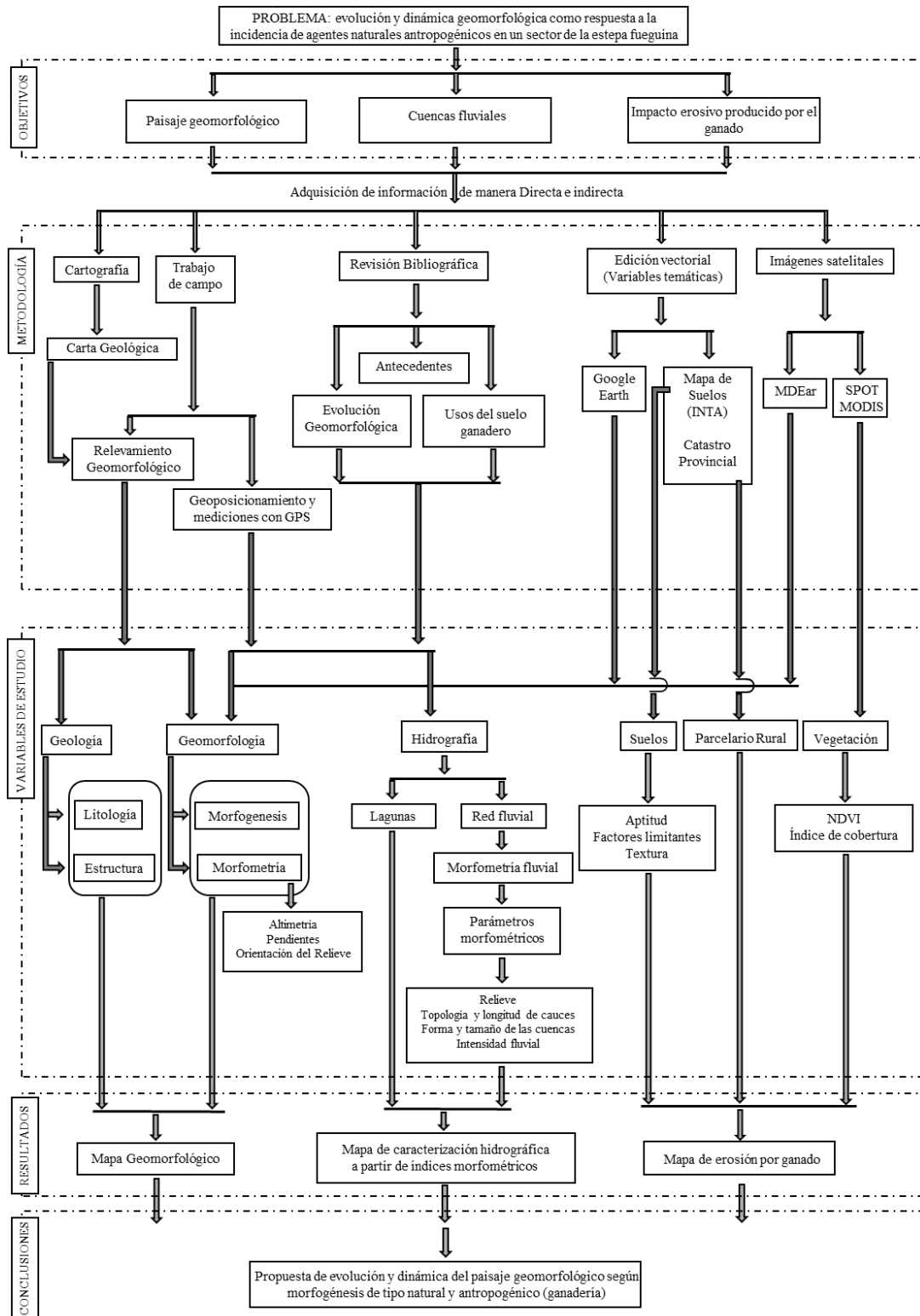


Figura 2.4. Esquema de trabajo de la tesis

PARTE II

Área de estudio

CAPÍTULO 3: SOPORTE FÍSICO - AMBIENTAL

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en el norte de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Argentina. El extremo norte corresponde al curso principal del río Chico ($53^{\circ}28'54''$ S – $68^{\circ}18'57''$ O) y el extremo sur al curso principal del río Grande ($53^{\circ}51'57''$ S – $68^{\circ}58'13''$ O), el oeste corresponde al límite internacional Argentina – Chile mientras que el límite E es el meridiano de $68^{\circ}05'$ O (Figura 3.1).

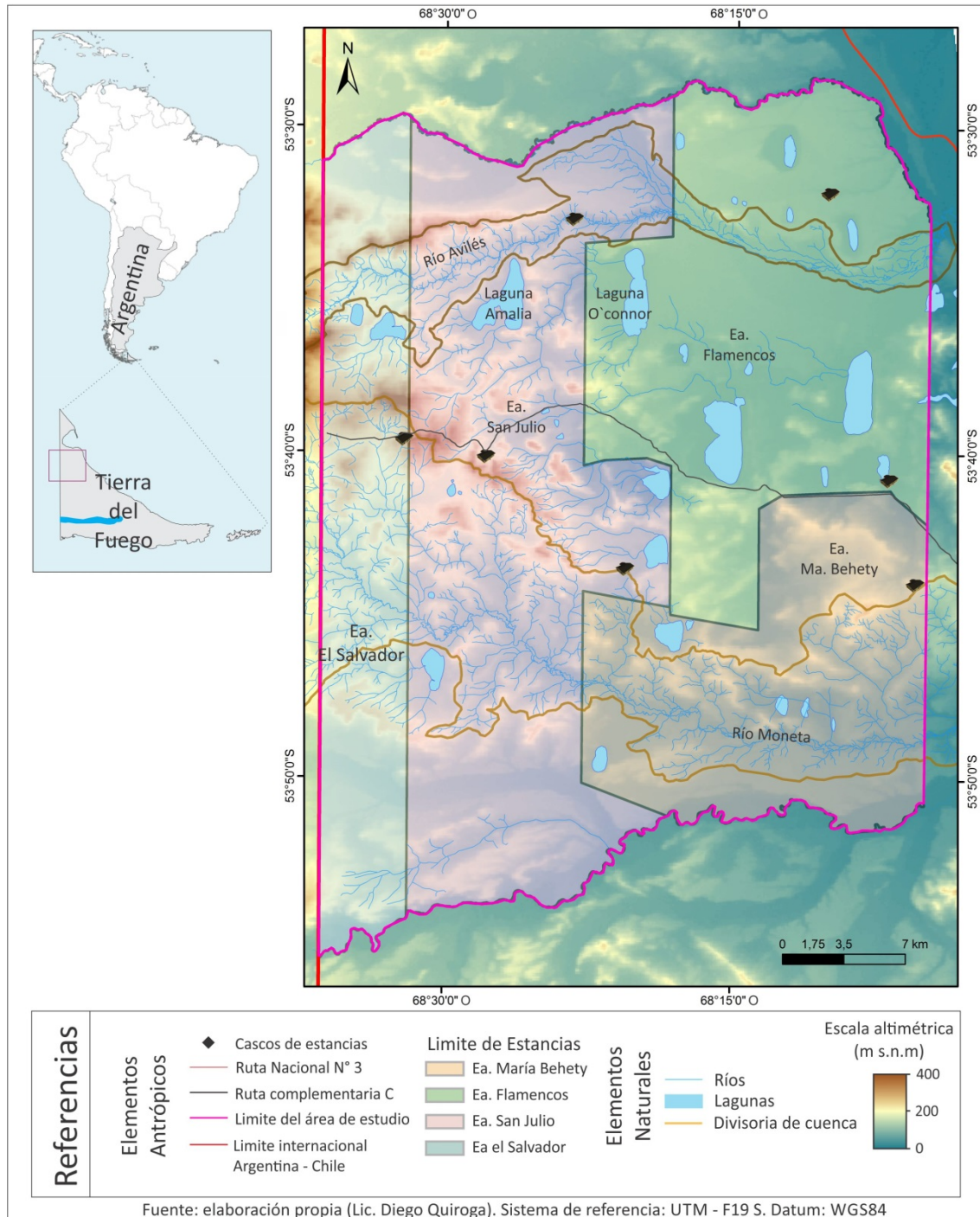
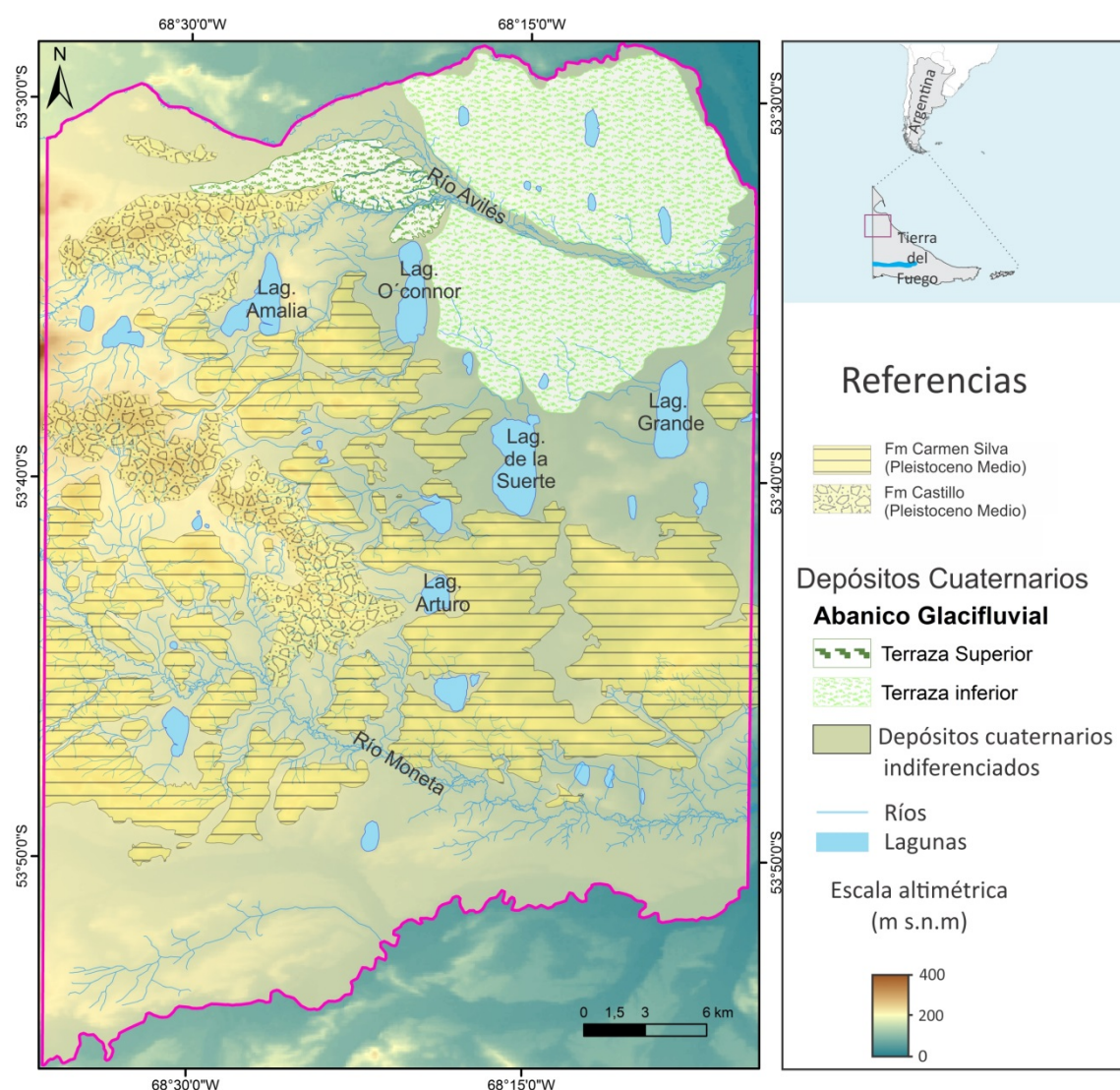


Figura 3.1. Área de estudio

3.2. BASE GEOLÓGICA

La base geológica del área de estudio corresponde a sedimentitas marinas deltaicas de la Fm. Carmen Silva, sedimentitas continentales de la Fm. Castillo, a depósitos glaciares y glacifluviales de edad Pleistoceno Medio (Bujalesky *et al.*, 2001) y depósitos cuaternarios de distinto origen y por el momento, sin detalle cron-estratigráfico.



Fuente: elaboración propia (Lic. Diego Quiroga). Con base en el Mapa Geológico Isla Grande de Tierra del Fuego e Islas de los Estados - Olivero *et al.*, 2007.
Sistema de referencia: UTM - F19 S. Datum: WGS84

Figura 3.2. Mapa geológico modificado de Olivero *et al.*, 2007.

Formación Carmen Silva: De acuerdo con la descripción realizada por Nordenskjöld (1897), la formación está compuesta por estratos marinos horizontales de 250 m de espesor, subdivididos en dos niveles: el inferior compuesto por arcillitas y limos areniscosos de coloración variable entre gris verdoso y amarillo rojizo en muestras meteorizadas y el nivel superior compuesto por conglomerados con frecuentes rodado de vulcanitas y andesitas con contenido fosilífero de gasterópodos *Struthiolarelladensestriata*, *Turritellaambulacrum silva*, *Polinices spp.*, “*Nassa*” *fueguina*; y bivalvos *Pleuromeriselegantoides* y *Eurhomalea cf. Fuenzalidai*. Esta formación tiene asignada una edad del Mioceno inferior a medio. Con posterioridad, los afloramientos fueron cartografiados por Bonarelli (1917), en el mapa geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego. Los depósitos inferiores fueron interpretados como provenientes de ambientes de escasa profundidad de biotopos correspondientes a ambientes deltaicos. En cambio, el miembro superior del conglomerado con estratificación diagonal representa un régimen deltaico marino con mayor energía que la parte subyacente (Codignotto y Malumián, 1981).

Formación Castillo: Según De Ferrariis (1938), esta unidad litológica está compuesta por sedimentitas marinas proximales a continentales, de edad Mioceno Medio. Esta formación se apoya sobre la anteriormente descrita. El criterio de diferenciación entre ambas formaciones está basado en la ausencia de restos de invertebrados marinos conformados por el último nivel fosilífero. La distribución espacial es más limitada que la de la formación inferior. Las areniscas conglomerádicas poseen una estratificación diagonal, aflorantes en un espesor mínimo de 6 m, de color pardo amarillento (Codignotto y Malumián, 1981).

Las sedimentitas marinas de ambos tipos conforman el relieve positivo resultante de la tectónica que afectó la cuenca de antepaís de los Andes Fueguinos, ambiente geológico conocido como Faja Corrida y Plegada. Evidencia de este acontecimiento se representa en el área de estudio el anticlinal Moneta, localizado un el oeste del área de estudio (Figura 3.2) (Torres Carbonell *et al.*, 2013). La expresión topográfica es la de un sistema de serranías de escasa altura (100 - 350 m s.n.m.) fuertemente disectadas por escurrimiento superficial y relieve de mesetas con leve inclinación (2° a 3°) hacia el este (Codignotto y Malumián, 1981).

Depósitos glacifluviales: Según lo establecido por Bujalesky *et al.*, (2001), al pie de las sierras de Carmen Silva (Figura 3.2) se localizan los ápices de los depósitos. Según las características topográficas es posible diferenciar dos grupos: uno con una cota comprendida entre los 10 y 50 m, desarrolladas sobre el sector oriental y meridional sobre el relieve terciario, con una pendiente de 0,2 % disectada por paleocauces, por el cual fluye el río Avilés en la actualidad. El otro grupo está hacia el S, su límite es poco preciso hasta que se une con el sustrato terciario denominado “área de lagunas meridionales”. Sobre las depresiones se han desarrollado cubetas de deflación en sentido longitudinal conformando lagunas temporarias activas en épocas de lluvia y deshielo. La composición de las terrazas es de rodados medio a fino, subyacentes a arenas eólicas de 50 cm de espesor (Codignotto y Malumián, 1981).

3.3. TOPOGRAFÍA

En el área de estudio se dispone un sistema de sierras con alturas máximas de 320 m s.n.m. con orientación noroeste - sudoeste y pendiente entre 6 y 20 %. Las máximas alturas se localizan en el extremo suroeste del área de estudio, en las Sierras de Cerro Mesa (Figura 3.3), con cumbres subhorizontales a horizontales y pendientes convexas. En el extremo noreste del área se localizan las mayores planicies. Entre las sierras y las planicies es posible localizar un conjunto de depresiones cerradas, que conforman el relieve negativo. Allí se desarrollan lagunas semipermanentes con aguas salobres.

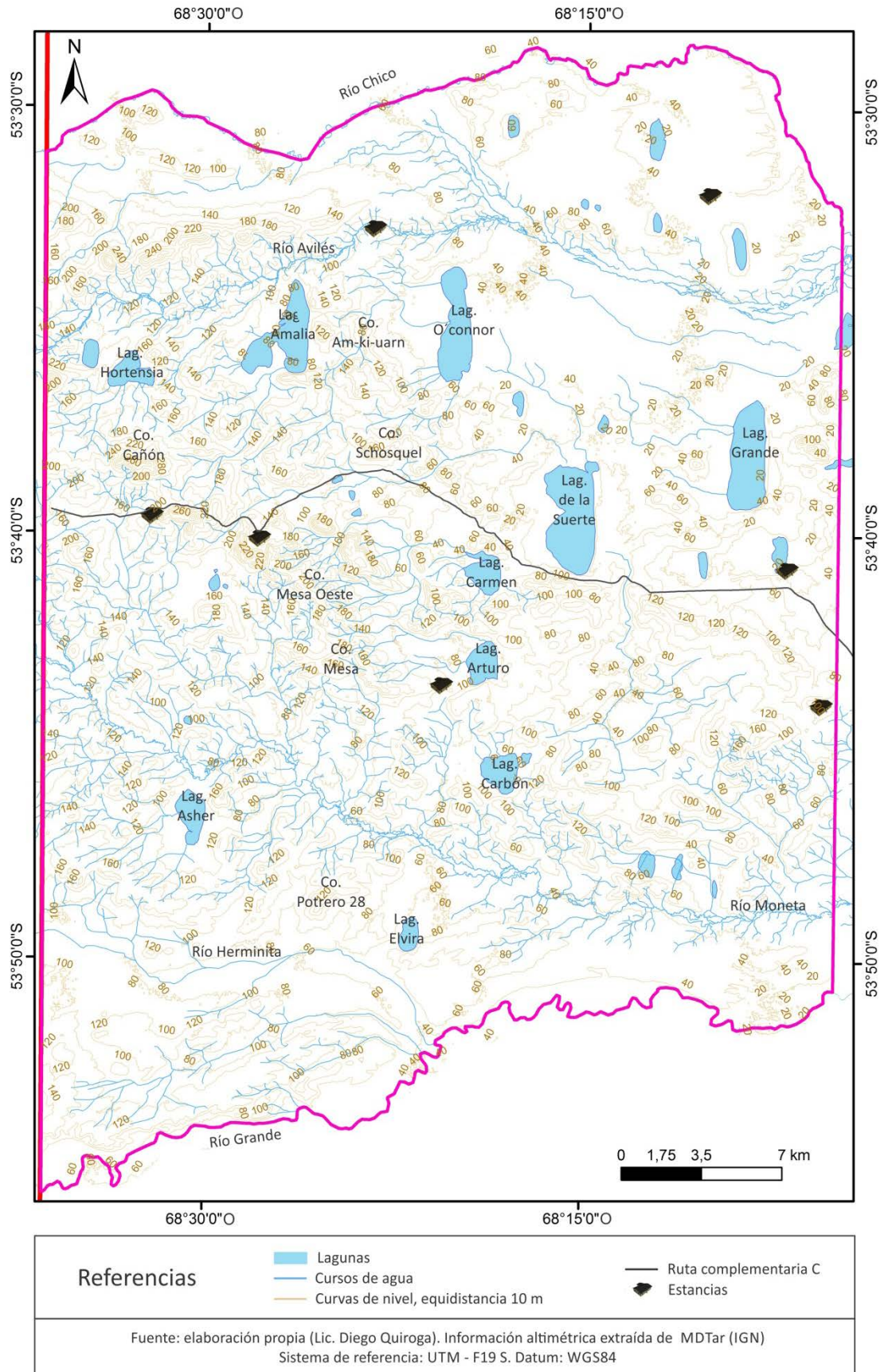


Figura 3.3. Mapa topográfico.

3.4. CLIMA

El clima de esta región es frío subhúmedo oceánico, la temperatura media es de 5,7 °C y el rango de temperatura media oscila entre 5 °C y 10 °C (Coronato *et al.*, 2008). La temperatura media diaria de los meses más cálidos (diciembre a febrero) oscila entre 9 y 10 °C, en cambio en los meses más fríos (junio – agosto) varía entre 0 y -4 °C. En invierno el gradiente térmico se incrementa hacia el oeste. El índice de aridez de la región es de 0,75. Las precipitaciones se distribuyen regularmente durante el año, oscilando entre los 300 y 430 mm anuales; no obstante, se destaca el período entre noviembre y febrero como el menos lluvioso, con valores de 100 a 200 mm. La nubosidad es un elemento climático característico en la región, la misma alcanza el 70 % de cielo cubierto durante el verano y un 60 % en el período invernal. Los vientos predominantes provienen del cuadrante oeste – sur con una velocidad media aproximada de 40 km/h y ráfagas que superan los 100 km/h (Tuhkanen, 1992).

El área de estudio se encuentra inserta entre la zona de altas presiones subpolares, con influencia hasta los 40° S, y las bajas presiones subpolares. Los centros de altas y bajas presión presentan una oscilación estacional, desplazándose hacia el norte en período invernal, permitiendo así el ingreso de frentes polares (Figura 3.4) (Tuhkanen, 1992).

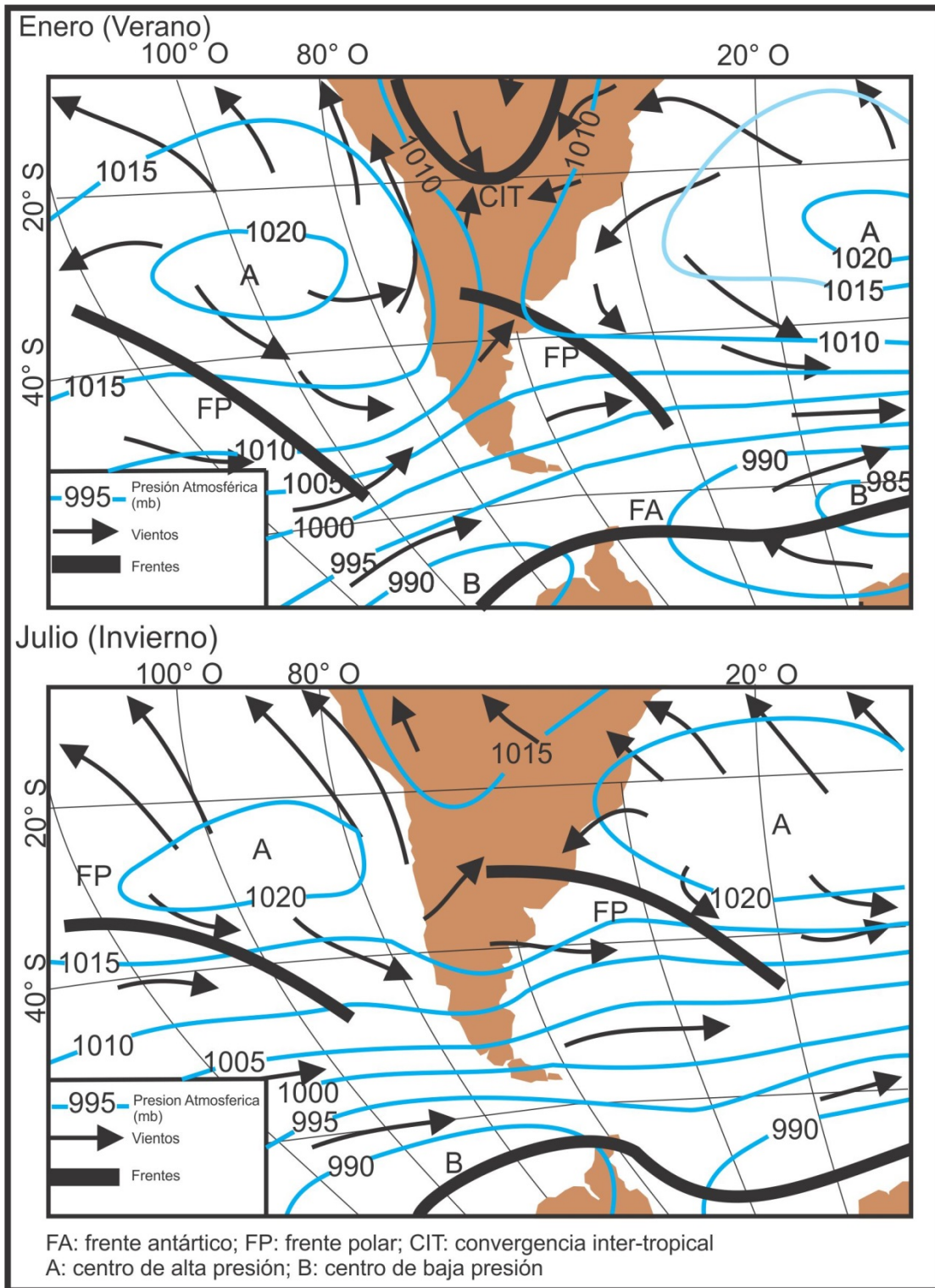


Figura 3.4. Circulación atmosférica regional. Modificado de Tuhkanen, 1992.

3.4.1. Análisis de las estaciones meteorológicas del área de estudio

Abordar el estudio de los elementos climáticos permite comprender el comportamiento hídrico de un área. Para ello, el análisis se centra sobre las variables de temperatura, precipitación y vientos (Sheng, 1992) disponibles en la región solo por registros cortos obtenidos en estaciones automáticas instaladas en los cascos de estancia.

3.4.1.1. Temperaturas

El análisis de los datos de temperatura de la estación Ea. María Behety (Figura 3.5) permitió establecer una temperatura media de 5,67 °C para el área de estudio. El mes más caluroso corresponde a enero, con un valor de temperatura media mensual de 10,6 °C, a su vez este es el mes donde se registró la máxima temperatura absoluta, alcanzando 25,8 °C. En cambio, el más frío corresponde a julio, con una temperatura media de 1,05 °C y una mínima absoluta de -12,3 °C. La amplitud térmica mensual promedio para el período 2013 - 2016 es de 24,9 °C.

Variación de temperaturas a lo largo del año (Ea. Ma. Behety)

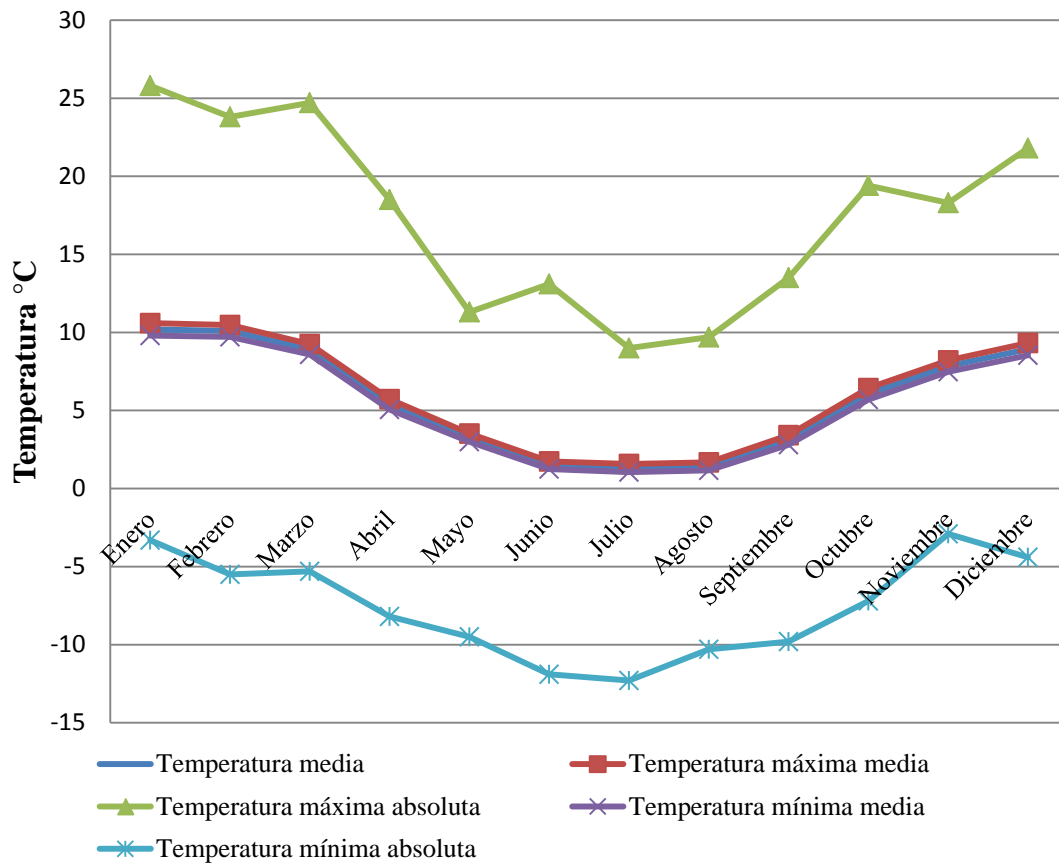


Figura 3.5. Distribución de temperaturas medias, máximas y mínimas medias y absolutas, estación meteorológica Ma. Behety, período 25 de mayo de 2013 al 1 de abril de 2016. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2

El análisis de los datos de la estación Ea. San Julio, ubicada a 37 km al NO de la estación Ma. Behety (Figura 3.6) permitió identificar una temperatura media de 5,62 °C. El mes más caluroso es el mes de enero, con 10,1 °C y el mes más frío es el de julio, con 0,8 °C. El valor máximo absoluto registrado es de 24°C en el mes de enero y el mínimo absoluto de -8,8 °C en el mes de julio. Se identificó la mayor amplitud térmica para el mes de marzo, siendo esta de 30 °C. El rango medio de amplitud térmica es de 21,7 °C (Figura 3.6)

Variación de temperatura a lo largo del año (Ea. San Julio)

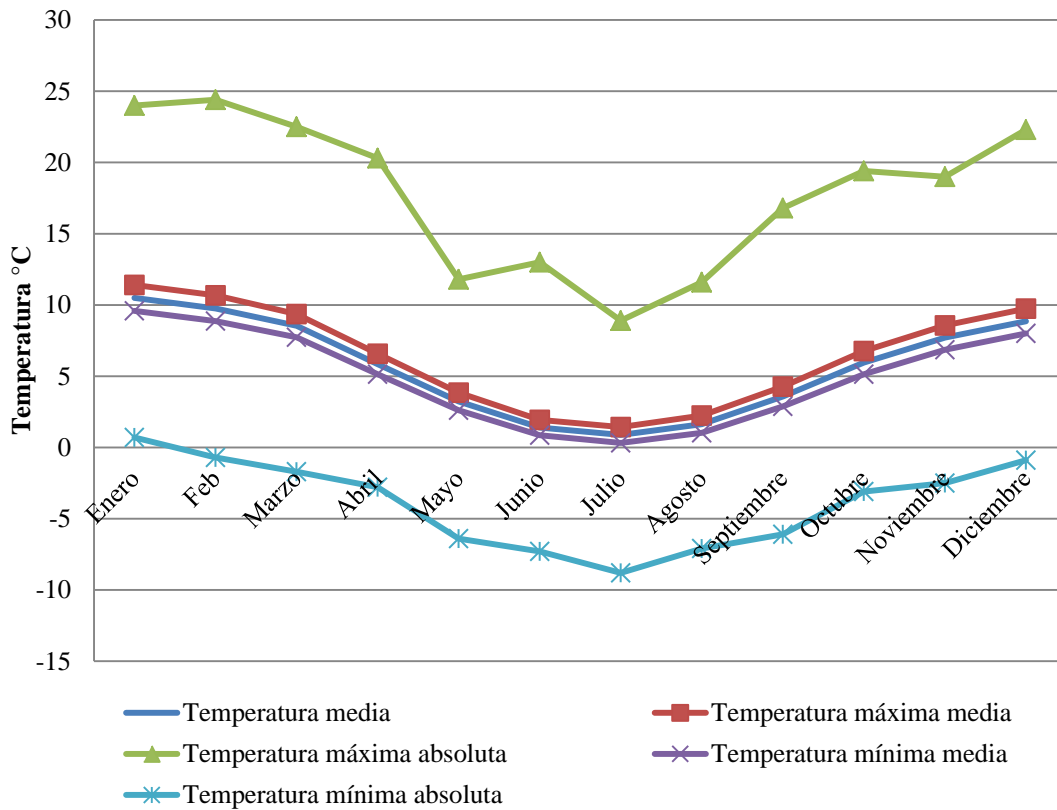


Figura 3.6. Distribución de temperaturas medias, máximas y mínimas medias y absolutas, estación meteorológica Ea. San Julio. Período 4 de febrero de 2011 al 15 de marzo de 2016. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2

3.4.1.2. Precipitaciones

El mapa de distribución de las precipitaciones (Figura 3.7) elaborado sobre la base del modelo digital de precipitaciones indicado en el apartado 2.6 permitió identificar que el sector con mayor cantidad de agua caída se localiza en el suroeste del área de estudio (410 mm anuales) y la menos lluviosa al noreste (320 mm anuales). Este descenso progresivo de los valores pluviométricos define un gradiente que disminuye en sentido suroeste - noreste a razón de 2 mm/km.

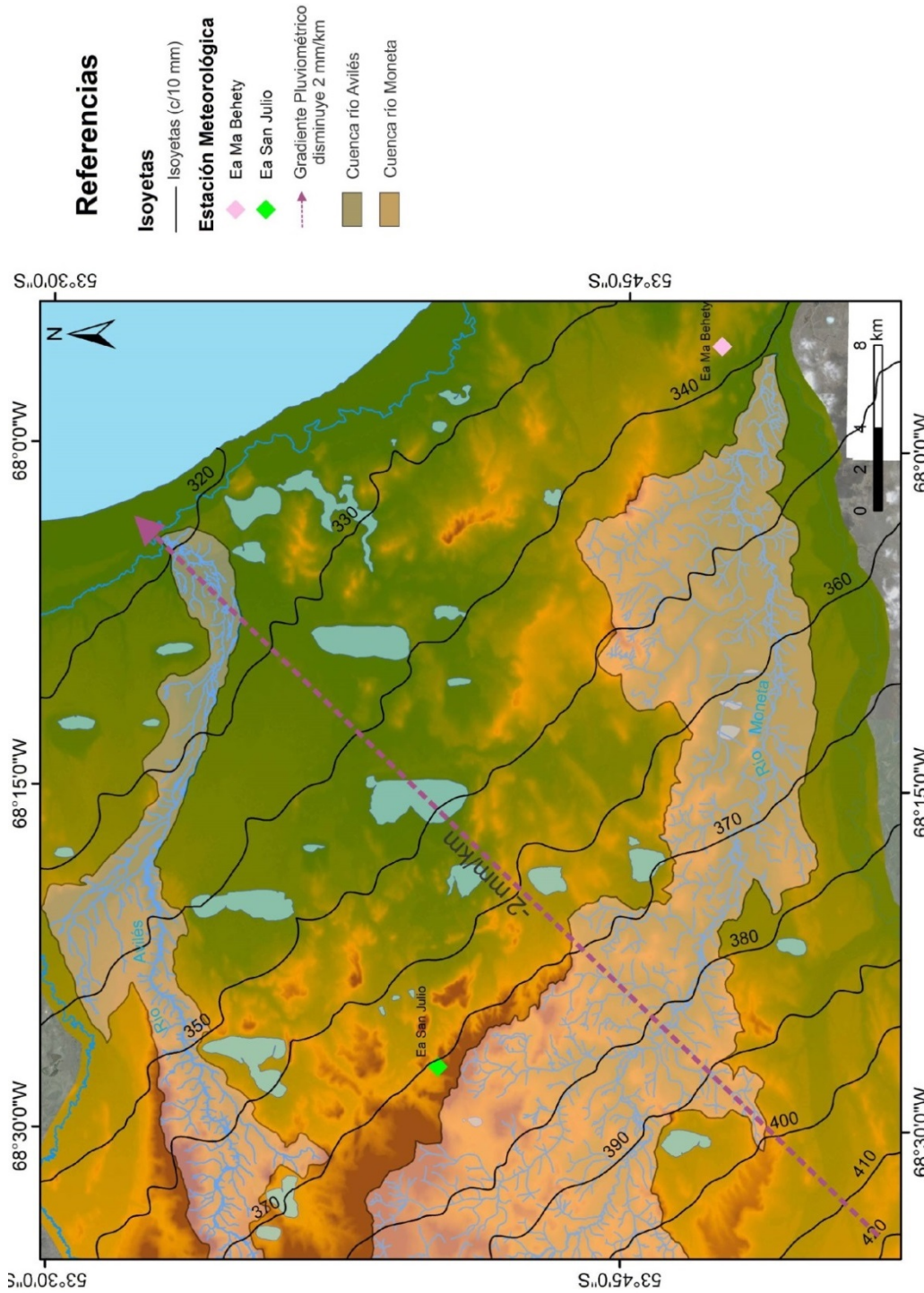


Figura 3.7. Mapa de distribución de precipitaciones, elaborado sobre la base del modelo digital de precipitaciones propuesto por <http://www.worldclim.org/>.

El análisis de los datos pluviométricos permitió contabilizar 269,26 mm anuales de precipitación media caída en la estación Ea. María Behety a lo largo de los años 2014 – 2015. En el año 2014 se registró un valor total anual de 213,4 mm y en el año 2015, de 136 mm anuales (Figura 3.8). Esta variación anual corroboró lo afirmado por personal de estancia a través de comentarios personales acerca de que 2015 había sido un año más seco que el 2014.

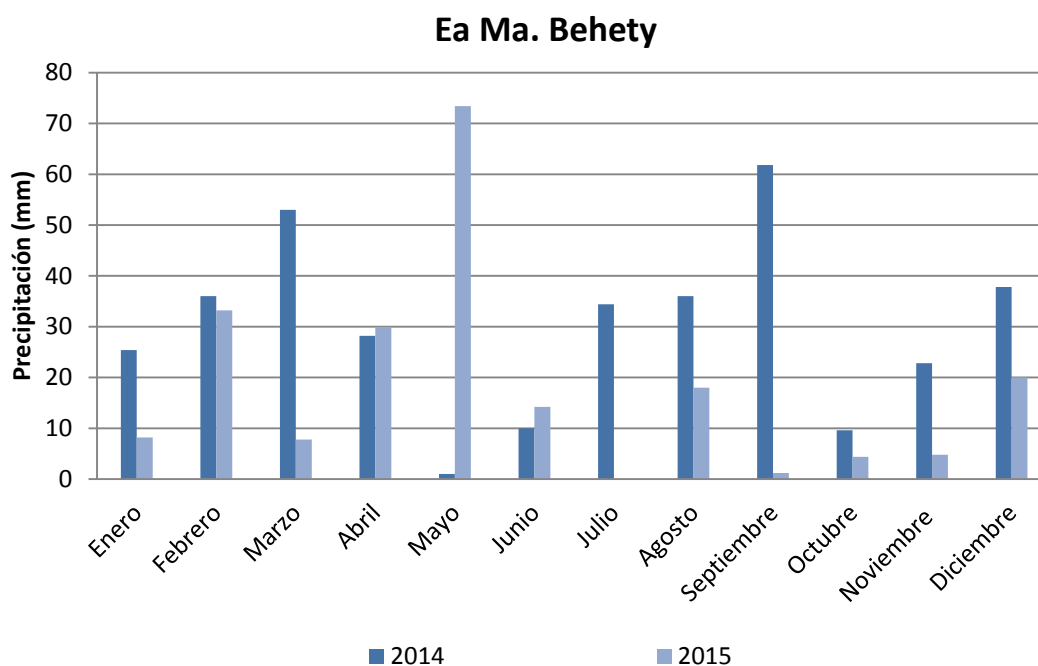


Figura 3.8. Distribución anual de la precipitación acumulada mensual. Estación meteorológica Ea. Ma. Behety, período 2014 - 2015. Datos registrados por la estación meteorológica Davis Vantage PRO2.

La precipitación media anual para el período 2011-2015 en la estación meteorológica Ea. San Julio es de 242,4 mm. En el año 2014 llovió un total de 267,8 mm. En cambio, en 2015 se registraron 222,4 mm. (Figura 3.9). Si bien el mes de octubre se presenta como el más seco, con una media mensual de 5,64 mm, no existe estacionalidad en la distribución de la precipitación pluvial.

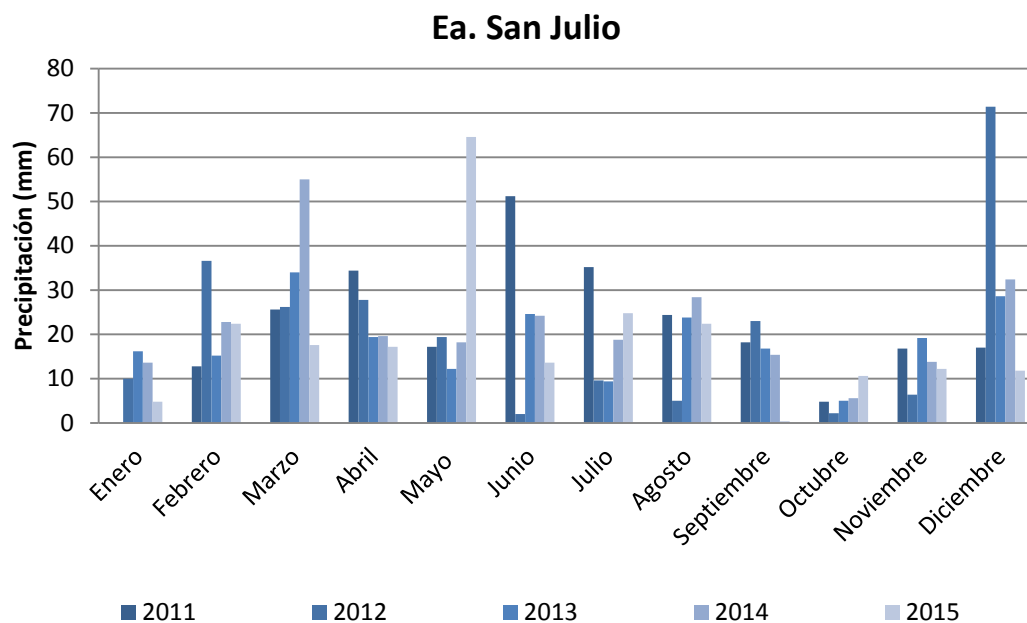


Figura 3.9. Distribución anual de la precipitación acumulada mensual. Estación meteorológica Ea. San Julio, período 2011 - 2015. Datos registrados por estación la meteorológica Davis Vantage PRO2.

En ambas estaciones ocurren precipitaciones en forma nival que no quedan registradas por falta de equipamiento y personal responsable, por lo cual el registro de precipitación entre los meses de mayo a agosto queda subestimado.

3.4.1.3. Análisis estacional de viento

El viento predominante proviene del cuadrante SO, con un total de ocurrencias de 317,47 %, seguido del cuadrante OSO con un valor de 163,13 %. Por último, el registro de calmas es bajo 29,13 %.

La velocidad media de viento es de 15,51 km/h. A través del análisis de las velocidades máximas absolutas fue posible identificar un valor máximo de 98,2 km/h. Por último, la media de velocidades máximas absolutas es de 78,8 km/h. Esto indica que si bien la velocidad media es moderada se registran vientos fuertes, de orden 9 y 10 en

escala de Beaufort (Eichenberguer, 1987), definiendo al área como una región afectada por vientos casi constantes con numerosos episodios de ráfagas fuertes.

El análisis estacional permite identificar variaciones en la dirección y frecuencia de los vientos. En el caso de la estación Ma. Behety se mantiene a lo largo del año el predominio de la dirección SO (Tabla 3.1). Pequeñas variaciones se identifican a partir de otoño, cuando comienzan a tener mayor relevancia los vientos provenientes del OSO (189,86 ‰) y NO (78,99 ‰). A su vez, este período es reconocido como el que posee mayor número de calmas (68,66 ‰). Por último, se observó que en invierno aumenta la procedencia de los vientos del cuadrante ENE y NE (Figura 3.10).

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
	‰	‰	‰	‰	‰
N	4,93	2,45	5,18	3,83	4,10
NNE	4,77	8,13	13,68	6,44	8,25
NE	16,65	25,43	38,05	18,70	24,71
ENE	10,83	23,49	21,07	13,31	17,17
E	12,04	21,94	13,93	12,17	15,02
ESE	10,43	10,58	14,61	13,65	12,32
SE	9,46	10,97	12,91	11,22	11,14
SSE	8,73	10,20	15,12	11,39	11,36
S	46,95	21,17	17,50	16,52	25,54
SSO	121,87	70,99	90,12	164,01	111,75
SO	367,06	241,74	285,23	375,77	317,45
OSO	140,62	189,86	181,77	140,27	163,13
O	89,06	95,90	103,97	61,83	87,69
ONO	58,59	73,31	72,03	57,74	65,42
NO	53,26	78,99	56,49	54,70	60,86
NNO	35,07	46,21	32,45	26,18	34,98
Calmas	9,70	68,66	25,91	12,26	29,13

Tabla 3.1. Distribución de frecuencias de dirección de vientos según estación de año, estación meteorológica Ea. María Behety. Datos registrados por la estación meteorológica Davis. Período 2014 – 2015.

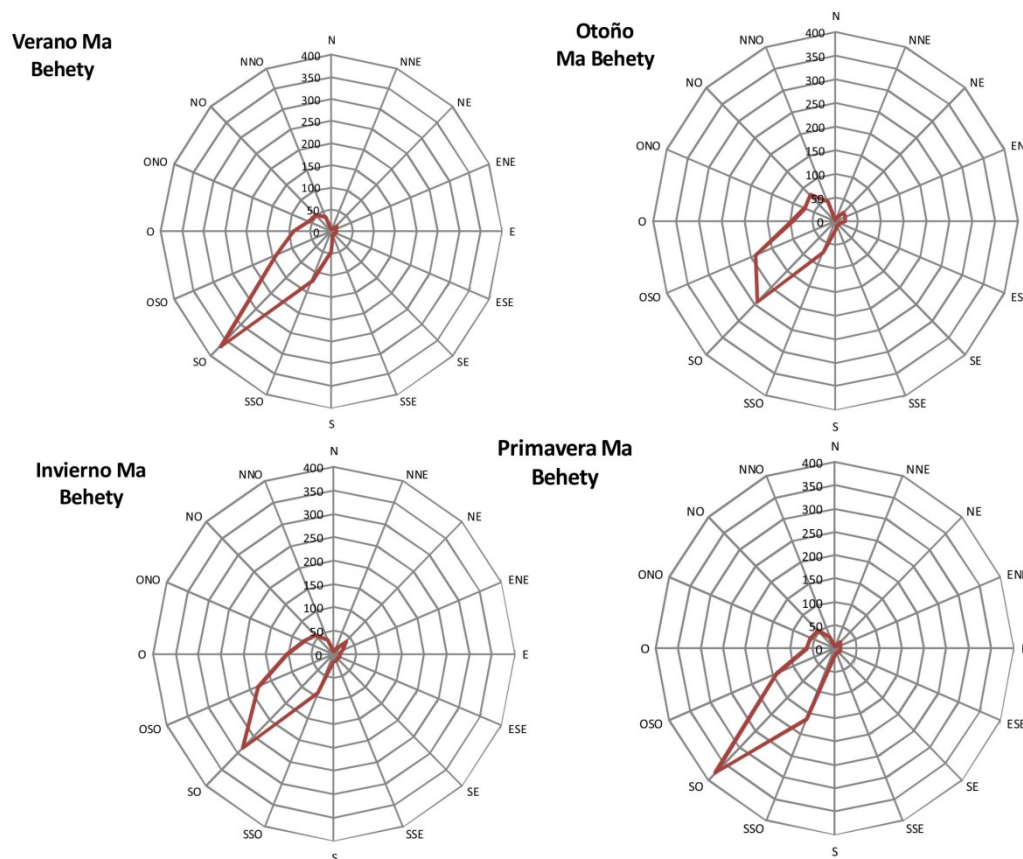


Figura 3.10. Rosa de los vientos según época del año. Estación meteorológica Ea. Ma. Behety, período 2014 – 2015.

Los datos registrados en la estación Ea. San Julio establecen que la dirección predominante de viento es la proveniente del cuadrante SO (396,58 %o ocurrencias). A su vez, se observan altas frecuencias del cuadrante OSO (184,56 %o) y NO (159,53 %o). Por último, se determinó un valor de ocurrencias de calmas de 2,18 %o, caracterizando al clima con alta frecuencia de vientos.

La velocidad media de viento registrada en esta estación es de 12,5 km/h. La velocidad máxima absoluta en todo el período de estudio es de 111 km/h y un promedio de velocidades máximas absolutas 88,2 km/h. Esto la define, al igual que la estación meteorológica anteriormente descrita, como un área afectada por fuertes vientos.

El análisis estacional de las frecuencias de vientos (Figura 3.11) permitió identificar que el viento predominante proveniente del cuadrante SO. En otoño e invierno se pudo observar un aumento de las frecuencias provenientes del NO (186,03 ‰) y una disminución de los valores del SO, que pasó de 400 ‰ en verano y otoño a 369,5 ‰ (Tabla 3.2).

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Anual
	‰	‰	‰	‰	‰
N	26,67	30,35	24,74	32,3	28,52
NNE	15,02	21,91	16,86	14,2	17,00
NE	20,39	29,99	27,86	22,5	25,19
ENE	18,09	16,16	26,94	16,2	19,34
E	18,85	15,26	17,78	11,8	15,91
ESE	9,66	17,06	16,31	9,1	13,02
SE	6,28	10,59	14,48	7,1	9,62
SSE	13,18	29,99	32,99	12,7	22,22
S	12,42	13,29	14,48	4,9	11,27
SSO	67,90	61,23	63,42	35,3	56,96
SO	405,43	392,71	369,50	418,7	396,58
OSO	201,41	151,55	149,19	235,9	184,52
O	7,82	6,11	8,43	11,0	8,34
ONO	3,68	2,87	2,75	1,5	2,69
NO	143,93	166,82	186,03	141,4	159,53
NNO	28,20	30,71	24,74	24,7	27,10
Calmas	1,07	3,41	3,48	0,7	2,18

Tabla 3.2. Distribución de frecuencias de dirección de vientos según estación de año, estación meteorológica Ea. San Julio. Datos registrados por la estación meteorológica

Davis Vantage PRO2, período 2011 – 2015.

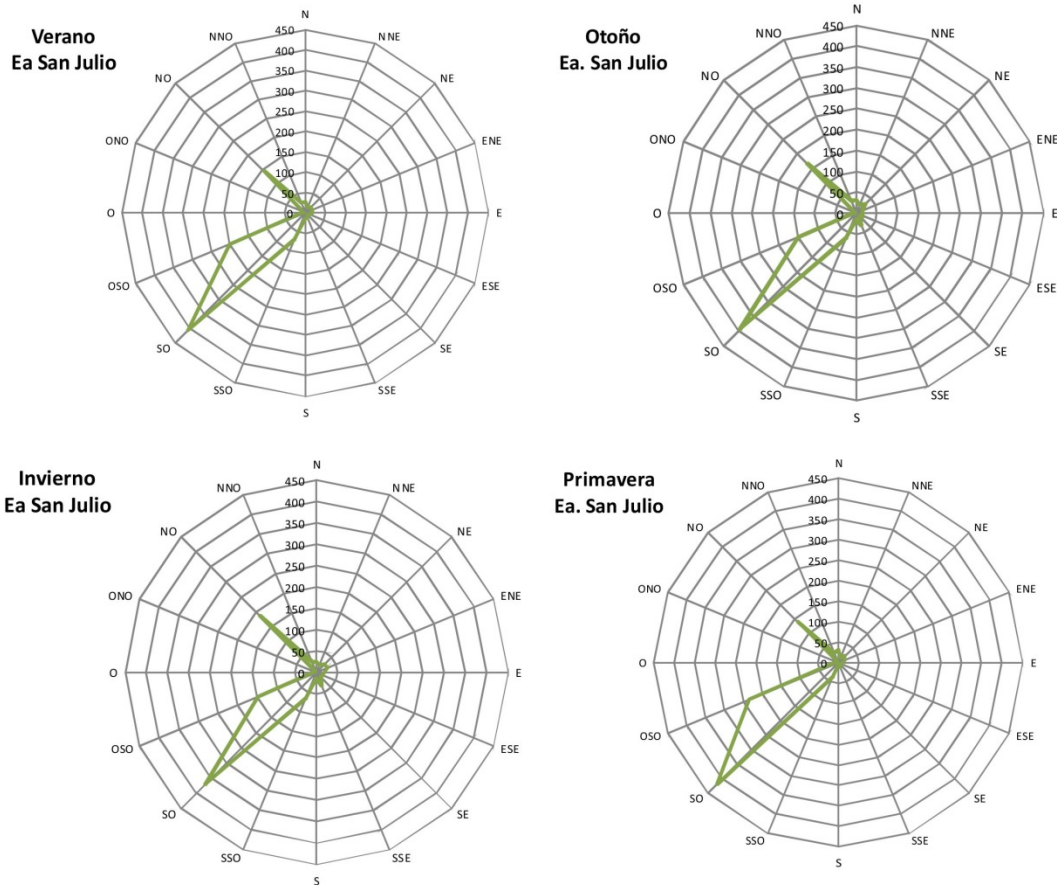


Figura 3.11. Rosa de los vientos según época del año. Estación meteorológica Ea. San Julio, período 2011 – 2016.

El análisis de los datos de vientos para las dos estaciones presentadas no refleja estacionalidad. En cambio, se registraron variaciones en la dirección del viento, ya que se observa un incremento en la frecuencia de vientos N y NO en otoño e invierno, en detrimento de los provenientes del cuadrante SO.

3.4.1.4. Probabilidad de lluvia según dirección de viento

La obtención de la probabilidad de ocurrencia de un evento ante dos condicionantes, lluvia y dirección de viento, permitió determinar si existe relación entre la dirección de procedencia de los vientos y la ocurrencia de precipitación.

Del análisis de los datos provenientes de la estación meteorológica instalada en la Ea. María Behety (Figura 3.12), se obtuvo que la mayor probabilidad de ocurrencia de lluvia se relaciona con vientos provenientes nor-noroeste (22 %), seguida de noreste (19 %). El valor de probabilidad de ocurrencia del cuadrante suroeste es el más bajo (0,001 %).

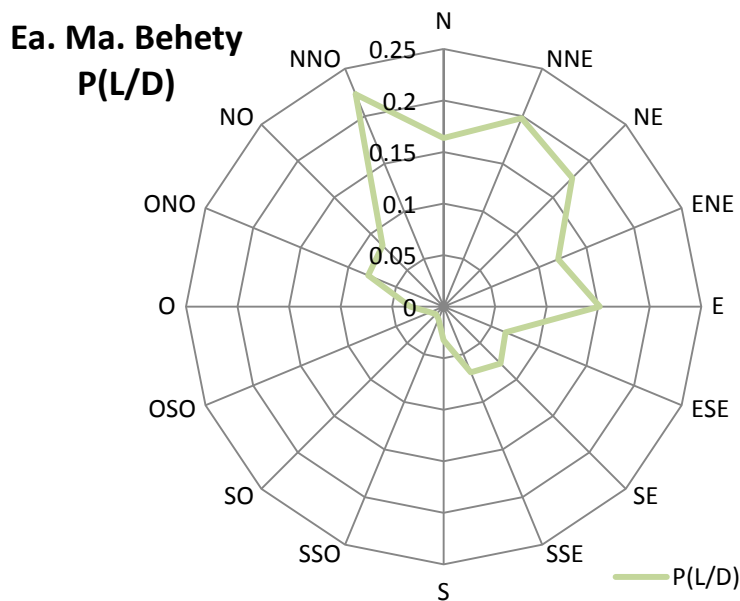


Figura 3.12. Probabilidad de ocurrencia de lluvia según dirección de viento Ea. Ma, Behety.

Los datos meteorológicos de la estación Ea. San Julio (Figura 3.13), permiten inferir una mayor probabilidad de ocurrencia de precipitación cuando los vientos provienen del cuadrante estenoreste (30 %). Esto demuestra que las masas de aire húmedas son

provenientes del cuadrante este, provenientes del océano Atlántico, cargadas de humedad. Las características orográficas permiten el ingreso de las mismas sin ser afectadas por sistemas serranos, hasta la zona centro y oeste del área de estudio, donde se generan precipitaciones de tipo orográficas, ya sea con las masas de aire provenientes del O o del E.

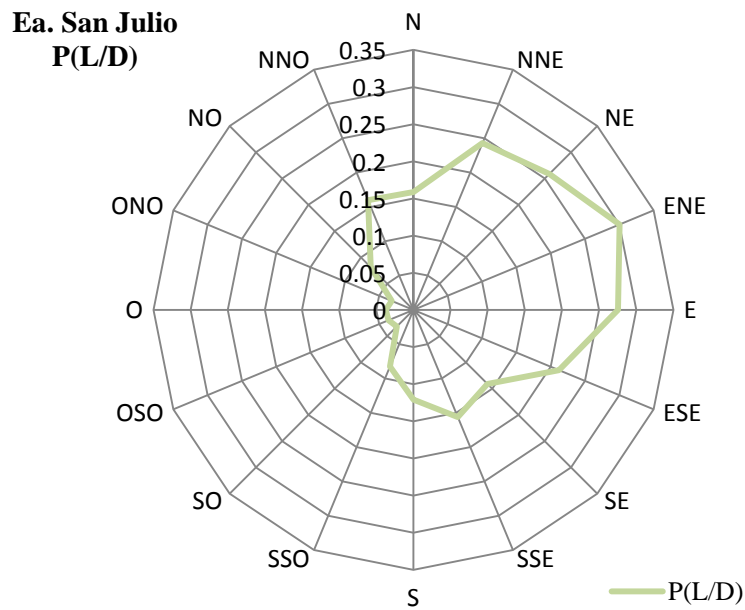


Figura 3.13. Probabilidad de ocurrencia de lluvia según dirección de viento Ea. San Julio.

3.4.1.5. Diagramas ombrotermicos

El análisis de los diagramas ombrotérmicos por estación, permite obtener información de la relación entre los datos de precipitación y temperatura distribuidos en el área de estudio. Considerando la serie de datos meteorológicos correspondientes a la estación localizada en la Estancia Ma. Behety (Figura 3.14).

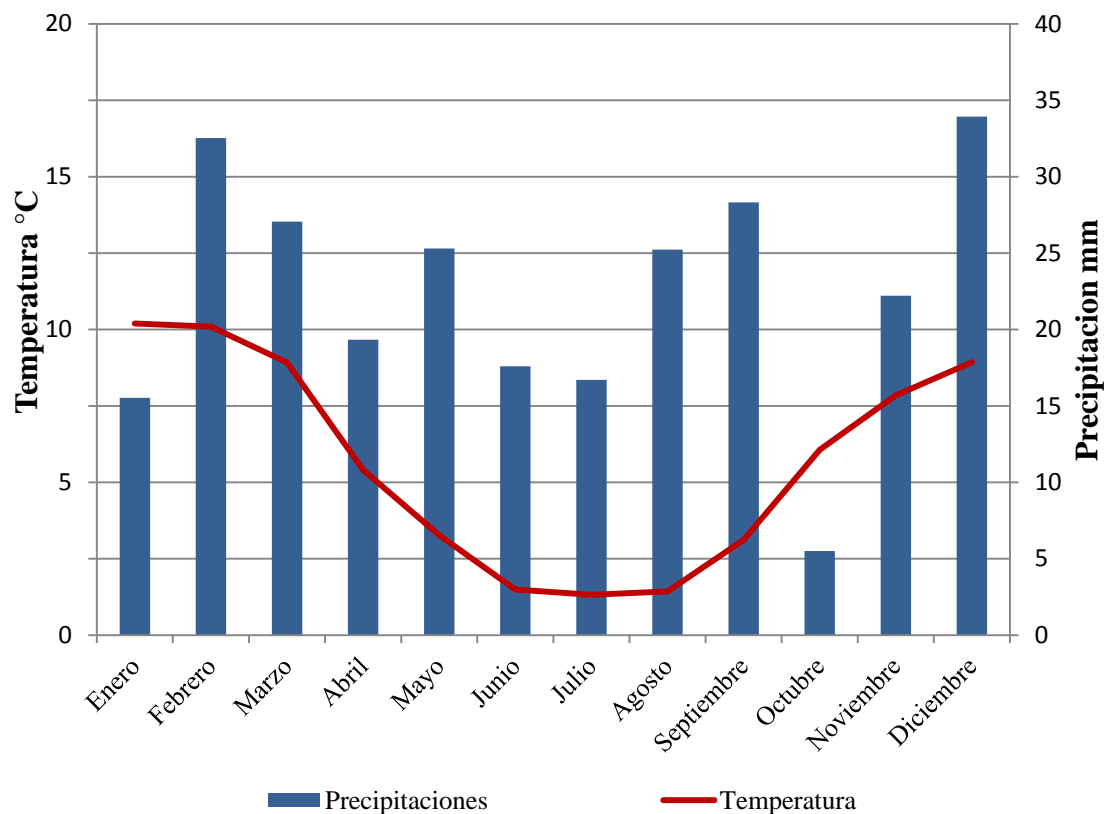


Figura 3.14. Diagrama ombrotérmico, estación meteorológica Ea. Ma. Behety, período 2013 - 2016. Datos registrados por estación meteorológica Davis Vantage PRO2.

En lo que respecta a la Estancia San Julio (Figura 3.15), las precipitaciones registran un mínimo en el mes de octubre. En los meses de mayo, junio y julio es posible observar un decrecimiento continuo en los registros de temperatura. Por último, el mes de julio se presenta como el mes más frío y enero como el más cálido.

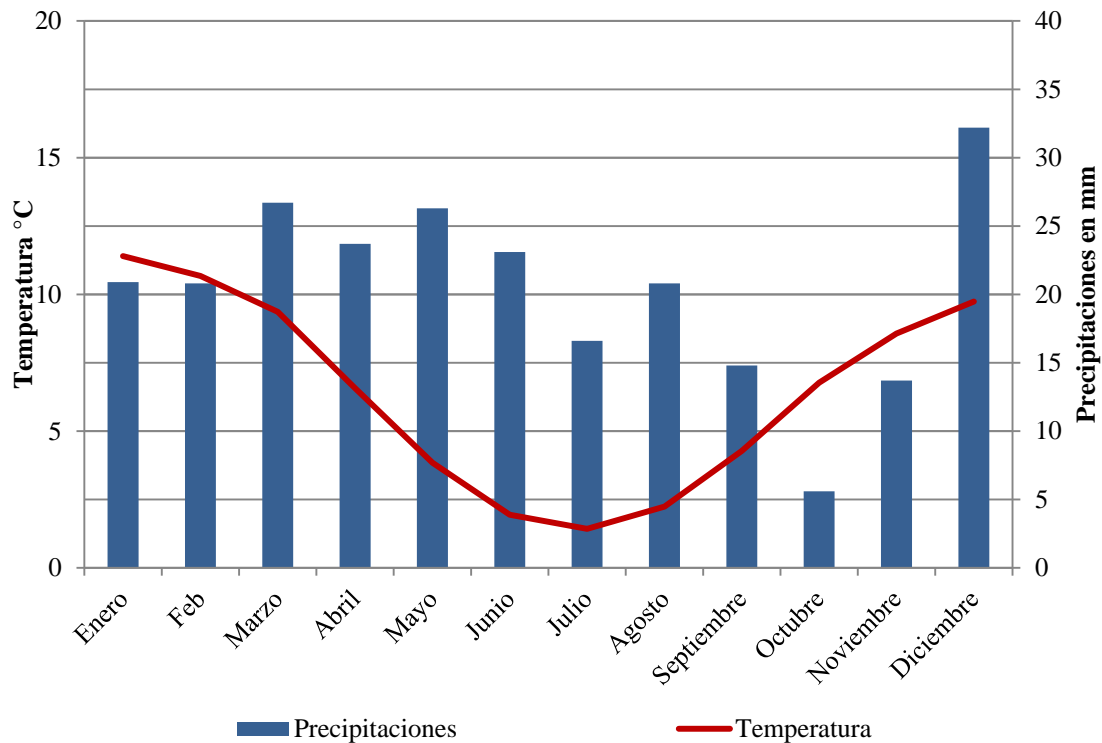


Figura 3.15. Diagrama ombrotérmico, estación meteorológica Ea. San Julio, período 2011 - 2016. Datos registrados por estación meteorológica Davis Vantage PRO2.

3.5. BIOMAS

La vegetación dispuesta en el área de estudio conforma la unidad fitogeográfica de *Estepa Semiárida fueguina* o *Estepa Magallánica*. Está compuesta predominantemente por *Festuca gracillima* (coirón dulce o fueguino), una especie de suelos ácidos, a su vez, es posible identificar especies como *Empetrum rubrum* (brecillo o murtilla de magallanes). La vegetación de matorrales corresponde a *Chiliodendron diffusum* (mata negra) y *Lepidophyllum cupressiforme* (mata verde), esta última tiene mayor presencia en el norte de la región de estudio (Collado, 2007; Roig *et al.*, 1985).

En las áreas con mayor presencia de humedad, valles y depresiones, se forman vegas compuestas predominantemente por gramíneas de los géneros *Hördeum*, *Alopecurus*, *Deschampsia* y Ciperáceas del género *Carex* (Collado, 2007).

Entre los matorrales de arbustos (mata negra) y gramíneas (coirones), se desarrollan pastos más cortos de los géneros *Poa* y *Deschampsia*. Por último, según las condiciones geológicas y pedológicas es posible la presencia de vegetación baja, en forma de almohadilla como *Azorella lycopodioides* y *Borax gummifera*.

La fauna de la región está compuesta por una gran variedad de aves, poca diversificación de mamíferos y roedores autóctonos e introducidos. Las aves asociadas a pastizales son *Chloephaga picta* (cauquén común), *Chloephaga poliocephala* (cauquén cabeza gris), *Chloephaga rubidiceps* (cauquén cabeza colorada) y *Theristicus caudatus* (bandurria común). A su vez, es posible observar aves rapaces como *Geranoaetus melanoleucus* (águila mora), *Circus cinereus* (gavilán ceniciento), *Geranoaetus polyosoma* (aguilucho común), *Caracara plancus* (carancho), *Milvago Chimango* (chimango), *Falco femoralis* (halcón plumizo), *Bubo virginianus ñacurutú* (ñacurutú) y *Athene cunicularia* (lechucita de las vizcacheras). La fauna nativa superior en el área de estudio es *Lama guanicoe* (guanaco), *Lycalopex culpaeus* (zorro colorado), acompañada por los roedores *Ctenomys magallanicus* (tucu-tucu), *Oligoryzomys magallanicus* (colilargo fueguino), *Reithrodon auritus* (rata conejo) y *Myotis chileonsis* (oreja de ratón). A su vez, se identifican especies exóticas como *Pseudalopex griseus* (zorro gris) y *Castor canadensis* (castor).

3.6. USOS DEL SUELO

La ocupación humana en la estepa fueguina se inició durante la transición Pleistoceno/Holoceno, luego del último máximo glacial pleistocénico (sensu; Coronato *et al.*, 1999; Massone 2003; McCulloch *et al.*, 2005). El descenso del nivel del mar durante el final de la última glaciación (18.000 AP) devolvió la conexión de la Isla Grande de Tierra del Fuego con el continente sudamericano mediante puentes terrestres a través de los cuales migraron los primeros grupos de cazadores-recolectores (Morello *et al.*, 2012). Tenían una modalidad de ocupación del espacio nómada, desplazándose de acuerdo a las necesidades alimenticias. La utilización de los recursos del hombre pre-colonial era para la satisfacer las necesidades de consumo, lo cual generaba un leve impacto en el ecosistema. Utilizaban recursos como *Chilliostrichum diffusum* (mata negra) para leña, el guanaco como fuente de alimento y vestimenta, los recursos líticos para la construcción de herramientas y elementos de caza (Santiago, 2013; Gusinde, 1982; Cingolani, 1999).

En 1880 se lanzó en la Argentina la política de poblamiento de los territorios nacionales, impulsada por la “Ley Avellaneda”. El 21 de enero de 1891, el ingeniero y explorador Julio Popper, de origen rumano nacionalizado argentino, recibió la concesión de 80.000 ha. Estas tierras estaban localizadas en las cercanías del río Fuego, lugar donde comenzó la extracción de oro. La falta de políticas gubernamentales para el desarrollo rural, llevó a una agrupación de los encargados de las estancias para que se hicieran cargo de la construcción y mantenimiento de obras de infraestructura vial (puentes y caminos vecinales). En retribución, los estancieros solicitaron la propiedad de los terrenos que alquilaban y la venta de una extensión de tierras destinada a una

producción ganadera que compensara las inversiones realizadas en infraestructura vial (Belza, 1975; 1977).

En 1891 se realizó la primera mensura oficial de campos y en 1893 se fundó la Misión “La Candelaria” en cercanías al actual ejido urbano de la ciudad de Río Grande, donde se alambraron las primeras 20.000 ha. Luego de dos grandes remates de tierras, ocurridos en 1897 y 1899, comenzó el poblamiento masivo de ovinos impulsado por políticas nacionales. En ese mismo año, el comerciante asturiano, radicado en Punta Arenas, José Menéndez, adquirió nuevos lotes al N del río Grande, donde se conformaría la estancia llamada “Segunda Argentina” y al S del mismo río donde ampliará las tierras pertenecientes a la estancia llamada “Primer Argentina”, hoy estancia José Menéndez. A través de los años, la estancia “La Segunda Argentina”, se convirtió en la mayor y más valiosa de las estancias de José Menéndez. Esta llegó a tener una extensión de 144.173 ha, 36 áreas y 43 centiáreas. (Cingolani, 1999; Belza, 1975; 1977).

La integración de los grandes establecimientos ovinos se realizó a largo plazo como resultado de canjes, compras y transferencias inmediatas y mediatas de terrenos. Luego de la sanción de la Ley de Tierras del 8 de enero de 1903 y su decreto reglamentario del 2 de noviembre del mismo año, se produjeron ventas y operaciones creándose nuevas estancias, las que conformaron el período natal de la economía ovina fueguina (Belza, 1975).

El 9 de febrero de 1899, el capitán de Fragata Eduardo O’connor, realizó un relevamiento hidrográfico mediante el cual sondeó la desembocadura del río Grande. Como forma de pago se le adjudicó un lote de 5.100 ha, situadas en la parte N de la laguna O’connor, fracción C, lote identificado con el número 19. Una vez obtenidos los

títulos de propiedad, el capitán de fragata procedió a la venta de las mismas a José Menéndez en 1906, quien las incorporó a la estancia “Segunda Argentina” (Cingolani, 1999; Belza, 1975; 1977).

Hasta mediados del siglo XX la totalidad del área de estudio se encontraba ocupada por una única estancia, “La Segunda Argentina”. En 1952, la estancia “La Segunda Argentina – María Behety se subdividió en 4 nuevas estancias: María Behety (61.876 ha), Los Flamencos (46.828 ha), San Julio (51.762 ha) y el Salvador (22.855 ha), conformándose la distribución actual de la propiedad de la tierra (Cingolani, 1999).

En lo que respecta a la carga ovina, a lo largo del tiempo se registraron fluctuaciones en el número de ovino por hectárea. Desde los inicios de la actividad hasta 1935 se estima una carga de 0,75 – 0,98 EO/ha (Equivalente Oveja / hectárea); luego y hasta 1952 se registró una leve disminución que alcanzó valores de 0,73 – 0,89 EO/ha. A partir de la subdivisión de tierras de la estancia La Segunda Argentina en 1952, la carga ovina registrada en la estancia María Behety fue de 0,63 – 0,82 EO/ha, y en la estancia Flamencos de 0,79 – 0,95 EO/ha. Desde fines del siglo XX hasta la actualidad se registra una carga ovina promedio que varía entre 0,6 y 1,2 ovino/ha. En la actualidad el manejo del ganado se registra por rotación de cuadros (potreros) dependiendo de la época del año (Cingolani *et al.*, 1998, Anchorena *et al.*, 2001; E. Livraghi, com.pers).

PARTE III

Resultados y Discusión

CAPÍTULO 4. COMPONENTES, DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DEL PAISAJE

4.1. COMPONENTES Y DINÁMICA

El área de estudio presenta un relieve positivo de baja elevación recortado por depresiones cerradas que contienen lagunas semi-permanentes. El relieve positivo incluye un sistema de sierras y colinas bajas con cumbres predominantemente subhorizontales a horizontales, el sector sudoccidental corresponde a la unidad morfoestructural conocida como Faja Corrida y Plegada de los Andes Fueguinos (Torres Carbonell *et al.*, 2013). El resto del área se ubica al norte del límite de la Faja Corrida y Plegada y representa el ascenso y continentalización del fondo marino de la cuenca de antepaís relacionado con la Fase Quechua del levantamiento andino, durante el Mioceno Superior (Codignotto y Malumián, 1981). En líneas generales, las serranías presentan una orientación general noroeste - sudeste, con laderas con exposición predominante nore y sudoeste. Las mayores elevaciones (300 m s.n.m.) se localizan en el oeste y noroeste del área de estudio, en el cerro Cañón (Figura 4.1), mientras que las menores alturas (10 m s.n.m.) se encuentran en proximidades a la desembocadura del río Avilés y en la periferia de la laguna de la Suerte (Figura 4.1). El relieve deprimido corresponde a cubetas de deflación en las que se formaron lagunas someras, cuyas salidas de agua se encuentran bloqueadas, conformando cuencas endorreicas

La presencia de estos cuerpos de agua conforma una de las principales características paisajísticas del área estudiada. En Coronato *et al.*, (2016, en prensa) se realiza una descripción geomorfológica y geológica de la Laguna Carmen (Figura 4.1) definiendo las características de emplazamiento y génesis de formación de la cubeta y proponen a la erosión eólica como el proceso más importante en la génesis de la cubeta a lo largo de

los ciclos climáticos de aridez ocurridos durante el Holoceno en el norte de Tierra del Fuego (Orgeira *et al.*, 2012).

Estas lagunas son de interés desde el punto de vista arqueológico debido a la alta concentración de recursos líticos y faunísticos utilizados en períodos de ocupación humana durante Holoceno (Oría, 2014, Villarreal *et al.*, 2014; Oría *et al.*, 2016).

Las geoformas y procesos que componen y actúan en el paisaje físico del área estudiada se representan en el mapa geomorfológico (Figura 4.4).

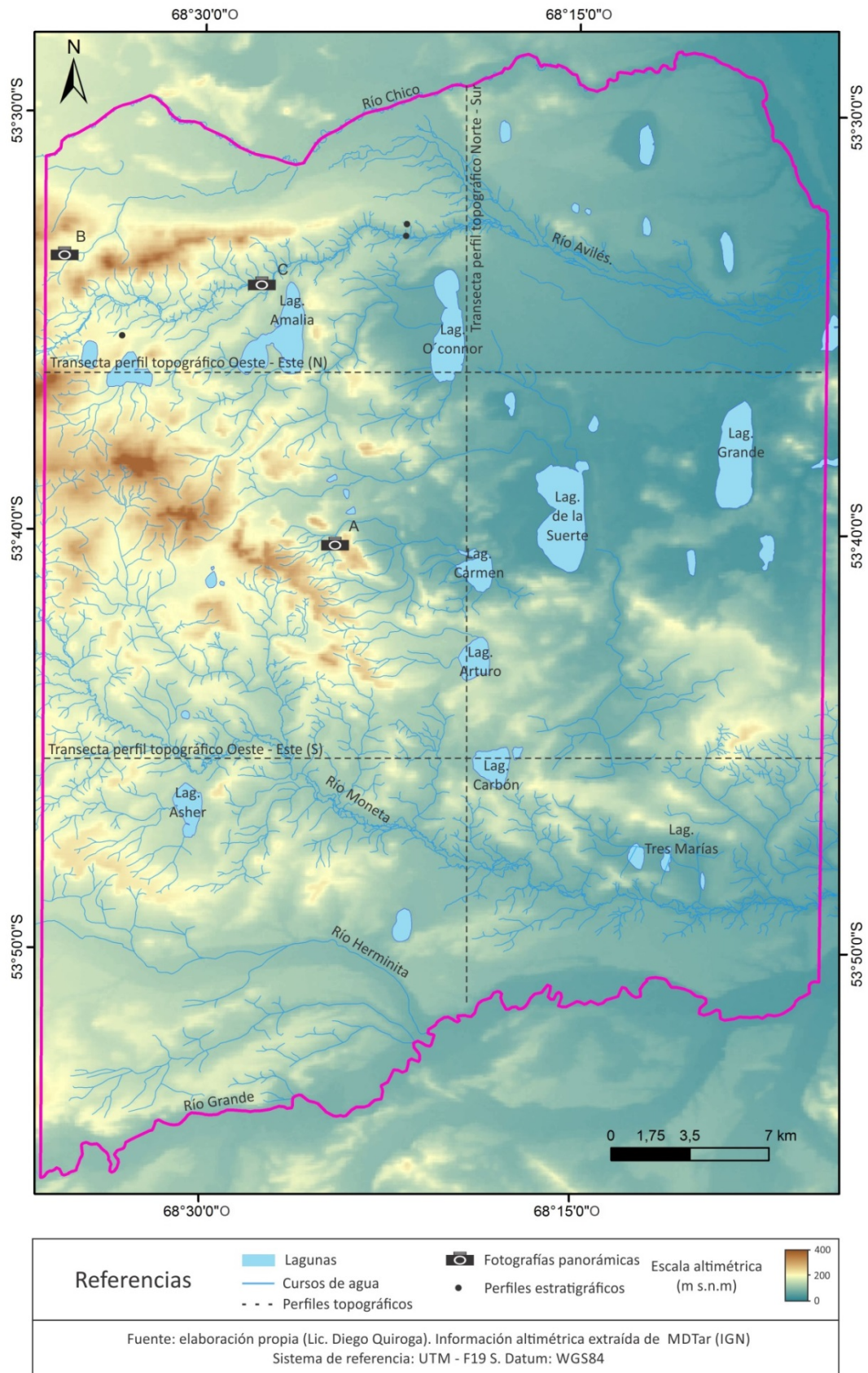


Figura 4.1. Modelo digital de elevación del área de estudio y transecta de perfiles topográficos presentados en la figura 4.2.

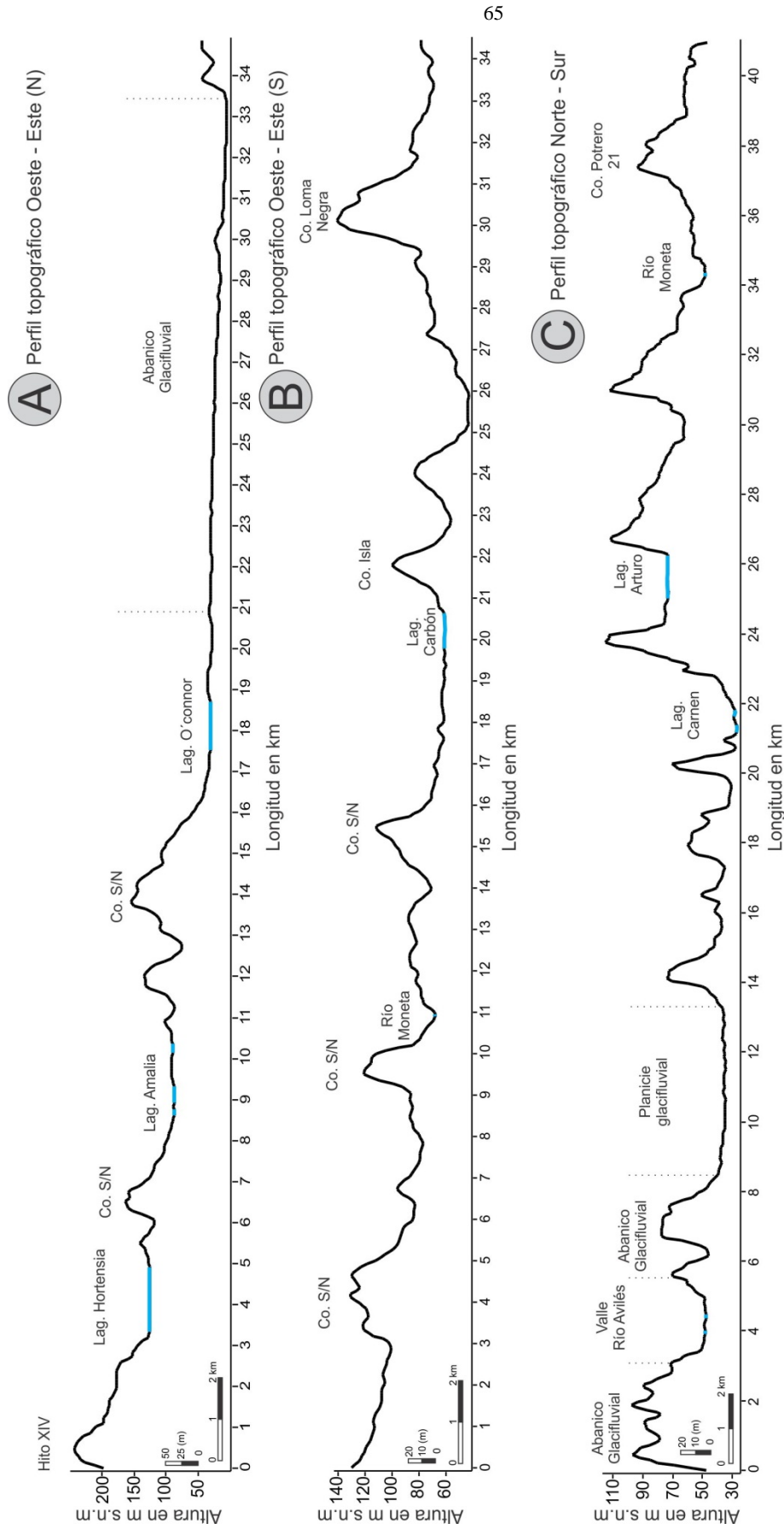


Figura 4.2. A) Perfil topográfico dirección O-E de la parte N del área de estudio, B) Perfil topográfico dirección O – E de la parte S del área de estudio, C) Perfil topográfico dirección N-S.



Figura 4.3. A) Paisaje de Serranías: sistema de Sierras en el área del Co. Mesa; B) Paisaje Glacial: Paisaje morénico conteniendo bloques erráticos en Ea El Salvador; C). Paisaje fluvial: valle del río Avilés en una sección de la cuenca media.

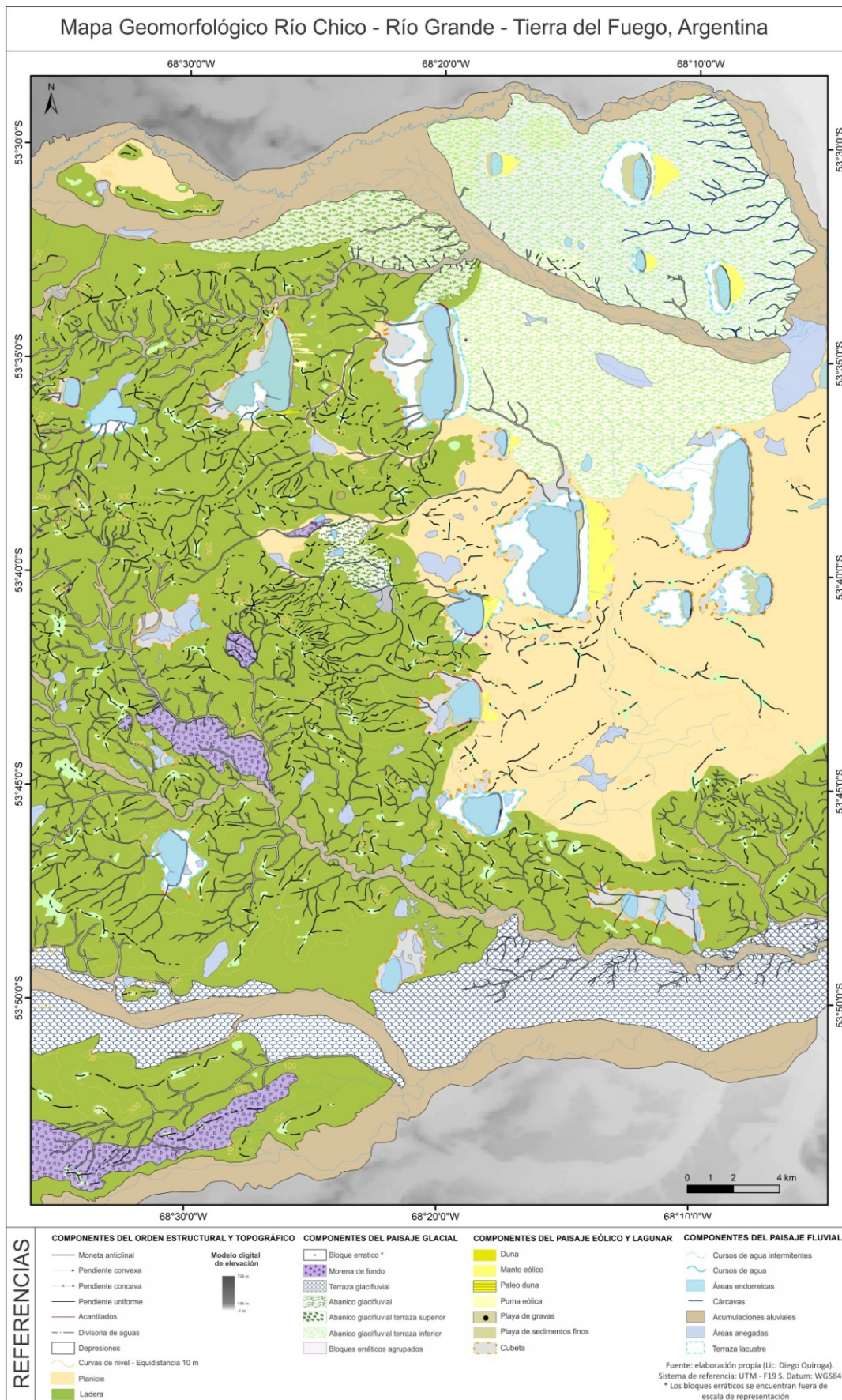


Figura 4.4. Mapa geomorfológico escala 1:210.000.

4.1.1. COMPONENTES DEL ORDEN ESTRUCTURAL

Hace 150 Ma aproximadamente, durante el Jurásico Superior, el territorio hoy conocido como Isla Grande de Tierra del Fuego se encontraba cubierto por el mar, solo una fracción de islas volcánicas hacia el sur conformaban el relieve positivo, hacia el norte se encontraba el sector continental bajo un régimen tectónico divergente. Entre el arco de islas volcánicas y el continente se desarrollaba un océano interior que comenzó a cerrarse hace 100 Ma, en el inicio del Cretácico Superior, bajo un régimen tectónico convergente, se dio inicio al alzamiento de los Andes Fueguinos. Este sistema orográfico comenzó a elevarse en el sur del territorio, mientras que su zona norte se encontraba aún cubierta por el océano interior. El proceso orogénico de los Andes Fueguinos consistió en un engrosamiento vertical y acortamiento horizontal de la corteza terrestre debido al propio plegamiento (Torres Carbonell *et al.*, 2014).

Como se indicó en el capítulo 3 es posible identificar dos formaciones litológicas: Carmen Silva y Castillo (Olivero *et al.*, 2007). La formación predominante en el área estudiada es la Fm. Carmen Silva, la que se extiende por 363,3 km², mientras que la Fm. Castillo se extiende por 98 km² (Figura 3.2).

La influencia de la Faja Corrida y Plegada Fueguina afecta la cuenca media del río Moneta hasta el norte de la laguna Asher (Figura 3.2). Allí es posible observar un plegamiento anticlinal denominado anticlinal Moneta (Torres Carbonell *et al.*, 2013). La presencia de lomadas y colinas cuya litología corresponde a las formaciones Castillo y Carmen Silva está asociada a erosión diferencial de los estratos rocosos, ello hace posible identificar serranías con cumbres horizontales a sub-horizontales.

4.1.2. COMPONENTES DEL ORDEN GEOMORFOLÓGICO

Los elementos que componen el relieve del área de estudio tienen un origen predominantemente exógeno, a saber, de tipo gravitatorio, glacial, fluvial y eólico.

4.1.2.1. Origen gravitatorio

El rasgo morfológico predominante del área de estudio es el del sistema de laderas. Se define como laderas de colinas o serranías a aquellas superficies inclinadas con valor porcentual de pendiente mayor a 6,59 %, las que se extienden en una superficie de 252 km² representando un 16 % del total de la superficie (Figura 4.5). Según las categorías de pendiente porcentual (Tabla 4.1) las laderas con pendientes más suaves son las que presentan el mayor valor de superficie (765 km²) mientras que la categoría 5 o las pendientes mayores a 20,27 % son las que se desarrollan en una menor extensión (0,9 km²).

El análisis de curvatura de laderas indica que las laderas de curvatura cóncava ocupan una superficie de 247 km² (16,4 %), mientras que las de curvatura convexa presentan una superficie de 547 km² (36,3 %). Por último, las laderas con curvatura de tipo uniforme ocupan una superficie de 712 km² representando el 47,2 % del total de la superficie de laderas (Figura 4.6).

La orientación de laderas es predominantemente norte, alcanzado una superficie de 419 km² (28 % del total de la superficie) (Figura 4.7) seguida de la orientación sur con 210 km² de extensión (14 % del total de la superficie). La agrupación de valores máximos y cuadrante permite definir que el sentido general de orientación del sistema serrano del área es nor-noroeste – sur-sudoeste.

Categoría	Clase de pendiente porcentual	Superficie en km ²	% de superficie cubierta
1	0 - 2,53	765	50,8
2	2,54 - 6,58	490	32,5
3	6,59 - 12,16	180	11,9
4	12,17 - 20,26	59	3,9
5	20,27 - >	13	0,9

Tabla 4.1. Clases de pendiente del área de estudio y superficie ocupada

Sobre las laderas con orientación noreste – este, se desarrollan procesos de remoción en masa con localización puntual. Este tema se desarrolla en el Capítulo 6 de este trabajo.

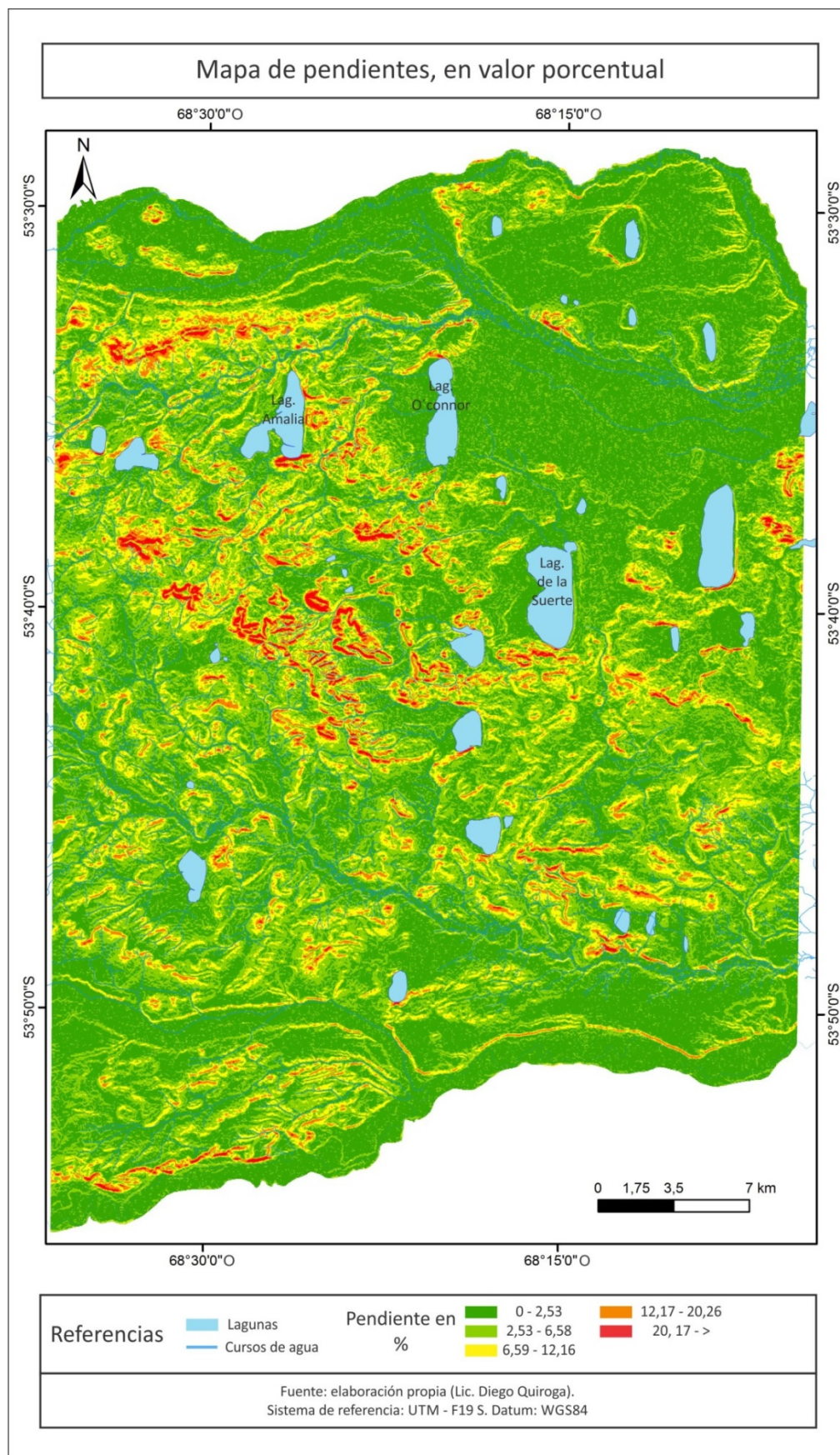


Figura 4.5. Mapa de pendientes, en valor porcentual.

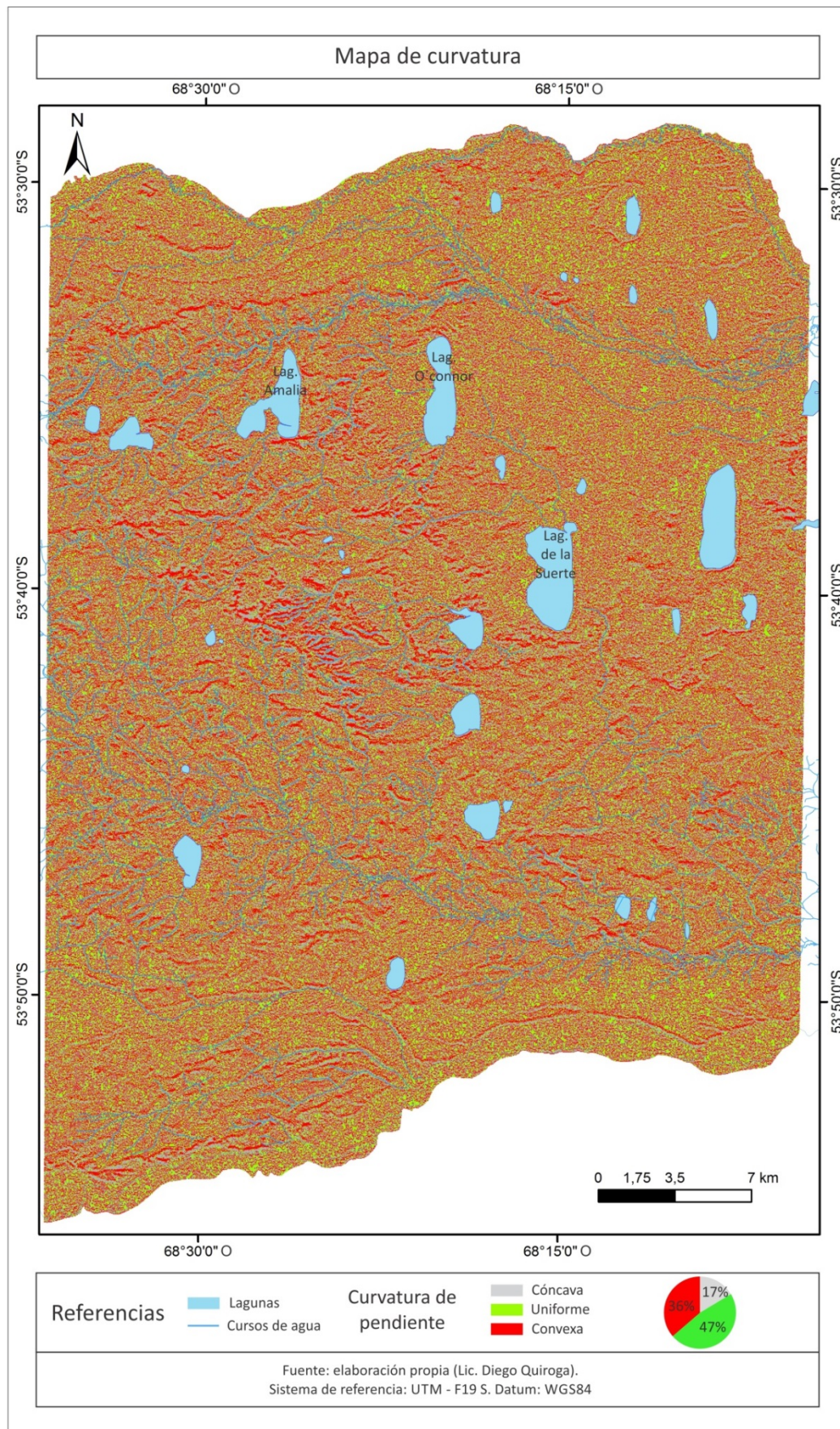


Figura 4.6. Mapa de curvatura de laderas del área de estudio

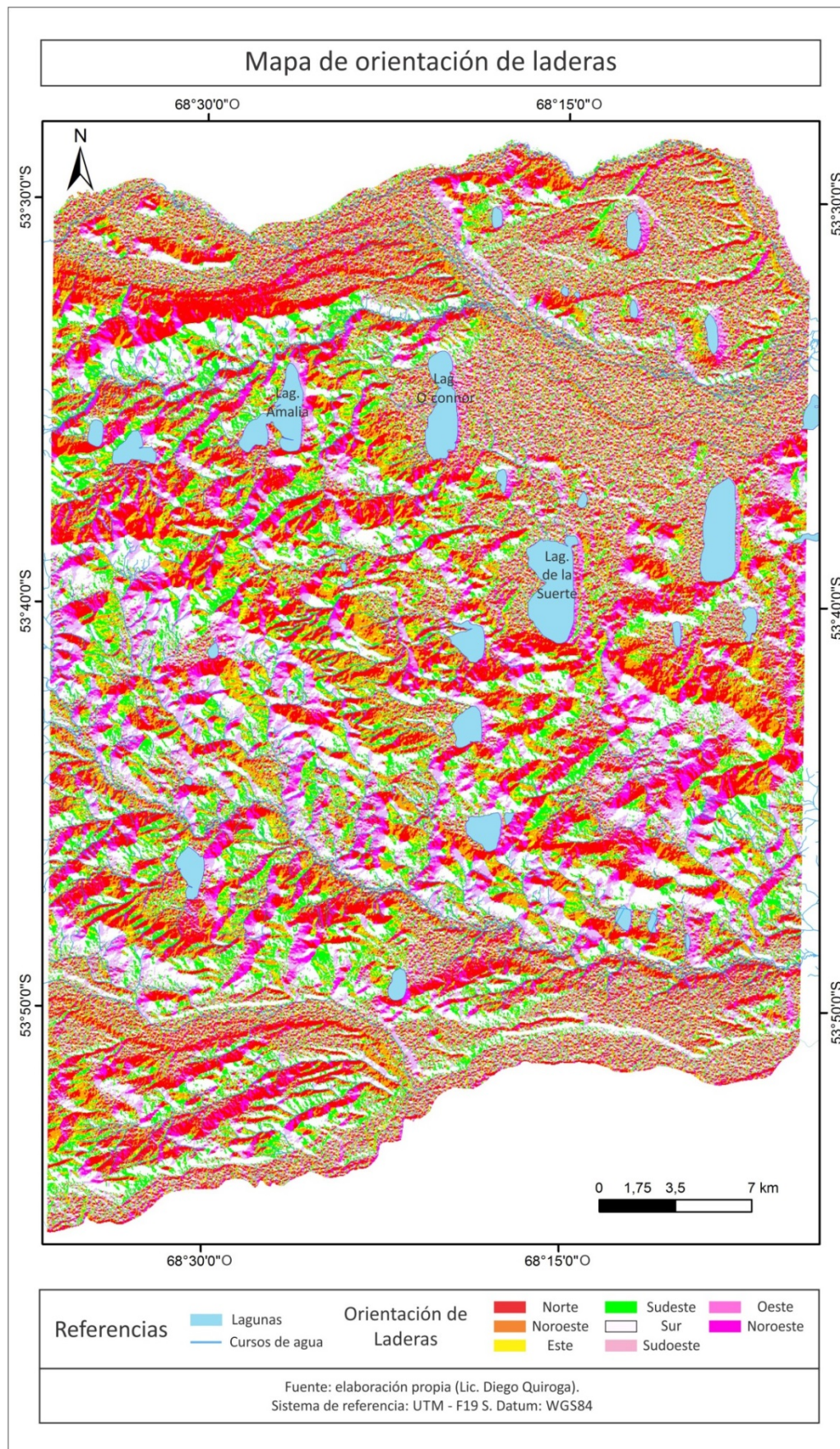


Figura 4.7. Mapa de orientación de laderas del área de estudio.

4.1.2.2. Origen glacial

Los elementos del paisaje generados por acción glaciaria se disponen en el oeste y suroeste del área de estudio (Figura 4.4). Hacia el O, en cercanías a los cerros del Bosque y cerro Cañón (Figura 3.3), en la estancia El Salvador y en la frontera argentina-chilena se emplazan morenas aisladas y bloques de litologías alóctonas dispersos al pie de laderas, en fondo de valles o concentrados en costas de lagunas.

Las morenas se encuentran localizadas en el SO y O del área de estudio. Forman colinas de cumbres convexas con un desnivel relativo de 30 m. Se observó la presencia de depósitos de till basal adosado a colinas rocosas de baja altura (80 m s.n.m).

Se relevaron bloques alóctonos de dimensiones entre 0,27 y 12,52 m³ (Figuras 4.4 y 4.8, Tabla 4.2). Estos se encuentran sobre las morenas, laderas de colinas rocosas y lagunas situadas al norte y oeste del conjunto de sierras de Carmen Silva, en el Co. Mesa (Ea. San Julio) y Co. Cañón (El Salvador).

La petrografía de los bloques analizados corresponde a litologías de ignimbritas dacíticas, riolitas y en menor proporción, a riodacitas. Las ignimbritas son rocas no soldadas afectadas por compactación. Tienen una textura porfiro-clástica con cristaloclastos e indicios de deformación de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico, estos dos últimos alterados a arcillas. La matriz presenta texturas de desvitrificación que varían entre microgranosa, felsítica y esferulítica. Los fragmentos pumíceos están deformados, también presentan texturas de desvitrificación felsítica y esferulítica y están alterados a micas. Los litoclastos son escasos y suelen corresponder a rocas volcánicas. Las riolitas tienen una textura porfírica con fenocristales de cuarzo con extinción ondulosa, feldespato alcalino y plagioclasa, alterados moderadamente a arcillas y

sericita. La pasta varía entre microgranosa a felsítica y por sectores se observan texturas esferulítica, axiolítica. La roca en general presenta una alteración sericítica y es atravesada por microvenillas de biotita. La riocita presenta textura porfírica con fenocristales de cuarzo, feldespatos potásico alterado moderadamente a arcillas, escasa plagioclasa y muy escaso anfíbol. La pasta está constituida por microlitos de feldespatos y sectores desvitrificados (Borello, 1969; Thomas, 1949). Por el tipo de litologías y el grado de deformación, estas rocas resultan atribuibles a la Formación Lemaire o Serie Tobífera, aflorante en la costa sur del seno Almirantazgo (Ortiz Labarca, 2007), a 130 km distancia al suroeste de la localización de los bloques en el área de estudio.

La única litología que difiere es la correspondiente al bloque B1 (Tabla 4.2), ubicada en el noroeste de laguna Amalia. Se trata de una roca máfica de textura granosa compuesta por plagioclasa de composición labradorita y anfíbol. Se observó un anfíbol primario de color verde, por sectores castaño, que se encuentra parcialmente reemplazado por un anfíbol fibroso fuertemente pleocroico. La roca puede clasificarse como una diorita/gabro con hornblenda, perteneciente a la Fm. Intrusivos Darwin, aflorante en la cordillera Darwin (Ortiz Labarca, 2007) a 135 km al suroeste del punto de localización del bloque errático.

			Latitud			Longitud			Dimensiones (en cm.)			
	ID	Litología	Gra	Min	Seg	Gra	Min	Seg	X	Y	Z	Vol m ³
1	B1	Gabro/Diorita	53	34	11,7	68	27	32	176	72	80	1,01
2	B2	Riolita	53	41	29,8	68	28	22,7	332	290	98	9,44
3	B3	Riolita	53	41	29,2	68	18	12,6	165	124	86	1,76
4	B4	Ignimbrita dacítica	53	37	48,2	68	34	17,5	428	276	106	12,52
5	B5	Ignimbrita dacítica	53	39	42,8	68	29	32,1	333	259	134	11,56
6	B6	Ignimbrita dacítica	53	39	47,3	68	19	5,1	183	164	69	2,07
7	B7	ignimbrita riolítica	53	40	15,8	68	27	24,9	110	140	70	1,08
8	B8	Riodacita	53	34	5,5	68	35	11,7	88	55	98	0,47
9	B9	Ignimbrita dacítica	53	39	5,5	68	25	5,5	136	116	90	1,42
10	B10	Ignimbrita dacítica	53	38	51	68	25	6	98	82	34	0,27
11	B11	Riodacita	53	40	0,5	68	25	57,2	278	210	136	7,94
12	B12	indeterminable	53	39	4	68	35	50,4	256	112	43	1,23
13	B13	Ignimbrita dacítica	53	39	37,8	68	31	59,6	235	329	135	10,44
14	B14	indeterminable	53	40	53,3	68	28	57	228	198	93	4,2
15	B15	ignimbrita dacítica	53	42	34,2	68	32	34,5	119	116	49	0,68
16	B16	indeterminable	53	40	29,2	68	34	45,1	81	101	69	0,56
17	B17	Ignimbrita riolítica	53	30	4,4	68	25	47,4	135	111	78	1,17
18	B18	Riolita	53	39	26,5	68	32	5,3	160	142	39	0,89

Tabla 4.2. Litología, posicionamiento y dimensiones de los bloques erráticos relevados.



Figura 4.8. Bloques erráticos distribuidos en el área de estudio: A). Bloque en Ea. El Salvador (B12); B). Bloque ubicado al noroeste laguna Amalia (B1). C). Bloque en Ea. El Salvador (B13); D). Bloque en Ea San Julio (B2). La nomenclatura y características de cada bloque se presentan en la tabla 4.2.

Las planicies glacifluviales se presentan en dos sectores tipos, uno es el ubicado al norte de las sierras sin nombre, otro al sur de las mismas (Figura 4.4). El del norte está representado por dos unidades relicto, una en laguna Hortensia, otra al pie del Co. Mesa (Figura 4.4). Las ubicadas al sur se desarrollan en la cuenca media del río Moneta. La del norte está representada por el perfil sedimentológico del abanico glacifluvial, ubicado en una cantera de extracción de áridos que se localiza en la cuenca media del río Avilés, se contabilizó una superficie de 130 km², que representa el 8,6 % de la superficie total del área de estudio.

El abanico glacifluvial se desarrolla en el norte del área de estudio (Figura 4.4), con ápice en el valle del río Avilés y zona distal en cercanías a las lagunas La Arcillosa y Grande. Es posible diferenciar dos niveles de terrazas en el abanico debido a la disección producida por el río Avilés. La sección inferior se desarrolla entre 10 – 50 m s.n.m, con una forma cónica. Desde el río Avilés hacia el sur la terraza no presenta un límite bien establecido, se torna difuso hasta adosarse a serranías rocosas o depósitos lagunares. La terraza superior está compuesta por rodados de tamaño medio a fino, cubiertos por depósitos eólicos de 50 cm de espesor. En el área distal las cotas alcanzan los 20-30 m s.n.m. Sobre este nivel se han desarrollado cubetas de deflación sobre las que se localiza la laguna Escondida (Bujalesky *et al.*, 2001).

La sección estratigráfica sedimentológico de la cantera ubicada en proximidades al río Avilés (53°32'37,7 S / 68°22'31,4 O, Figura 4.4) muestra un depósito de 5 m de gravas y arenas estratificadas. La secuencia presenta estratos de gravas de diferentes espesores, con diferentes tipos de empaquetamiento y estructuras sedimentarias. En algunos se evidencia la dirección de flujo hacia el sureste. Se observan las siguientes unidades (Figura 4.9. y 4.11A):

1. arena gruesa a grava media, con estructura diagonal con dirección sureste. Contiene lentes de grava media a fina. Presenta una coloración rojiza.
2. grava media con matriz de arena media (matriz sostén), no presenta estructura visible. Coloración pardo claro.
3. grava media a gruesa matriz-sostén con matriz de arena gruesa y gravilla. Sin estructura visible, se observan clastos de 60 a 90 cm de diámetro máximo. Contiene lentes de grava fina de 6 a 8 cm de espesor. El color corresponde a marrón rojizo.
4. grava gruesa matriz-sostén, con clastos de 10 a 13 cm de diámetro máximo. La matriz se compone de arena gruesa y grava fina. Los sedimentos están dispuestos en forma masiva. Coloración pardo claro “medio”.
5. grava media a fina, con estructura diagonal o cruzada en dirección SE, la estructura diagonal incluye secuencia grano decrecientes de grava media a fina, empaquetamiento clasto-sostén, color marrón oscuro.
6. grava media, sin estructura laminar, presenta matriz-sostén compuesta por arenas gruesas a gravas finas (gravillas), la misma presenta lentes de grava media. Presenta una coloración marrón rojizo.
7. grava media a fina con lentes de arena media – gruesa. Estructura cruzada diagonal (con orientación sureste). La secuencia es grano decreciente con grava media hacia la base y arena media a gruesa hacia el techo de la unidad. Presenta una coloración marrón grisácea.
8. grava media con matriz de arena media a gruesa, clasto sostén, masivo. Presenta una coloración marrón rojizo.
9. suelo, compuesto por arena fina a limo, con presencia de algunos clastos de hasta 10 cm de diámetro. Perturbado por acción antrópica.

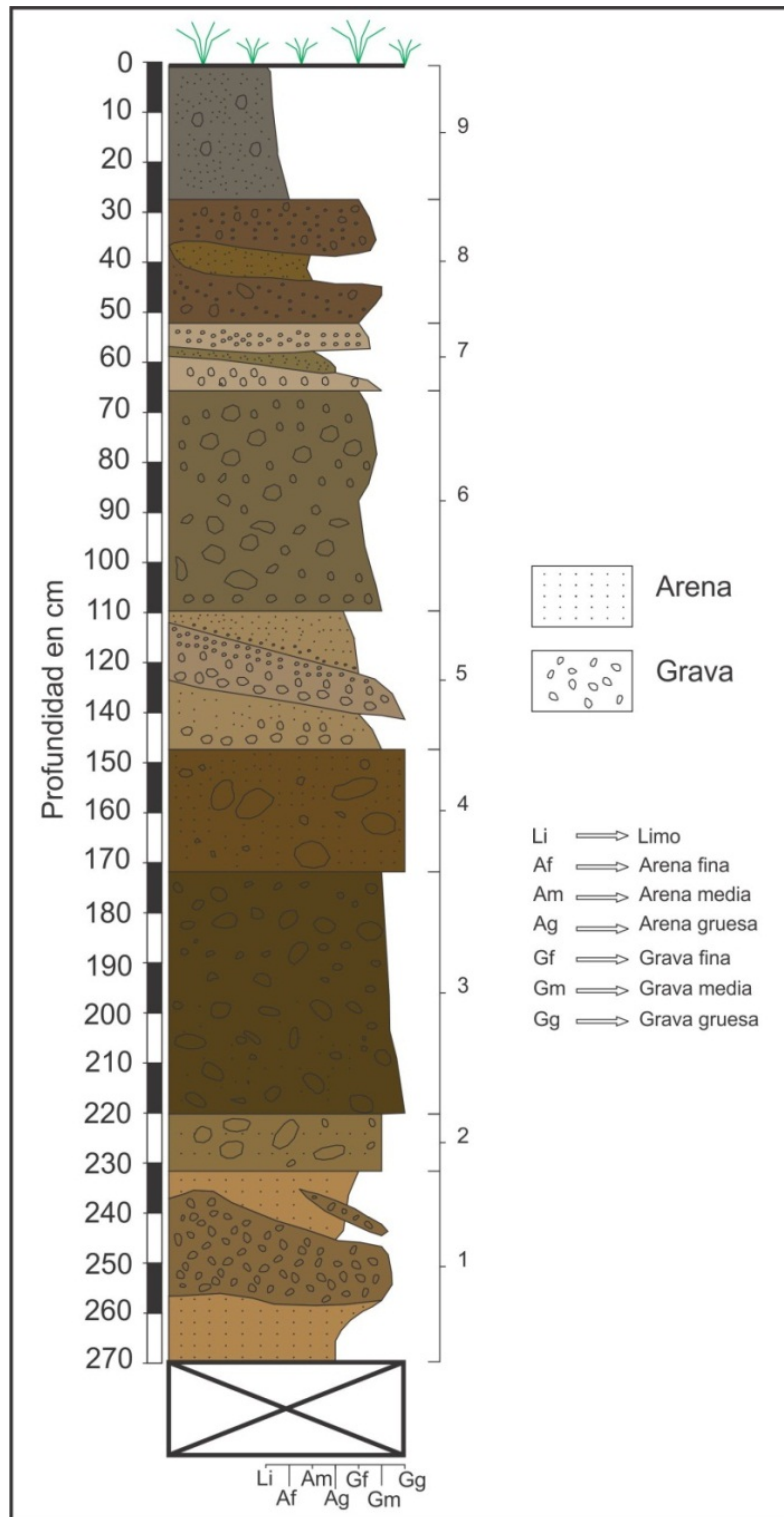


Figura 4.9. Sección estratigráfica del abanico glacifluvial, en cantera ubicada en

53°32'37,7 S / 68°22'31,4 O

La sección estratigráfica de la planicie glacifluvial de la laguna Hortensia ($53^{\circ}35'8,2$ S / $68^{\circ}31'57,2$ O, Figuras 4.3, 4.11B, y 4.10). Los depósitos tienen una altura de 4,3 m sobre la base de la cantera allí se identificaron siete unidades con las siguientes características:

1. Grava media a fina, matriz arenosa marrón claro, sin estructura visible.
2. Gravas finas a medias, matriz-sostén arenosa, estructura laminar en la matriz
3. Gravas medias a gruesas, matriz sostén, de tipo arenosa gris claro
4. Arenas finas de color gris claro, estructura laminar
5. Arenas finas a medias, con presencia de gravas.
6. Gravas finas con escasa matriz de tipo arenosa
7. Gravas medias a finas matriz sostén arenosa con gravas finas, sin estructura
8. Gravas medias a gruesas, matriz sostén arenosa, sin estructura

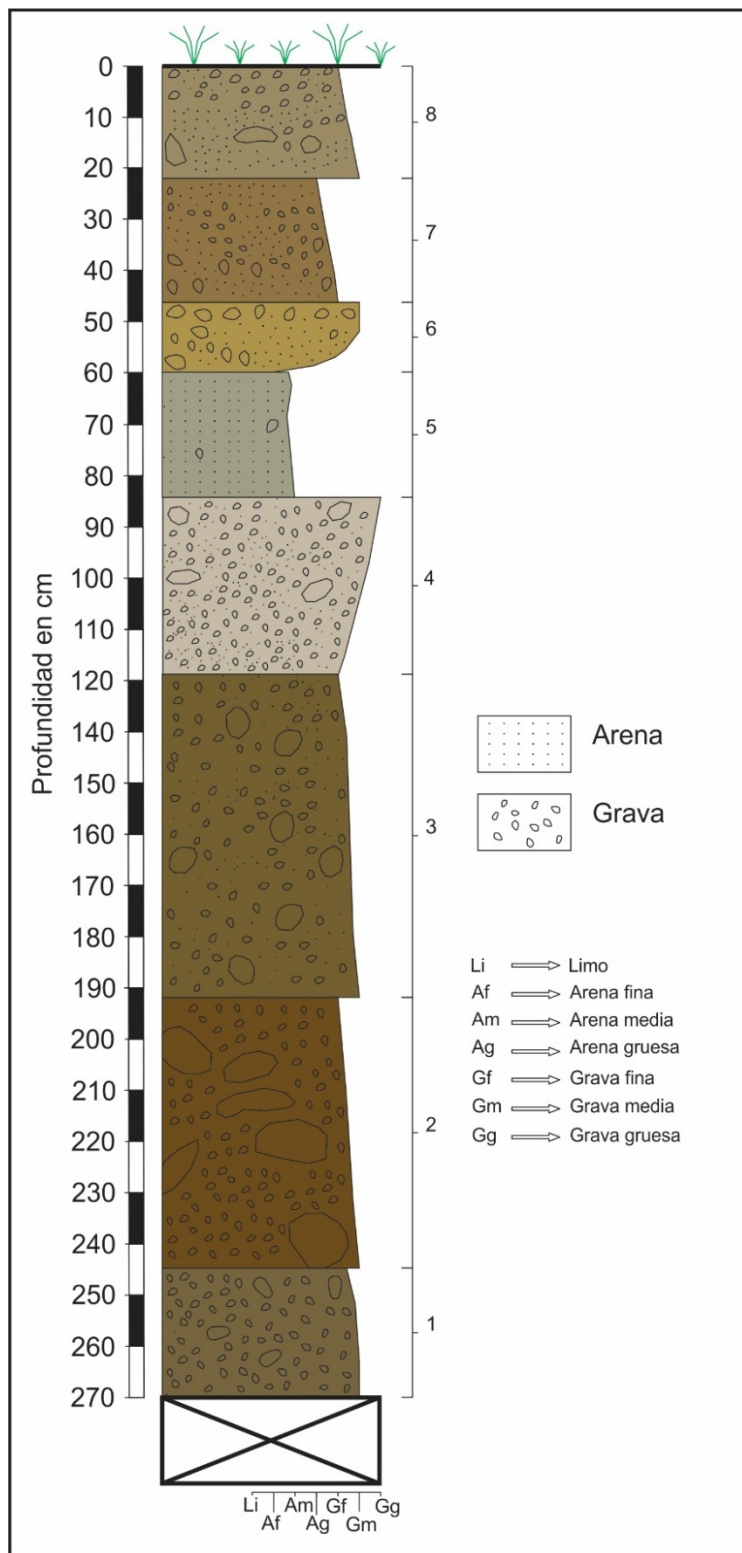


Figura 4.10. Sección estratigráfica de la planicie glacifluvial, laguna Hortensia.

(53°35'8,2 S / 68°31'57,2 O).

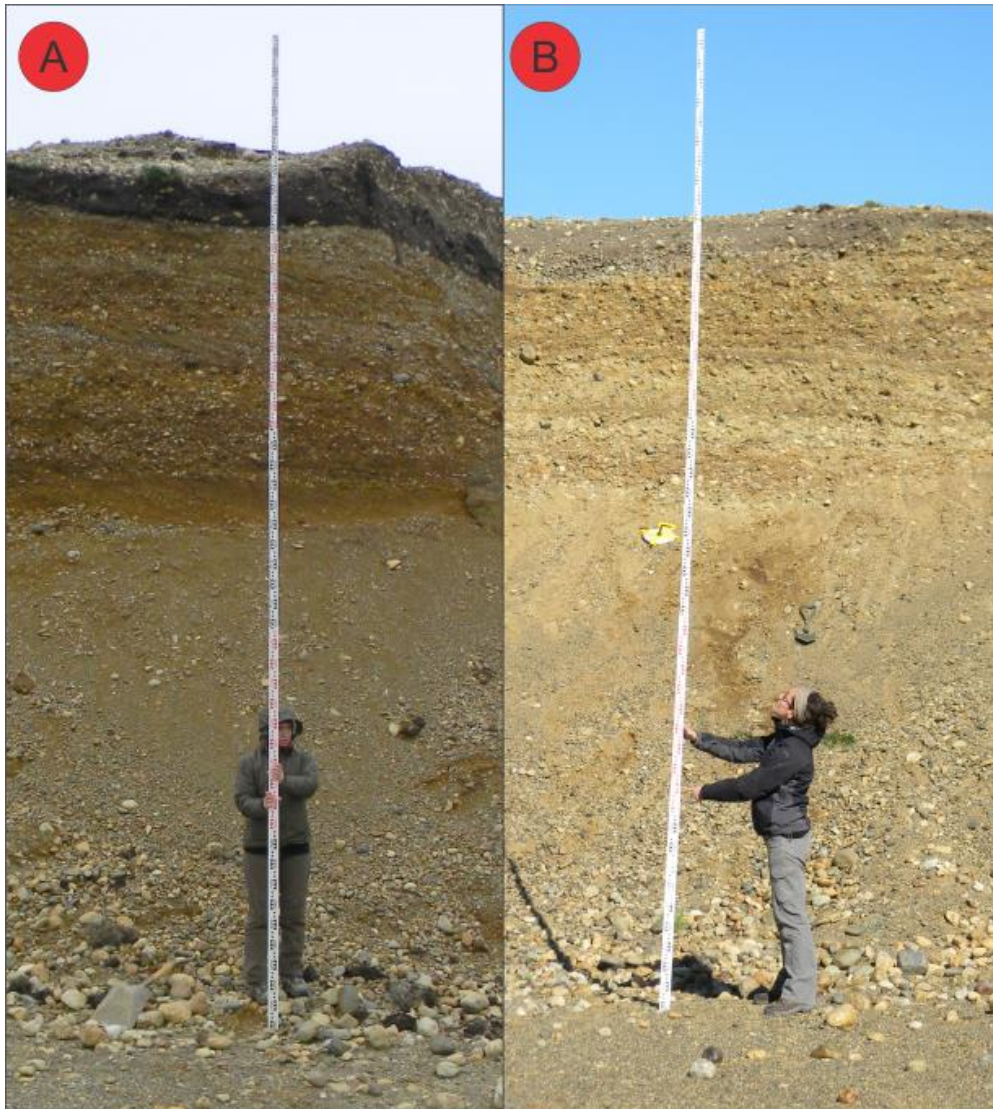


Figura 4.11. A) Cantera río Avilés Medio, Sección estratigráfica A, B). Sección estratigráfica de la planicie glaciafluvial, laguna Hortensia. Sección B

4.1.2.3. Origen fluvial

En el área de estudio se disponen dos cuencas exorreicas, la del río Avilés (tributario del río Chico) y la del río Moneta (tributario del río Grande), ambas de vertiente Atlántica. En el capítulo 5 de este trabajo se presenta un análisis morfométrico de estas cuencas. A su vez, existe un conjunto de cuencas endorreicas que desembocan en las lagunas que ocupan los relieves deprimidos. El sentido general de escurrimiento de todas las cuencas es oeste - este. La escorrentía superficial conforma cursos de agua tanto de carácter estacional como permanente, siendo estos los de menor frecuencia. La

fuente proveedora de agua es la fusión nival, que ocurre en primavera y en menor medida el aporte de las precipitaciones distribuidas a lo largo del año.

El río Avilés presenta cauce de forma rectilínea en las cuencas alta y media, en cambio en la cuenca baja desarrolla cauce meandroso. La extensión de la planicie de inundación varía según el orden jerárquico del cauce, entre 3 m y 200 m a cada lado del cauce.

La descripción de perfil de suelo en el cauce medio del río Avilés (Figura 4.1 y 4.12) muestra la composición sedimentológica de la ribera aluvial

1. **0 a 14 cm Horizonte A:** Sedimento arenoso, compacto, con abundante materia orgánica, raíces y tallos, masivo, sin estructura. Color marrón oscuro (en campo)
2. **14 a 23 cm:** Ídem estrato anterior, con estructura granulada, cementado
3. **23 a 40 cm: Horizonte B1.** Arcillas, oscuras cementadas con moteados de óxido, masivo (sin estructura) raíces finas poca abundancia (expuestas). Color marrón oscuro casi negro
4. **40 a 59 cm: Horizonte B2.** Similar al horizonte anterior pero menos compacto, quizás por mayor humedad, menor presencia de raíces, color igual al anterior.
5. **59 a 76 cm: Horizonte B3.** Arcillas con abundante moteado de óxidos, con escaso contenido de grava fina, raicillas, color gris claro.
6. **76 cm: Horizonte C.** Grava media matriz sostén, masiva, matriz arcillosa, color gris claro,

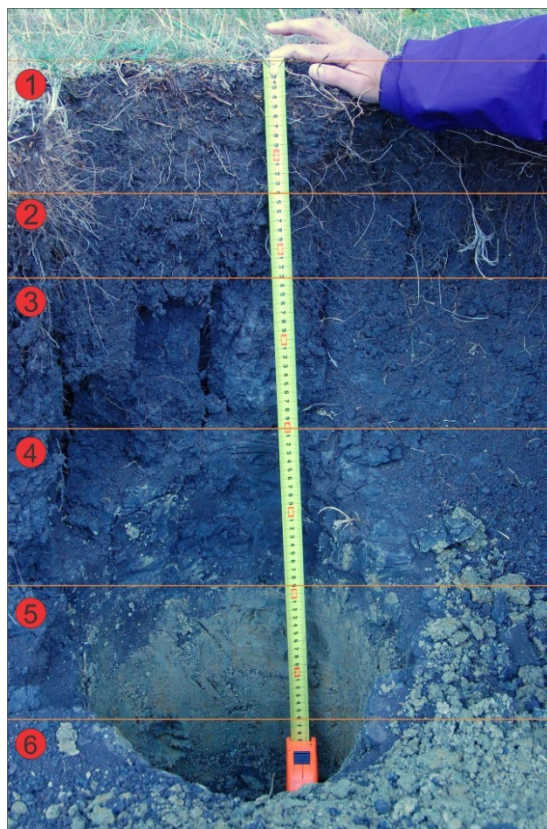


Figura 4.12. Perfil de suelo del cauce río Avilés en ribera del cauce medio.

4.1.2.4. Origen eólico - lagunar

Tal como se mencionó anteriormente, un rasgo especial del paisaje del área de estudio es la presencia de numerosas lagunas someras emplazadas en depresiones o cubetas. Geformas de génesis litoral y eólica se desarrollan en torno a sus periferias (Villarreal y Coronato, 2015).

Las cubetas son depresiones que se desarrollan en los fondos de valles plano ocupados por cursos agua estacionales y en el abanico glacifluvial. Las mismas tienen dimensiones que varían entre los 0,3 km² y 23 km². El desnivel relativo de las cubetas oscila entre 10 y 15 m. El origen de las cubetas se atribuye a deflación eólica sobre sedimentos aluviales y/o sedimentitas altamente meteorizadas en períodos climáticos más áridos que el actual (Coronato *et al.*, 2016 en prensa). En el depocentro de las cubetas se localizan las lagunas someras y semipermanentes.

Las playas presentan un desarrollo asimétrico, determinado por el material que las conforma. Las playas de grava se localizan generalmente sobre las costas este, poseen una superficie total de 2,3 km². Las playas compuestas por arcillas limosas se localizan en las costas occidentales, con una superficie total de 14,2 km².

Las terrazas lacustres se localizan a una distancia variable entre 50 y 400 m de la costa, principalmente a lo largo de las costas oeste y este, aunque en algunos casos como en la laguna Amalia sobre la costa sur. Se presentan en diferentes niveles por encima de la playa actual, con una altura superior que varía entre los 3 y 10 m. Están conformadas por sedimentos limo-arcillosos. Los depósitos lacustres aterrazados determinan un bloqueo al drenaje exorreico, estableciendo la característica de cuenca endorreica (Coronato y Villarreal, 2014). En toda el área de estudio se contabilizó una superficie de 35 km² de terrazas lacustres.

Los mantos eólicos son depósitos de material fino que se desarrollan principalmente sobre las márgenes de sotavento de las lagunas debido a la acción del viento predominante. En temporada de verano el viento produce desecación de las lagunas y transporte de los sedimentos expuestos. Poseen una extensión superficial directamente relacionada con las dimensiones de la fuente de origen de los sedimentos (lagunas) generalmente de grandes extensiones. Ocupan una superficie total de 7,9 km², con una variación individual entre 0,15 km² y 5,23 km². Estos depósitos no generan una morfología particular, se adaptan a las geoformas y la vegetación sobre las que se depositan (Villarreal *et al.*, 2014). Las plumas eólicas se desarrollan sobre las márgenes de sotavento de las cubetas o desde la superficie de los acantilados lagunares. Su forma está vinculada a los sectores en donde el viento se acelera, resultando en una mayor

longitud de unos de sus ejes. Se contabilizó una superficie total de 0,44 km² (0,02 %) de todas las plumas eólicas del área de estudio.

Se identificaron dunas montadas sobre acantilados lagunares, también denominadas dunas *perched* dunas tipo *nebkhas* y *lunettes* (Villarreal y Coronato, 2014). Están formadas por material limo arcilloso y arenoso, con una potencia media de 6 a 20 m. (Coronato y Villarreal, 2014). Se contabilizó una superficie total de 0,21 km², representando un 0,013 %.

4.2. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

Se establece como punto de partida para la descripción de la evolución geomorfológica a la orogenia andina (100 Ma AP) incluyendo el desarrollo de la Faja Corrida y Plegada de los Andes Fueguinos. Las rocas sedimentarias que conforman el sistema de serranías deben su origen al depósito sedimentario del océano interior existente durante el Mioceno Medio a Superior en ambientes proximales, de tipo costero y deltaico (Codignotto y Malumián, 1981) y continentalizadas durante el Mioceno Superior.

Las evidencias más antiguas de procesos modeladores del relieve actuantes en la región refieren al Pleistoceno Medio, época en la cual se desarrollaron diversos períodos glaciarios en el extremo austral de Sudamérica (Rutter *et al.*, 2012). Esto revela que para el área de estudio hay un vacío de información acerca del desarrollo del paisaje a lo largo de los 4 millones de años transcurridos entre el Mioceno Superior y el Pleistoceno Medio.

Caldenius (1932) basado en estudios geomorfológicos establece que el norte de Tierra del Fuego estuvo cubierta por glaciares durante la Gran Glaciación Pleistocena

(GGP). En controversia a esta postulación Meglioli (1992) propone un límite a la extensión del hielo, determinando a la región comprendida entre los ríos Chico y Grande como un área carente de depósitos glaciares o *drift-less área*. Sin embargo, la presencia de un bloque errático semienterrado en una ladera de las sierras de Loma Negra en la Ea. María Behety, obligó a la revisión de este concepto. La presencia de este bloque se interpretó como un elemento relictual de glaciaciones anteriores a la Gran Glaciación Patagónica e incluyéndoselo en el Drift Río Grande (Coronato *et al.*, 2004 b; Rabassa *et al.*, 2012). El mapeo de bloques erráticos y morenas en la zona centro - oeste del área de estudio permiten proponer una modificación de los límites de las glaciaciones más antiguas ocurridas en el norte de Tierra del Fuego (Figura 4.9). A diferencia de lo propuesto por Meglioli (1992), Coronato *et al.*, (2004 b) y Darvill *et al.*, (2016), aquí se demuestra la presencia de un lóbulo de hielo glaciario, denominado paleoglaciario del lago Blanco. Este lóbulo de hielo tuvo suficiente extensión, capacidad y competencia de transporte como para movilizar bloques erráticos desde la costa sur del Seno Almirantazgo y de la cordillera Darwin, hasta el conjunto de sierras localizadas al suroeste del casco de la Ea. San Julio y en la Ea. El Salvador trasladándolos 130 km desde su lugar de origen. El frente de hielo, se habría apoyado en la vertiente sur - suroeste de este sistema serrano, avanzando desde la cordillera Darwin por el valle que hoy ocupa el lago Blanco, en territorio chileno. La cercanía del límite glacial de la GGP establecido por los autores previamente mencionados permite asignar las evidencias glaciares encontradas en este sector del área de estudio a dicho avance glaciario, ocurrido hace aproximadamente 1 MA (Coronato *et al.*, 2004 a; Figura 4.13).

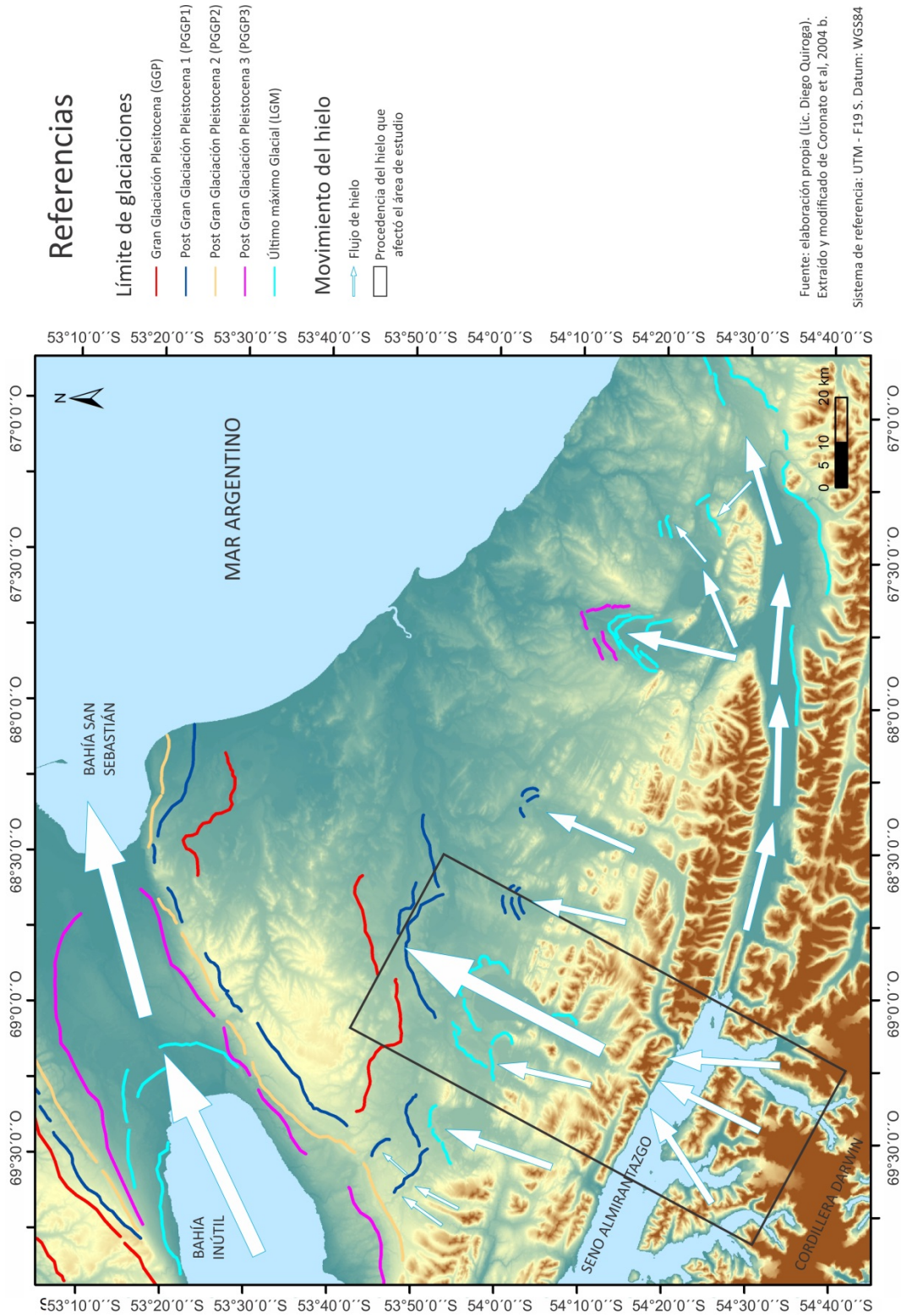


Figura 4.13. Mapa de glaciaciones, sector norte y centro de Tierra del Fuego, modificado de Coronato *et al.* (2004 b).

Desde el sector serrano del centro - oeste hasta el lado oriental del área de estudio es posible observar el desarrollo de antiguos y amplios valles fluviales con dirección hacia el este - noreste. A lo largo de ellos existen sistemas hídricos efímeros, bloques alóctonos y depresiones cerradas conteniendo a las lagunas. Se interpreta que estos paleovalles actuaron como líneas de evacuación de agua de fusión glacial o de escorrentía superficial durante períodos climáticos húmedos e interrumpidos por la formación de cubetas de deflación durante períodos climáticos áridos, probablemente durante las glaciaciones más recientes. Los frentes de hielo de las glaciaciones San Sebastián, Lagunas Secas y Moat (o Última Glaciación) se ubicaban a menos de un centenar de kilómetros al suroeste por fuera del área de estudio (Figura 4.13), lo cual imponía condiciones de desierto frío para el área.

Entre la GGP y la Última Glaciación Pleistocena ocurrida hace 23 Ka años A.P. (Coronato *et al.*, 2004 b, Rabassa y Coronato, 2007), tres avances glaciarios ocurrieron en el norte de Tierra del Fuego (Figura 4.10). El abanico glacifluvial ubicado en el norte del área de estudio fue atribuido al depósito de derrubios transportados por corrientes de agua de fusión glacial del paleoglacial de Bahía Inútil durante las glaciaciones Río Cullen ($>0,36$ - $<1,07$ ka) y San Sebastián (>16 y <47 ka). Sin embargo, la re-delimitación de la posición del frente del hielo durante la GGP en el área de estudio, en cercanías al ápice del abanico glacifluvial permitiría asignar su formación durante la GGP, es decir, con una edad más antigua a la propuesta originalmente por Bujalesky *et al.* (2001). Esta interpretación solo será posible confirmarla cuando se disponga de dataciones absolutas para los materiales que componen estos depósitos, por lo que se lo plantea aquí como un nuevo interrogante para la comprensión del englazamiento cuaternario de la región.

Las glaciaciones del Pleistoceno Medio tienen su expresión morfológica en el sur del área de estudio, en la margen norte del río Grande (Figura 4.14). Las terrazas glacifluviales desarrolladas sobre el sector medio del actual río Moneta fueron interpretadas por Meglioli (1992) como depósitos de *outwash* o planicies glacifluviales del frente de hielo de las cabeceras del río Grande y asignadas a la Glaciación Río Cullen ($>0,36$ - $<1,07$ ka). A ello se agrega que existe una continuidad de dichas planicies gravosas hacia el este de la desembocadura del río Moneta en el río Grande y que estas se disponen paralelas a la margen norte del río, entre 19 y 32 m s.n.m.

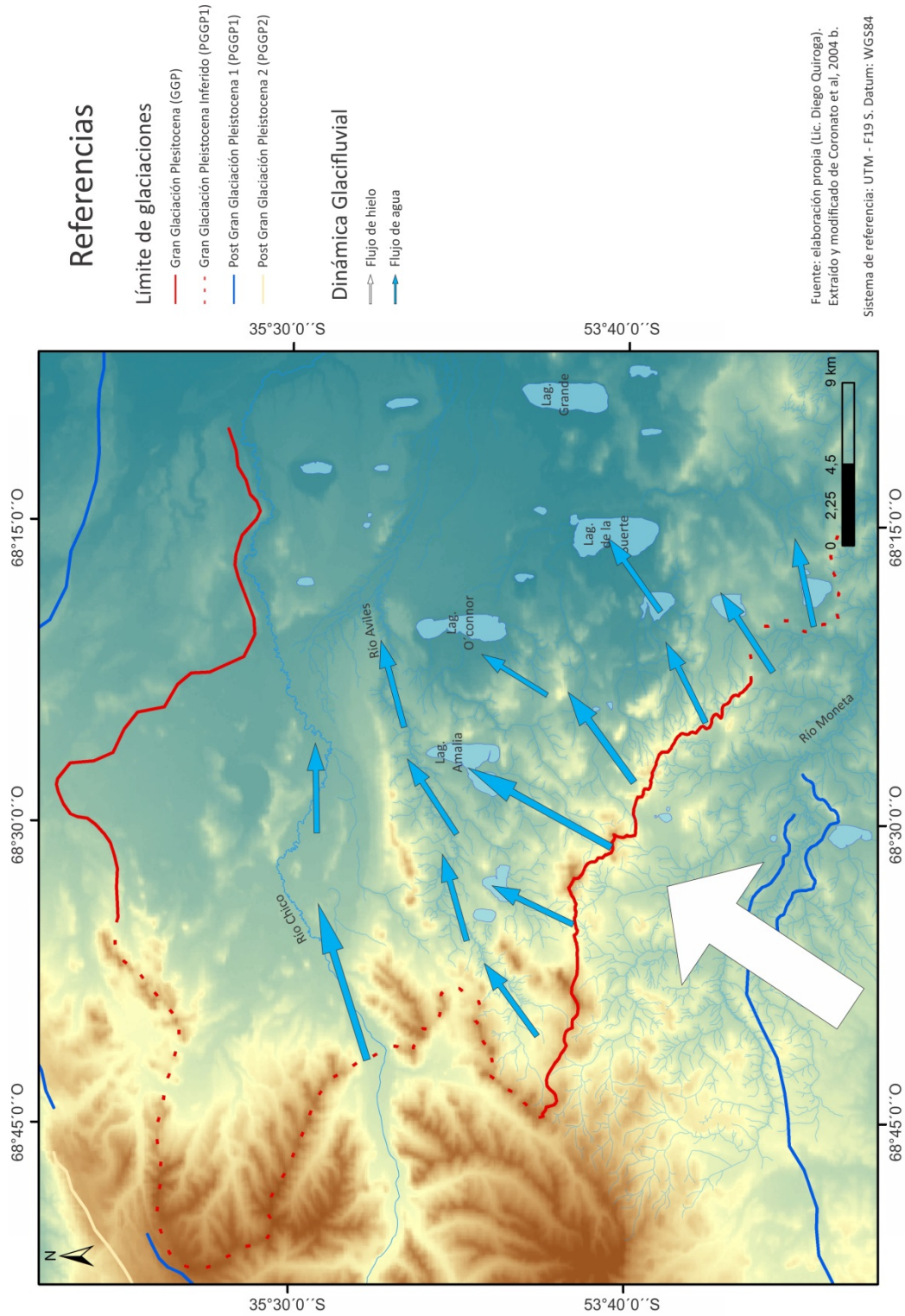


Figura 4.14. Límite del englazamiento durante la GGP en el área de estudio. Límites del frente de hielo, dirección del paleoglacial Lago Blanco y dirección de flujo de las líneas de drenaje de fusión glacial en el sistema serrano

No hay evidencias del impacto de la Última Glaciación Pleistocena en la región, aunque a 80 km de distancia hacia el este - sureste en la costa atlántica de la ciudad de Río Grande se desarrollaban condiciones de tundra. Esto se asevera a partir de la presencia de rasgos de permafrost sobre en los depósitos marinos de la Ingresión Marina del Último Interglacial, conocida como Fm. La Sara (125-85 ka A.P.) (Coronato *et al.*, 2004; Pérez Alberti *et al.*, 2008). Estas condiciones de clima frío habrían imperado también en el área de estudio, favoreciendo procesos de crio-clastismo en afloramientos rocosos, crio-planación en terrenos de suave pendiente y de deflación allí donde los suelos se mantuvieran secos o libres de hielo.

Trabajos realizados en el área de estudio por Montes (2015) y Coronato *et al.*, (2016, *en prensa*), proponen la formación de cubetas de deflación a lo largo de las líneas de paleodrenaje, en respuesta a un cambio en las condiciones climáticas que habría iniciado entre los 18 - 3 ka A.P., según dataciones radiocarbónicas realizadas en restos orgánicos vegetales en testigos lacustres y depósitos eólicos en las lagunas Carmen y Las Vueltas respectivamente.

Los procesos eólicos modeladores del paisaje contribuyeron al inicio de la formación de las cubetas de deflación y continúan activos en la actualidad. Desde entonces al presente, se desarrollan las dunas tipo *perched* sobre las costas acantiladas de la mayoría de los cuerpos de agua de la región, por ejemplo en las lagunas Grande, Carmen (Coronato *et al.*, 2016, *en prensa*), Arturo (Coronato *et al.*, 2011), Carbón, Tres Marías, O'Connor, Amalia (Oría *et al.*, 2016) y Hortensia. Estas dunas están conformadas por depósitos masivos, con alternancia de depósitos edafizados y no-edafizados y eventualmente, un nivel de tefra proveniente de la erupción del Holoceno Medio del volcán Burney, ubicado 400 km al noroeste en el extremo continental de

Chile. La secuencia eólica de la duna de laguna Arturo muestra que la deflación sobre los fondos lacustres desecados y el impacto eólico en las rocas sedimentarias friables están actuando desde el final del Pleistoceno y a lo largo del Holoceno, solo interrumpidos por períodos húmedos en los que se edafizaron los sedimentos que hoy constituyen paleosuelos (Coronato *et al.*, 2011, Gogorza *et al.*, 2013).

Por último, a la génesis y dinámica del paisaje se le agrega la intervención antropogénica. Cabe recordar aquí que el área de estudio estuvo ocupada por el pueblo Selk'nam hasta la llegada de los europeos en 1880. Históricamente, la región ha tenido muy baja densidad de población con ocupación del espacio de tipo disperso y dedicado a la explotación ganadera extensiva. Los procesos erosivos en laderas se ven promovidos por el modo de implementación de la actividad ganadera con cierta exposición específica, lo cual se analiza en el capítulo 6 de esta tesis doctoral. Algunas geoformas de origen eólico (dunas *nebkhas*, *lunettes*, mantos y plumas eólicas), de origen lagunar (playas de grava) y de origen fluvial (planicies aluviales) están vinculadas a procesos de depositación actuales. Los de origen eólico predominan en las márgenes orientales de las lagunas, o de sotavento.

CAPÍTULO 5. MORFOMETRÍA FLUVIAL

En este capítulo se desarrolla el análisis morfométrico de las cuencas de los ríos Avilés y Moneta. Dicho análisis es abordado desde diferentes escalas: escala cuenca, sub-cuenca y sectores de la cuenca (Figura 5.1)

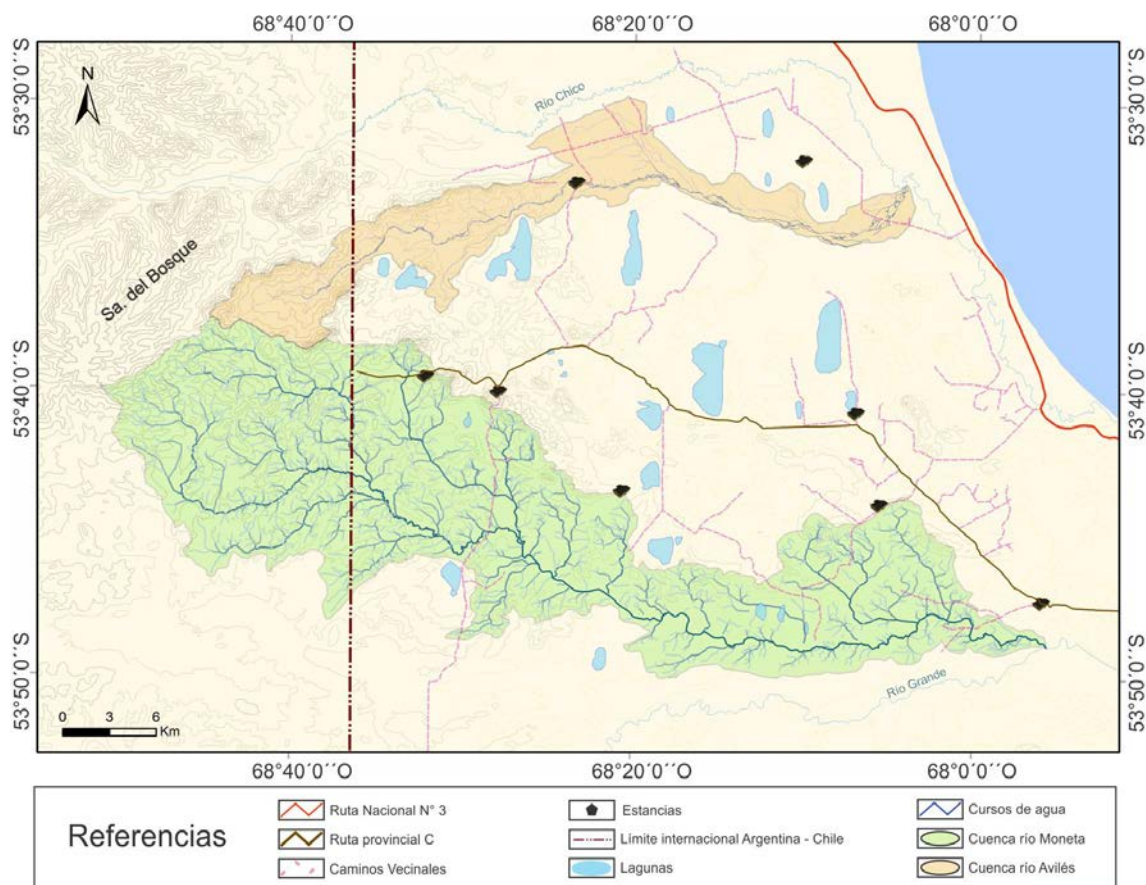


Figura 5.1. Localización y desarrollo de las cuencas exorreicas estudiadas.

5.1. CUENCA RÍO AVILÉS

La cuenca del río Avilés tiene sus nacientes en el sistema de sierras del Bosque (Chile) y desemboca en el río Chico (Figura 5.1). Tiene un régimen de tipo pluvio-nival, resultando en un río de carácter intermitente. Próximo a la desembocadura el río forma un humedal, el cual es utilizado en época de sequías, en verano, como área para la cría de ganado ovino. La cuenca alta se desarrolla en el sector occidental (Figura 5.1) donde

el relieve alcanza los 320 m s.n.m. Está conformado por serranías bajas compuestas por rocas sedimentarias marinas, descritas en el capítulo 3. El curso principal, que nace en este sector, recibe afluentes por ambas márgenes y fluye con orientación suroeste - noreste, desarrolla un gradiente medio de 1,42 %. Las subcuencas de mayor orden que aportan a este lo hacen principalmente por la margen izquierda o septentrional (O3-SCA5, O3-SCA4, O3-SCA3, O3-SCA2) (Figura 5.3B). La cuenca media se desarrolla a partir del primer cambio de gradiente del curso principal (Figura 5.3 AyC). A partir de aquí, el río discurre con una pendiente de 0,39 % entre serranías bajas conformadas por rocas sedimentarias marinas en la margen izquierda y por niveles de terrazas de diferente elevación, compuestas por depósitos glaciarios y fluvio-glaciarios en la margen opuesta. En la cuenca media los afluentes alcanzan el orden 4 y la mayoría tributan al río Avilés por su margen izquierda (O3-SCA8 y O3-SCA1). La cuenca baja comienza aguas abajo del aporte del tributario de orden 4 (Figura 5.3). Se identifica claramente el cambio de cuenca media a baja debido a que el río deja de tener aportes hídricos por la margen derecha o meridional, a un cambio de dirección noroeste - sureste y a que discurre sobre extensas planicies glaci-fluviales de suave pendiente general (0,08 %) hacia el este. La escasa diferencia de relieve torna difícil la identificación y trazado de la divisoria de aguas. La pendiente del terreno es inferior a 2,53 %, lo cual genera un aumento del número de corrientes paralelas al cauce principal. La mayoría de estas corrientes alimentan un extenso humedal, solo una de ellas confluye con el río Avilés unos metros antes de su desembocadura en el río Chico. El perfil longitudinal y los diferentes sectores de la cuenca están representados en la figura 5.3.

5.2.1. Mediciones de aforo

A través del análisis de la sección transversal de la columna de agua en tres sectores de la cuenca: alta, media y baja (Figura 5.3A) fue posible obtener datos de caudales y superficie de la columna de agua. Los datos se obtuvieron en temporada estival entre los años 2012 – 2016. En la tabla 5.1 se presentan los datos obtenidos de valor medio de la profundidad, longitud transversal del cauce y superficie de la columna de agua.

CUENCA	Fecha	20-02-13	26-09-13	24-10-13	06-02-14	15-02-15	16-02-16
ALTA	P. Media cm	19,8875	14,7375	15,8875	15,55	Sin dato	19
	Long. Trans. Cauce cm	163	163	163	163	Sin dato	163
	Superficie m ²	0,32	0,24	0,26	0,25	Sin dato	0,31
MEDIA	P. Media cm	11,26	15,53	15,97	16,30	17,70	14,77
	Long. Trans. Cauce cm	280	230	212	220	220	214
	Superficie m ²	0,32	0,36	0,34	0,36	0,39	0,32
BAJA	P. Media cm	14,66	13,91	11,05	15,54	12,10	13,97
	Long. Trans. Cauce cm	168	218	236	204	280	200
	Superficie m ²	0,25	0,30	0,26	0,32	0,34	0,28

Tabla 5.1. Superficie de sección transversal según fechas de medición. P. Media = pendiente media; Long. Trans. Cauce = longitud transversal de cauce.

La figura 5.2 representa la variabilidad en la superficie de cada sección transversal de la columna de agua. Es posible identificar que las cuencas media y baja presentan una

similar variación en la superficie de la sección transversal de la columna de agua en el transcurso del período de estudio. El valor máximo de superficie se localiza en la cuenca media el día 15 de febrero de 2015 ($0,39 \text{ m}^2$) en su sector medio. En cambio, el menor valor se registró el día 20 de febrero de 2013, localizado en el sector bajo de la cuenca. Comienza con un nivel de $0,32 \text{ m}^2$ y luego disminuye a $0,24 \text{ m}^2$.

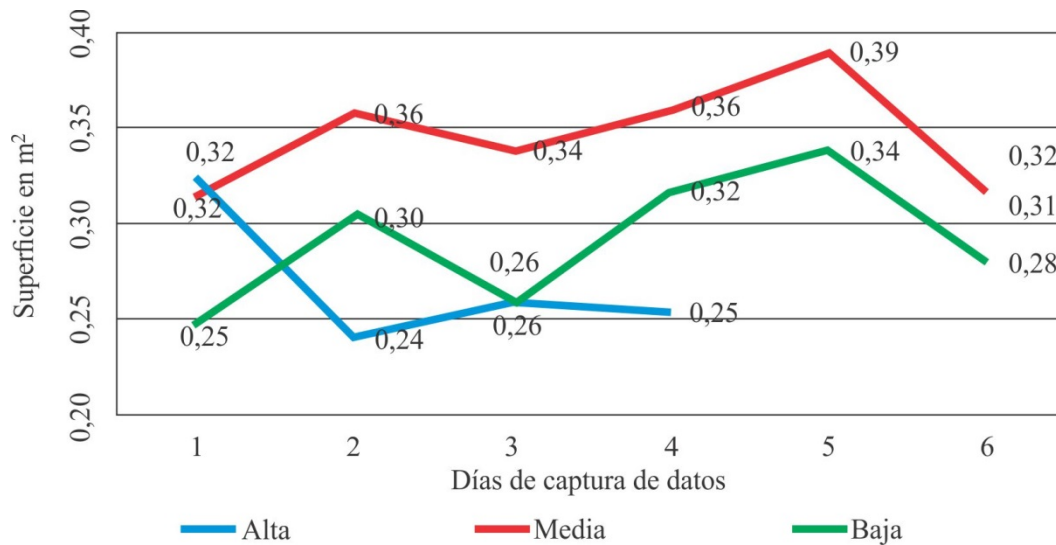


Figura 5.2. Variación de la superficie de la sección transversal.

En la cuenca alta los valores de aforo dieron $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ (aforo 1), en cambio en el sector medio del cauce del curso principal se obtuvieron dos mediciones de caudal en la época estival (Tabla 5.1), los valores fueron de $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ en el aforo 2.

Por último, en el aforo 3, ubicado en el sector bajo de la cuenca (Figura 5.1), no se obtuvieron valores de caudales, ya que, a pesar de la presencia de agua, no se registró velocidad por la inexistencia de corriente.

5.2.2. Parámetros morfométricos

Los índices obtenidos (Tabla 2.2) se utilizan en la actualidad para establecer relaciones entre las geoformas y los procesos que actúan en una cuenca hidrográfica, a su vez, la cuenca se subdivide según los cambios de gradiente del curso principal, en

diferentes sectores: cuenca alta, media y baja (Romero Díaz, 1989, Senciales González, 1999, Ciccacci *et al.*, 1992, Pareta y Pareta, 2011).

La jerarquía máxima de los cursos esta cuenca es orden 5; en ella (Figura 5.3B) se identificaron 98 subcuencas de orden 1 que drenan al curso principal, de las cuales 45 se localizan sobre la margen izquierda y las restantes sobre la margen derecha (Figura 5.4). Las subcuencas de orden 2 son 34, de las cuales 24 se desarrollan sobre la margen izquierda del cauce principal. Las subcuencas de orden 3 son 9, de las cuales 6 se localizan también en la margen izquierda del río principal.

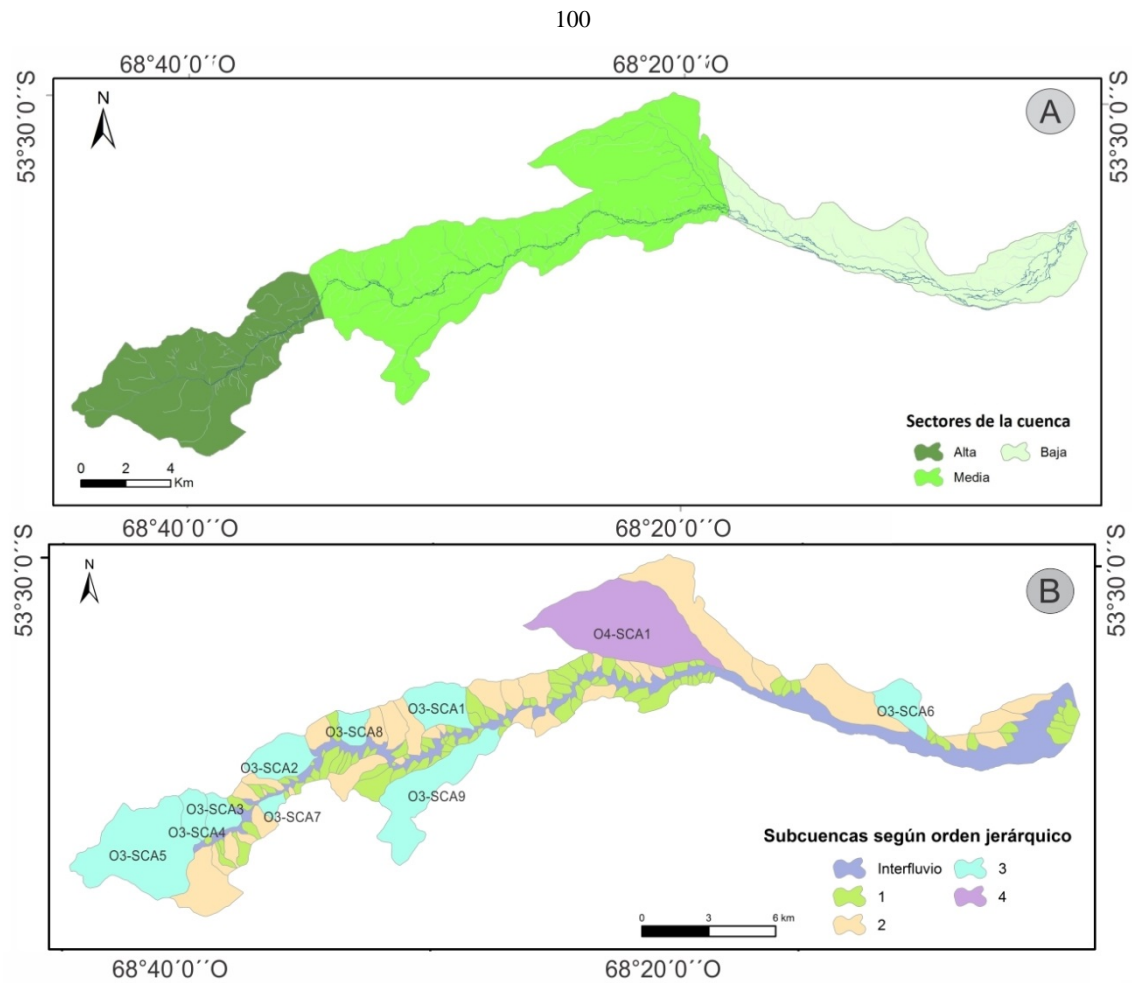


Figura 5.3. A) Sectorización de la cuenca en alta, media y baja B) Subcuencas del río Avilés. Dado la inexistencia de toponimia, se identificaron las subcuencas con siglas que corresponden a número de orden - Subcuenca Avilés n°. Ej. O3-SCA5 = Orden 3-Subcuenca Avilés 5.

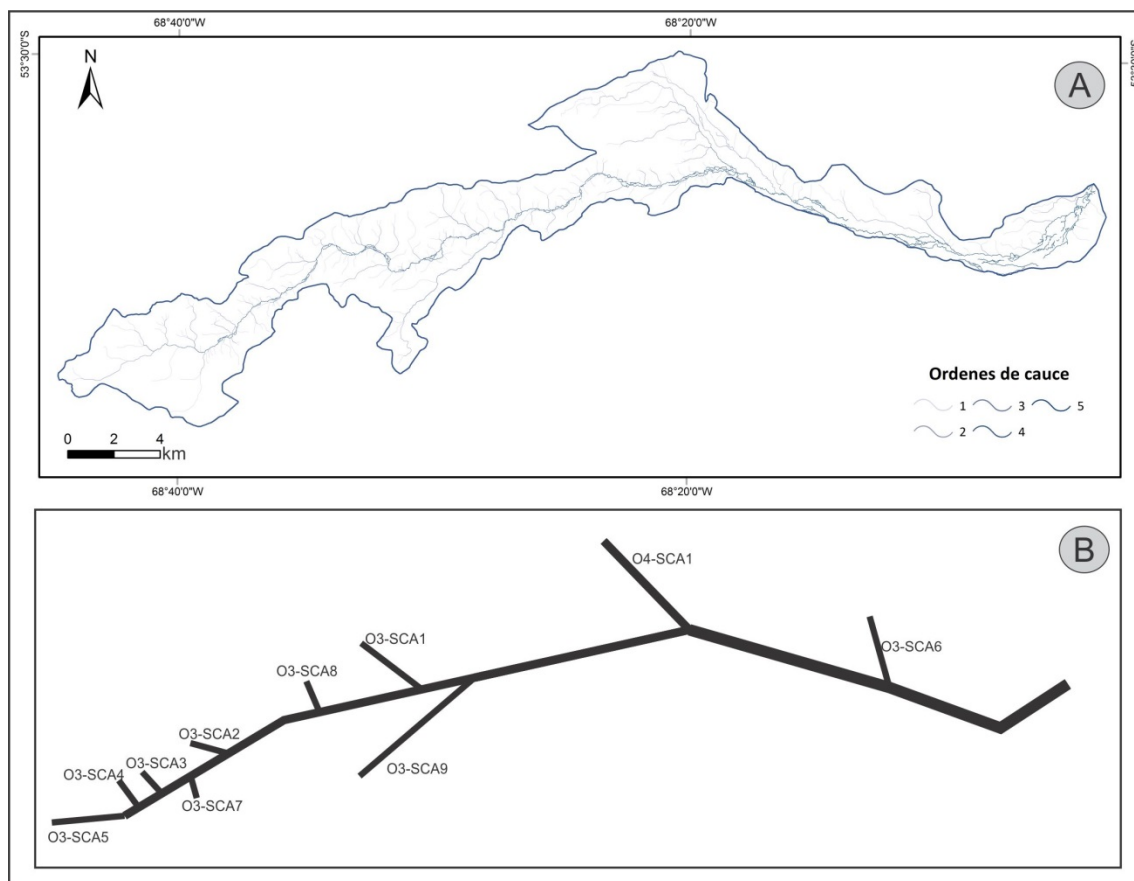


Figura 5.4. A) Cauces según orden jerárquico. B) Esquema sin escala de los ejes principales de drenaje.

5.2.3. Variables de relieve

Las características del relieve y las pendientes en una cuenca y su relación con parámetros hidrológicos han sido reconocidas desde hace tiempo (Senciales González 1999; Romero Díaz y López Bermúdez, 1987). La altura máxima en la cuenca del río Avilés es de 345 m s.n.m. y se ubica en el sector noroeste mientras que la altura mínima es de 5 m s.n.m. en la desembocadura del curso principal en el río Chico. El desnivel absoluto es de 340 m, la altura media es de 158,7 m. El 23,5 % de la superficie de la cuenca se ubica por encima de esta.

El valor porcentual de las pendientes predominantes varía entre 0 y 6,58 %, las pendientes superiores al 20,27 % son las menos representadas, alcanzando un valor

máximo de pendiente de 64,6 % (Figura 5.5). El valor medio es de 4,48 % y la desviación estándar es de 5,22 %. Los valores altos de pendiente son de importancia ya que favorecen el desplazamiento del flujo en superficie y disminuyen la posibilidad de infiltración y permanencia en el sistema por más tiempo. Dadas las características serranas de la cuenca alta y media, las mayores pendientes se encuentran en estos sectores y son las cabeceras de las subcuencas de orden 3 y 2 que drenan al cauce principal.

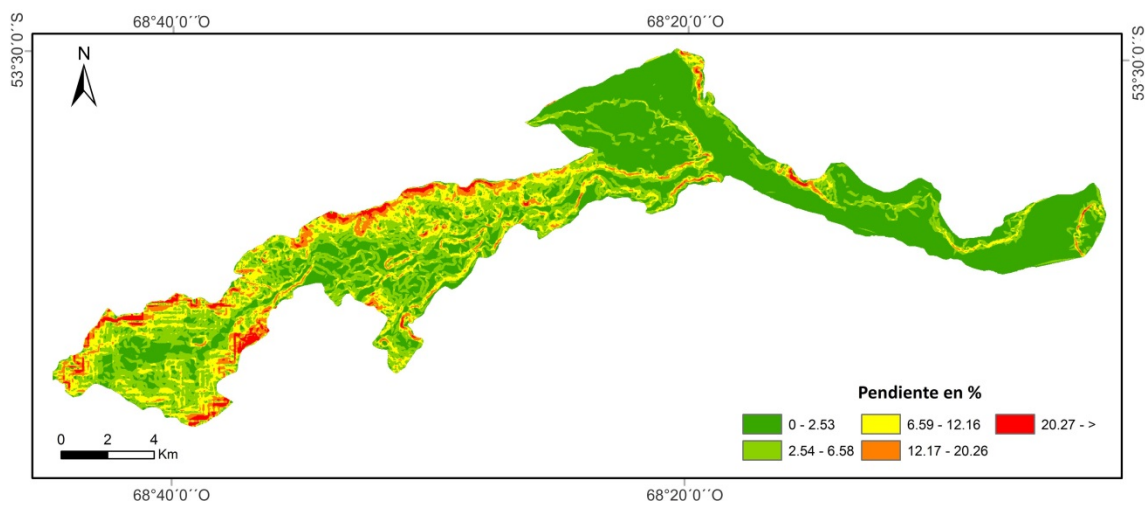


Figura 5.5. Mapa de pendientes de la cuenca del río Avilés, expresada en valor porcentual

La razón de relieve (Rr) establece la relación entre el desnivel de la cuenca y la longitud máxima de la misma (Schumm, 1956). Está vinculado con la pérdida anual de sedimento y establece la capacidad erosiva de la cuenca (Sala y Gay, 1981). Otro índice complementario es la relación de relieve (R) (Melton, 1957), la cual se obtiene de la relación entre el desnivel absoluto y el perímetro de la cuenca. Para la cuenca del río Avilés se obtuvo un Rr de 0,007 y un R de 0,002. Estos valores indican que la cuenca presenta una baja capacidad erosiva. Al realizar un cambio de escala de análisis los valores de Rr y R obtenidos varían para cada subcuenca (Tabla 5.2). Se identifica la

subcuenca O3-SCA7 como la que posee mayor capacidad erosiva con 0,084 de R_r y 0,028 de R . Por el contrario, la subcuenca O4-SCA1 presenta valores de 0,004 R_l y 0,002 R . El primero es aún menor que el obtenido para la cuenca del río Avilés mientras que el R es igual.

Subcuencas	O4-SCA1	O3-SCA1	O3-SCA2	O3-SCA3	O3-SCA4	O3-SCA5	O3-SCA6	O3-SCA7	O3-SCA8	O3-SCA9
Razón de Relieve	0,004	0,043	0,021	0,056	0,062	0,028	0,007	0,085	0,084	0,008
Relación de Relieve	0,002	0,015	0,008	0,019	0,024	0,009	0,002	0,028	0,027	0,003

Tabla 5.2. Variables de relieve por cuenca y subcuencas.

5.2.4. Variables de topología y longitud de los cauces

El análisis topológico es la base del análisis cuantitativo de las cuencas de drenaje. Con este se establecen los órdenes jerárquicos de los cauces, la longitud y la cantidad de los mismos. Estos conforman los principales parámetros, mientras que la razón de bifurcación es el índice más importante. Por otra parte, las variables de longitud agrupan los parámetros de longitud de cada orden de cauce, longitud total del cauce principal y longitud media y los índices de sinuosidad del cauce principal y la razón de longitud.

La razón de bifurcación (R_b) representa la proporción existente entre el número de cauces de un orden dado, con los de orden inmediatamente superior. La cuenca del río Avilés (O5-CA) tiene una R_b media de 4,40; con el cambio de escala de análisis a nivel de subcuencas de orden 4 y orden 3 (Tabla 5.3) no se identifican variaciones significativas en los resultados de R_b medio. Se obtuvo como máximo 3,08 correspondiente a la cuenca denominada O3-SCA5 y un valor mínimo R_b de 2,25 correspondiente a la cuenca O3-SCA7.

El índice de sinuosidad hidráulica (I_{sh}) relaciona la longitud del cauce principal con la longitud de su valle en línea recta (Schumm, 1956). Este refleja la forma del canal, los resultados se encuadraron en la clasificación propuesta por Morisawa (1985). Tanto a nivel de cuenca (O5-CA) como de subcuencas la mayoría presentan valores de I_{sh} comprendidos entre 1,05 y 1,5 que indican cauces sinuosos. Solo la subcuenca O3-SCA3 posee un valor mayor a 1,5 lo cual caracteriza su cauce como meandriforme.

La razón de longitud (R_l) representa la proporción que existe entre la longitud media de los segmentos de un orden dado y los correspondientes a los del orden superior (Tabla 5.3). Los valores más bajos del índice indican mayor concentración de energía en el cauce principal. A nivel de cuenca el resultado es de 6,55 km. Realizando un análisis en forma detallada las subcuencas según los órdenes jerárquicos, es posible establecer que la razón de longitud varía entre 0,75 km (O3-SCA8) y 3,75 km (O3-SCA9). Las subcuencas O3-SCA6, O3-SCA7 y O3-SCA9 son las que poseen valores de R_l mayores a 2. La primer subcuenca (O3-SCA6) corresponde a la cuenca baja, las restantes a la cuenca alta sobre la margen derecha,

Cuenca/ Subcuenca	O5-CA	O4- SCA1	O3- SCA1	O3- SCA2	O3- SCA3	O3- SCA4	O3- SCA5	O3- SCA6	O3- SCA7	O3- SCA8	O3- SCA9
Razón de bifurcación	4,40	2,79	2,67	3,00	3,00	2,50	3,08	2,33	2,25	2,25	2,75
Sinuosidad Hidráulica	1,47	1,48	1,20	1,17	1,63	1,20	1,19	1,29	1,25	1,22	1,31
Razón de longitud	6,55	1,63	1,65	1,01	1,56	1,69	1,72	2,34	2,17	0,75	3,75
Lt (km)	298.04	33.23	7.83	7.38	5.61	4.76	18.01	4.86	2.58	4.52	14.57

Tabla 5.3. Valores medios de las variables de topología y longitud de los cauces, por cuenca y subcuencas.

5.2.5. Variables de tamaño y forma de las cuencas

La variable tamaño o área de una cuenca se refiere a una condición geométrica y se relaciona con la capacidad de coleccionar agua y drenarla a un cauce común independientemente de la precipitación, litología y capacidad de infiltración que caracteriza el área. Por ello se asume que a mayor área, mayor volumen de agua captada y transmitida al colector principal. Por otra parte, la razón de elongación es el índice que representa mejor la relación entre la forma y la hidrología de la cuenca.

La cuenca del río Avilés tiene un área de 156,74 km². Según la clasificación propuesta por Chow *et al.* (1994), esta es una cuenca de tamaño pequeño (< a 250 km²). Las subcuencas de orden 3 poseen una superficie que varía entre los 16,13 km² y 0,8 km² ubicadas en el sureste de la cuenca alta. El área media de las subcuencas de este orden es de 4,21 km². La subcuenca de orden 4 posee un área de 19,81 km² (Tabla 5.4).

La razón de elongación (Re) es el cociente entre el diámetro de un círculo que posee la misma área que la cuenca y la longitud del curso principal que la drena. Los valores inferiores a 1 implican formas alargadas y cuanto más se aleje de este valor mayor será su elongación (Schumm, 1956; Sala y Gay, 1981). Esta característica se relaciona con el

comportamiento hidrológico ante eventos de crecida: los índices más bajos indican cuencas elongadas y poseen mayor retardo en la concentración de la escorrentía (Senciales González, 1999). La cuenca general (O5-CA) tiene una Re de 0,21 o elongada. Entre las subcuencas de orden 3, es la 03-SCA9 la que posee menor Re (0,37) y la 03-SCA5 de mayor Re, con un valor de 1,02 (Tabla 5.4 y Figura 5.6).

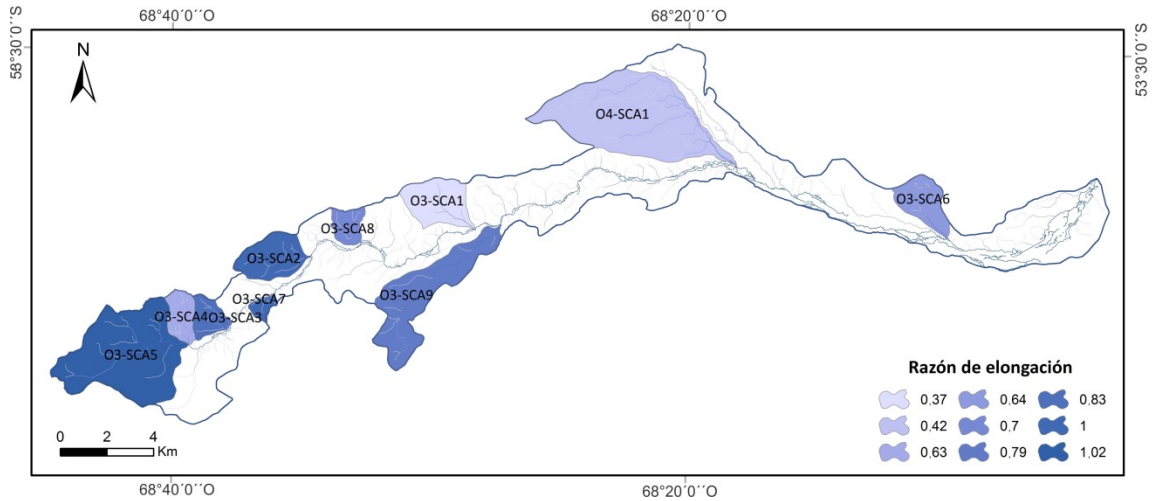


Figura 5.6. Razón de elongación según subcuencas de orden 3 y 4 de la cuenca del río Avilés. Los índices de cada subcuenca se presentan en la Tabla 5.4

Cuenca/Subcuenca	Área de la cuenca (km ²)	Perímetro (km)	Longitud de la Cuenca (km)	Razón de elongación
O5-CA	156,74	132,73	48,14	0,21
O4-SCA1	19,81	21,69	10,6	0,42
O3-SCA1	4,71	9,37	3,39	0,79
O3-SCA2	4,50	8,64	3,35	0,70
O3-SCA3	2,07	6,20	2,05	1,00
O3-SCA4	2,22	6,29	2,41	0,64
O3-SCA5	16,13	18,53	6,03	1,02
O3-SCA6	3,61	8,25	2,97	0,63
O3-SCA7	0,80	4,11	1,35	0,83
O3-SCA8	1,78	5,95	1,91	1,00
O3-SCA9	10,15	20,41	7,7	0,37

Tabla 5.4. Variables de tamaño y forma por subcuencas y cuenca del río Avilés.

5.2.6. Variables de intensidad fluvial

Las variables de intensidad fluvial agrupan índices que resultan de la combinación de parámetros e índices (Figura 5.7). La más utilizada es la densidad de drenaje ya que sus resultados pueden ser relacionados con las características climáticas, litológicas, edáficas y de cubierta vegetal. El resto de los índices complementan la explicación de la intensidad fluvial en una cuenca (Romero Díaz y López Bermúdez, 1987).

La densidad de drenaje (Dd) representa la eficiencia de drenaje y señala el estado erosivo de una cuenca hidrográfica (Senciales González, 1999). En el caso de la cuenca del río Avilés la Dd es de 1,9 km/km². En la tabla 5.5 se indican los valores obtenidos para cada subcuenca. El mayor valor corresponde a O3-SCA7 (3,2 km/km²) ubicada en la margen sur del curso principal. En cambio, el mínimo valor lo tiene la subcuenca O3-SCA5 (1,12 km/km²). Estos valores son considerados como una densidad de drenaje baja y textura gruesa (Horton, 1945, Gregory y Wallings, 1973, Morisawa, 1985, Senciales González, 1999 y Marchetti, 2000).

Cuenca/ Subcuenca	Coefficiente de almacenamiento	Densidad de drenaje	Coefficiente de torrencialidad	Índice de frecuencia	Constante de mantenimiento del curso
O5-CA	1,38	1,90	4,21	1,76	2,39
O4-SCA1	0,59	1,68	1,66	1,01	0,60
O3-SCA1	0,62	1,66	1,12	1,48	0,60
O3-SCA2	0,34	1,64	0,92	1,77	0,61
O3-SCA3	0,52	2,71	0,70	3,86	0,37
O3-SCA4	0,68	2,14	0,79	2,70	0,47
O3-SCA5	0,56	1,12	1,29	0,87	0,90
O3-SCA6	1,00	1,35	0,97	1,38	0,74
O3-SCA7	0,96	3,20	0,52	6,20	0,31
O3-SCA8	0,36	2,54	0,90	2,80	0,39
O3-SCA9	1,36	1,44	2,08	0,69	0,70

Tabla 5.5. Variables de intensidad fluvial por subcuencas y cuenca del río Avilés.

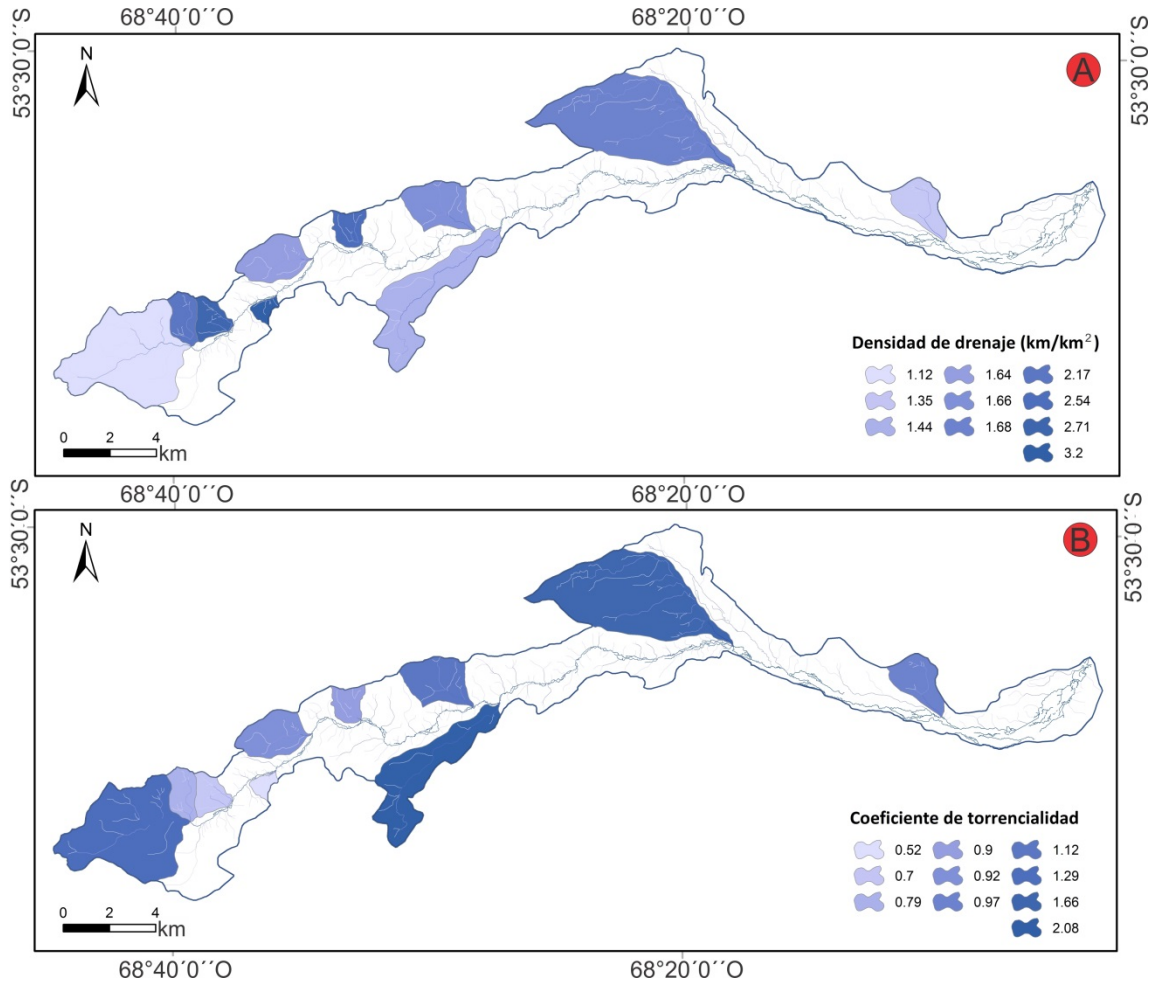


Figura 5.7. A) Densidad de drenaje según subcuencas de orden 3 y 4 del río Avilés. B) Coeficiente de torrencialidad según subcuencas de orden 3 y 4. Los índices de cada subcuenca se presentan en la Tabla 5.5.

El índice de frecuencia (If) es el cociente entre el número de cauces de primer orden con el área de la cuenca. Su importancia radica en que representa la intensidad de los procesos iniciales de arroyada concentrada (Senciales González, 1999). En el caso de la cuenca general el valor es de 1,76 y a escala de subcuenca el valor máximo obtenido es de 6,2, perteneciente a la denominada O3-SCA7 (Tabla 5.5).

El coeficiente de torrencialidad (Ct) se obtiene luego de multiplicar la Dd por el If. El resultado es una aproximación al estudio de máximas de crecidas debido a que se

encuentra relacionado con la capacidad de descarga de la cuenca (Senciales González, 1999). La cuenca del río Avilés (O5-CA) posee un coeficiente de 4,21. En la cuenca alta, donde se localizan las subcuencas O3-SCA2, 3, 4, 5 y 7, el Ct medio es de 0,84. En cambio, en la cuenca media donde se localizan las subcuencas: O3-SCA8, 9 y O4-SCA1, el valor medio es de 1,54. Por último, en la cuenca baja, O3-SCA6 posee un valor de Ct de 0,97.

El coeficiente de almacenamiento del canal (Ca) es el cociente entre la razón de longitud y la razón de bifurcación. Este permite evaluar la capacidad de almacenamiento de la red de drenaje e incide en la modulación de la intensidad del pico de crecida a medida que esta pasa por los diferentes puntos del canal (Horton, 1945).

En la tabla 5.5 se presentan los valores de este índice. El río Avilés posee un Ca de 1,38. A nivel de subcuenca, el valor mínimo (0,34) se encuentra sobre la margen izquierda y corresponde a la subcuenca O3-SCA02 mientras que el valor máximo (1,36) lo posee la subcuenca O3-SCA9 sobre la margen derecha. Por otra parte, el valor medio de Ca de las subcuencas de O3 es de 0,62.

Schumm (1956) definió al valor inverso de la densidad de drenaje con el término de Constante de mantenimiento del Curso (Cm). El índice decrece a medida que incrementa la erosionabilidad. Las cuencas con valores altos representan una mayor permeabilidad del sustrato (Bhagwat *et al.*, 2011; Sreedevi *et al.*, 2013). Este índice presenta la superficie areal (km²) necesaria para mantener funcional 1 km de cauce. La cuenca del río Avilés presenta un valor de 2,39 km²/km. Este resultado se aleja de los obtenidos para cada subcuenca. Estos varían entre 0,31 km²/km a 0,90 km²/km.

5.2.7. Morfometría y geomorfología

La distribución de las subcuencas de orden mayor a 3 según la margen del colector muestra un mayor número sobre la margen izquierda de la cuenca alta y la parte occidental de la cuenca media. Solo dos subcuencas del mencionado orden se desarrollan sobre la margen derecha (Figura 5.4). En la cuenca media predominan las subcuencas de orden bajo, solo en el tramo final se desarrolla una subcuenca de orden 4 en la margen izquierda generando el aumento de orden de jerarquía del curso principal. En la cuenca baja, solo se desarrolla una subcuenca de orden 3 y varias de orden menor en la margen izquierda. Esta configuración está condicionada por el emplazamiento geomorfológico de la red fluvial. La margen izquierda de las cuencas alta y media posee una configuración acorde a relieves serranos mientras que en la margen derecha la presencia de la depresión extra-cuenca de las lagunas Hortensia Chica, Hortensia, Amalia y O'Connor (Figura 5.1) condiciona el desarrollo de subcuencas de orden 3 o mayor en ese sector y genera una forma irregular en su divisoria de aguas meridional. Sobre la margen izquierda del límite de las cuencas media y baja se desarrollan dos subcuencas de gran tamaño que extienden el límite externo hacia el noroeste debido al desarrollo de la red hídrica en un paleodrenaje que separa dos unidades de planicies de origen glacifluvial (Bujalesky *et al.*, 2001). La escasez de subcuencas de orden 3 o mayor en la cuenca baja a favor de corrientes extensas y paralelas al curso principal es resultado del escurrimiento actual en un paleovalle excavado en planicies originadas por el drenaje de fusión glaciár durante el Pleistoceno medio, cuya parte final corresponde a paleobahías del ambiente marino de aquellos tiempos (Bujalesky *et al.*, 2001).

A nivel general de cuenca, el resultado de las variables de relieve indica una baja capacidad erosiva del río Avilés en respuesta a la escasa pendiente general del terreno

que caracteriza más del 80 % de la extensión de la cuenca. Al realizar un cambio de escala (1:20.000) se pudieron identificar subcuencas con mayor capacidad erosiva y una respuesta hidrológica más rápida vinculada a las áreas con pendientes mayores a 15 %. Estas subcuencas se encuentran ubicadas en las cuencas alta y media del río Avilés. Ello indica un comportamiento diferencial de las subcuencas entre los sectores alto, medio y bajo.

El valor medio de R_b (4,4) indica que la red de drenaje no tiene marcada dependencia estructural (Strahler, 1964). Asimismo todos los valores de R_b obtenidos en las diferentes subcuencas las definen del mismo modo que la cuenca principal. La R_l es un índice complementario a R_b . En la parte alta de la cuenca, las subcuencas que presentan una mayor R_l se encuentran en la margen derecha del río, en cambio las del margen izquierdo presentan valores menores. En este caso las pendientes condicionan los valores del índice, estableciendo que los máximos desniveles tienen menor razón de longitud. Es posible establecer que los resultados de la R_l de cada subcuenca no influyen en el R_l de la cuenca de orden 5, la cual presenta una lenta concentración de los caudales hacia la desembocadura.

La razón de elongación es el índice que confirma lo mencionado anteriormente. Individualmente cada subcuenca tiene una respuesta hidrológica teórica inmediata ante la incorporación de agua al sistema lo cual se traduce en un incremento de caudal en el canal principal. En este caso se diferencian dos zonas de diferente respuesta hidrológica según la disposición en el terreno respecto del cauce principal del río Avilés. La cuenca alta, donde se localizan las subcuencas O3-SCA2, O3-SCA3, O3-SCA4, O3-SCA5, O3-SCA7 y cuyo valor medio de R_e es de 0,85 presentaría respuesta hidrológica rápida. La cuenca media y baja, conformadas por las subcuencas O3-SCA8, O3-SCA9, O4-SCA1

(cuenca media, con Re de 0,59) y subcuenca O3-SCA6 (cuenca baja con Re de 0,63) presentarían una respuesta hidrológica lenta ante eventos de precipitación intensa y fusión repentina de hielo-nieve en días con alta insolación. Las subcuencas O3-SCA9, O3-SCA6 poseen un alto coeficiente de almacenamiento de canal, lo cual refuerza la interpretación previa y las identifica como subcuencas en las que existiría un retardo en la concentración de la escorrentía en el caso de eventos de crecida.

La densidad de drenaje presenta valores bajos, tanto a nivel de cuenca como de subcuenca, sin embargo, existen diferencias entre las cuencas de orden 3. Esta diferencia podría atribuirse a una capacidad diferencial de infiltración del suelo, descartándose la influencia litológica y las condiciones de precipitación ya que ambos se presentan en forma similar en este sector de la cuenca. Los mayores valores de Dd se registraron en la cuenca alta y en el sector más occidental de la cuenca media. El índice de frecuencia complementa este índice; observándose que las subcuencas con mayor Dd poseen los mayores valores de If. La cuenca del río Avilés posee un alto coeficiente de torrencialidad debido a la gran cantidad de tributarios de orden 1 que drenan directamente al cauce principal de la cuenca. Si se comparan los coeficientes de las subcuencas se observará que las diferencias están dadas por su superficie areal en relación con la cantidad de cursos de orden 1 que la drenan. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los coeficientes cercanos a 1 se registran en la cuenca alta. La constante de mantenimiento del curso es la inversa de la densidad de drenaje y los valores menores a 0,5 se encuentran en la cuenca alta. Estos valores indican menor posibilidad de infiltración a favor de una mayor escorrentía superficial. A diferencia de valores mayores que indican la necesidad de más área para producir un flujo superficial, lo cual implica que parte del agua se puede evaporar o infiltrar.

5.3. CUENCA DEL RÍO MONETA

La cuenca del río Moneta tiene sus nacientes en el sistema de sierras del Bosque (Chile) y desemboca en el río Grande. Tiene un régimen de tipo pluvio - nival, al igual que el río anteriormente descripto tiene características intermitentes. La cuenca alta se desarrolla en el sector occidental (Figura 5.1) donde el relieve alcanza los 320 m s.n.m. Está conformado por serranías bajas compuestas por rocas sedimentarias marinas, descriptas en el Capítulo 3.

La cuenca del río Moneta (Figura 5.1) es de orden jerárquico 6 y el cauce principal tiene una longitud de 65,52 km. Posee 74 subcuencas de orden 1 que drenan directamente al curso principal. La misma cantidad de subcuencas (37) drenan por ambas márgenes. Las subcuencas de orden 2 son 57, de las cuales 34 se desarrollan sobre la margen derecha del cauce principal. Las subcuencas de orden 3 son 17, de las cuales 11 se localizan sobre la margen izquierda del río principal. Las subcuencas de orden 4 son 8 y 5 de ellas poseen las mayores superficies y se localizan en la cuenca alta drenando sobre la margen izquierda del cauce principal. Por último, se identificaron dos subcuencas de orden 5 que drenan ambas sobre la margen izquierda y están localizadas en la cuenca media y alta (Figura 5.8A). Los datos hidrométricos históricos de los años 1980 y 1981, tomados en el río Moneta, presentan un caudal medio de 0,76 m³/s (Iturraspe *et al.*, 1987).

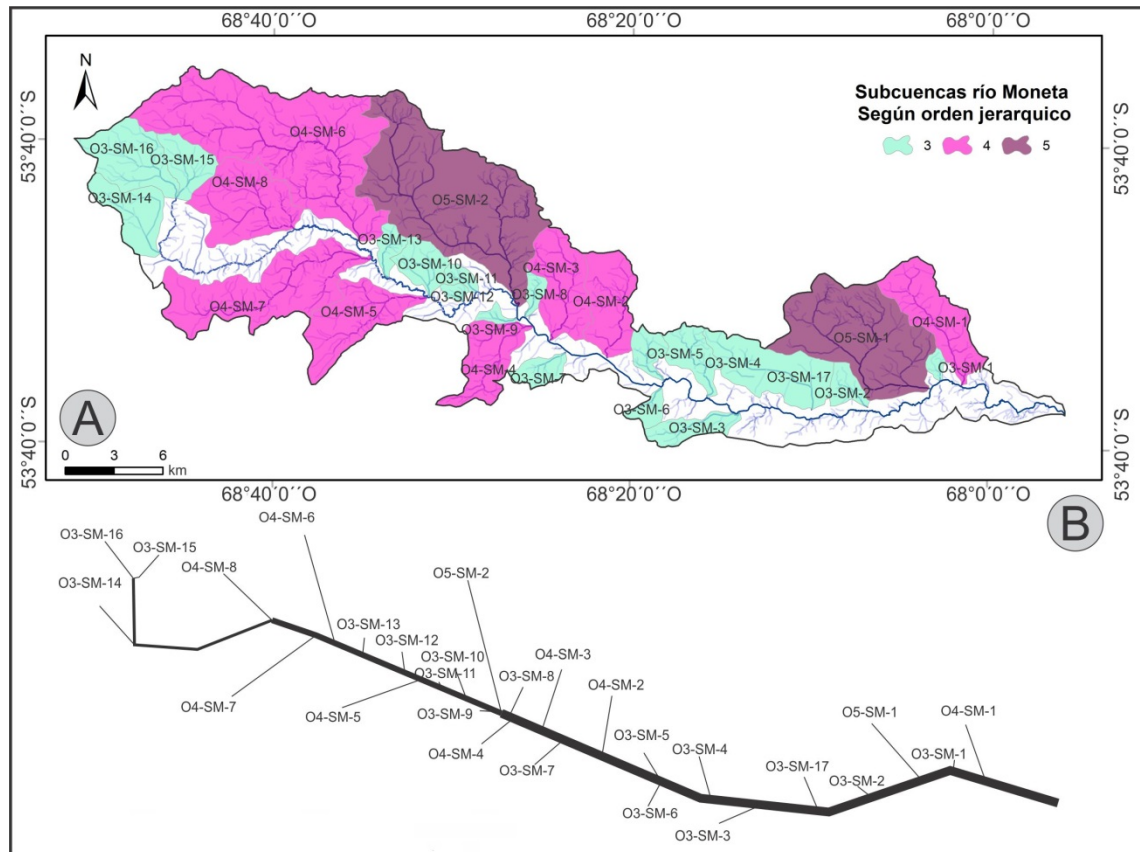


Figura 5.8. A) Subcuencas mayores a orden 3; **B)** Esquema de subcuencas y curso principal del río Moneta

5.3.1. Variables de relieve

La altura máxima (380 m) se ubica en el extremo oeste de la cuenca y la mínima (10 m) en el extremo este coincidiendo con la desembocadura, esto genera un desnivel absoluto de 370 m. La altura media es de 120,9 m y el 47 % de la superficie de la cuenca se encuentra por encima este valor. Las pendientes predominantes del área están comprendidas entre 1,99 y 5,60 %, mientras que las superiores al 9,97 % son las menos representadas (Figura 5.9). El valor máximo de pendiente es de 24,68 %. Se observan áreas que corresponden a las máximas pendientes de laderas, las mismas se ubican en la parte media de la cuenca que actúan como divisoria de aguas (ej. *O5-ScM-2*).

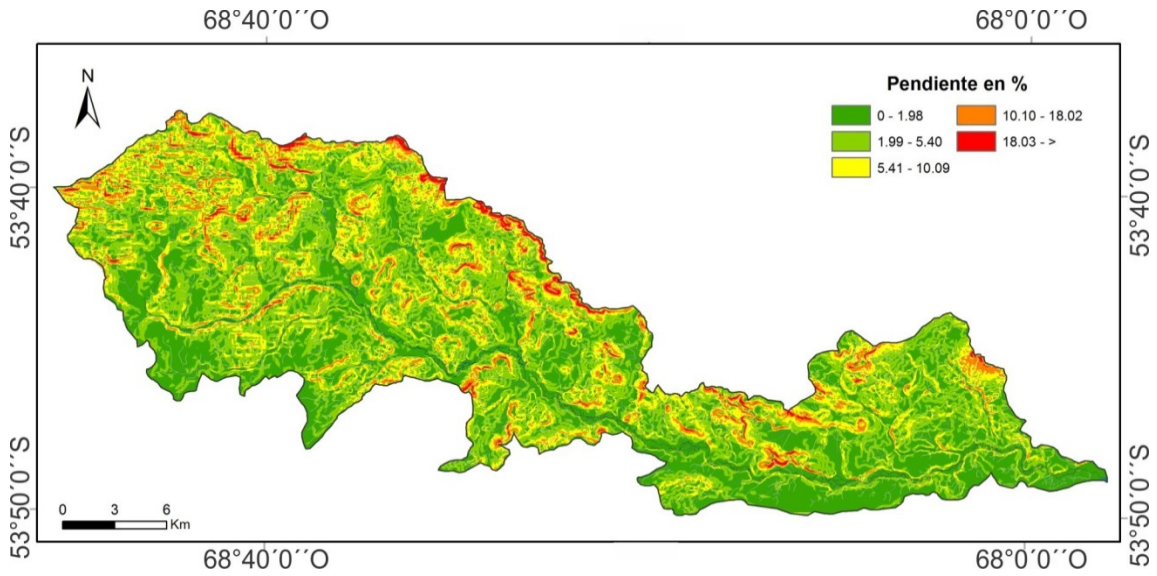


Figura 5.9. Mapa de pendientes de la cuenca del río Moneta, en porcentaje.

En la tabla 5.6 se presentan los índices morfométricos separados por variables y calculados para cada subcuenca analizada

Variables	Topología y longitud de cauces				Forma y tamaño de la Cuenca				Intensidad fluvial			
	Rr	Rb	Ish	Rl	A2 (km ²)	P (Km)	L-Cca (m)	Re	If	Ca	Dd	Ct
CM-O6	0,006	4,07	1,60	2,65	583,61	192,56	6275,0	0,27	1,87	0,65	1,94	0,96
SM-O3-1	0,014	2,25	1,13	0,98	1,55	5,19	2067,2	0,80	3,22	0,43	2,79	1,15
SM-O3-2	0,020	3,00	1,17	1,53	4,26	9,40	3449,7	0,70	2,11	0,51	2,16	0,96
SM-O3-3	0,005	3,75	1,08	2,66	6,84	14,57	5923,0	0,47	1,61	0,71	2,11	0,76
SM-O3-4	0,019	4,13	1,47	4,86	8,50	14,90	4744,5	0,55	2,00	1,18	2,16	0,92
SM-O3-5	0,017	3,63	2,17	3,18	4,69	10,39	3688,4	0,57	2,77	0,88	2,19	1,27
SM-O3-6	0,023	2,23	1,17	1,79	1,50	7,02	2347,6	0,53	1,59	0,79	3,08	1,08
SM-O3-7	0,020	2,83	1,19	2,63	4,67	3,95	3675,7	0,78	1,71	0,93	1,81	0,95
SM-O3-8	0,018	3,00	1,30	2,47	2,33	7,70	2676,6	0,58	3,43	0,82	2,38	1,44
SM-O3-9	0,023	2,25	1,14	1,78	1,50	7,02	2347,6	0,53	3,34	0,79	3,08	1,08
SM-O3-10	0,021	2,75	1,08	1,88	2,27	6,81	2448,5	0,73	3,09	0,68	2,11	1,46
SM-O3-11	0,026	2,25	1,06	0,78	1,39	4,92	1691,1	1,08	3,60	0,35	2,60	1,39
SM-O3-12	0,016	2,67	1,18	1,32	7,36	11,94	3860,2	0,71	0,95	0,49	1,65	0,58
SM-O3-13	0,017	2,75	1,25	2,42	3,54	9,25	3376,5	0,54	1,98	0,88	2,16	0,91
SM-O3-14	0,022	3,00	1,08	3,03	12,31	17,25	6315,1	0,67	0,65	1,01	1,14	0,57
SM-O3-15	0,023	3,00	1,11	1,42	8,49	13,37	3553,2	0,88	1,06	0,47	1,69	0,63
SM-O3-16	0,032	5,00	1,26	1,80	17,34	19,37	5608,1	0,66	1,21	0,36	1,92	0,63
SM-O3-17	0,012	4,20	1,19	3,26	21,25	23,44	9335,2	0,54	0,80	0,78	1,16	0,69
SM-O4-1	0,018	3,53	1,02	2,25	19,98	23,96	8016,1	0,63	1,80	0,64	1,86	0,97
SM-O4-2	0,016	3,03	1,09	4,83	16,48	19,19	6417,2	0,68	1,40	1,59	1,65	0,85
SM-O4-3	0,019	3,33	1,28	2,13	18,08	20,33	7017,6	0,71	1,77	0,64	1,90	0,93
SM-O4-4	0,011	2,96	1,23	2,06	14,71	21,54	7666,7	0,48	1,56	0,70	2,15	0,73
SM-O4-5	0,007	3,67	1,15	1,77	20,06	24,05	8899,4	0,53	1,99	0,48	2,16	0,92
SM-O4-6	0,016	5,81	1,35	4,18	79,05	53,91	15552,7	0,49	2,02	0,72	2,08	0,97
SM-O4-7	0,006	4,15	1,39	4,56	37,36	39,41	12833,7	0,42	1,79	0,86	1,90	0,94
SM-O4-8	0,015	3,96	1,43	1,90	24,46	22,71	6158,1	0,66	2,48	0,48	2,07	1,16
SM-O5-1	0,014	3,16	1,45	1,89	45,45	32,16	9745,2	0,66	1,87	0,50	1,80	0,99
SM-O5-2	0,015	3,63	1,28	2,50	73,22	46,61	15662,2	0,49	1,98	0,69	1,80	1,10

Tabla 5.6. Índices morfométricos del río Moneta, según subcuencas.

5.3.2. Variables de topología y longitud de los cauces

La razón de relieve (Rr) para la cuenca del río Moneta es de 0,006 y el R de 0,001. Estos valores indican que la cuenca presenta una baja capacidad erosiva. Al realizar un cambio de escala de análisis, según subcuencas los valores de Rr y R obtenidos varían (Tabla 5.6). Se identifica la subcuenca O3-ScM-16 como la que posee mayor capacidad erosiva con 0,032 de Rr y 0,009 de R. En el extremo opuesto, la subcuenca O3-ScM-3

presenta valores de 0,006 Rr y 0,002 R. En ambos casos son las cuencas de orden 3 las que poseen los máximos y mínimos valores de Rr.

La Rb representa la proporción existente entre el número de cauces de un orden dado, con los de orden inmediatamente superior. La cuenca del río Moneta tiene una Rb media de 4,07. Del análisis a nivel de subcuencas, se obtuvo como máximo valor a 5,81 en la subcuenca O4-ScM-6, ubicada sobre la margen izquierda del curso principal. El valor mínimo (2,25) correspondiente a las subcuencas O3-ScM-11; 03-ScM-9; O3-ScM-6 y O3-ScM-1 (Figura 5.1).

La cuenca del río Moneta posee un Ish de 1,6. A nivel de subcuencas, la mayoría presenta valores de Ish comprendidos entre 1,02 y 1,47, los cuales indican cauces sinuosos. Solo la subcuenca O3-ScM-5 posee un valor de 2,17, lo cual caracteriza su cauce como meandriforme.

La razón de longitud (Rl) en escala de cuenca es de 2,65 km. A nivel de subcuencas la razón de longitud varía entre 0,78 km, (O3-ScM-11) localizada sobre la margen derecha del curso principal y 4,86 km, (O3-ScM-4) localizada sobre la margen izquierda.

5.3.3. Variables de tamaño y forma de las cuencas

El área de la cuenca es de 583,61 km². Siguiendo la clasificación propuesta por Chow (1994), esta sería una cuenca de tamaño medio (250 y 2.500 km²). Las subcuencas de orden 5 poseen una superficie de 45,45 km² y 73,22 km². Las subcuencas de orden 4 tienen un valor de área que varía entre los 14,71 (O4-ScM-4) y los 79,05 (O4-ScM-6). Por su parte, las subcuenca de orden 3 poseen áreas entre los 1,39 km² (O3-ScM-11) y los 21,25 km² (O3-ScM-17).

La cuenca general (O6-CM) tiene una Razón de elongación (Re) de 0,28. Todas las subcuencas de orden 5 y 4 poseen valores que van desde los 0,42 (O4-ScM-8) a los 0,71 (O4-ScM-3). Las subcuencas de orden 3 poseen valores entre 0,47 (O3-ScM-3) y 1,08 (O3-ScM-11).

5.3.4. Variables de intensidad fluvial

El índice de frecuencia (If) para la cuenca del río Moneta es de 1,87. A nivel de subcuencas el valor máximo es de 3,60 correspondiente a O3-ScM-11, ubicada sobre la margen izquierda del curso principal, en cambio el valor mínimo registrado es de 0,65 correspondiente a la O3-ScM-14 ubicada próxima a las nacientes del río sobre la margen derecha del curso.

El coeficiente de almacenamiento del canal (Ca) en el río Moneta es de 0,65. A nivel de subcuenca, el valor mínimo (0,35) se encuentra sobre la margen izquierda y corresponde a la subcuenca O3-ScM-11, mientras que el valor máximo (1,59) lo posee la subcuenca O4-ScM-2, también ubicada sobre la margen izquierda (Tabla 5.6).

La densidad de drenaje (Dd) obtenida a escala de cuenca es de 1,94 km/km². El mayor (3,08 km/km²) corresponde a dos subcuencas de orden 3 (O3-ScM-6 y 9) ubicadas sobre la margen derecha del curso principal. El mínimo valor lo tiene la subcuenca O3-ScM-14 (1,14 km/km²) (Tabla 5.6). Estos valores representan una baja densidad de drenaje. (Horton, 1945; Gregory y Wallings, 1973; Morisawa, 1985; Senciales González, 1999 y Marchetti, 2000).

La cuenca del río Moneta (O6-CM) posee un Coeficiente de Torrencialidad (Ct) de 0,96. A nivel de subcuencas los coeficientes varían entre 1,46 (O3-ScM-10) y 0,58 (O3-ScM-12). Los mayores valores de Ct se localizan en la cuenca media.

5.3.5. Crecidas en el río Moneta. Ejemplo de caso

El día domingo 21 de septiembre de 2014 se registraron 39 mm de precipitación, la cual conllevó a una crecida extraordinaria del río. La figura 5.10 C presenta la planicie de inundación del río en la cuenca en dos oportunidades, durante el período de estiaje, el 17 de febrero de 2013 y durante el período de crecidas, 25 de septiembre de 2014. En la figura 5.10 A los cauces no tienen caudal. En cambio, en la figura 5.10 B se observa cómo los canales evacuan el exceso de caudal poniendo en funcionamiento la llanura inundable.

Este evento de crecida ejemplifica que el río utiliza la totalidad de los canales de su planicie de inundación. Mediante comunicación personal con los habitantes de las estancias, fue posible establecer que dicho comportamiento torrencial se produce generalmente en el inicio de la primavera, lo cual está vinculado a la fusión de la nieve caída y del congelamiento de suelos en invierno.

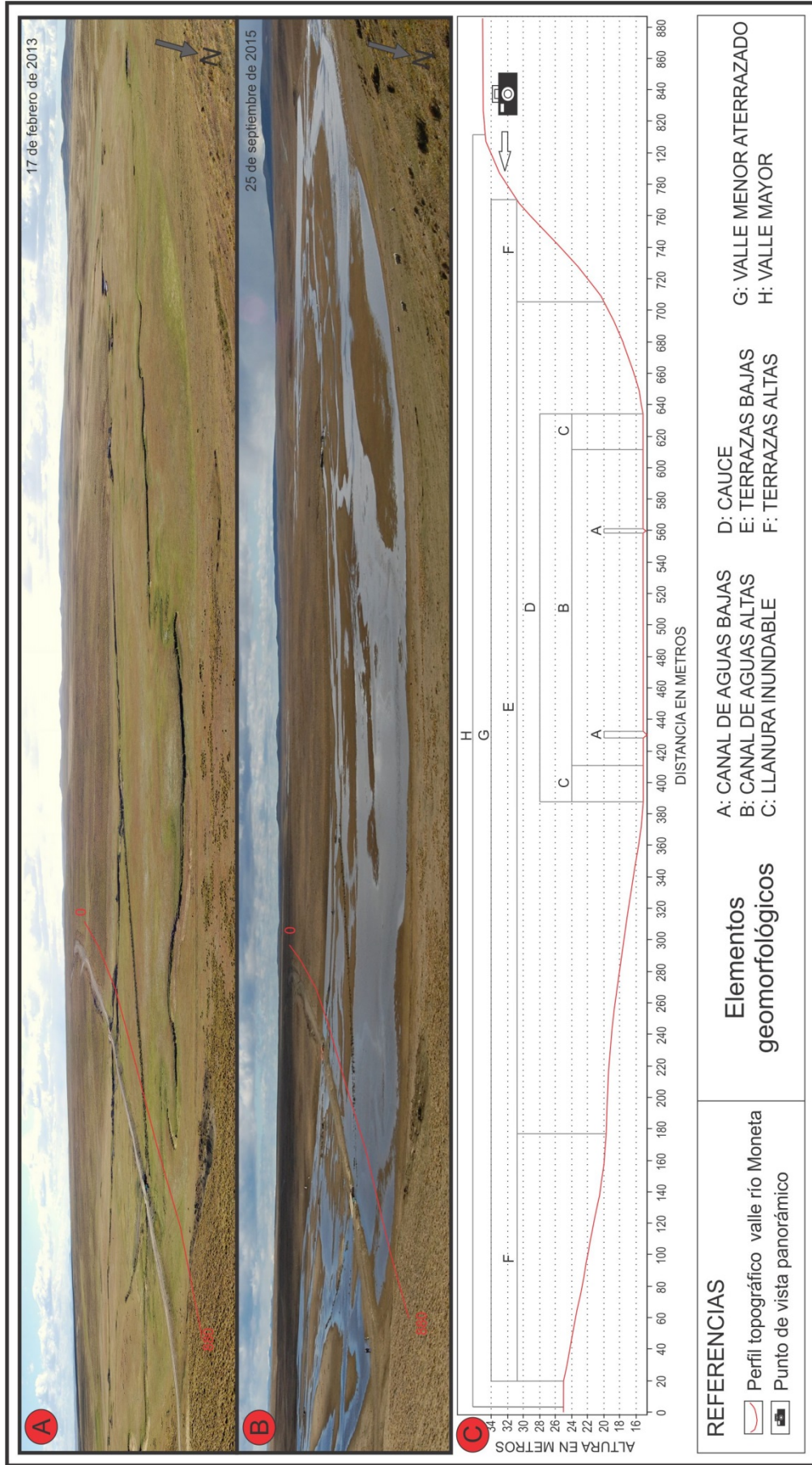


Figura 5.10. A) Fotografía del valle del río Moneta medio 17 de febrero de 2013, B). Fotografía del valle del río Moneta en un máximo de inundación (25 de septiembre de 2015). C) Partes del valle fluvial (Pedraza Gilsanz, 1996)

5.4. COMPARACIÓN DE LAS CUENCAS DEL RÍO MONETA (CRM) Y RÍO AVILÉS (CRA)

A escala de cuencas una de las primeras diferencias que surgen es la cantidad de subcuencas de orden igual o mayor a 3, la CrA posee 16 subcuencas de orden jerárquico 3 y la CrM 20. La distribución de las subcuencas en ambos casos presentan una mayor cantidad de ellas sobre la margen izquierda del curso principal (Tabla 5.7). En lo que respecta a la CrA es posible inferir que se debe a que la parte baja de la cuenca corresponde a un paisaje heredado del río en un estadio de mayor desarrollo. En cambio, al sur de la CrM se localiza la zona divisoria de aguas que lo separa de la cuenca del río Grande.

Río	Cantidad de subcuencas			Margen derecho			Margen izquierdo		
	SCO3	SCO4	SCO5	SCO3	SCO4	SCO5	SCO3	SCO4	SCO5
Avilés	8	1	0	1	0	0	7	1	0
Moneta	10	8	2	4	3	0	6	5	2

Tabla 5.7. Distribución de subcuencas según los cursos principales.

En la tabla 5.8 se indican los índices morfométricos a escala de cuenca. La superficie de la CrA representa aproximadamente el 27 % de la CrM. La cantidad de cursos de orden 1 en la CrA es aproximadamente el 25 % de los cursos de la CrM. Las variables de relieve Rr y R en ambos se indica que se trata de dos cuencas con poca energía de relieve y baja capacidad erosiva (Tabla 5.8). La Rb del CrA es superior (4,40) a la de CrM (4,07). Un detalle de la Rb entre los diferentes órdenes para cada cuenca se puede observar en la figura 5.11. La CrM posee una progresión geométrica que comienza con el único segmento de orden mayor y crece según una relación constante. Sin embargo en

CrA se pueden observar que algunos puntos se desvían de la función lo cual indicaría anomalías en el drenaje.

	Área (km ²)	N° O 1	Rr	R	Rb	Rl	ISh	Dd (km/km ²)	Ct	Ca	Re	If	Cm (km ² /km)
Río Avilés	156,75	276	0,007	0,002	4,40	6,55	1,47	1,90	0,92	1,38	0,22	1,76	0,53
Río Moneta	583,61	1091	0,006	0,001	4,07	2,65	1,60	1,94	0,96	0,65	0,28	1,87	0,51

Tabla 5.8. Índices morfométricos a escala de cuenca

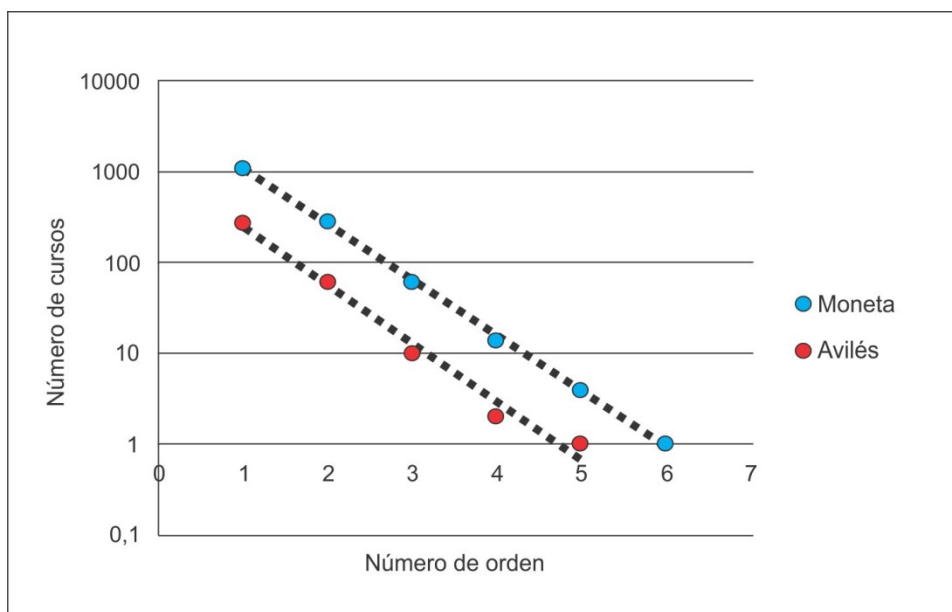


Figura 5.11. Relación de bifurcación en las cuencas Avilés y Moneta

Respecto a la Rl la CrA presenta un mayor valor (6,55) en relación con la CrM (2,65). Esto indica que el río Avilés presenta una paulatina concentración de caudales a lo largo de su cauce, en cambio el río Moneta presenta una mayor energía concentrada en su cauce principal. La figura 5.12 representa la relación de longitud media de ambas cuencas. En el eje X se representan el orden jerárquico de los cauces y en el eje Y la longitud media del segmento. La línea de tendencia de regresión exponencial positiva se mantiene en ambas cuencas.

Sin embargo, se observa que la CrA posee una mayor longitud de cauce a medida que aumenta el orden jerárquico entre el orden 3-4 y el 4-5. Esto se puede explicar por las diferencias de las condiciones geomorfológicas que presenta la parte baja de la cuenca del río Avilés respecto al resto de la cuenca.

La CrM presenta un mayor valor de Ish (1,60) respecto a CrA que presenta un valor de 1,47, esto caracteriza a los cauces principales de ambas cuencas como cauces sinuosos.

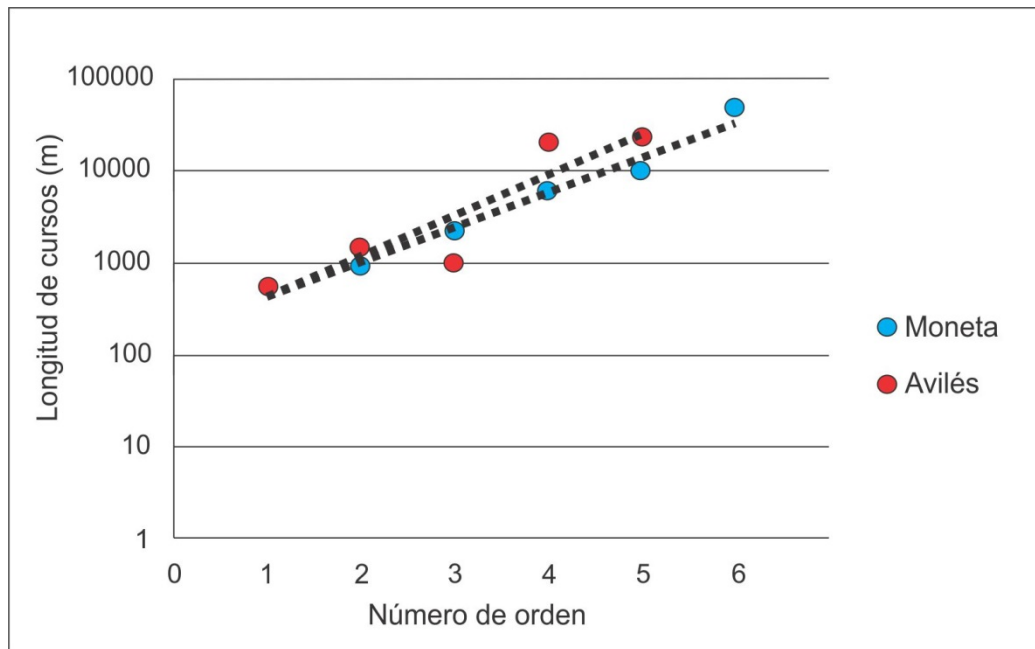


Figura 5.12. Relación de longitud de cursos y número de orden en las cuencas Avilés y Moneta

La Dd en ambas cuencas es menor a 2 km/km^2 lo cual representa un bajo riesgo de erosión y una escasa disponibilidad de agua para la escorrentía superficial. Este índice está directamente relacionado con el Ct que en ambas cuencas es inferior a 1, lo cual indica una dinámica torrencial baja. Si bien el If es similar en ambas cuencas la CrM es más elevado debido a la presencia de mayor cantidad de cursos de orden 1 lo que

indicaría una diferencia de intensidad de los procesos iniciales de arroyada concentrada. La diferencia más significativa en los índices se da en el Ca en la CrA el valor es de 1,38 mientras que en la CrM este coeficiente es de 0,65. Esta diferencia indica que la CrM modula en menor medida la intensidad del pico de crecida. Los valores de Re en ambos casos demuestran que se trata de ambas cuencas elongadas. Por último, la Cm es prácticamente similar en ambos casos, lo cual representa en ambos casos que la superficie necesaria para mantener en funcionamiento 1 km de cauce es aproximadamente $0,5 \text{ km/km}^2$.

5.4.1. Comparación de cuencas según sectores de cuenca

Se comparan las cuencas según sectores con el objetivo mejor comparación (Figura 5.13)

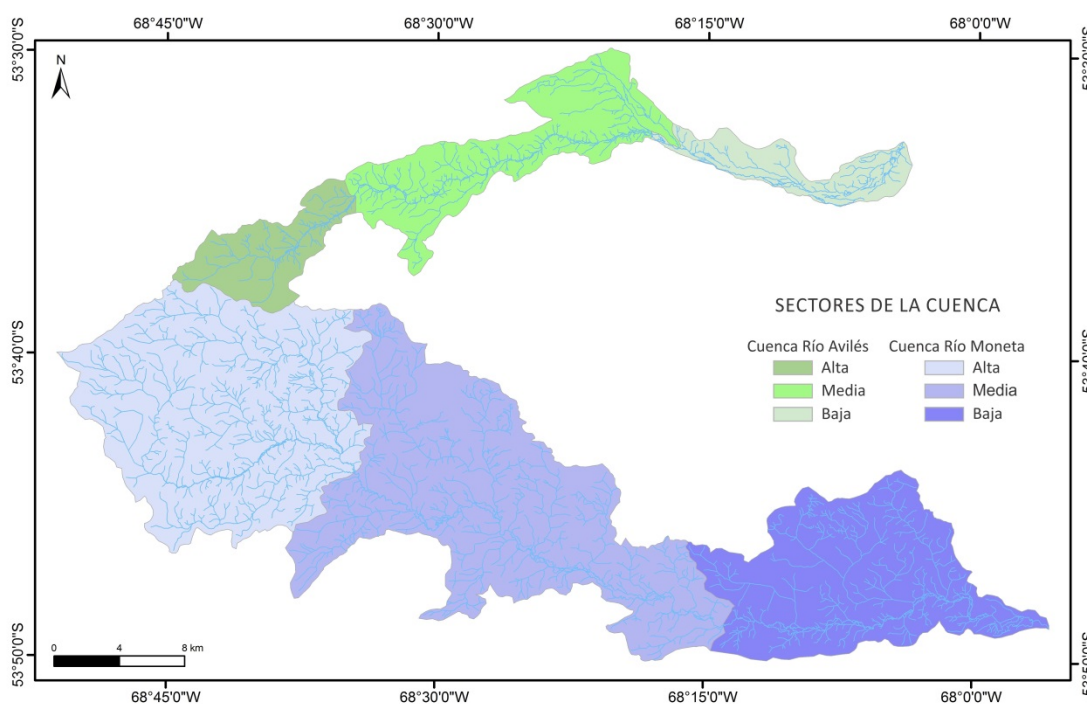


Figura 5.13. Cuencas de los ríos Avilés y Moneta según sectores de la cuenca

En la tabla 5.9 se encuentran representados los valores de superficie y las variables de intensidad fluvial: Re, Ca, Dd y Ct, según sectores de la cuenca (alta, media, baja). Estos datos fueron obtenidos directamente del cálculo de los índices a través de las variables según cada parte de la cuenca antes mencionada.

Cuenca		N° O1	Superficie km ²	Re	Ct	Dd	Ca
Alta (CA)	Aviles (rA)	75	39,63	0,84	0,84	2,16	0,71
	Moneta (rM)	403	211,59	0,89	0,60	2,02	0,61
Media (CM)	Aviles	150	32,25	0,65	1,48	1,99	0,88
	Moneta	427	235,54	0,63	1	2,08	0,72
Baja (CB)	Aviles	37	32,25	0,63	0,97	1,35	1
	Moneta	254	139,08	0,65	0,93	2,01	0,69

Tabla 5.9. Propiedades de la cuenca según sectores.

5.4.1.1. Cuenca alta

En los sectores altos de las cuencas la Dd es mayor en CA-rA (2,16 km/km²) que en CA-rM (2,02 km/km²). El Ct es de 0,84 en la cuenca del río Aviles, lo cual indica que se trata de sectores con bajo nivel de torrencialidad. En lo que respecta al Ca, en CA-rA es mayor 0,71. En cambio, en la CA-rM es de 0,61. Esto permite inferir que la cuenca alta del río Avilés presenta una mayor atenuación de las crecidas. Por último, el Ct, CA-rM presenta un valor de 0,89 lo cual indica una mayor elongación que CA-rA (0,84). Estas características morfométricas sumados a la superficie y a la cantidad de cauces de O1 de la cuenca alta del río Moneta indican una mayor torrencialidad ante eventos de lluvia o fusión nival respecto a la cuenca del río Avilés (Figura 5.14)

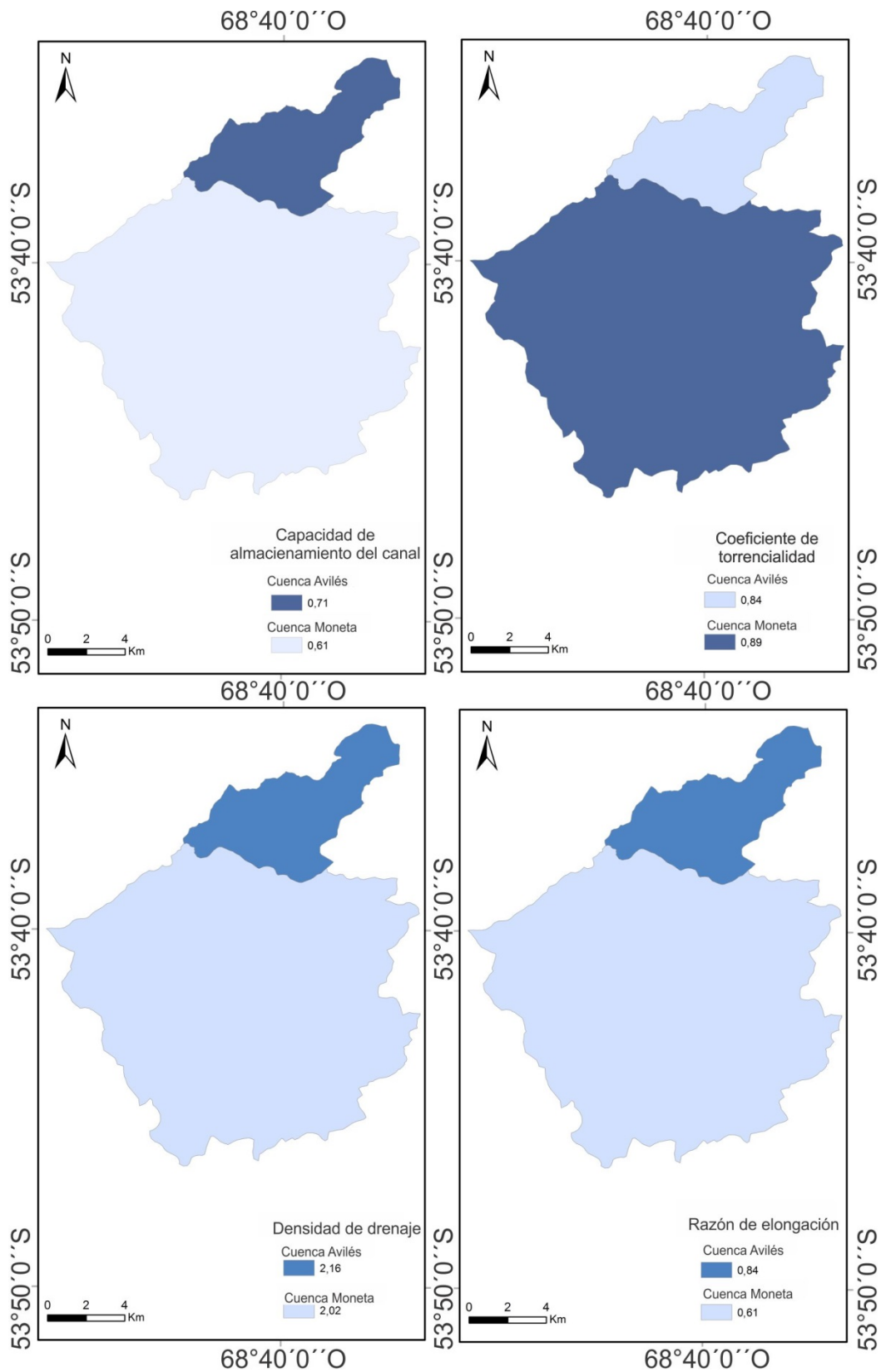


Figura 5.14. Valores medios de intensidad fluvial en la cuenca alta. La posición relativa de los sectores de cuenca respecto a la cuenca general está indicada en la figura 5.13

5.4.1.2. Cuenca media

En la cuenca del río Avilés los valores de Ca y Ct son mayores que para la cuenca del río Moneta (Tabla 5.9). En cuanto a la Re en ambos casos demuestran que se trata de un sector en forma elongada. Por último, los valores de Dd es mayor en la cuenca del río Moneta (2.08). Si bien los valores obtenidos son relativamente bajos en ambas, la cuenca del río Avilés posee una mayor capacidad de atenuación de las crecidas lo cual disminuye el efecto de los procesos erosivos por escurrimiento superficial (Figura 5.15).

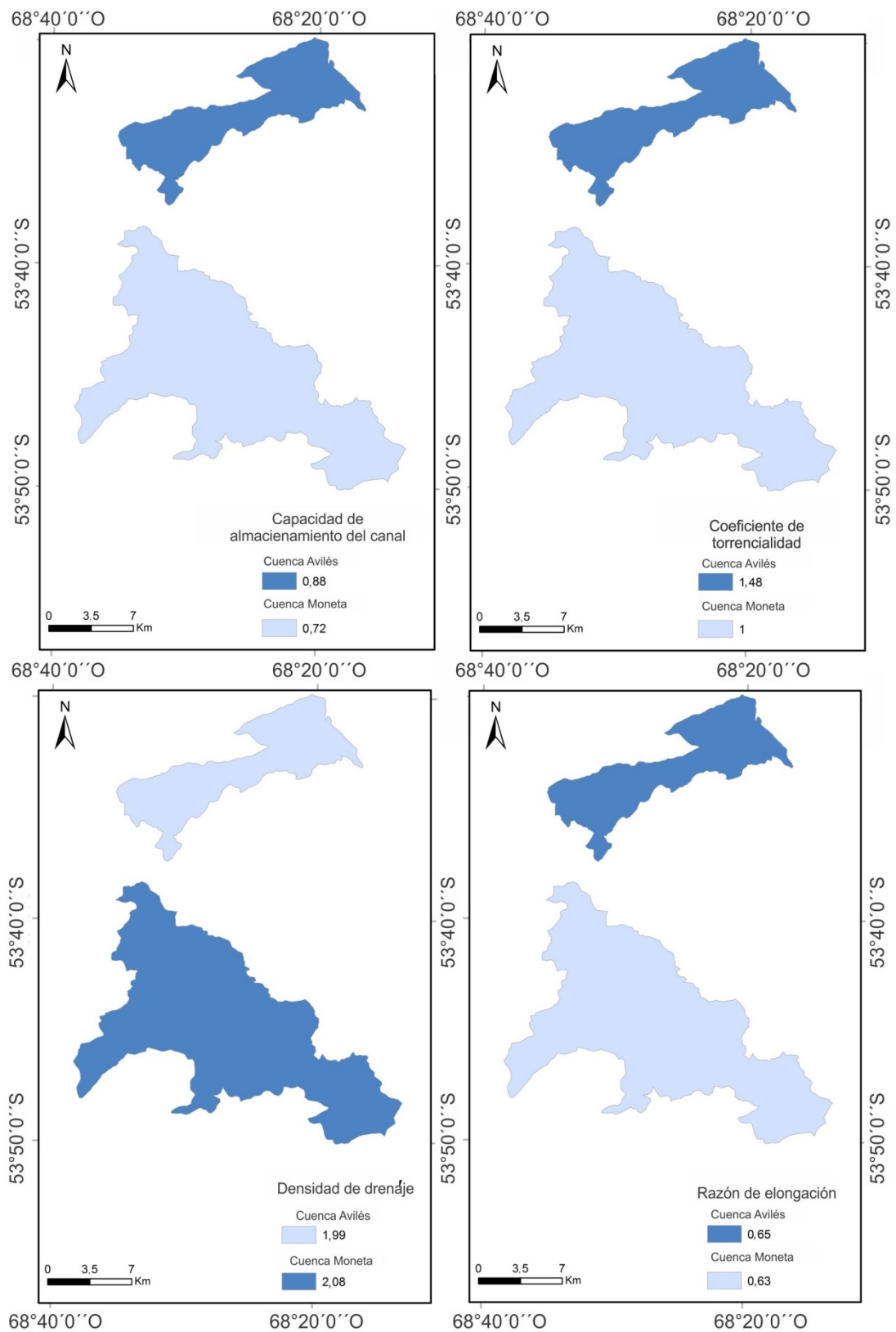


Figura: 5.15. Valores medios de intensidad fluvial según cuenca media de los ríos Avilés y Moneta. La posición relativa de los sectores de cuenca respecto a la cuenca general está indicada en la figura 5.13

6.4.1.3. Cuenca baja

Los valores de Dd en la *CB-rM* es de $2,01 \text{ km/km}^2$, en cambio en la *CB-rA* es de $1,35 \text{ km/km}^2$. El Ct en el caso de *CB-rA* es de $0,97$ y de $0,93$ para *CB-rM*. El Ca es de 1 en *CB-rA* y de $0,69$ *CB-rM*. La cuenca baja del río Moneta presenta una mayor capacidad de atenuación de crecidas, debido al valor de Ct , mayor densidad de drenaje que la cuenca baja del río Avilés. Por último, el Ca es mayor en la cuenca baja del río Avilés. En lo que respecta a la única variable de forma y tamaño de la cuenca contemplada en la comparación de los sectores de la cuenca (Re) representa que en ambos casos se trata de subcuencas con forma elongada (Figura 5.16).

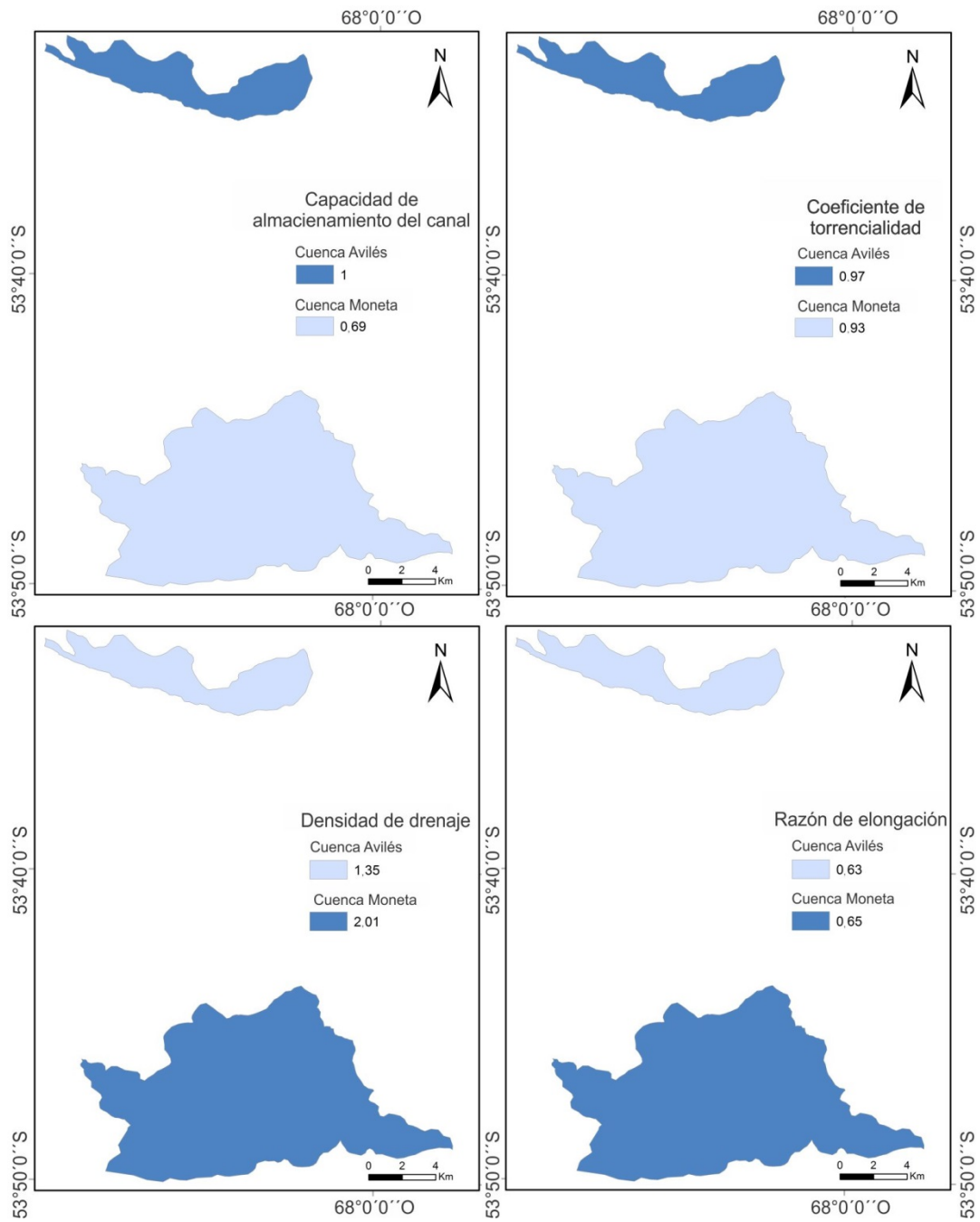


Figura 5.16. Valores medios de intensidad fluvial según sector de la cuenca baja en los ríos Avilés y Moneta. La posición relativa de los sectores de cuenca respecto a la cuenca general está indicada en la figura 5.13

CAPÍTULO 6. EFECTO DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN LA GÉNESIS DE PROCESOS EROSIVOS EN LADERAS A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES

6.1. RASGOS EROSIVOS EN LADERAS

Un rasgo particular de las laderas afectadas por erosión por ganado son las hoyas. Se trata de depresiones en forma de medialuna, con desarrollo de una escarpa 20 a 45 cm que disminuye progresivamente del centro hacia los extremos (Figura 6.1) y en cuya base se descubre la roca meteorizada y el suelo desarrollado en 20 cm sobre la roca aflorante de color pardo rojizo.



Figura 6.1. A). Ladera de solana utilizada por el ganado como zona de resguardo y descanso. Nótese la escasa cobertura de matas de *Festuca gracillima* por efectos del pastoreo B). Hoya provocada por efectos del ganado, en la escarpa de erosión se observa el escaso espesor de suelo desarrollado sobre la roca de base meteorizada y la presencia de derrubios dispersos. C). Hoya desde una vista superior

La disposición de las hoyas a lo largo de la ladera se mapeó en detalle en uno de los cuatro Sitios de Observación, SO N° 3. El modelo resultante (Figura 6.2) muestra la notable diferencia en rugosidad debido al desarrollo de hoyas sobre la ladera expuesta al N-NE respecto de la ladera opuesta.

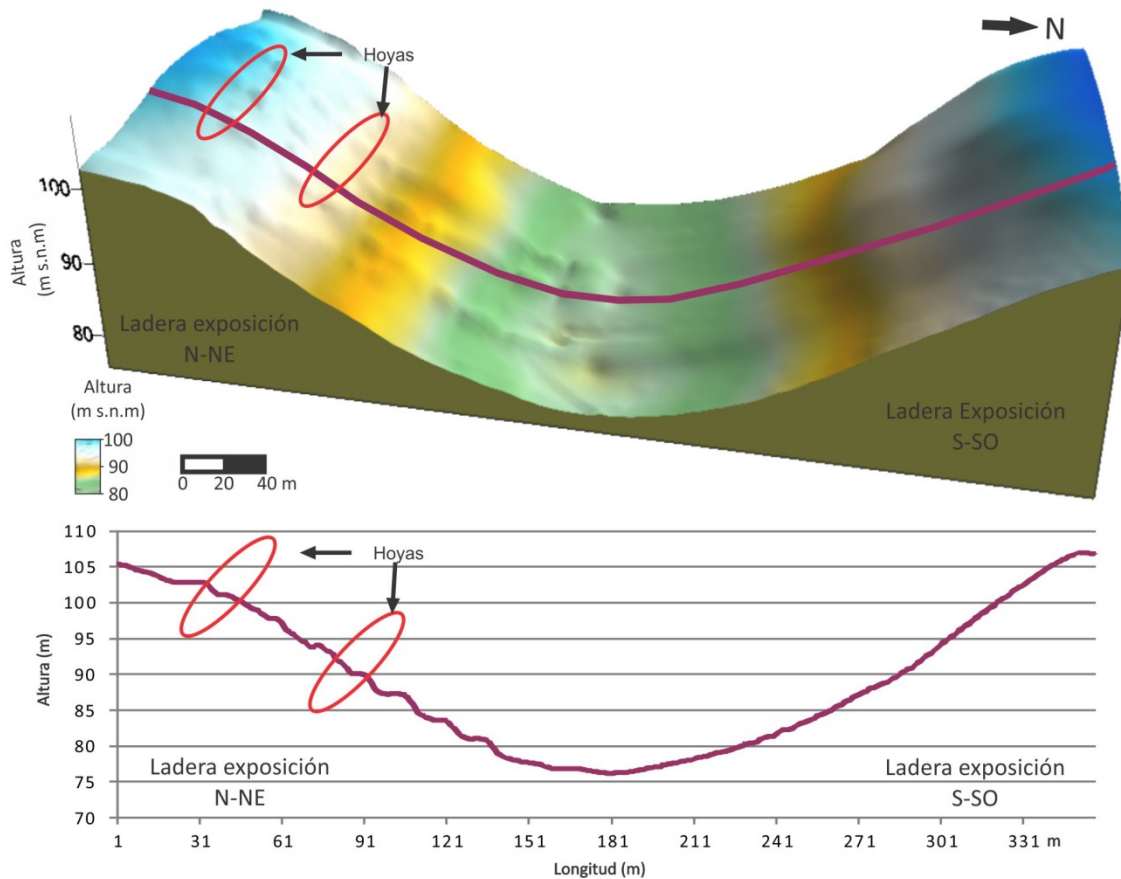


Figura 6.2. Modelo digital de elevaciones creado con puntos obtenidos por GPS de medición diferencial y perfil topográfico

Las dimensiones de las hoyas desarrolladas en la ladera se presentan en la tabla 6.1. Fue posible definir que las dimensiones de las hoyas estaban comprendidas entre 1,04 a 17,62 m² y con profundidades que variaban entre los 15 a 40 cm. La suma de las superficies de hoyas en toda la ladera totalizó en 77,64 m², representando un 2,5 % de la

superficie de la ladera. La pendiente de la ladera analizada está comprendida entre 2,55 a 6,83 %

Número de Hoya	Eje X (cm)	Eje Y (cm)	Eje Z (cm)	Superficie en m ²
1	92	155	15	1,426
2	165	168	22	2,772
3	146	280	20	4,088
4	172	157	17	2,700
5	140	186	20	2,604
6	112	280	32	3,136
7	154	201	35	3,095
8	139	123	22	1,709
9	154	240	35	3,696
10	148	520	40	7,696
11	133	254	27	3,378
12	307	571	40	17,529
13	335	526	39	17,621
14	96	109	28	1,046
15	143	360	36	5,148
Total	--	--		77,646

Tabla 6.1. Dimensiones de las hoyas del SO 3, el total de superficie de hoyas relevada representan el 2,5 % de la superficie total de la ladera afectada. Eje X: distancia longitudinal paralelo a la pendiente, Eje Y: distancia longitudinal perpendicular a la pendiente.

6.2. CONDICIONES FÍSICAS A ESCALA REGIONAL

La superficie total ocupada por laderas en el área de estudio alcanza los 186,9 km² / 18,690 ha (Figura 4.6 o 4.7), un 21,7 % del total de la superficie del área de estudio (859,9 km² / 85.990 ha); de las mismas, sólo 56,8 km² / 5.680 ha (30 %) corresponden a laderas con orientación norte - noreste, con condiciones de solana y reparo de los vientos predominantes.

Los valores de pendiente dominantes son los inferiores a 6,59 %, (Figura 4.5), debido a la extensa superficie que ocupa el abanico glacifluvial, a la densidad de cauces que disectan el sistema de serranías y a las superficies aterrazadas en la periferia de las lagunas. Las áreas con pendientes de valor mayor a 12,17 % corresponden al sistema serrano del Co. Mesa, de 300 m de altitud y al conjunto de serranías sin denominación, localizado al norte de la laguna Amalia (Figura 3.3). Ambos conjuntos de serranías se localizan principalmente en predios de la Ea. San Julio. En esta estancia se localizan dos de los cuatro sitios de monitoreo, los SO 2 y 3, correspondientes a laderas con orientación norte - noreste. Se identificaron áreas con un fuerte porcentaje de pendientes correspondientes a laderas de los cerros: Schpalten o Miranda y Cónico (Figura 3.3).

La observación, cuantificación y delimitación de las potenciales áreas a ser afectadas por los procesos de remoción en masa se realizó en las pendientes de clase 3 (6,59 a 12,16 %) y mayores debido a que en ellas es donde la inclinación de las superficies favorece el desarrollo de procesos gravitatorios.

6.3. ESTADO DE LA COBERTURA VEGETAL-SUELO DESNUDO

En el área de estudio se han identificado diferentes tipos de suelos (Panigatti, 2010; los suelos *Haplocript Xerico* (Inceptisol) y *Haplocriol Páquico* (Molisol). El primero se desarrolla sobre los valles glacifluviales y colinas con pendiente suave, entre 0 y 3 %, como condición extrema se produce anegabilidad en los sectores deprimidos. El segundo se localiza solamente sobre los valles glacifluviales. En estos suelos son vulnerables a la degradación por sobrepastoreo, deflación y/o escorrentía superficial. En los pie de laderas se ubican los suelos de tipo *Criacuept Fluvacuéntico* (Inceptisol), los cuales poseen una permeabilidad moderada (Panigatti, 2010).

El análisis de imágenes provenientes de sensores remotos tiene un rol fundamental cuando se llevan a cabo análisis de las condiciones ambientales a escala regional y en áreas de difícil acceso. De acuerdo con Paruelo *et al.* (2001), los valores NDVI próximos a 0,6 representan vegetación en un estado de desarrollo óptimo; en cambio por debajo de 0,6 se representan un estado de escaso desarrollo vegetal o escasa cobertura, considerados como estadios previos a la pérdida total de cobertura y consecuente exposición de suelos, propiciando la ocurrencia de procesos erosivos.

La evolución de los valores de NDVI para cada uno de los sitios de observación se presenta en la figura 6.3. A partir de la imagen, correspondiente al 1 de enero de 2006 (imagen N° 87), se observa un decrecimiento progresivo de los valores del índice, interpretado como una disminución de la cobertura vegetal. A lo largo de toda la serie se puede observar una diferencia en los valores del SO 4 (laderas sur), el cual representa la cobertura de coironal en un estadio de conservación natural, respecto a los del SO 1, el cual representa áreas que han sido afectadas por la actividad ovina esta diferencia media en toda la serie es de 0,02. En el último período el valor alcanza 0,03 con un máximo de 0,08 y un mínimo de -0,06.

Los valores de NDVI en el SO 2 (Figura 6.3A) representa las máximas fluctuaciones en los valores de la serie. Esto queda representado en las imágenes 89 y 92, correspondientes a los días 2 de febrero y 22 de febrero, respectivamente. Los valores máximos y mínimos de NDVI corresponden al SO 3. El valor mínimo (0,3) corresponde al día 23 de marzo de 2002. En cambio, el valor máximo (0,74) corresponde al día 2 de diciembre del mismo año. En ambos casos los registros se encuentran vinculados a condiciones meteorológicas.

Los valores de los SO 1 y 4, están ubicados a unos 1.000 metros de distancia entre sí, por lo cual establece que ambos sitios están afectados por condiciones meteorológicas similares (Figura 6.3B). El comportamiento general del índice en los sitios antes mencionados es semejante, los valores mínimos corresponden a los períodos de otoño y comienzo de primavera, relacionados con presencia de nieve o hielo en el suelo. Se establece así que los factores clima/vegetación no influyen en la presencia de erosión en el SO 1 y sí se atribuye a orientación de ladera, reparo y uso del ganado.

Si se considera la imagen número 101, correspondiente al 1 de enero de 2006, (Figura 6.3B) como un punto de inflexión en el comportamiento del estado de cobertura vegetal y se focaliza el análisis a partir de esa fecha, se observa que el menor valor registrado (0,31) corresponde al SO 1. Por otra parte, es posible identificar en la imagen número 141 un período en el cual la vegetación se encuentra en escaso desarrollo. Esto permite inferir una mayor vulnerabilidad del suelo ante procesos de erosión eólica y pisoteo del ganado generándose, de esta manera, condiciones propicias para la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

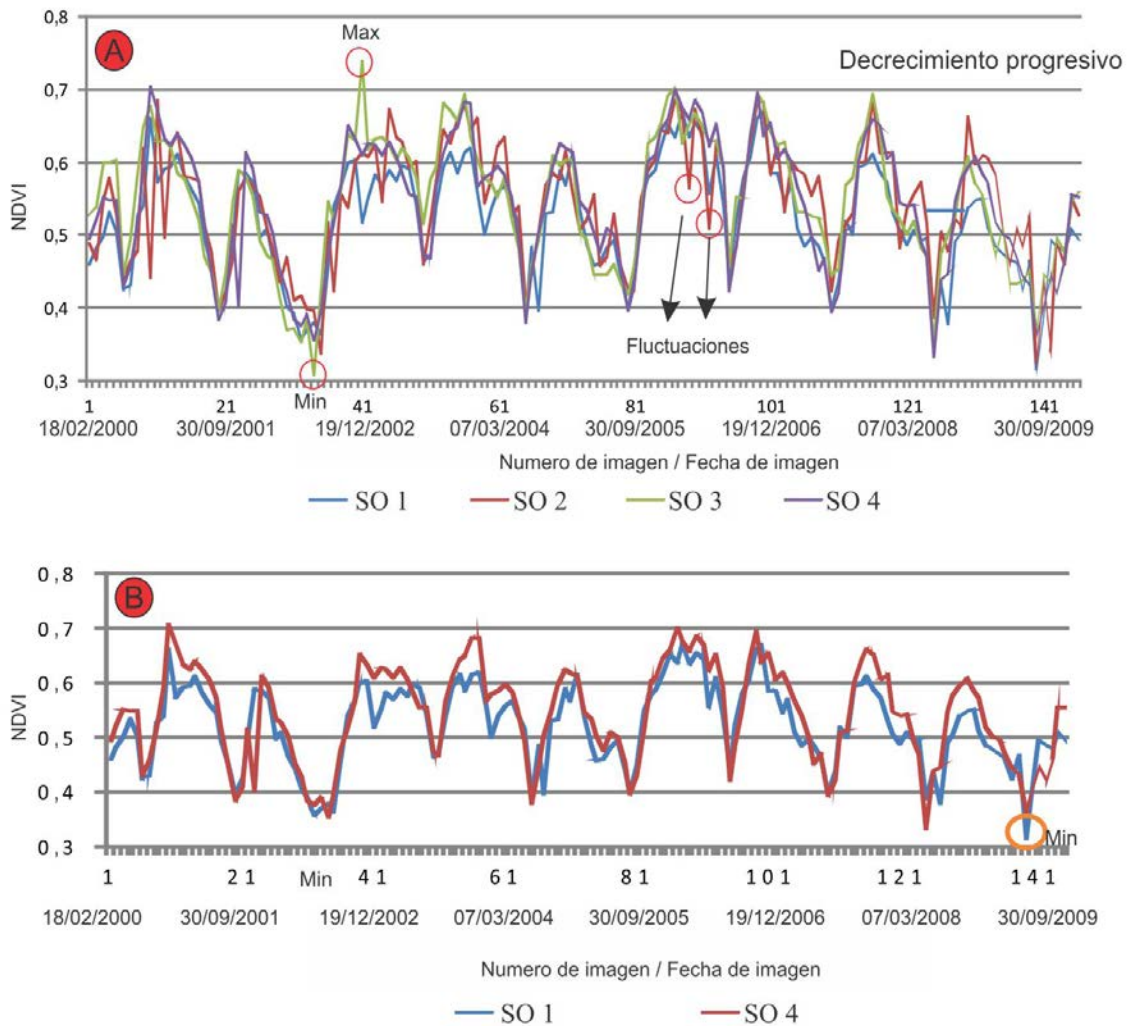


Figura 6.3. A) Evolución de los valores de NDVI en los cuatro sitios de observación, con diferentes condiciones de relieve. **B).** Evolución del NDVI de la cobertura vegetal en los dos puntos de observación en los que se presentó mayor contraste: SO 1 (ladera N) y SO 4 (laderas S).

6.4. RELACIÓN CON CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Los datos meteorológicos correspondientes a la estación meteorología Río Grande (Figura 6.4) demuestran variabilidad en la distribución de las precipitaciones a lo largo de todo el período (2000 – 2009), razón por la cual, no es posible identificar períodos de

sequía. El registro de precipitación posee una distribución anual de 421 mm para el período 2000 - 2009. El mayor valor de precipitación diario registrado para la serie es de 23 mm, el día febrero de 2009. El análisis de los registros de temperatura, permitió establecer un valor medio de 5,76 °C, un valor mínimo absoluto de -15,5 °C el día 21 de julio de 2001 y un valor máximo absoluto de 26°C el día 06 de febrero de 2004. En la temporada estival de este año se registraron los máximos valores de temperatura. La Figura 6.4 muestra la distribución de los valores de temperatura y precipitación a lo largo del período estudiado.

La velocidad media de viento registrada es 44,42 kmh⁻¹, mientras que el valor máximo alcanzó 177,79 kmh⁻¹ el día 8 de octubre de 2009. Los vientos permanentes del O actúan como desecantes y como modeladores del relieve allí donde hay disponibilidad de sedimentos (Villarreal *et al.*, 2014)

El análisis de las precipitaciones permitió inferir que su variación temporal no afecta directamente en los valores de NDVI, es posible observar una relación con la temporalidad (verano, otoño, invierno, primavera). Por lo cual, se interpreta que las variaciones de los valores de NDVI entre las estaciones del año se vincula con la escasa cobertura vegetal. Es decir, indican un estadio vegetal de escaso desarrollo, el cual es favorable para la generación de procesos erosivos tendientes a propiciar la condición de suelo desnudo a mediano plazo.

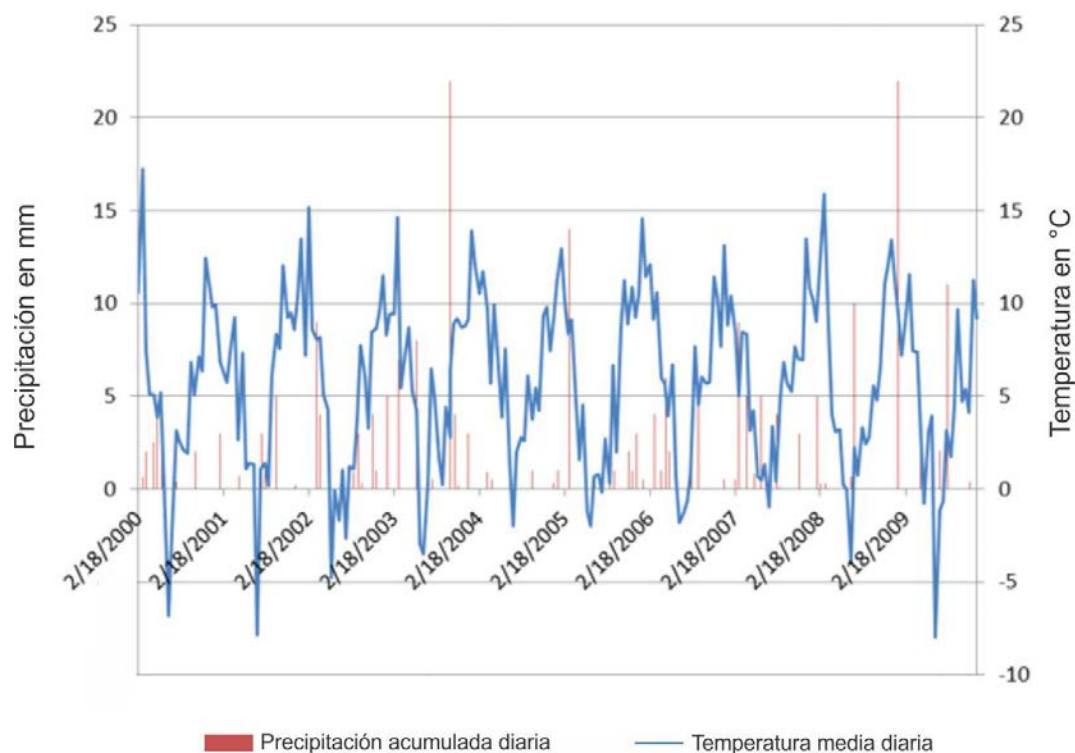


Figura 6.4. Distribución de valores de temperatura media diaria y de precipitaciones diarias para el período 2000 – 2009, coincidente con el período de captura de las imágenes de NVDI. Datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, Estación Río Grande

6.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS LADERAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN

Por medio de la combinación de los mapas de pendiente, orientación y curvatura del terreno se determinaron áreas potencialmente susceptibles a ser utilizadas por el ganado como zonas de resguardo. La progresiva eliminación de la cobertura vegetal por pisoteo y pastoreo da inicio a procesos erosivos de remoción en masa en estas laderas.

En la figura 6.5 se representan las laderas que cumplen con las tres variables que condicionan el peligro de erosión en las laderas, la orientación norte - noreste, valor de pendientes en clases 3 a 5, es decir 6,59 a 12,16 %; 12,17 a 20,16 % y 20,17 % o

mayores y curvatura convexa. Las laderas con estas condiciones y por lo tanto, aquellas que son propensas a la erosión por ganado, se extienden en 113,09 km² (113,008 ha), de las cuales el 61 % (68,87 km²) tienen pendiente entre 6,59 y 12,16 %, seguido por el 30 % de la superficie (34,32 km²) con pendiente entre 12,17 y 20,26 % y un 9 % con pendiente mayor a 20,27 %.

Una clasificación supervisada utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud en la imagen SPOT 4 permitió localizar laderas con características de exposición norte - noreste y con una pendiente mayor a 6,59 % (Figura 6.6), según estuvieran afectadas por erosión o no. Se cuantificó una superficie de 1.073 ha de laderas que presentan condiciones de erosión, ello permite establecer que el 87,2 % del total de las laderas del área se encuentran afectadas por formación de hoyas.

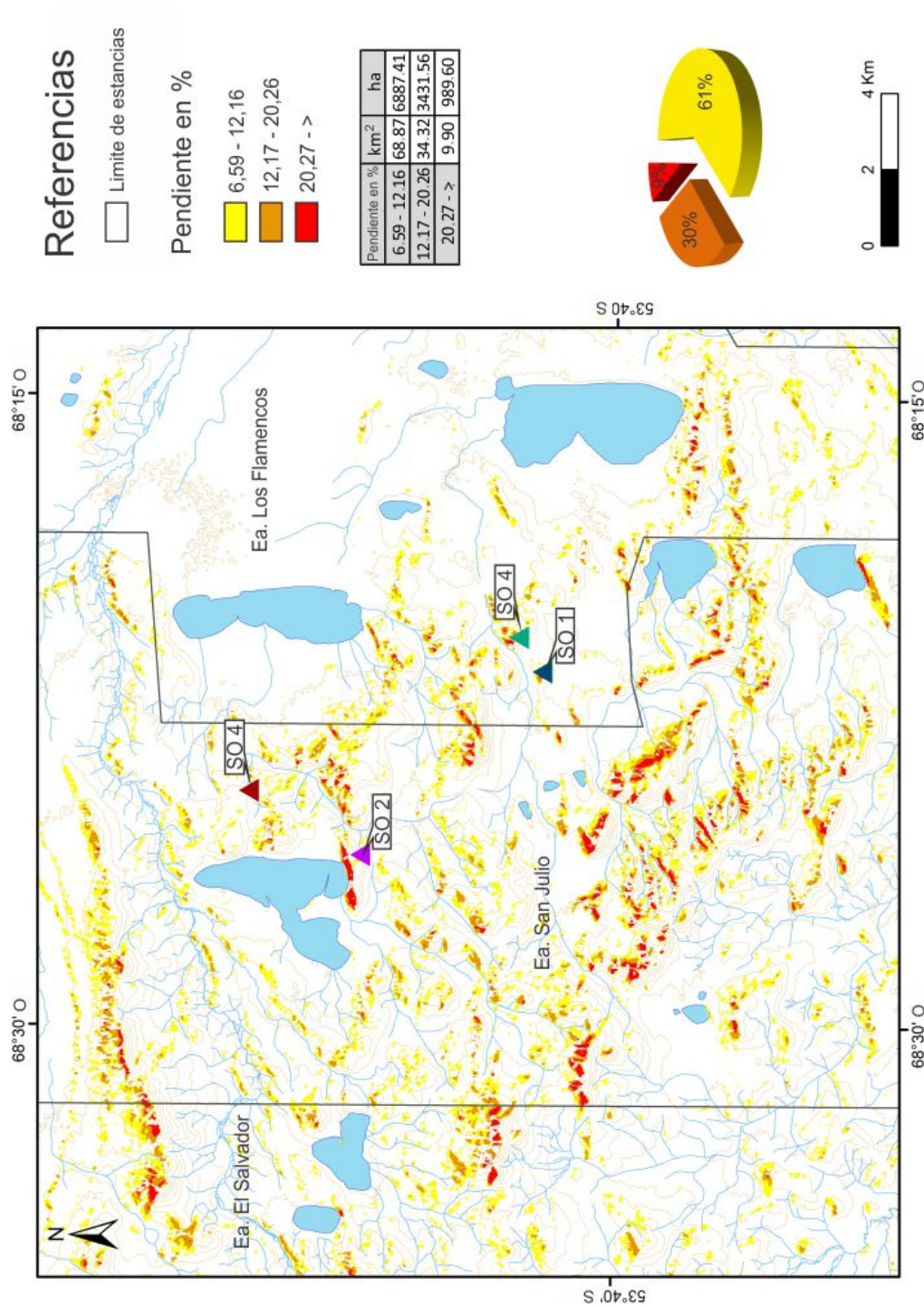


Figura 6.5. Distribución de laderas con orientación norte - noreste, curvatura convexa y pendiente porcentual mayor a 6,5 9%

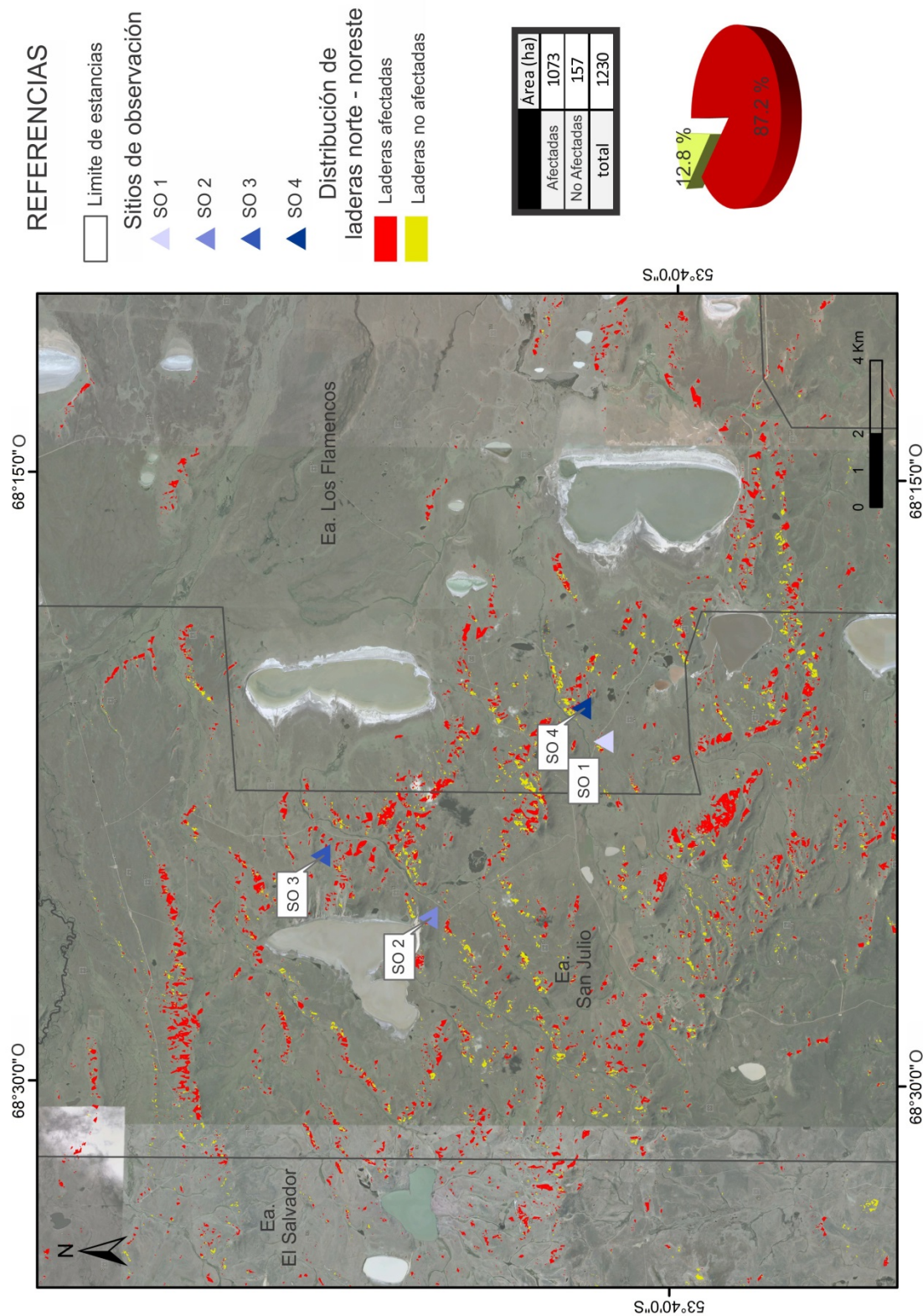


Figura 6.6. Laderas con orientación norte – noreste afectadas por formación de hoyadas

6.6. MONITOREO DE LOS SITIOS DE OBSERVACIÓN A TRAVÉS DE FOTOGRAMETRÍA

El análisis fotogramétrico multi-temporal sobre la base de fotografía digital, metodología que fue explicada en el capítulo 2.3. permitió evaluar el desarrollo de la superficie vertical de las escarpas de las hoyas. Se determinó un desarrollo de 155 m², representando el 2,76 % del total de superficie de ladera para la situación inicial de monitoreo, el 12/09/2012 (Figura 6.7A). En cambio, se contabilizaron 186 m² de desarrollo de escarpa, o el 3,54% del total de la ladera en el último monitoreo, realizado el 3/05/2016, (figura 6.7B). Este análisis permitió establecer un aumento en la superficie de escarpa de 31 m² en 4 años de análisis considerando una situación de erosión constante en el tiempo, con el mismo tipo de manejo ganadero por cuadros que el realizado durante los 4 años de monitoreo.

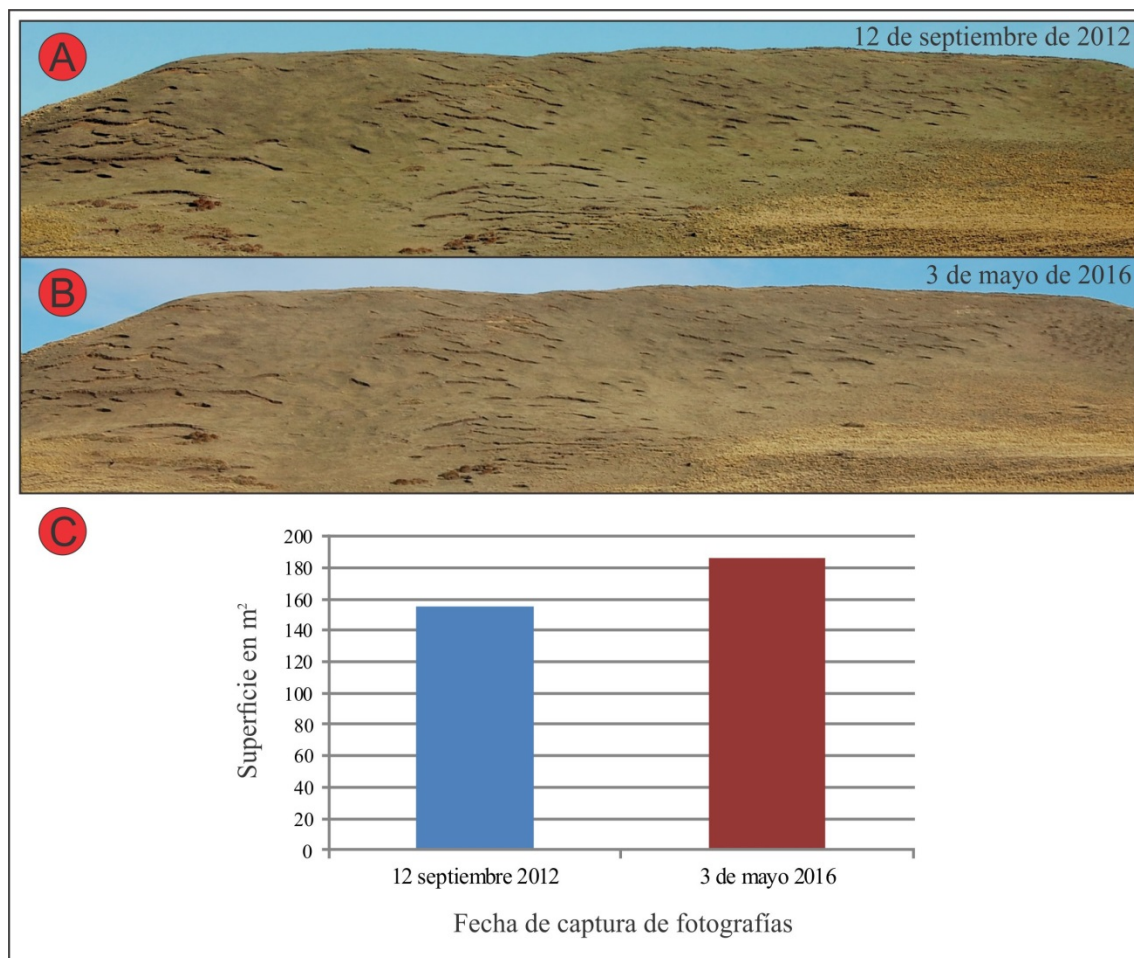


Figura 6.7. Fotogrametría SO 1 **A)** Fotografía 12/09/2012; **B)** Fotografía 03/05/2016; **C)** Gráfico comparativo de superficies de escarpa

La figura 6.8A corresponde al SO 3, el análisis de la fotografía del 23/10/2013, permitió establecer una superficie de 60 m² de escarpa, representando el 2,91 % del total de la ladera. En cambio, el monitoreo realizado en la fotografía del 03/05/2016, (Figura 6.7B), se contabilizó una superficie de 176 m², representando un 6,74% del total de la superficie de la ladera. Se identificó un aumento de 116 m² de superficie de escarpa en 3 años. Esta variación está posiblemente relacionada con el aumento de la carga animal en el SO 3.

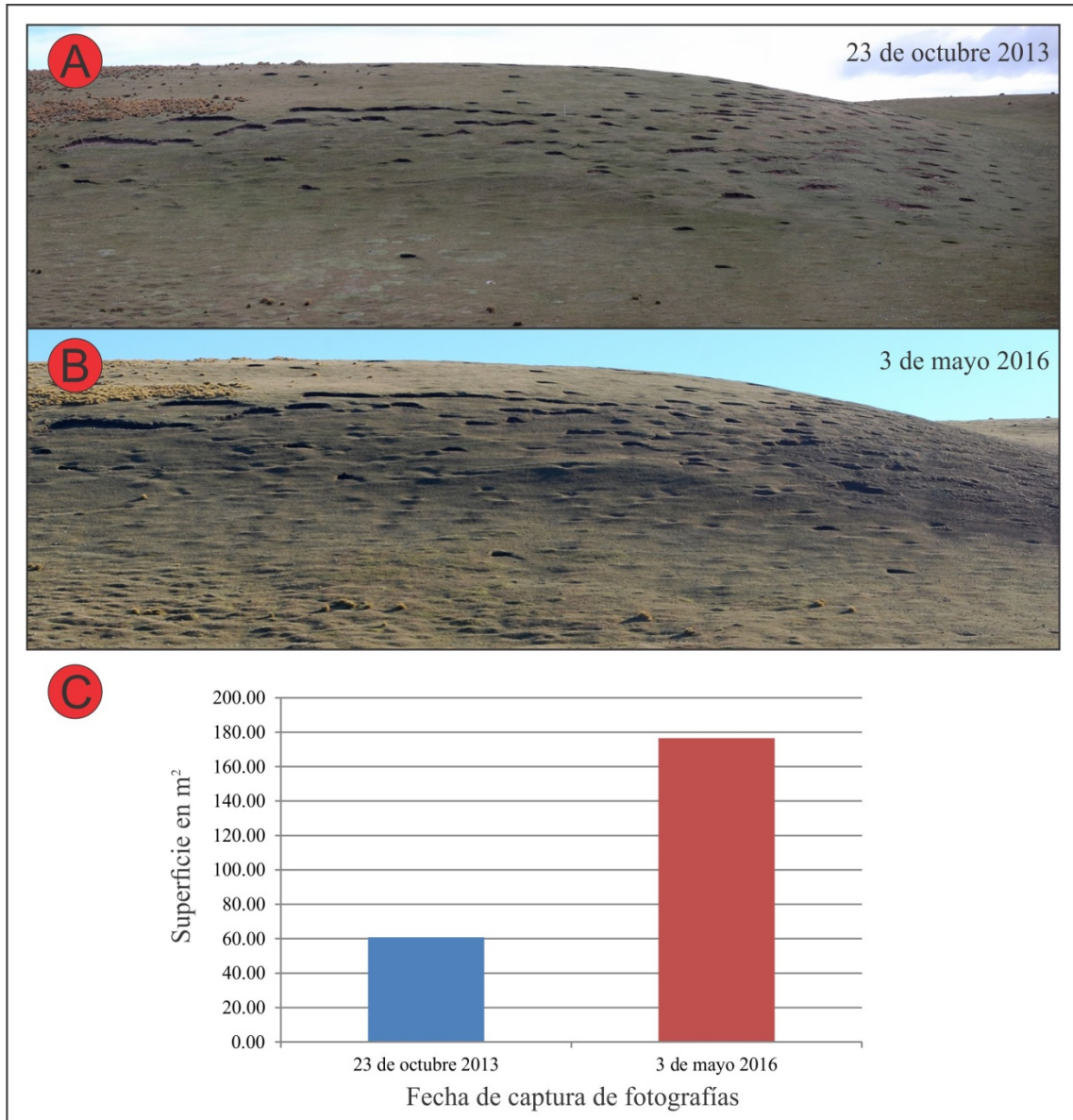


Figura 6.8. Fotogrametría SO 3 **A)** Fotografía 23/10/2013; **B)** Fotografía 03/05/2016;

C) Gráfico comparativo de superficies de escarpa

PARTE IV

Conclusiones

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

En términos de evolución morfológica del paisaje, fue posible comprobar la hipótesis 1 ya que los resultados obtenidos demuestran que la región ha experimentado una alternancia de periodos climáticos cálidos y fríos que definieron diferentes glaciaciones que, en interacción con otros factores, modelaron el paisaje. En el área de estudio fue posible identificar y cartografiar elementos del paisaje glacial que permitieron establecer que gran parte del suroeste del área de estudio fue afectada por el hielo glaciario, tal como lo demuestran las evidencias geomorfológicas encontradas (bloques erráticos, morenas de fondo, morenas frontales, depósitos glacifluviales). Estas evidencias permitieron redefinir el límite y extensión de la Gran Glaciación Pleistocena (1 Ma) en el área de estudio, la que fuera parcialmente preestablecida por Meglioli (1992). La traza de este nuevo límite, desplazado unos 8 km en promedio en dirección noreste respecto al límite anterior, posibilitó redefinir la superficie ocupada por la *drift-less area* o área sin englazamiento. También, aportó evidencias que generan un interrogante en relación con la proveniencia y edad del abanico glacifluvial definido por Bujalesky *et al.*, (2001). Los relevamientos geomorfológicos realizados permitieron identificar y localizar dos elementos del paisaje glacial, nunca antes mencionadas en estudios previos, como son las morenas emplazadas en el sector medio-alto de la cuenca del río Moneta (Ea. San Julio) y la planicie glacifluvial localizada en su cuenca inferior (Ea. María Behety).

La evolución morfogenética del paisaje incluye diversos eventos de erosión hídrica, que generaron diferentes niveles de aterrazamiento en las serranías y un sistema de drenaje complejo, parcialmente obturado luego de la formación de cubetas de deflación y terrazas lacustres elevadas sobre el nivel actual del agua. En la actualidad, los principales agentes modeladores del paisaje son el viento y la actividad ganadera

extensiva. En este sentido, es importante destacar que un aporte valioso de este trabajo es la detección y caracterización de depresiones de pequeño tamaño, dispuestas en algunas laderas, sin descripciones previas. Estas fueron definidas como “hoyas” y su formación se atribuye a procesos erosivos de origen antrópico, derivados de la actividad ganadera. Tales hoyas se emplazan en las laderas que el ganado ovino utiliza para resguardarse del viento y constituyen formas de erosión que se distribuyen aleatoriamente sobre las laderas con orientación norte - noreste, con pendientes superiores al 6,59 % y curvatura convexa. La superficie total de estas laderas en el área de estudio es de 56,81 km². Las laderas representan el 30 % del total de la superficie total del área de estudio. Del subtotal de superficie de laderas, se contabilizan 14,27 km² (25% de la superficie de laderas) que se encuentran afectados por procesos de erosión y remoción en masa, vinculados a la actividad ganadera extensiva

Considerando la relación entre las condiciones meteorológicas y la disponibilidad de pastos naturales para la ganadería se pudo establecer que, para el período 2000 – 2009, los registros de temperatura y precipitación no presentaron variaciones que pudieran influir en el desarrollo de la vegetación en las laderas de exposición norte. Esta situación permitió inferir que el incremento del número de hoyas, sería el principal factor de impacto sobre la vegetación originaria afectando la disponibilidad de alimento para el ganado y, al mismo tiempo, acelerando los procesos de remoción en masa y erosión eólica. Tal conclusión se pudo corroborar al analizar imágenes NDVI que permitieron evaluar las pérdidas y variaciones en el grado de desarrollo de la cobertura vegetal originaria de la estepa fueguina.

Estas variaciones en los valores del NDVI se acentúan al comparar los SO 1 (con orientación norte - noreste) y el SO 4 (con orientación sur – suroeste). Las laderas con orientación norte - noreste presentan los menores valores de NDVI debido a que se

encuentran afectadas por un pastoreo intensivo que facilita la remoción de suelos y sedimentos por acción erosiva del viento y la gravedad y, al mismo tiempo, estas laderas concentran la mayor cantidad de hoyas.

En respuesta al impacto generado por la actividad ganadera, se pone en evidencia la necesidad de planificar la actividad considerando la adopción prácticas ganaderas sostenibles en función de las características del relieve y el estado de la vegetación en los campos de pastoreo. Las laderas con pendientes mayores 12,7% y orientación norte - noreste, en las que se producen las hoyas deberían estar libres de uso pastoril durante los períodos de primavera y verano. En cambio, durante el invierno, podrían ser usadas como sitios de resguardo de los vientos fríos y como fuente de alimentación del ganado.

Los índices morfométricos obtenidos para las cuencas de los ríos Avilés y Moneta, permitieron realizar una caracterización cuantitativa a escala de cuenca y subcuenca. Dada la inexistencia de datos hidrométricos *in situ*, se estudiaron de forma indirecta las condiciones de escurrimiento, mediante distintos índices y parámetros hidromorfométricos, como por ejemplo, Dd, Ct, Cb, Re, etc. En ambas cuencas se observó que las subcuencas presentan una distribución espacial irregular, concentrándose en la parte superior de las mismas, donde existe un relieve serrano compuesto por sustrato sedimentario marino y depósitos glaciarios. Las planicies glacifluviales, el paleovalle y la paleobahía que forman los sectores medio y bajo de la cuenca del río Avilés no contribuyen con la organización del drenaje ni con la formación de subcuencas de orden jerárquico mayor a 3. Esto se atribuye al bajo valor de pendiente que tienen dichas geoformas y a una mayor capacidad de infiltración de los materiales gravo-arenosos que las conforman.

En la cuenca del río Avilés, la constante de mantenimiento del curso principal ($C_m = 2,39 \text{ km}^2/\text{km}$) indica baja permeabilidad del sustrato, lo cual permite inferir que la

condición de curso permanente está supeditada a esta variable principalmente en las subcuencas de la cuenca alta. Considerando las diferencias de tamaño y forma de la cuenca analizada, la razón de elongación es la que mejor representa la capacidad de respuesta de las subcuencas ante la incorporación de agua al sistema hídrico. El valor obtenido (0,42) indica que los cursos de la zona alta son los que más rápidamente responderán a situaciones de crecida. Por otra parte y de acuerdo a los valores del coeficiente de torrencialidad (4,21), las subcuencas ubicadas en el sector alto son las que concentrarán más rápidamente el escurrimiento ante situaciones de precipitaciones intensas y/o fusión nival rápida y por lo tanto, las que desarrollarán mayor trabajo erosivo concentrado en los cauces.

En lo que respecta a la cuenca del río Moneta, sus características morfométricas la definen como una cuenca con comportamiento torrencial. Por otra parte, a diferencia del río Avilés, se trata de una cuenca con cursos de agua intermitente en la que, durante la primavera, la fusión nival, se produce la activación de la red fluvial. El período de estiaje se extiende desde el inicio del verano hasta mediados de otoño. En consecuencia, su valor de C_m (0,51), permite inferir que, durante la primavera, el sistema fluvial del río Moneta se comporta de manera similar al río Avilés.

La superficie de la cuenca del río Avilés representa proporcionalmente el 27 % de la del río Moneta, y el número de cursos de orden jerárquico 1 representa el 21 % del río Moneta. Las dimensiones espaciales son una de las principales diferencias entre las cuencas, lo cual permite inferir que esto condiciona el carácter intermitente del río Moneta y sus afluentes. A su vez, la cuenca del río Moneta tiene características de mayor torrencialidad en los sectores alto y medio, en cambio en la cuenca baja se atenúa.

El análisis morfométrico de estas dos cuencas permitió comprobar la hipótesis 2 planteada en este trabajo, en la que se establece que la disponibilidad de agua en el área

de estudio está determinada por las características litológicas y geomorfológicas. Considerando la influencia de ambos factores en la cuenca del río Avilés se determina que este evoluciona sobre un sustrato conformado mayormente por sedimentitas marinas terciarias, caracterizadas por su alto grado de erodabilidad. Esta situación, favorece la conformación de numerosos cauces de orden 1, en la parte superior de la cuenca. El sector medio de la cuenca se caracteriza por una disminución de los cursos tributarios que drenan sus aguas al curso principal. Este fluye disectando el abanico glacifluvial hasta alcanzar la zona inferior de la cuenca donde se genera un humedal que favorece el desarrollo de pastos naturales (coironales y herbáceas) utilizados durante el período de estiaje para el sustento del ganado ovino.

En la cuenca del río Moneta, se observó que la primavera es el único período del año en el que ocurre escorrentía superficial en los cursos del sistema de drenaje, cuando se activan los cauces de orden 1 en la cuenca alta. Estos presentan una elevada capacidad para drenar agua hacia los cursos de mayor orden jerárquico, los que fluyen sobre depósitos glacifluviales de alta permeabilidad. Consecuentemente, el río Moneta presenta escasa disponibilidad de agua en la cuenca baja, lo que resulta insuficiente para sostener la actividad ganadera en geoformas propias del ambiente fluvial.

Desde una perspectiva geográfica, efectuada con base en el análisis de las características geomorfológicas, morfométricas y climáticas, desarrolladas a lo largo de este trabajo, en el ámbito de dos cuencas características de la estepa fueguina, se establece que la escorrentía encauzada fue el proceso responsable de la disección de las serranías conformadas por sedimentitas marinas y continentales, proceso que refleja una mayor disponibilidad de agua superficial, posiblemente por la ocurrencia de períodos climáticos más húmedos y el avance glaciario en períodos climáticos más fríos que el actual. Sin embargo, los principales agentes modeladores del paisaje actual son el viento

y la actividad antrópica a través de la ganadería extensiva de ovinos que genera un tipo de procesos erosivos hasta ahora inédito, sobre laderas, derivado de la generación de hoyas producidas por el ganado. Tales hoyas constituyen el principal agente erosivo que está afectando la sostenibilidad del sistema productivo al provocar pérdidas en la cobertura vegetal y al acelerar los procesos de erosión de las laderas.

En este contexto la tesis aporta nuevo conocimiento que podrá ser utilizado como base de referencia para la intervención, con fines de recuperación, de las laderas degradadas y al mismo tiempo como apoyo para la planificación y gestión sostenible de la actividad ganadera con el objeto de asegurar la sustentabilidad socioproductiva y la preservación de las condiciones naturales de la estepa fueguina.

En relación con el aporte científico desde la perspectiva geomorfológica esta tesis plantea nuevas definiciones sobre la extensión y desarrollo de glaciaciones del Pleistoceno medio y sobre las condiciones morfológicas del emplazamiento de los sistemas lagunares transitorios en el norte de Tierra del Fuego. Ambos temas son de importancia para el conocimiento de los cambios climáticos naturales ocurridos en el extremo sur de Sudamérica.

Finalmente, la información aportada en esta tesis contribuye a disminuir el vacío de información sobre el ambiente físico de un vasto sector del espacio geográfico rural de la estepa fueguina, con alto valor productivo pero escasamente conocido por la sociedad fueguina.

PARTE 5

Bibliografía y Anexo

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

Anchorena, J., Cingolani, B., Livraghi, E., Collantes, M.B., Stofella, S. 2001. Manejo del pastoreo de ovejas en Tierra del Fuego. *Edipubli SA*. Buenos Aires, Argentina. ISBN 987-99049. 2-3 pp.

Al Saud, M. 2009. Morphometric Analysis of Wadi Aurnah Drainage System Western Arabian Peninsula. *The open hydrology Journal*. 3, 1-10 pp.

Belza, J.E. 1975. En la isla del fuego. 2. Colonización. Publicación del Instituto de investigaciones Históricas de Tierra del Fuego. Buenos Aires. 259 – 277 pp.

Belza, J.E. 1977. En la isla del fuego. 3. Población. Publicación del Instituto de investigaciones Históricas de Tierra del Fuego. Buenos Aires. 139 – 207 pp.

Bhagwat, T.N., Shetty, A., Hegde, V.S. 2011. Spatial variation in drainage characteristics and geomorphic instantaneous unit hydrograph (GIUH); implications for watershed management. A case study of the Varada River basin, Northern Karnataka. *Catena*, 87: 52–59 pp.

Bonarelli, G. 1917. Tierra del Fuego y sus turberas. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería* 12(3): 1-119 pp.

Borrello, A. V. 1969. Los geosinclinales de la Argentina. *Anales de la Dirección Nacional de Geología y Minería*, 14.

Bujalesky, B., Coronato, A., Isla, F. 2001. Ambientes glaciafluviales y litorales Cuaternarios de la región del Río Chico, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (1):73-90 pp.

Buzai, G., D. 2001. "Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión", *GeoFocus (Artículos)*, nº 1. 24-48 pp.

Caldenius, C. 1932. *Las Glaciaciones Cuaternarias en Patagonia y Tierra del Fuego*. Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección General de Minas y Geología. Buenos Aires. 95: 1-148 pp.

Capitanelli, R.G., 1998. *Geografía Física y Medio Ambiente: revalorización y enseñanza. Método y técnicas de trabajo*. Mendoza, Ecogeo. 153 pp

Cerdà, A., Brazier, R., Nearing, M., de Vente, J. 2013. Scales and erosion. *Catena* 102: 1-2 pp.

Chow, V.T., Maidment, D.R. y Mays L.W. 1994. *Hidrología Aplicada*. McGrawHill, Bogotá. 584 pp.

Ciccacci, S., D'Alessandro, L. Fredi, P.; Lupia Palmieri E. 1992. Relations between morphometric characteristics and denudational processes in some drainage basins of Italy. *Zeitschrift fur Geomorphologie, N.F.*, 36 (1): 53-67 pp.

Cingolani, A.M. 1999. *Efectos de 100 años de pastoreo ovino sobre la vegetación y suelos del norte de Tierra del Fuego*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional del Sur. 213 pp.

Cingolani, A.M, Anchorena, J., Collantes, M.B. 1998. Landscape heterogeneity and long-term animal production. *Journal of Range Management*, 51: 79 -87 pp.

Codignotto, J. y Malumián, N. 1981. Geología de la Región al N del paralelo 54° L.S. de la Isla Grande de Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36,1:44-88 pp.

Collado, L. 2007. La vegetación de Tierra del Fuego: de la estepa a la selva. *Patagonia Total, Antártida e Islas Malvinas*. Barcel Baires Buenos Aires, 755 – 772 pp.

Collantes, M.B, Anchorena, J., Cingolani, A.M. 1999. The steppes of Tierra del Fuego: Floristic and growthform patterns controlled by soil fertility and moisture. *Plant Ecology. Kluwer Academic Publishers. Netherlands*. 140: 61 – 75 pp.

Coronato, A., Ponce, J.F., Quiroga, D., Gogorza, C. 2016. (En prensa). Emplazamiento Geológico – Geomorfológico de laguna Carmen, estepa fueguina, Argentina. *Registro Sedimentario del Holoceno Tardío*. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*.

Coronato, A., Villareal. M.L. 2014. Modelado eólico en ambientes lagunares de la estepa fueguina, Argentina. En: XIX Congreso Geológico Argentino. S13 – 46 – 47 pp.

Coronato, A., Fanning, P., Salemme, M., Oría, J., Pickard, J., Ponce, J. 2011. Aeolian sequence and the archaeological record in the Fuegian steppe, Argentina. *Quaternary International*. Doi: 10.1016/quaint.201102.042.

Coronato, A., Coronato, F., Mazzoni, E., Vázquez, M. 2008. Physical Geography of Patagonia and Tierra del Fuego. In: Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego (J. Rabassa, ed.) *Development in Quaternary Sciences*, Elsevier, Amsterdam, 11, 3:13-56 pp.

Coronato, A., Meglioli, A., Rabassa, J. 2004 a. Glaciations in the Magellan Straits and Tierra del Fuego, Southernmost South America. En: Ehlers, J. and Gibbard, P., (Eds).

Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Part III. Quaternary Book Series. Elsevier. 45-48 pp.

Coronato, A., Martinez, O., Rabassa, J. 2004 b. Pleistocene Glaciations in Argentine Patagonia, South America. En: Ehlers, J. and Gibbard, P., (Eds). Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Part III. Quaternary Book Series. Elsevier. 49-67 pp.

Coronato, A., Bujalesky, G., Pérez Alberti, A., Rabassa, J. 2004. Evidencias criogénicas fósiles en depósitos marinos interglaciarios de Tierra del Fuego, Argentina. X Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes, Septiembre de 2004. San Luis, Argentina. 48-49 pp.

Coronato, A., Salemme, M., Rabassa, J. 1999. Palaeoenvironmental conditions during the early peopling of Southernmost South America (Late glacial-Early Holocene, 14-8 ka B.P.) Quaternary International, 53/54:77-92 pp.

Costa, J.E. 1987. Hydraulics and basin morphometry of the largest flash floods in the conterminous United States. Journal of Hydrology, 93: 313-338 pp.

Costa, J.L, Aparicio, V., Cerdà, A. 2015. Soil physical quality changes under different management systems after 10 years in the Argentine humid pampa. Solid Earth, 6 (1): 361-371 pp

Darvill, C.M., Stokes, C.R., Bentley M. J., Evans J.A., Lovell H. 2016. Dynamics of former ice lobes of the southernmost Patagonia Ice Sheet based on a glacial landsystems approach. Journal of Quaternary Science. ISSN 0267-8179. DOI: 10.1002/jqs.2890

De Ferrariis C. 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. In: Fossa Mancini *et al.*, (eds.) Bol. Inf. Petroleras 171:43-44, 94-95 pp.

Diez Herrero A., Laín-Huerta L., Llorente-Isidro M. 2008. Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. Ed. Instituto Geológico y Minero de España. Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Madrid. 326 pp.

Doffo, N. y González Bonorino, G. 2005. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60, 1, 16-22 pp.

Eckert, S., Hüsler F., Liniger H., Hodel E. 2015. Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. Journal of Arid Environments, 113: 16 – 28 pp

Eichenberger, 1987. Meteorología para aviadores. Madrid. Alhambra.

Esper Angillieri, M. Y. 2008. Morphometric analysis of Colangüil river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina. Environmental Geology, 55, 107-111 pp.

Eze, B.E. y Efiang, J. 2010. Morphometric Parameters of the Calabar River Basin: Implication for Hydrologic Processes. Journal of Geography and Geology Vol 2, No1. 18-26 pp.

Favier Dubois, C. y L.A. Borrero, 2005. Playas de acreción: cronología y procesos de formación del registro arqueológico en la costa central de la bahía San Sebastián, Tierra del Fuego (Argentina). Magallania 33(2): 93-108 pp.

Felicísimo, AM. 1994. Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. *Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio*, Universidad de Oviedo. Pentalfa Ediciones. Oviedo, España. 53–56 pp.

Gaitán, J.J., López, C.R., Bran D. E., 2009. Efectos del pastoreo sobre el suelo y la vegetación en la estepa patagónica. Congreso Internacional de Suelos, Argentina. Actas 2): 261 – 270 pp.

Gallopín, G. 1986. Ecología y Ambiente. En: Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. México: Siglo XX.

Gardiner, V. 1975. Drainage basin morphometry. British Geomorphological Group, Technical Bulletin 14, 48 pp.

Gil, V., Gentili, J.O., Campo, M. 2009. Influencia de la litología en los parámetros morfométricas, Sistema de Ventania, Argentina. Papeles de Geografía 49, 55-68 pp.

Gogorza, C., Orgeira, M.J., Ponce, J.F., Fernández, M., Laprida, C., Coronato, A. 2013. Rock. Magnetic Properties of Laguna Carmen (Tierra del Fuego, Argentina): Implications for Paleomagnetic. Reconstruction. AGU Fall 2013, Cancún, Méjico. Resumen n° 1669731.

Gregory, K.J., Walling, D.E. 1973. Drainage basin. Form and process: a geomorphological approach. Ed. Edwards Arnold, Londres, 458 pp.

Gudynas, E., Evia G. 1991. La Praxis por la Vida - Introducción a las metodologías de la Ecología Social. CIPFE - CLAES - NORDAN, Montevideo. 19 – 37 pp.

Guido, E., Busnelli M. 1993. Criterios morfométricos para la evaluación de la torrencialidad de una cuenca hídrica (Río Las Cañas, Catamarca). In: 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Actas Tomo 4, Mendoza. Argentina. 112-122 pp.

Gusinde, M. 1982. Los indios de Tierra del Fuego. 1. Los Selk'nam. Centro Argentino de Etnología Americana, CONICET, Buenos Aires, 1139 pp.

Higginbottom, T. P., Symeonakis, E. 2014. Assessing Land Degradation and Desertification Using Vegetation Index Data: Current Frameworks and Future Directions. *Remote Sensing*, 6: 9552 – 9575 pp.

Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56: 275-230 pp.

Iturraspe, R., Sottini, R., Schroder, C., Escobar J. 1987. Hidrología y variables climáticas del territorio de Tierra del Fuego. Información básica. CADIC-Contribuciones Científicas. 196 pp

Lastra, J., Fernández, E., Diez-Herrero, A., Marquinez J. 2008. Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian Peninsula. *Nat Hazards*, 45, 2, 277-293 pp.

Leopold, L.B., Wolman, M G., Miller, J.P. 1992. *Fluvial Processes in Geomorphology*. Ed. Dover Publication, Mineola, 522 pp.

Li J., Lewis J., Rowland J., Tappan G., Tieszen L.L. 2004. Evaluation of land performance in Senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series. *Journal of Arid Environments*, 59: 463 – 480 pp.

Magesh, N.S., Jitheshlal, K.V., Chandrasekar, N., Jini, K.V. 2013. Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. *Applied Water Science*, 3: 467-477 pp.

Mantovani, F., Soeters, R., van Westen, C.J. 1996. Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe. *Geomorphology* 15:213–225 pp.

Marchetti, M. 2000. *Geomorfología Fluvial*. Ed. Pitagora Editrice, Bologna, 247 pp.

Martini, F., & Loat, R. 2007. Handbook on good practices for flood mapping in Europe. EXCIMAP (a European exchange circle on flood Mapping), 57 p.

Massone, M. 2003 Fell 1 hunter's hearths in the Magallanes Region by the end of the Pleistocene. En: Miotti, L., Salemme, M. y Flegenheimer, N. (Eds.), *Where the South Winds Blow. Ancient evidence of Paleo South Americans*. Center for the Study of the First Americans, Texas A&M University. 153-159. pp.

Mazzoni, E, Vázquez, M. 2010 Desertification in Patagonia. *Developments in Earth Surface Processes*, ed: E. Latrubesse, Elsevier. Netherlands. 13: 352–377 pp.

McCulloch, R.D., Fogwill, C.J., Sugden, D.E., Bentley, M.J., y Kubik P.W. 2005. Chronology of the Last Glaciation in central Strait of Magellan and Bahía Inútil. *Geografiska Annaler* 87A: 289-312 pp.

Meglioli, A. 1992. Glacial geology and chronology of southernmost Patagonia and Tierra del Fuego, Argentina and Chile. Ph.D. Dissertation, Lehigh University, Pennsylvania (Inédito). 216 pp.

Melton, M.A. 1957. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology. Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR, Technical Reports, 11 pp.

Mesa, L.M. 2006. Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucumán, Argentina). *Environmental Geology*, 50 (8), 1235-1242 pp.

Menichetti, M., Lodolo, E., y Tassone, A. 2008. Structural geology of the Fuegian Andes and Magallanes fold-and-thrust belt – Tierra del Fuego. *Geológica Acta* 6(1):19-42 pp.

Montes, A. 2015. Morfología y evolución de depósitos litorales del Holoceno en la zona del río Chico, Tierra del Fuego. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia SJB, 308 pp.

Moussa, R. 2003. Morphometric properties of basins, scale effects and hydrological response. *Hydrological Processes* 17, 33-58 pp.

Morello, F., Borrero, L., Massone, M., Stern, C., García-Herbst, A., McCulloch, R., Arroyo-Kalin, M., Calás, E., Torres, J., Prieto, A., Martinez, I., Bahamonde, G., Cardenas, P. 2012. Hunter-gatherers, biogeographic barriers and the development of human settlement in Tierra del Fuego. *Antiquity*. 86: 71 – 87 pp.

Morisawa, M.E. 1985. Rivers, form and processes. Ed. Longman, London, 222 pp.

Morisawa, M.E. 1962. Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. *Geological Society of America Bulletin*, 73 (9), 1025-1046 pp.

Mueller, J.R. 1968. An introduction to the hydraulic and topographic sinuosity indexes. *Annals of the Association of American Geographers*, 58 (2):371-385 pp.

Nordenskjöld O. 1897. Notes on Tierra del Fuego. An account of the Swedish Expedition of 1895-1897. *Scott Geograph. Hagaz. Edimburg*, XIII: 393–399 pp.

Ochoa, P.A., Fries, A., Mejía, D., Burneo, J.I., Ruíz-Sinoga, J.D., Cerdà, A. 2016. Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena*, 140: 31–42 pp.

Olivero, E., Malumian, N., Martinioni, D. 2007. Mapa geológico de la Isla Grande de Tierra del Fuego e Isla de los Estados, República Argentina. *Servicio Geológico Minero Argentino*, Buenos Aires.

Orgeira, M.J., Vázquez, C.A., Coronato, A., Ponce, F., Moreto, A., Osterrieth, M, Egli, R., Onorato, R. 2012. Magnetic properties of Holocene edaphized silty eolian sediments from Tierra del Fuego (Argentina). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 25 (1-2): 45-56 pp.

Oría, J., Salemme, M. 2012. Procesos postdepositacionales sobre material arqueológico procedente de ambientes lagunares en el interior de la estepa fueguina. V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Río Cuarto.

Oría J., Salemme M., Santiago, F, & Montes, A. 2010. Localidad Tres Marías: un caso para evaluar la pérdida de información arqueológica por erosión eólica en la estepa fueguina. *Cazadores-recolectores del Cono Sur*. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 4, 159-173 pp.

Oría, J., 2014. Movilidad y asentamiento en el interior de la estepa fueguina: la localidad Laguna Amalia. IX Jornadas de Arqueología de la Patagonia. Coyahique.

Oria, J., Salemme, M., Coronato, A., Vázquez, M. 2016. Procesos de formación del registro arqueológico en dunas de la estepa fueguina. XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina. San Miguel de Tucumán.

Ortiz Labarca, M.A. 2007. Condiciones de formación del complejo metamórfico Cordillera Darwin, al sur de Seno Almirantazgo, Región de Magallanes, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. Inédito, 115 pp. Santiago de Chile.

Ozdemir H., Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point floods. *Environmental Geology*, 56, 1405 pp.

Panigatti, J.L. 2010. Argentina 200 años, 200 suelos. Ediciones INTA. Buenos Aires. 345 pp.

Pareta, K., y Pareta, U. 2011. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) data and GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2 (1): 248-269 pp.

Paruelo, J.M., Jobbágy, E.G., Sala, O.E. 2001. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. *Ecosystem*. 4: 683 – 698 pp.

Pedraza Gilsanz, J., 1996. Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda. Madrid. España. 414 pp

Peña Monné, J.L. 1997. Cartografía Geomorgológica Básica y Aplicada. Geoforma Ediciones, S.L. España, Zaragoza, 227 pp.

Pérez Alberti, A., Coronato, A., Costa Casais, M., Valcarcel Díaz, M., Rabassa, J. 2008. Wedge structures in Southernmost Argentina (Río Grande, Tierra del Fuego). NICOP-Ninth International Conference on Permafrost, Abstract Volume: 1381-1385 pp.

Pierre, G. 1972. · “*El medio ambiente.*” Barcelona, OIKOS-TAU

Rabassa, J.; Coronato, A.; Bujalesky, G.; Roig, C. y Salemme, M.; Meglioli, A.; Heuser, C.; Gordillo, S.; Borromei, A.; Quatrocchio, M. 2000. Quaternary of Tierra del Fuego, Southernmost South America: un updated review. *Quaternary International*, 68-71: 217-240 pp.

Rabassa, J. y Coronato, A. 2007. Glaciaciones del Cenozoico tardío en los Andes Patagónicos-Fueguinos. En: C. Godoy Martínez (Director de la obra) *Patagonia Total, Antártida e Islas Malvinas-Enciclopedia Educativa*, pp 644-653. Barcel Baires Ediciones, 1088 pp.

Rabassa, J., Ponce, J.F., Coronato, A., Meglioli, A. 2012. El bloque errático de la estancia María Behehty (Río Grande, Tierra del Fuego) y la naturaleza, edad, distribución de la Glaciación Río Grande (Pleistoceno temprano). Resumen. V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Acta de Resúmenes, UniRío Editora. Universidad Nacional de Río Cuarto. ISBN 978-987. pp. 106-107.

Reboratti, C. 2006. Cursos y seminarios del Programa de Posgrado en Ciencias Sociales -Naturaleza, Ambiente y Sociedad. Instituto de Desarrollo Económico y Social. [en línea].

Roig, F.A., Anchorena, J., Dollenz, O., Faggi, A.M., y Méndez E. 1985. Las comunidades vegetales de la Transecta Botánica de la Patagonia Austral. Primera parte: La vegetación del área continental. In: Boelcke, O., Moore, D.M. & Roig, F.A., (eds) *Transecta Botánica de la Patagonia Austral*. CONICET (Argentina), Royal Society (U.K) e Instituto de la Patagonia Chile. Pp 350 – 456 pp.

Romero Díaz, M.A. 1989. Las cuencas de los ríos Castríl y Guardal (Cabecera del Guadalquivir). Ed. Ayuntamiento de Huéscar, Granada, 285 pp.

Romero Díaz, M. A.; López Bermúdez, F. 1987. Morfometría de redes fluviales: revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al Alto Guadalquivir. *Papeles de Geografía*, 12, 47 – 62 pp.

Rosell, P. 2010. Artificialización del soporte natural y riesgo hídrico: Construcción de vulnerabilidades en la cuenca alta del Arroyo Pigüé. Tesis de Maestría en Geografía, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad nacional del Sur, Bahía Blanca, 216 pp.

Rutter, N., Coronato, A., Helmens, K., Rabassa, J., Zarate, M. 2012. Glaciations in North and South America from the Miocene to the Last Glacial Maximum: comparisons, linkages, and uncertainties. *Springer Briefs in Earth Sciences*. Springer Sciences Business Media. 67 pp.

Sala, M., Gay, R. 1981. Algunos datos morfométricos de la cuenca del Isábena. *Notas de Geografía Física*, 4: 41-65 pp

Salemme, M, Bujalesky, G. y Santiago, F. 2007. La Arcillosa 2: La ocupación humana durante el Holoceno Medio en el Río Chico, Tierra del Fuego, Argentina. En: Morello, F.; Martinic, M., Prieto, A. y Bahamonde, G. (Eds.), *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos y develando arcanos*, pp. 723-739. Editorial CEQUA, Punta Arenas, Chile.

Santiago F. 2013. La ocupación humana en el norte de Tierra del Fuego durante el Holoceno medio y tardío. Su vinculación con el paisaje. Editora Cultural Tierra del Fuego, Ushuaia, Argentina. 460 pp.

Santos, M. 2000. La naturaleza del espacio. Técnica y tiempo. Razón y emoción. Ed. Ariel, SA. Colección Geografía Barcelona.

Schumm, S.A. 1956. The evolution of drainage system and slopes in badlands at Pearth Amboy, New Jersey. Bulletin the Geological Society of America, 67: 597-646 pp.

Senciales González, J.M. (1999). Redes Fluviales, metodología de análisis. Ed. Universidad de Málaga, Málaga. 337 pp.

Sheng, T.C., 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Roma. FAO. 185 pp.

Sreedevi, P.D., Subrahmanam, K., Ahmed, S. 2005. The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. Environmental Geology, 47, 412-420 pp.

Sreedevi, P.D., Sreekanth, P.D., Khan, H.H., Ahmed, S. 2013. Drainage morphometry and its influence on hydrology in a semiarid region: using SRTM data and GIS. Environmental Earth Science, 70, 839-848 pp.

Strahler, A. N. 1952. Dynamic basis of geomorphology. Bolletin of the Geological Society of America, 63: 923-938.

Strahler, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. En: Chow, V.T. (Ed.) Handbook of applied hydrology. Mac Graw Hill, New York, 439-476 pp.

Thomas, E.R. 1949. Geology and Petroleum Exploration in Magallanes Province, Chile. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 33: 1553-1578.

Thomas, J., Joseph, S., Thrivikramji, K.P., Age, G., Kannan, N. 2012. Morphometrical analysis of two tropical mountain river basins of contrasting environmental settings, the southern Western Ghats, India. Environmental Earth Sciences, 66, 2353-2366 pp.

Torres Carbonell, P. Dimieri, L.V, Olivero, E.B. 2013. Evaluation of strain and structural style variations along the strike of the Fuegian thrust-fold belt front, Argentina. Andean Geology. 40 (3): 438-457 pp.

Torres Carbonell, P.J., Dimieri, L.V, Olivero, E.B., Bohoyo, F., Galindo Zaldívar, J. 2014. Structure and tectonic evolution of the Fuegian Andes (southernmost South America) in the framework of the Scotia Arc development; Elsevier; Global and Planetary Change; 123; Part B; 174-188 pp.

Tuhkanen, S. 1992. The climate of Tierra del Fuego from a vegetation geographical point of view and its ecoclimatic counterparts elsewhere. Acta Botanica Fennica 145, 64 pp.

Villareal, M.L., Coronato, A. 2014. Desarrollo de “Nebkhas” asociado a *Festuca gracillima* en un ambiente lagunar semiárido, Tierra del Fuego, Argentina. En: XIX Congreso Geológico Argentino. S13 – 56 – 57 pp.

Villarreal, M.L., Coronato, A., Mazzoni, E. y López, R. 2014: Mantos eólicos y lagunas semipermanentes de la Estepa Fueguina (53°S), Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 27(2): 81-96 pp.

Viramontes-Olivas, O.A., Escoboza-García, L.F., Pinedo-Álvarez, C, Pinedo-Álvarez, A, Reyes-Gómez, V.M., Román-Calleros, J.A., Pérez-Márquez, A. 2008. Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua* 1(3), 21-31 pp.

Zamorano, M., Capitanelli, R.G., Velasco, M.I., Barrera, R.O., Ostuni, J.P. Furlani de Civit, M.E., Gaignard, R., 1968. *La geografía en la República Argentina*. Ed: Paidós. Buenos Aires. 230 pp.

CAPÍTULO 9:

9.1 LISTADO DE IMÁGENES UTILIZADAS

N°	Satelite	Nombre	Característica	Tipo	Fecha de captura	Convenio de obtención
1	SPOT	SPOT 4	multiespectral (20 m)	Optica	17/mar/12	
2	SPOT	SPOT 4		Optica		
3	MODIS	NDVI_2000049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
4	MODIS	NDVI_2000065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/mar/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
5	MODIS	NDVI_2000081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/mar/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
6	MODIS	NDVI_2000097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	8/abr/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
7	MODIS	NDVI_2000113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	24/abr/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
8	MODIS	NDVI_2000129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/may/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
9	MODIS	NDVI_2000145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/may/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
10	MODIS	NDVI_2000161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	11/jun/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
11	MODIS	NDVI_2000177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	27/jun/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
12	MODIS	NDVI_2000193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/jul/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
13	MODIS	NDVI_2000209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/jul/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
14	MODIS	NDVI_2000225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/ago/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
15	MODIS	NDVI_2000241_M13	Producto elaborado	Optica	30/ago/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

			MODIS			
16	MODIS	NDVI_2000257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	15/sep/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
17	MODIS	NDVI_2000273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/oct/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
18	MODIS	NDVI_2000289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/oct/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
19	MODIS	NDVI_2000305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/nov/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
20	MODIS	NDVI_2000321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/nov/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
21	MODIS	NDVI_2000337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	4/dic/00	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
22	MODIS	NDVI_2001001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
23	MODIS	NDVI_2001017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
24	MODIS	NDVI_2001033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
25	MODIS	NDVI_2001049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
26	MODIS	NDVI_2001065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
27	MODIS	NDVI_2001081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
28	MODIS	NDVI_2001097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
29	MODIS	NDVI_2001113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
30	MODIS	NDVI_2001129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
31	MODIS	NDVI_2001145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

32	MODIS	NDVI_2001161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
33	MODIS	NDVI_2001177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
34	MODIS	NDVI_2001193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
35	MODIS	NDVI_2001209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
36	MODIS	NDVI_2001225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
37	MODIS	NDVI_2001241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
38	MODIS	NDVI_2001257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
39	MODIS	NDVI_2001273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
40	MODIS	NDVI_2001289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
41	MODIS	NDVI_2001305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
42	MODIS	NDVI_2001321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
43	MODIS	NDVI_2001337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
44	MODIS	NDVI_2001353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/01	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
45	MODIS	NDVI_2002001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
46	MODIS	NDVI_2002017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
47	MODIS	NDVI_2002033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
48	MODIS	NDVI_2002049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

49	MODIS	NDVI_2002065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
50	MODIS	NDVI_2002081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
51	MODIS	NDVI_2002097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
52	MODIS	NDVI_2002113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
53	MODIS	NDVI_2002129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
54	MODIS	NDVI_2002145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
55	MODIS	NDVI_2002161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
56	MODIS	NDVI_2002177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
57	MODIS	NDVI_2002193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
58	MODIS	NDVI_2002209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
59	MODIS	NDVI_2002225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
60	MODIS	NDVI_2002241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
61	MODIS	NDVI_2002257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
62	MODIS	NDVI_2002273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
63	MODIS	NDVI_2002289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
64	MODIS	NDVI_2002305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
65	MODIS	NDVI_2002321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

66	MODIS	NDVI_2002337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
67	MODIS	NDVI_2002353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/02	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
68	MODIS	NDVI_2003001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
69	MODIS	NDVI_2003017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
70	MODIS	NDVI_2003033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
71	MODIS	NDVI_2003049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
72	MODIS	NDVI_2003065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
73	MODIS	NDVI_2003081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
74	MODIS	NDVI_2003097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
75	MODIS	NDVI_2003113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
76	MODIS	NDVI_2003129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
77	MODIS	NDVI_2003145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
78	MODIS	NDVI_2003161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
79	MODIS	NDVI_2003177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
80	MODIS	NDVI_2003193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
81	MODIS	NDVI_2003209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
82	MODIS	NDVI_2003225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

83	MODIS	NDVI_2003241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
84	MODIS	NDVI_2003257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
85	MODIS	NDVI_2003273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
86	MODIS	NDVI_2003289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
87	MODIS	NDVI_2003305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
88	MODIS	NDVI_2003321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
89	MODIS	NDVI_2003337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
90	MODIS	NDVI_2003353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/03	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
91	MODIS	NDVI_2004001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
92	MODIS	NDVI_2004017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
93	MODIS	NDVI_2004033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
94	MODIS	NDVI_2004049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
95	MODIS	NDVI_2004065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/mar/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
96	MODIS	NDVI_2004081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/mar/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
97	MODIS	NDVI_2004097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	8/abr/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
98	MODIS	NDVI_2004113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	24/abr/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
99	MODIS	NDVI_2004129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/may/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

100	MODIS	NDVI_2004145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/may/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
101	MODIS	NDVI_2004161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	11/jun/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
102	MODIS	NDVI_2004177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	27/jun/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
103	MODIS	NDVI_2004193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/jul/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
104	MODIS	NDVI_2004209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/jul/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
105	MODIS	NDVI_2004225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/ago/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
106	MODIS	NDVI_2004241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/ago/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
107	MODIS	NDVI_2004257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	15/sep/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
108	MODIS	NDVI_2004273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/oct/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
109	MODIS	NDVI_2004289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/oct/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
110	MODIS	NDVI_2004305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/nov/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
111	MODIS	NDVI_2004321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/nov/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
112	MODIS	NDVI_2004337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	4/dic/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
113	MODIS	NDVI_2004353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	20/dic/04	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
114	MODIS	NDVI_2005001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
115	MODIS	NDVI_2005017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
116	MODIS	NDVI_2005033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

117	MODIS	NDVI_2005049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
118	MODIS	NDVI_2005065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
119	MODIS	NDVI_2005081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
120	MODIS	NDVI_2005097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
121	MODIS	NDVI_2005113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
122	MODIS	NDVI_2005129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
123	MODIS	NDVI_2005145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
124	MODIS	NDVI_2005161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
125	MODIS	NDVI_2005177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
126	MODIS	NDVI_2005193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
127	MODIS	NDVI_2005209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
128	MODIS	NDVI_2005225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
129	MODIS	NDVI_2005241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
130	MODIS	NDVI_2005257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
131	MODIS	NDVI_2005273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
132	MODIS	NDVI_2005289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
133	MODIS	NDVI_2005305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

134	MODIS	NDVI_2005321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
135	MODIS	NDVI_2005337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
136	MODIS	NDVI_2005353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/05	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
137	MODIS	NDVI_2006001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
138	MODIS	NDVI_2006017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
139	MODIS	NDVI_2006033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
140	MODIS	NDVI_2006049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
141	MODIS	NDVI_2006065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
142	MODIS	NDVI_2006081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
143	MODIS	NDVI_2006097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
144	MODIS	NDVI_2006113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
145	MODIS	NDVI_2006129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
146	MODIS	NDVI_2006145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
147	MODIS	NDVI_2006161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
148	MODIS	NDVI_2006177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
149	MODIS	NDVI_2006193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
150	MODIS	NDVI_2006209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

151	MODIS	NDVI_2006225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
152	MODIS	NDVI_2006241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
153	MODIS	NDVI_2006257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
154	MODIS	NDVI_2006273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
155	MODIS	NDVI_2006289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
156	MODIS	NDVI_2006305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
157	MODIS	NDVI_2006321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
158	MODIS	NDVI_2006337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
159	MODIS	NDVI_2006353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/06	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
160	MODIS	NDVI_2007001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
161	MODIS	NDVI_2007017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
162	MODIS	NDVI_2007033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
163	MODIS	NDVI_2007049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
164	MODIS	NDVI_2007065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
165	MODIS	NDVI_2007081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
166	MODIS	NDVI_2007097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
167	MODIS	NDVI_2007113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

168	MODIS	NDVI_2007129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
169	MODIS	NDVI_2007145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
170	MODIS	NDVI_2007161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
171	MODIS	NDVI_2007177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
172	MODIS	NDVI_2007193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
173	MODIS	NDVI_2007209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
174	MODIS	NDVI_2007225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
175	MODIS	NDVI_2007241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
176	MODIS	NDVI_2007257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
177	MODIS	NDVI_2007273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
178	MODIS	NDVI_2007289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
179	MODIS	NDVI_2007305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
180	MODIS	NDVI_2007321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
181	MODIS	NDVI_2007337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/07	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
182	MODIS	NDVI_2007353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
183	MODIS	NDVI_2008001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
184	MODIS	NDVI_2008017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

185	MODIS	NDVI_2008033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
186	MODIS	NDVI_2008049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
187	MODIS	NDVI_2008065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/mar/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
188	MODIS	NDVI_2008081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/mar/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
189	MODIS	NDVI_2008097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	8/abr/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
190	MODIS	NDVI_2008113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	24/abr/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
191	MODIS	NDVI_2008129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/may/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
192	MODIS	NDVI_2008145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/may/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
193	MODIS	NDVI_2008161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	11/jun/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
194	MODIS	NDVI_2008177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	27/jun/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
195	MODIS	NDVI_2008193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/jul/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
196	MODIS	NDVI_2008209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/jul/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
197	MODIS	NDVI_2008225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/ago/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
198	MODIS	NDVI_2008241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/ago/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
199	MODIS	NDVI_2008257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	15/sep/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
200	MODIS	NDVI_2008273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/oct/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
201	MODIS	NDVI_2008289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/oct/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

202	MODIS	NDVI_2008305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/nov/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
203	MODIS	NDVI_2008321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/nov/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
204	MODIS	NDVI_2008337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	4/dic/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
205	MODIS	NDVI_2008353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	20/dic/08	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
206	MODIS	NDVI_2009001_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/ene/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
207	MODIS	NDVI_2009017_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
208	MODIS	NDVI_2009033_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	2/feb/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
209	MODIS	NDVI_2009049_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	18/feb/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
210	MODIS	NDVI_2009065_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	6/mar/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
211	MODIS	NDVI_2009081_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	22/mar/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
212	MODIS	NDVI_2009097_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	7/abr/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
213	MODIS	NDVI_2009113_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	23/abr/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
214	MODIS	NDVI_2009129_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	9/may/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
215	MODIS	NDVI_2009145_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	25/may/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
216	MODIS	NDVI_2009161_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	10/jun/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
217	MODIS	NDVI_2009177_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	26/jun/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
218	MODIS	NDVI_2009193_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	12/jul/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php

219	MODIS	NDVI_2009209_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	28/jul/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
220	MODIS	NDVI_2009225_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	13/ago/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
221	MODIS	NDVI_2009241_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	29/ago/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
222	MODIS	NDVI_2009257_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	14/sep/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
223	MODIS	NDVI_2009273_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	30/sep/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
224	MODIS	NDVI_2009289_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	16/oct/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
225	MODIS	NDVI_2009305_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	1/nov/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
226	MODIS	NDVI_2009321_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	17/ene/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
227	MODIS	NDVI_2009337_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	3/dic/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
228	MODIS	NDVI_2009353_M13	Producto elaborado MODIS	Optica	19/dic/09	http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php
229	SRTM	SRTM	Resolución espacial 90 m	MDT		http://srtm.csi.cgiar.org/ / http://earthexplorer.usgs.gov/
230	SRTM	SRTM	Resolución espacial 30 m	MDT		
231	DEM	SRTM	Resolución espacial 45 m	MDT		http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/
232	ASTER G-DEM	ASTER GLOBAL DEM		MDT		http://earthexplorer.usgs.gov/