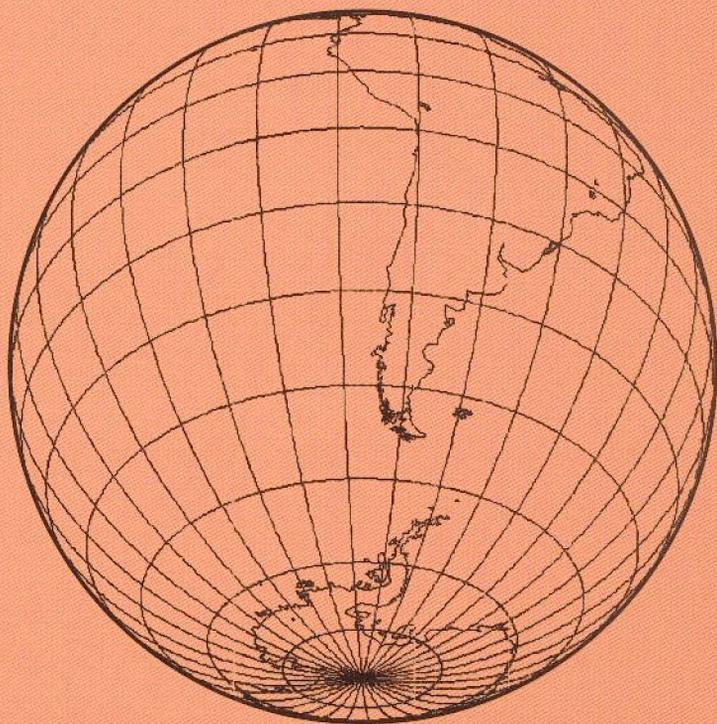




SOCIEDAD CHILENA
DE CIENCIAS GEOGRAFICAS

ANALES

SOCIEDAD CHILENA DE
CIENCIAS GEOGRAFICAS



2008

Santiago de Chile, 2009

GROSSO, MARÍA VIRGINIA Rol de las aguas residuales en la configuración territorial de una zona árida. Mendoza, Argentina.....	68
IRIBARREN A., PABLO Antecedentes de geomorfología paraglacial. Andes semiáridos de Chile.....	76
MÁRQUEZ REYES, RODRIGO EDUARDO Percepción comunitaria del riesgo frente a amenazas de inundación al interior de la ciudad de Osorno: una herramienta de trabajo para la planificación a escala local	82
NOVOA, JOSÉ ENRIQUE; MORA FERNÁNDEZ, JORGE; ARÉVALO, JORGE; CASTILLO, CLAUDIA; CÓRDOVA, ANA MARÍA; CORTÉS, JIMENA; ORREGO, CRISTIAN; SALVATIERRA, ANGÉLICA; SIERRA, CARLOS y VÁSQUEZ, CLAUDIO Caracterización textural de suelos: valle del río Huasco.....	90
PEÑA, ÓSCAR; GANDULLO, RICARDO; CAMPO, ALICIA M. Comportamiento decádico de la vegetación en un mallín norpatagónico	97
PEÑA-CORTÉS, FERNANDO Unidades geocológicas en cuencas del borde costero de la Región de La Araucanía, sur de Chile	106
ROMERO, HUGO; ÓRDENES, FERNANDO Evaluación de la dinámica de los sistemas territoriales de las cuencas de los ríos Baker y Pascua, Región de Aysén.....	113
ROMERO, HUGO; SARRICOLEA, PABLO Justicia ambiental, islas de calor urbano y contaminación por material particulado en la ciudad de Santiago	119
ZÁRATE CAMPAÑA, ENRIQUE Evolución de los balances hídricos en la comuna de Casablanca (Chile) y su impacto en el paisaje	126

GEOGRAFÍA HUMANA Y DINÁMICAS SOCIOESPACIALES

BARRÍA LARENAS, CÉSAR; TRONCOSO MORA, MANUEL La cazuela chilena a través de la geografía regional	135
BIANCHI DÍAZ, MARÍA GABRIELA Migrantes chilenos en Bahía Blanca, Argentina: acceso a la vivienda y segregación residencial	141

UNIDADES GEOECOLÓGICAS EN CUENCAS DEL BORDE COSTERO DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA, SUR DE CHILE

FERNANDO PEÑA-CORTÉS¹, MARCOS CISTERNAS², CARLOS BERTRÁN³,
ENRIQUE HAUENSTEIN⁴, JAIME TAPIA⁵, GONZALO REBOLLEDO⁶
y MIGUEL ESCALONA-ULLOA⁷

Resumen

La información que se presenta corresponde a los resultados preliminares de la fase de identificación y definición de las unidades de análisis del estudio FONDECYT 1080317, cuyo objetivo es la evaluación de los efectos geoecológicos de la ocupación humana (histórica y actual) en el paisaje de las cuencas del borde costero de la Región de La Araucanía, antecedentes que se usarán como base para la implementación de propuestas de planificación territorial. El estudio morfométrico de las cuencas hidrográficas, junto a la caracterización geomorfológica, hidrológica y vegetacional, permiten la identificación de unidades ambientales y pisos geoecológicos, que facilitan un análisis comparativo de los gradientes ambientales. En este estudio se espera que la evaluación de las condiciones de fragilidad y estabilidad, permitan contribuir a la implementación de una red de monitoreo para la toma de datos fisicoquímicos, biológicos y sedimentológicos que permitan un análisis a escala de paisaje, considerando el uso de suelo, la estructura agraria y el régimen de tenencia de la tierra. Todo esto permitirá evaluar los principales impactos geoecológicos generados por las actividades productivas actuales e históricas, las cuales serán utilizadas como insumos en la elaboración

- ¹ Profesor, Dr. en Ciencias Ambientales. Laboratorio de Planificación Territorial, Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile. E-mail: fpena@uctemuco.cl Teléfono 56-45-205469
- ² Profesor, Dr. en Ciencias Ambientales. Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de recursos naturales. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 2059, Valparaíso, Chile. marco.cisternas@ucv.cl
- ³ Profesor, Dr. en Ciencias. Instituto de Zoología, Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile. cbertran@uach.cl
- ⁴ Profesor, MSc mención botánica. Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D. ehauen@uct.cl
- ⁵ Licenciado en Química, Dr. en Ciencias Ambientales. Instituto de Química de Recursos Naturales. Universidad de Talca. Casilla 747, Talca, Chile. jtapia@utalca.cl
- ⁶ Biólogo, MSc mención producción manejo y conservación de recursos naturales. Laboratorio de Planificación Territorial, Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile. grebolle@uct.cl
- ⁷ Biólogo, Mg en planificación y gestión territorial. Laboratorio de Planificación Territorial, Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile. mescalon@uct.cl

de criterios y propuestos para la planificación territorial de las cuencas del borde costero de La Araucanía.

Abstract

The information presented relates to the preliminary results of a stage of identification and definition of analysis units from the research FONDECYT 1080317, which aims to assess geoeological effects of human occupation (historical and current) in the landscape of the coastal watersheds of the La Araucanía region. This background will provide a basis for implementing proposals for land planning. Morphometric study of watersheds along with geomorphological, hydrological and vegetational characterization will allow to identify environmental and geoeological units, which facilitate a comparative analysis concerning environmental gradients. In this research it is expected that the assessment of the conditions of fragility and stability will contribute to implement a monitoring network for taking physicochemical, biological and sedimentological data for a landscape-scale analysis, considering the use of land, agrarian structure and the land tenure. These will assess the major geoeological impacts generated by current and historical production, which will be used as input in developing criteria and proposals for the planning of the watersheds from the coastal strip of the La Araucanía region.

Introducción

Las cuencas costeras albergan diferentes paisajes definidos por distintas tipologías de geofomas y ecosistemas de importancia para la productividad biológica y económica, conformando sistemas naturales de alta complejidad. Estas unidades se encuentran entre los ecosistemas más dinámicos de la tierra y presentan una enorme complejidad espacial y temporal. La cuenca se caracteriza por la interacción de diversos componentes, entre los que se pueden mencionar: los físicos (e.g. el agua y el suelo), los biológicos (e.g. plantas y animales) y los antropogénicos (e.g. socioeconómicos y culturales) (Dardón & Morales, 2002; Postel y Thomson, 2005), elementos que determinan un mosaico de distintas clases de uso de suelo, tales como bosques, pastizales, humedales, zonas agrícolas y áreas urbanas. En este contexto, la conservación y uso racional de la cuenca hidrográfica, en especial de las cuencas costeras que presentan humedales, constituye un objetivo de gran interés global (Ramsar, 2004), puesto que su modificación por efecto del desarrollo rápido y no sostenible puede generar graves efectos ambientales. En este marco, los elementos y patrones de origen antropogénico condicionan su estado ambiental, donde un mal manejo puede causar la desestabilización del sistema.

Para abordar el estudio de cuencas es posible usar la geoeología, la cual se entiende como la ciencia de la interrelación total y compleja entre los organismos y sus factores ambientales. Esta disciplina busca comprender la estructura y composición de los paisajes, así como las interrelaciones entre los geocomponentes, su interdistribución y disposición espacial. Evalúa la influencia de los aspectos geomorfológicos, hidrológicos y climáticos, y su relación con los sistemas bióti-

cos y antrópicos, y los paisajes a diferentes escalas (Troll 1972). El punto de vista aportado por geógrafos y geólogos contribuye a una perspectiva más global, al centrar gran parte de sus esfuerzos, en la influencia de los aspectos geomorfológicos, hidrológicos y climáticos de los paisajes a diferentes escalas (Kullman 1997, Gordon *et al.* 2002). Sin embargo, los especialistas concuerdan que muy pocos paisajes pueden interpretarse solo con la ayuda de las llamadas geociencias, debido a la generalizada transformación que han sufrido por actividades humanas (Epstein *et al.* 2005). Por ello, en geocología se trata de estudiar la dinámica del paisaje a partir de la geografía física, teniendo en cuenta que una parte muy importante de esta dinámica y de esa organización responde a la forma en que el hombre utiliza el territorio (García-Ruiz 1990).

Objetivos

En este trabajo se caracterizan las cuencas hidrográficas y condiciones ambientales del borde costero de La Araucanía, que permiten abordar la definición geográfica de pisos geocológicos considerando elementos morfométricos, geomorfológicos, hidrológicos, vegetacionales y de uso de suelo, como unidades de interpretación de los procesos en el paisaje y orientadoras para su manejo futuro.

Metodología

Área de estudio

El área de estudio corresponde al borde costero de la Región de La Araucanía, con un área total de 221.993 hectáreas. El territorio se extiende sobre cordones montañosos, plataformas de erosión marina y extensas planicies fluviomarinas, en las que se manifiestan extensos y diversos humedales (Peña-Cortés *et al.*, 2006a, b). Aquí se encuentran cuatro cuencas costeras: cuenca del río Moncul (44.747 ha), Budi (48.494 ha), Chelle (9.267 ha) y Queule (69.144 ha).

Caracterización morfológica y morfométrica

La caracterización morfológica y morfométrica de las cuencas, subcuencas y microcuencas se realizó a partir de la cartografía topográfica, DEM SRTM y ASTER. La delimitación de estas unidades y la red de drenaje se realizó complementando el análisis cartográfico clásico en base a cartografía topográfica IGM escala 1:25.000 y 1:50.000, con el modelamiento espacial que permite ArcGIS y la Extensión ArcHydro, de tal forma que fue posible calcular las áreas de escorrentía para cada unidad y definir la red de drenaje. El modelamiento permite representar niveles jerárquicos dentro de la red de drenaje, a fin de poder construir una base de datos y modelo espacial para análisis. Las cuencas fueron caracterizadas según: (1) la forma (índice de Patton, categorizado por Henao [1980] en formas que van desde redonda a amorfa), (2) el tamaño de la cuenca (en hectáreas), (3) la pendiente media (en grados, calculados por análisis zonal), (4) la densidad de drenaje (baja, moderada, alta), (5) la variación de altitud (Mínima, máxima, media), y (6) curvas hipsométricas.

Determinación de los pisos geoecológicos

La definición de pisos geoecológicos y su determinación geográfica se basó en el cruce de información de tres análisis complementarios: el análisis hidrológico, el uso y cobertura del suelo y el análisis geomorfológico. El análisis hidrológico permitió caracterizar morfológica y morfométricamente cada cuenca, procedimiento que se complementó con un análisis topográfico zonal. De esta forma se determinan los rangos altitudinales y su representación en las cuencas, así como las características que se relacionan con el comportamiento hidrológico. Por su parte, el uso y cobertura del suelo se analizó a partir de las estadísticas de superficie, para coberturas de suelo y tipos forestales. Finalmente, el análisis geomorfológico, permitió evaluar las geoformas que definen las condiciones de desarrollo de los sistemas naturales, las características de los suelos y las condiciones del relieve. Todos los procedimientos se complementaron con el análisis de expertos lo que permitió construir la agregación.

Para definir el modelo espacial de representación de los pisos geoecológicos, se trabajó en formato raster con resolución de 50*50m de pixel. Se utilizó una operación de álgebra de mapas condicional con *raster calculator* de ArcGIS, a fin de discriminar las combinaciones de factores y obtener el modelo espacial de pisos geoecológicos los que fueron finalmente cruzados con las capas de cuencas hidrográficas a fin de estimar las superficies de representación.

Resultados

Caracterización morfométrica

En el borde costero de La Araucanía se presentan seis cuencas hidrográficas principales, con una superficie que varía entre 1.922 ha y 69.143 ha, y con formas que van desde oval-redonda (Danquil) a amorfas (Laguna Puyehue y Queule). En general, el drenaje de las cuencas es moderado, con excepción de la cuenca Danquil, que se categorizó como alta. Por su parte, la cuenca con la altitud promedio más alta corresponde a Moncul, con 282 m, mientras que la Laguna Puyehue se ubica a la más baja altitud con 28 m. Las dos cuencas mayores, Moncul y Queule, presentan alta complejidad y respuestas diversas a los elementos naturales, determinadas por la relación morfométrica y los patrones de uso históricos y actuales; Moncul es una cuenca cóncavo-convexa, con una zona de montaña importante; por su parte, Queule es mayoritariamente convexa, con fuertes pendientes de ladera y amplias llanuras aluviales (Tabla 1).

Pisos geoecológicos

El borde costero presenta una amplia variabilidad ambiental, representada en su variabilidad altitudinal, que va desde unos metros bajo el nivel del mar hasta los 870 m; patrones de uso divergentes, condicionados por elementos socio-culturales y económicos, presencia de elementos de alta naturalidad y diversidad paisajística, formaciones vegetacionales especiales y una dinámica morfogenética compleja. En este marco, es posible determinar seis pisos geoecológicos que son

claramente diferenciables desde el punto de vista ambiental. Estos niveles se caracterizan por la combinación de cuatro factores: (1) altitud, (2) geomorfología y procesos, (3) pisos botánicos y tipos vegetacionales y (4) uso de suelo (Tabla 2). El análisis de expertos y el análisis espacial dan cuenta del reconocimiento de la complejidad de los patrones de uso y su relación con los elementos naturales que facilitan o dificultan el desarrollo de cada actividad productiva.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a la fecha indican que en el borde costero de La Araucanía es posible identificar una alta diversidad de cuencas hidrográficas, con características particulares (e.g. forma, densidad de drenaje, pendiente y altitud) que permiten orientar un trabajo de manejo sustentable en el área, reconociendo la complejidad estructural del sistema y los elementos del relieve, los cuales determinan las características de fragilidad de este espacio geográfico, especialmente si se consideran las particularidades geológicas, geomorfológicas y de uso del suelo, su extensión y las altas pendientes, lo que implica respuestas muy rápidas a episodios meteorológicos fuertes. Por su parte, los seis pisos geocológicos identificados dan cuenta de la diversidad de paisajes, que incluye llanuras costeras y cordones montañosos. Por otra parte, también fue posible identificar espacios estables asociados a la presencia de bosque nativo, lo que plantea la necesidad de su protección. Esta información de base permitirá caracterizar la importancia de cada espacio para los procesos geocológicos del sistema costero, así como orientar las propuestas territoriales necesarias para su conservación.

Agradecimientos

Al Proyecto FONDECYT 1080317 "Efectos antrópicos sobre el paisaje costero de La Araucanía: geocología aplicada a la planificación y gestión territorial en cuencas hidrográficas".

TABLA 1
CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LAS CUENCAS DEL BORDE
COSTERO DE LA ARAUCANÍA

Característica	Cuenca	Danquíl	Moncul	Budi	Estero Chelle	Laguna Puyehue	Queule
Sup (ha)		1.922,6	44.746,9	48.493,7	9.267,4	3.718,6	69.143,8
Forma	Índice	1,46	1,44	1,57	1,55	3,04	2,60
	Clase Forma	Oval redonda	Oval redonda	Oval oblonga	Oval oblonga	Amorfa	Amorfa
Dens. drenaje (km/km ²)	Índice	2,59	2,29	2,12	2,37	1,96	2,30
	Categoría	Alta	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Pendiente media (°)		8,0	8,7	5,8	5,0	1,6	10,4
Altitud (msnm)	Med	227	282	75	72	28	58
	Max	557	870	405	364	227	806
	Min	16	-1	-2	2	0	0
	?	541	871	407	362	227	806

TABLA 2
MATRIZ DE DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PISOS GEOECOLÓGICOS DEL BORDE COSTERO DE LA ARAUCANÍA

Piso geoecológico	Características altitudinal	Geomorfología y procesos	Pisos botánicos y tipos vegetaciones	Uso de suelo
Montaña metamórfica costera en piso forestal nativo	Sobre 600 msnm	Cordones montañosos en roca metamórficas con intrusiones graníticas, pendientes fuertes	CORATE; RORACO - Siempre Verde	Cobertura dominante bosque nativo, con praderas y áreas de expansión forestal
Media montaña metamórfica costera en piso forestal mixto	Entre 400 - 600 m	Cordones montañosos en roca metamórficas con intrusiones graníticas, pendientes medias, inestabilidad estructural	RORACO, Siempre Verde	Patrón de uso mixto con matriz agropecuaria, forestal y bosque nativo de relativa proporcionalidad
Montaña y plataformas metamórficas costeras piso mixto y morfogénesis hídrica	Entre 200 - 400 msnm	Cordones, plataformas y terrazas pendientes medias, inestabilidad estructural, procesos erosivos	RORACO, Siempre Verde	Patrón de uso mixto con matriz agropecuaria, forestal y bosque nativo, con dominancia forestal.
Plataformas, laderas bajas y fondos de valle	Entre 100 y 250 msnm	Plataformas, terrazas y llanuras de inundación, procesos erosivos y anegamiento	RORACO, Siempre Verde (Canelo, Mirtáceas)	Patrón de uso mixto con matriz dominante agropecuaria, expansión forestal reciente y renovales y bosque pantanosos
Planicies y llanuras fluviomarinas	Hasta los 100 msnm	Llanuras de inundación de cuencas basales, llanuras fluviomarinas, terrazas fluviales. Anegamiento	Siempre Verde (Canelo, Mirtáceas), vegetación palustre	Patrón de uso mixto con matriz dominante agropecuaria, renovales y bosque pantanosos, presencia de humedales
Espacios Litorales y campos de dunas	Hasta 50 msnm	Playas, estranes, campos de dunas y acantilados	Casi nula, vegetación dunaria	Playas, plantaciones forestales y vegetación herbacia de control de avance dunario

Palabras clave: paisaje, geoecología, cuencas hidrográficas, borde costero.

Key words: Landscape, geoecology, watersheds, coastal strip.

Bibliografía

- DARDÓN, S. y C. MORALES G. 2002. La cuenca hidrográfica y su importancia para la gestión regional del desarrollo sustentable del altiplano occidental de Guatemala. Centro pluricultural para la democracia (CPD) "Kemb'al Tini-mit" miembro del movimiento TZUK KIM POP. p. 32.
- EPSTEIN N., M. VERMEIJ, R. BAK & B. RINKEVICH (2005) Alleviating impacts of anthropogenic activities by traditional conservation measures: can a small reef reserve be sustainably managed? *Biological conservation* 121: 243-255.
- GARCÍA-RUIZ J. (1990) Geoecología de las áreas de montaña. Georreforma Ediciones, España.
- GORDON J., I. DVORÁK, C. JONASSON, M. JOSEFSSON, M. KOCIÁNOVÁ & D. THOMPSON (2002) Geo-ecology and management of sensitive montane landscapes. *Geografiska annaler* 84 A(3-4):193-203.
- KULLMAN L. (1997) Tree-limit stress and disturbance a 25-year survey of geoecological change in the scandes mountains of Sweden. *Geografiska Annaler* 79 A(3): 139-165.
- PEÑA-CORTÉS, F.; P. GUTIÉRREZ; G. REBOLLEDO; M. ESCALONA; E. HAUENSTEIN; C. BERTRÁN; R. SCHLATTER y J. TAPIA. 2006a. Determinación del nivel de antropización de humedales como criterio para la planificación ecológica de la cuenca del lago Budi, IX Región de La Araucanía, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*. 36:75-91.
- PEÑA-CORTÉS, F.; G., REBOLLEDO; K., HERMOSILLA; E., HAUENSTEIN; C., BERTRÁN; R., SCHLATTER y J., TAPIA. 2006b. Dinámica del paisaje para el periodo 1980-2004 en la cuenca costera del Lago Budi, Chile. *Consideraciones para la conservación de sus humedales. Ecología Austral* 16:183-196.
- POSTEL, S. y B. THOMPSON. 2005. Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. *Natural Resources Forum* 29:98-108.
- RAMSAR. 2004. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales. Secretaría de la Convención de Ramsar. Gland Suiza. [En línea] <<http://www.ambiente.gov.ar/default.asp?IdArticulo=1194>>. [02 de abril de 2009]. 219
- TROLL C. 1972. *Geoecology of the High-Mountain Regions of Eurasia*. Coronet Books.