









**Universidad de La Serena  
Chile**



**UNIVERSITY OF  
REGINA**  
**University of Regina  
Canada**

### **MCRI Project**

**INSTITUTIONAL ADAPTATIONS TO CLIMATE CHANGE**  
**Comparative study of dryland river basins in Canada and Chile**

**DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA DE LA HOYA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ELQUI**  
**(REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE)**  
**Cartographic description of the Elqui River Basin**  
**(Region of Coquimbo, Chile)**

***Ricardo Cabezas C.<sup>1,4</sup> Jorge Cepeda P.<sup>2,5</sup> & Andrés Bodini S.<sup>3,6</sup>***

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía. Universidad de La Serena. Ovalle

<sup>2</sup> Departamento de Biología. Universidad de La Serena. La Serena

<sup>3</sup> Unidad SIG (convenio ULS-UR). Universidad de La Serena

<sup>4</sup> [rcabezas@userena.cl](mailto:rcabezas@userena.cl)

<sup>5</sup> [jcepeda@userena.cl](mailto:jcepeda@userena.cl)

<sup>6</sup> [abodini@yahoo.com](mailto:abodini@yahoo.com)

**2007**

**DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA DE LA HOYA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ELQUI,  
REGIÓN DE COQUIMBO (Chile)  
(Cartographic description of the Elqui River Basin). Coquimbo Region (Chile).**

© 2007, UNIVERSIDAD DE LA SERENA, LA SERENA, CHILE.

*Registro de Propiedad Intelectual 152 568 del 16 de enero de 2006.*

*ISBN 956 7393 249*

*Creative Commons Chile By – Nc – Nd 2.5*

*Esta obra está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 2.0 Chile de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/cl/> o envíe una carta a Creative Commons, 599 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.*

*Créditos*



*Fotografías: Jorge Cepeda Pizarro  
Cartografía SIG: Ricardo Cabezas Cartes*

**Correspondencia:**

*Ricardo Cabezas Cartes (rcabezas@userena.cl)  
Jorge Cepeda Pizarro (jcepeda@userena.cl)  
Departamento de Biología  
Benavente 980. Casilla 599  
Universidad de La Serena  
La Serena, Chile*

**DERECHOS RESERVADOS PARA TODOS LOS PAISES**

*Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, transmitida o almacenada por procedimiento mecánico, óptico, químico o electrónico, incluidas las fotocopias, sin la autorización expresa de la Universidad de La Serena.*

*Los Mapas incluidos en esta obra no comprometen, en modo alguno, al estado chileno De acuerdo con el Artículo 2º letra (g) del DFL N° 83 de 1979, del Ministerio de Relaciones Exteriores.*



**Vista panorámica de la localidad de Pisco Elqui (950 msnm)**  
**(Foto superior: verano; foto inferior: otoño)**  
**Panoramic view of Pisco Elqui locality (950 masl)**  
**(Upper picture: summer; lower picture: fall)**

Esta publicación ha sido financiada por el proyecto *Institucional Adaptations to Climate Change: Comparative Study of Dryland river Basin in Canada and Chile* (un proyecto SSHRC-MCRI, Canadá), a través del Convenio de Investigación entre la Universidad de Regina (Canadá) y la Universidad de La Serena (Chile).

**La Serena, 2007**



## ***PRESENTACIÓN***

En enero del año 2004 se inicia el proyecto titulado “*Adaptación Institucional al Cambio Climático*”. Dicha iniciativa es financiada a través de un “grant” del Programa MCRI (Multi Collaborative Research Initiatives) del **Consejo de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades de Canadá** (SSHRC). El proyecto se desarrolla con la participación de un equipo interdisciplinario de 15 investigadores (liderados por académicos de la Universidad de Regina, Canadá), pertenecientes a universidades canadienses y chilenas. Al mismo tiempo once agencias estatales e institutos en Canadá y Chile han destinado recursos al desarrollo e implementación de la propuesta.

El objetivo central del proyecto se orienta a estudiar la capacidad adaptativa institucional ante los impactos del cambio climático. La meta del trabajo pretende desarrollar una comprensión sistemática e integral de la capacidad de instituciones regionales a fin de formular y desarrollar estrategias de adaptación a los riesgos e impactos pronosticados en relación al cambio climático, en lo referente al suministro y manejo del agua en ambientes de zonas áridas. Esta meta se aborda a través del estudio comparativo de regiones en diversas etapas de vulnerabilidad social y ambiental: **las cuencas del río Saskatchewan Sur (SSRB) en Canadá Occidental y la del río Elqui (ERB), en el Norte Chico de Chile**. Ambas regiones tienen un clima seco contiguo a un sistema importante de montañas en riesgo de desertificación. Asimismo ambas regiones revelan dependencia de la economía agrícola de agua de riego derivada de la nieve y glaciares de las montañas.

La incertidumbre climática unida a futuras condiciones de mayor sequía permiten predecir que ambas regiones se verán afectadas similarmente por el cambio climático.

La presente colección de mapas cartográficos constituye parte de los resultados de los dos primeros años de ejecución del citado proyecto. Su elaboración y publicación se realiza gracias al aporte conjunto del proyecto y de la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena.

A partir de la información proporcionada por la Cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) e Imágenes Landsat Thematic Mapper, en este trabajo se desarrollan 28 cartas de la hoya hidrográfica del Río Elqui (IV Región de Coquimbo, Chile).

Los tres primeros mapas (1-3) se presentan a fin de localizar el área de estudio en la región y el país, como asimismo ubican los centros poblados que pudieran ser afectados por los cambios climáticos.

Las cartas siguientes (3,4 5, 6, 8, 9 y 10) están orientadas a mostrar el relieve desde distintas perspectivas, lo cual se justifica a partir del hecho que la zona de estudio es particularmente montañosa, lo que incide en gran medida en la diversificación de las condiciones locales.

A continuación se presentan dos interesantes mapas (11 y 12) con las características vegetacionales. Estas cartas permiten establecer la cantidad y calidad de la vegetación en cada lugar.

Los mapas (13-19) hidrográfico, climático, de precipitación anual, déficit hídrico y de temperaturas (totales, máxima y mínima) tienen relación directa con el objetivo del proyecto, en tanto muestran las condiciones atmosféricas en las zonas de estudio.

Las cartas siguientes (20-27 y 28) se destinan a presentar como la agricultura puede afectarse por el cambio climático. Destaca el mapa de riesgos de avalanchas y aluviones lo cual puede facilitar la confección de escenarios futuros y la respectiva planificación y toma de decisiones ante la presencia de eventuales desastres.

Por último, los mapas de serie y capacidad de uso de suelos (21-26) de las comunas de La Serena, Vicuña y Paihuano permiten contar con una información más acabada sobre los efectos del cambio climático.

Cabe destacar que este conjunto de mapas reúne la mayor variedad de información regional disponible hasta ahora, existiendo además la posibilidad que durante el desarrollo y consecución de este proyecto se genere material complementario.

***Sonia Salas B. Ph. D.  
Coordinadora en Chile Proyecto SSHRC.  
La Serena, 2007***

**UNA DESCRIPCIÓN CARTOGRÁFICA GENERAL DE LA HOYA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ELQUI  
(REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE)**

**A general cartographic description of the Elqui River Basin  
(Region of Coquimbo, Chile)**

**J CEPEDA P<sup>1</sup> & M ROBLES I<sup>2</sup>**

**Abstract.** A general description of biophysical features of the Elqui River basin is made in this section. Details are provided in the appropriate sections that follow in this document. The Elqui river basin extends for 9.794 km<sup>2</sup> in the northern part of the Chilean IV Region (29° 02' a 32° 16' S; 69° 45' a 71° 40' O). The river flows from the Andean Mountains to the Pacific Ocean in a tract of ~170 km. Its tributaries, in the Andes, are the Claro and the Turbio rivers which drain from the north, south, and east of Chilean territory, close to the Chilean-Argentinean border. At this point, the Andean summits are close to or above 5.000 masl, by which flow is fast and watercourses are loaded with sediments, especially during snow melting. The Claro and Turbio rivers have a very pronounced longitudinal profile, with narrow alluvial plains. In contrast, the Elqui River plains and alluvial terraces are wider. They are close to 3 km near the Vicuña town, and 5-6 km along the last 25 km.

Climate is Mediterranean, strongly conditioned by the Pacific anticyclone and transitional between that of northern Chile and the more mesic central part. Although yearly rainfall mean is near to 100 mm in the basin, this value can duplicate or triplicate in ENSO years. Yearly rainfall is higher in the Andean sector of the basin. Although the mean is close to 200 mm, mainly snow; observed values can be as high as 740 mm, recorded in 1987, an ENSO year. Except for the Andean sector, where rainfall can be recorded in summer as a consequence of incursions in the area of the "Bolivian winter", most rainfall takes place between April and September (the southern hemisphere fall-winter). The geology of the Elqui basin is dominated by calc-alkaline volcanic rocks of Mesozoic and Cenozoic age, intercalated with sedimentary rocks. Rocks host hydrothermal ore deposits of a number of metals; among them, gold, silver, and copper, which have sustained an intensive mining. Years of mining have left a heritage of abandoned and piles of mineral wastes. The waste deposits are commonly located in creeks or close to tributary watercourses from there they can be eroded and reach the main river. The plant landscape of the basin is described as an open shrub steppe with a well marked altitudinal variation, with riparian vegetation in the border of watercourses. In the Andes, where water accumulates or comes to surface, wetlands can be present. These habitats congregated most of the wild fauna. These wetlands are also utilized as seasonal pastures for livestock feeding, mainly goats.

Pieces of land in the basin are under the ownership of agricultural communities, a land property form often conceived as a residue of the past, but still present in the Chilean IV Region. People in the agricultural community live from goat raising, rainfed agriculture, coal making, and lately, from art-craft making. After the mining decrease, the main economic activities carried on in the Elqui River basin are agriculture and tourism. The main crops, by cultivated area, are field crops, annual and permanent forage crops, fruit trees, vegetables, and vines. As a result of the Puclaro Dam, with water storage capacity of 220 million of cubic meters, utilization of drip irrigation, and incorporation of hillsides as agricultural land, fruit growing has increased in the last years, mostly for export. Tourism, that has also increased in the last 15 years, is mainly represented by rural, astronomical, and ecotourism.

**Resumen.** Se hace una descripción general de las principales características biofísicas de la hoya hidrográfica del Río Elqui (cuenca en adelante). Detalles de ellas se entregan en las secciones que vienen más adelante en este documento. La cuenca del Río Elqui tiene una superficie de 9.794 km<sup>2</sup> y está ubicada en la región septentrional de la IV Región de Chile (29° 02' a 32° 16' S; 69° 45' a 71° 40' O). El río Elqui tiene una longitud de ~170 km y fluye desde los Andes al Océano Pacífico. Sus tributarios principales en los Andes son los ríos Claro y Turbio; éstos aportan agua desde el norte, el sur y el este del territorio chileno, cerca de la frontera con Argentina. En este punto, las cimas existentes están cerca o sobre los 5.000 msnm, por lo cual el flujo es rápido y los cursos de agua están cargados de sedimentos, especialmente durante la época del derretimiento de la nieve. Los ríos tributarios Claro y Turbio presentan perfiles longitudinales pronunciados, con llanos aluviales estrechos. En oposición, los llanos y terrazas aluviales del Río Elqui son más anchos, tienen ~3 km cerca de la ciudad de Vicuña y 5-6 km en los últimos 25 km del curso del río. El clima es mediterráneo, fuertemente condicionado por la presencia del anticiclón de Pacífico, y transicional entre el clima más árido del norte de Chile y el clima más mésico del centro. Aunque la precipitación (incluyendo nieve) promedia alrededor de 100 mm anuales para toda la cuenca, este valor se puede duplicar o triplicar en los años ENOS. La precipitación anual es mayor en el sector andino de la cuenca. Aunque el promedio anual es cercano a los 200 mm, principalmente de carácter nival, se han observado valores tan altos como 740 mm, valor registrado en 1987, un año ENOS. Excepto por el sector andino donde la lluvia puede ocurrir durante el verano a consecuencia del invierno boliviano, los mayores niveles de precipitación ocurren en el período Abril a Septiembre (otoño-invierno en el hemisferio austral). La geología de la cuenca está caracterizada por la presencia dominante de rocas intermedias volcánicas calco-alcálicas de edad Mesozoica y Cenozoica, con intercalaciones de rocas sedimentarias. Estas rocas alojan depósitos hidrotermales de diferentes minerales, siendo el cobre, el oro y la plata los que han mantenido por años una minería intensiva. La actividad minera que ha dejado un legado de desechos y apilamientos de residuos que habitualmente son dejados en quebradas o cerca de tributarios desde donde son arrastrados en dirección a los cursos principales. El paisaje vegetacional se describe como una estepa arbustiva abierta, con una marcada zonación altitudinal, con vegetación ribereña en el borde de los cursos de agua. En los Andes, donde se acumula agua o ésta surge, existen humedales que congregan a gran parte de la fauna silvestre de la cuenca. Estos humedales también son usados como pasturas estacionales (veranadas), principalmente para la alimentación del ganado caprino. Sectores de la cuenca se encuentran bajo el sistema de propiedad conocido como comunidad agrícola, una forma de tenencia de la tierra remanente del pasado, pero aún vigente en la IV Región de Chile. Los comuneros viven de la crianza de cabras, agricultura de secano de subsistencia, fabricación de carbón vegetal y, últimamente, de la fabricación de objetos de artesanía. Después de la declinación de la minería, las principales actividades económicas practicadas en la cuenca del Río Elqui son la agricultura y el turismo. Los cultivos principales son, por área cultivada, chacras, forrajeras anuales y permanentes, frutales, hortalizas, viñas y parronales viníferos. Como consecuencia de la puesta en marcha del Tranque Puclaro, con una capacidad de 220 millones de m<sup>3</sup>, el uso de riego tecnificado y la incorporación de laderas, la actividad frutícola se ha fuertemente incrementado en los últimos años, principalmente para exportación. La actividad turística también ha aumentado fuertemente en estos últimos 15 años, en sus versiones de turismo rural, astronómico y ecoturismo.

<sup>1</sup> Departamento de Biología. Universidad de La Serena. La Serena. Chile. jcepeda@userena.cl

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Sociales. Programa Mg Sc en Ciencias Geográficas. Universidad de La Serena. La Serena. Chile



### **1. Ubicación y antecedentes físicos de la hoya hidrográfica del Río Elqui**

La hoya hidrográfica del Río Elqui ocupa el sector septentrional de la IV Región de Coquimbo. Esta región del territorio chileno se extiende desde 29° 40'S a 32° 10'S; limita al norte con la Región de Atacama, al este con Argentina, al oeste con el Océano Pacífico y al sur con la Región de Valparaíso. Paskoff (1970) reconoce en la IV Región de Coquimbo cuatro grandes unidades geográfico-físicas. En sentido oeste-este estas unidades son: (1) la **franja litoral o costera**, (2) **los valles fluviales transversales**, (3) **la media montaña**, y (4) **la alta Montaña**. De norte a sur, los valles fluviales transversales son conocidos como Valle de Elqui, Limarí y Choapa. La morfología de estos valles permite el desarrollo de la actividad agrícola, el poblamiento y la penetración humana hacia la cordillera de los Andes.

Esta hoya tiene una longitud en línea recta de ~170 km y una superficie de 9.657 km<sup>2</sup>, responde a un régimen de escurrimiento mixto pluvio-nival. Climáticamente se encuentra en el límite entre el clima desértico del norte de Chile y el clima semiárido de Chile central (Sánchez & Morales 1993). La hoya hidrográfica forma parte del límite meridional del desierto costero peruano-chileno (Rundel et al. 1991, Cepeda 1995). En el área existe un predominio de pendientes moderadas (5,1-15°), las que ocupan el ~41% de la superficie de la hoya hidrográfica, principalmente en sus tramos medio y superior. Pendientes altas (15,1-25°) se presentan en la sección superior (aguas arriba de la localidad de Rivadavia (29°50'S-70°34'O, 800 msnm), las que ocupan un 30%; sin embargo, también se encuentran en esta sección pendientes muy altas (> 25°), las que ocupan un 8% de ella (Novoa & Núñez, 1995). Los ríos tributarios Claro y Turbio presentan perfiles longitudinales pronunciados, con llanos estrechos. En oposición, en el curso medio del Río Elqui, por ejemplo a nivel de la ciudad de Vicuña (30°02'S-70°43'O, 610 msnm), los llanos y terrazas logran un ancho de ~3 km y de 5-6 km en los últimos 25 kms (El Molle-La Serena).

### **2. Características geomorfológicas**

De mar a cordillera, las características geomorfológicas generales de la hoya hidrográfica siguen la descripción de Paskoff (1970). Romero et al. (1988) reconocen para el Valle del Elqui: (1) una franja litoral o costera, en sus expresiones litoral norte y litoral central; (2) la media montaña, en sus expresiones interfluvio norte del Elqui e interfluvio Elqui-Limarí, y la (3) la alta montaña, que en la hoya del Río Elqui está representada por la Cordillera del Elqui.

#### **2.1. La franja litoral**

Constituye la unidad geomorfológica más occidental y de menor altitud de la hoya hidrográfica. En ella se encuentran terrazas marinas construidas ya sea a partir de depositaciones o de procesos de labrado de las rocas litorales. Las terrazas marinas bajan gradualmente en dirección al mar con una pendiente del 7%; cerca de la desembocadura del Elqui alcanzan ~120 a 130 msnm (Paskoff, 1970).

Las terrazas logran su mayor desarrollo en la Bahía de Coquimbo (29°53'S-71°18'O), donde se asienta la conurbación La Serena-Coquimbo, con sus casi 325.000 habitantes. La franja litoral se extiende hacia el interior del valle hasta ~25 km tierra adentro.

#### **2.2. La Media Montaña**

Ella corresponde a los sectores de interfluvios o serranías presentes en la hoya hidrográfica. Se trata de un macizo montañoso de regular altitud que se encuentra muy disectado por la erosión fluvial. La precipitación promedio anual de la Media Montaña es cercana a los 100 mm, con una gran variabilidad interanual. Esta pluviometría no permite la formación de cursos permanentes de agua; los escurrimientos son sólo esporádicos, en respuesta a precipitaciones intensas y concentradas, particularmente durante ocurrencias del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS),

durante el cual la precipitación aumenta marcadamente.

#### **2.3. La Alta Montaña**

Constituye la sección más oriente y de mayor altitud de la hoya hidrográfica. Corresponde básicamente a aquella parte de la Alta Montaña de los Andes donde se originan los cursos de agua que forman el Río Elqui o Coquimbo, razón por la cual esta sección se conoce como la Cordillera del Elqui (Romero et al. 1988). El área es orográficamente muy compleja (Veit 1991, 1993), con una gran energía gravitacional potencial (Cepeda-Pizarro et al. 2004). Se caracteriza por poseer una apariencia maciza y alta. Diversas cumbres alcanzan los 5.000 msnm y dos de ellas sobrepasan los 6.000 msnm. Estas son: los cerros Olivares (6.252 msnm) y Las Tórtolas (6.332 msnm). En la actualidad, este macizo se encuentra surcado por numerosos ríos, esteros y quebradas cuya orientación se presenta controlada por factores geológicos (Veit 1991, Paskoff 1993).

### **3. Suelos**

Con excepción de los suelos del fondo del valle, provistos de agua, los suelos de secano de la hoya hidrográfica están muy poco desarrollados. Las características heredadas y una relativa homogeneidad en la composición química de las rocas constitutivas dominantes, juegan un rol importante en las propiedades de éstos (GEMINES 1982, Oyarzún et al. 2003). En la sección litoral se desarrollan suelos aluviales sobre terrazas marinas y fondos de valles fluviales. Estos suelos han evolucionado a partir de sedimentos marinos y continentales. Se denominan suelos de praderas costeras o *molisoles*, son de color pardo, textura fina, compuestos por arenas y limos (Sánchez & Morales 1993). En el valle predominan los suelos aluviales pardo cálcicos o *alfisoles*. Son suelos provenientes de los interfluvios montañosos, transportados por los cauces naturales. En los suelos del piedemonte cordillerano y de la Alta Montaña predominan los suelos llamados *entisoles* y *aridisoles*. Estos suelos poseen un escaso desarrollo y están por lo general desprovistos de vegetación, son frecuentes en las fuertes pendientes de cerros escarpados (Rovira 1984).

### **4. Geología**

La geología del área está representada por el predominio de rocas fundamentales pre-terciarias sobre sedimentos terciarios y cuaternarios, los cuales se ubican en las zonas llanas, por debajo de los 200 msnm y en los sectores depresionales entre macizos rocosos a cotas superiores a la indicada (Mpodozis & Cornejo 1988). Se reconocen las siguientes unidades:

#### **4.1. Franja litoral**

Está representada principalmente por grandes arenales consolidados y sitios de humedales y vegas, muchos de los cuales han sido drenados para permitir la construcción de caminos, viviendas y grandes complejos turísticos. La sección está permanentemente expuesta al viento y al oleaje, quedando sujeta a la acción del mar durante temporales intensos y tsunamis (Thomas 1967).

#### **4.2. El valle**

Formado casi exclusivamente por gravas, arenas, ripios aluviales aterrizados con origen en el Terciario Superior y Cuaternario (Moscoso et al. 1982).

#### **4.3. La Media Montaña**

Está constituida por numerosos plutones, principalmente grano-dioríticos y graníticos. Se encuentran las siguientes formaciones:

**4.3.1. Gravas de Atacama:** constituyen gravas, conglomerados, ripios y areniscas poco consolidadas (Mioceno-Pleistoceno).

**4.3.2. Grupo Bandurrias:** corresponden a andesitas porfíricas, brechas volcánicas, tobas con intercalaciones sedimentarias o marinas (principalmente Neocomiano, Titoniano-Aptiano; (volcánico, marino; 2.000-4.000 m).

#### **4.4. La alta montaña**

Está constituida en parte por rocas mesozoicas y por rocas eruptivas paleozoicas. Según Thomas (1967), en el área de estudio se encuentran las siguientes formaciones:

**4.4.1. Formación Los Elquinos:** (continental; 3.500 msnm) predominantemente volcánica andesítica, con intercalaciones de lavas riolíticas y rocas sedimentarias (Paleógeno).

**4.4.2. Formación Algarrobal:** (continental; 400-1.540 msnm) andesitas con intercalaciones sedimentarias, clásticas (Jurásico Superior).

**4.4.3. Formación Matahuaico:** (continental; 1.400 m) volcánica, riolítica, con intercalaciones sedimentarias clásticas (Pérmico-Triásico).

### **5. Clima**

La hoya hidrográfica del Elqui presenta un carácter árido con influencias del clima desértico del norte y del clima semiárido de Chile central. La precipitación es variable entre años. Aunque registros de 30 años promedian un valor ligeramente superior a 100 mm, este valor puede aumentar por un factor de 2-3 en años ENOS (INE 1998). La precipitación es mayor en la montaña andina, promedia valores cercanos a 200 mm anuales, principalmente de carácter nival, con una gran variabilidad interanual (Cepeda & Novoa 2006). El clima está sometido a la acción de la circulación atmosférica anticiclónica, la Corriente de Humboldt y el efecto de la Cordillera de los Andes (Romero 1985, Kalthoff et al. 2002). Exhibe un predominio de clima de estepa templada, con diferentes matices: costero o nuboso en la franja litoral y cálido-seco en el interior (Sánchez & Morales 1993). En el área de estudio se encuentran, en sentido oeste-este, los siguientes tres subtipos climáticos:

#### **5.1. Clima de estepa con nubosidad abundante (BSn)**

Ocupa las planicies litorales y su influencia se hace sentir hacia el interior penetrando por los valles transversales y quebradas hasta 40 km. Se caracteriza por presentar niveles elevados de humedad y nubosidad productos de la cercanía del mar. Las temperaturas son muy moderadas, sin grandes contrastes térmicos diarios (Romero et al. 1988, Sánchez & Morales 1993).

#### **5.2. Clima de estepa templado-marginal (BS<sub>t</sub>)**

Se localiza hacia el interior, donde tiende a desaparecer la influencia oceánica. Se caracteriza por la presencia de una atmósfera más bien seca y de poca nubosidad. Con respecto a la costa, la temperatura y la oscilación térmica son mayores. Esta zona climática se desarrolla por sobre los 800 msnm; su influencia se hace sentir hasta las primeras altitudes de la Alta Montaña (Romero et al. 1988).

#### **5.3. El clima de estepa fría de montaña (BS<sub>k</sub>)**

Predomina en la unidad de la Alta Montaña, por sobre los 3.000 msnm de altitud. Sus principales características están dadas por fuertes vientos, elevada radiación solar y mayor precipitación invernal, particularmente nival. Ocasionalmente, la precipitación puede ocurrir en verano como consecuencia de incursiones en el área del llamado

invierno boliviano. Las temperaturas del aire son bajas durante todo el año (Romero et al. 1988, Cepeda & Novoa, 2006). También se produce el descenso de masas de aire cálido y seco el que, a través de fuertes vientos como el “terral”, elevan la temperatura y la evapotranspiración, principalmente en invierno (Ulriksen & Vielma 1975).

### **6. Caracterización hídrica**

La disposición de la red hidrográfica regional está controlada por los grandes accidentes verticales existentes y, por lo tanto, sus rasgos principales responden a tres orientaciones; por orden de importancia decreciente son, N-S, NNO-SSE y NNE-SSO. Este control se puede observar en algunos de los diversos afluentes del Río Elqui que se abren camino en cajones cordilleranos estrechos y profundos, confinados por cerros que superan los 3.000 msnm. Este sistema hídrico drena hacia el Océano Pacífico con una longitud aproximada de 240 km y una pendiente media de 1,1%; no presenta rápidos ni saltos en su recorrido; con afluentes que le aportan cantidades importantes de agua especialmente cuando ocurren eventos lluviosos con precipitaciones elevadas (Espíldora & Palma 1977).

El cauce principal de la hoya hidrográfica lo constituye el Río Elqui o Coquimbo. Este río se origina de la confluencia de los ríos Turbio y Claro o Derecho, hecho que ocurre a 2 kilómetros aguas arriba de la localidad de Rivadavia (850 msnm). Mientras las aguas del Río Turbio descienden de cordones cordilleranos ubicados al N-E del sistema, las aguas del Río Claro lo hacen desde el S-E. Desde su origen hasta su desembocadura en la Bahía de Coquimbo, el Río Elqui tiene una longitud este-oeste de ~75 km, transcurso en el que confluyen, por el norte, las quebradas Santa Gracia (29°46'S-71°05', 400 msnm) y Marquesa (29°55'S-70°57'O, 750 msnm) y, por el sur, las quebradas San Carlos (29°56'S-70°54', 850 msnm), El Arrayán (29°50'S-71°05'O, 850 msnm) y de Talca (30°07'S-71°06'O, 225 msnm).

El río Elqui tiene una caudal superficial promedio de ~7,1 m<sup>3</sup>/s, con una gran variabilidad interanual. Su régimen de crecidas depende de la altitud. En el tramo medio-alto (aguas arriba de la ciudad de Vicuña), las mayores crecidas, tanto en volumen como en caudal máximo instantáneo, ocurren durante primavera-verano. En el tramo medio-bajo (aguas abajo de la ciudad de Vicuña), mientras los caudales máximos instantáneos tienen un origen pluvial por lo que se manifiestan durante otoño-invierno, los mayores volúmenes de crecida tienen lugar durante la primavera-verano. Los ríos afluentes al Elqui, el Turbio y el Claro, tienen un caudal promedio de 4,3 y 3 m<sup>3</sup>/seg, respectivamente (Alfaro y Honores 2002).

El relleno fluvial del valle corresponde a una unidad hidrogeológica de buena permeabilidad. Está constituida por gravas, arenas y algún contenido arcilloso, en una disposición irregular. Desde el Tranque Puclaro (30°00'S-70°49'O, 500 msnm) hasta la localidad de El Molle (29°58'S-70°55'O, 450 msnm), el espesor del relleno fluvial es del orden de 50 – 75 m, bajo el cual se ubica un relleno aluvional, de muy baja permeabilidad, cuyo espesor varía entre 20 y 40 m, depositado sobre la roca basal impermeable (Moscoso et al. 1982). Aguas abajo de la localidad de El Molle hasta su desembocadura, el río Elqui sigue su curso por un lecho aluvional de terrazas. El relleno fluvial es de 50 m en la localidad de Altovalsol (29°56'S-71°07'O, 164 msnm); de 75 m en la ciudad de La Serena (29°54'S-71°15'O, 25 msnm) y de un poco más de 100 m en su desembocadura en la Bahía de Coquimbo (Moscoso et al. 1982).

### **7. Vegetación nativa**

No existe aún consenso para describir las formaciones vegetales de la hoya del Elqui (Quintanilla 1983, Gajardo 1994, Squeo et al. 2001, CONAF 2004). El paisaje vegetacional del área de estudio se describe como una estepa arbustiva abierta, la cual presenta variaciones altitudinales producto del efecto combinado de factores ecoclimáticos, topográficos y altitudinales presentes en la hoya. En general, en sentido oeste-este se pueden distinguir las siguientes zonas de vegetación (Quintanilla 1983):

### 7.1. Matorral arbustivo costero

Se desarrolla en la franja litoral y en la vertiente oriental de los cordones costeros. La mayor humedad y precipitaciones permiten el desarrollo de un matorral arbustivo costero poco denso (abierto) con presencia de espinos, cactáceas y un tapiz herbáceo que sirve de forraje para ovinos, caballares, mulares y caprinos (Cepeda & Campusano 1982, Sánchez & Morales 1993). En algunos sectores existe abundante vegetación psamófila (Quintanilla 1983).

### 7.2. Estepa abierta de *Acacia caven*

Se localiza en el interior del área de estudio, en las laderas de los cordones transversales donde la insolación es mayor y la humedad menor. Es una zona con vegetación compleja dada la estructura de las serranías, la distribución del agua y de las umbrías. Las laderas de exposición sur mantienen una vegetación algo más densa que las de exposición norte que son más áridas. Dado el estado de desertificación, el paisaje dominante corresponde a una matriz de matorral degradado. En sitios más húmedos o protegidos de la actividad pastoril se encuentran el espinal (*Acacia caven*), el matorral subdesértico con abundancia de cactáceas, el matorral esclerófilo y el matorral arbóreo subdesértico (Quintanilla 1983, Sánchez & Morales 1993).

### 7.3. Matorral abierto andino

Se localiza en los cordones montañosos andinos entre aproximadamente los 1.000 y 2.000 msnm. Es una formación abierta, baja, cubierta de hierbas y arbustos bajos muy dispersos. Este matorral corresponden al jaral desértico (entre 1.000 y 2.000 msnm) y al matorral xerófilo subandino (entre 2.000 y 3.000 msnm) (Quintanilla 1983).

### 7.4. Estepa andina

Se ubica por encima de los 2.000 msnm y limita con las nieves de la Alta Montaña. Se caracteriza por la presencia de hierbas xerófitas y adaptadas a condiciones de altura, como por ejemplo festucas, estipas y arbustos pequeños cuya talla no sobrepasa los 60 cm. de altura, resistentes a las bajas temperaturas y nieves (Squeo et al. 2006). Según Squeo et al. (1994) es posible reconocer cuatro pisos de vegetación en el sector andino de la hoya hidrográfica del Valle del Elqui. Estos pisos son:

**7.4.1. El piso pre-andino** (2.700 msnm) se caracteriza por arbustos típicos del desierto (e.g., *Atriplex deserticola*). En fondo de quebradas es posible encontrar algunas especies arbóreas (e.g., *Prosopis chilensis*).

**7.4.2. El piso sub-andino** (2.700 a los 3.500 msnm) se caracteriza por una vegetación arbustiva superior a los 1,5 m de altura (e.g., *Adesmia hystrix*, *Ephedra breana*). Las especies dominantes son *Stipa chrysophylla*, *Viviania marifolia* y *Cristaria andicola*.

**7.4.3. El piso andino inferior** (3.500 a los 4.250 msnm) se caracteriza por la presencia de plantas en cojín (e.g., *Adesmia subterranea*, *Calceolaria pinifolia*, *Azorella cryptantha*). Las especies dominantes son subarbustos (e.g., *Adesmia aegiceras*, *A. echinus*) y gramíneas perennes.

**7.4.4. El piso andino superior** (4.250 a los 4.450 msnm) posee una vegetación extremadamente rala. El límite altitudinal de ella se encuentra en la hoya hidrográfica a los ~4.450 m.

## 8. Las comunidades agrícolas y la actividad económica

### 8.1 Comunidades agrícolas

La existencia de las comunidades agrícolas en la IV Región de Coquimbo constituye uno de los rasgos característicos y distintivos del espacio rural regional (Gallardo 1998). Ellas responden a una forma especial de propiedad y tenencia de la tierra que permanece indivisa en manos de un grupo de propietarios en común, los llamados “comuneros” Entre sus características distintivas se puede mencionar el hecho que las comunidades se establecen en un territorio correspondiente a un predio agrícola compuesto principalmente por grandes extensiones de terreno de secano, de topografía donde predominan las serranías (Romero et al. 1988). Las principales actividades económicas de las comunidades agrícolas son:

- (1) ganadería, principalmente caprina y ovina;
- (2) elaboración de carbón a partir de la tala de la vegetación local;
- (3) agricultura de secano en terrenos relativamente pobres ubicados en las laderas de los cerros (“aguas lluvias” en el lenguaje local) y destinados principalmente para el cultivo de trigo, cebada y otros de subsistencia;
- (4) elaboración de artesanía con fines turísticos.

### 8.2. Actividad económica

Con el término de las faenas de las minas El Indio y Tambo de la compañía Barrick Chile, las actividades principales económicas del valle giran en torno a la agricultura y el turismo. Los principales cultivos, por superficie cultivada, corresponden a chacras, forrajeras anuales y permanentes, frutales, hortalizas, y viñas y patronales viníferos (INE 1997). Las amplias terrazas existentes en la sección inferior del valle favorecen una actividad agrícola más dinámica e intensiva que en los pisos superiores. Un clima más favorable y una mejor regulación del agua para regadío por la presencia del Tranque Puclaro, con 220 millones de m<sup>3</sup> de capacidad, permiten la existencia de cultivos subtropicales tales como papayas, chirimoyas, lúcumas y paltas. Más al interior, las terrazas desaparecen por lo que los cultivos se practican en las llanuras de inundación y en las soleadas laderas del valle principal y sus tributarios. La aplicación de riego tecnificado ha permitido el desarrollo de una intensa actividad frutícola, especialmente en las laderas de lomas y cerros, destacándose las viñas y los patronales de uva pisquera, vinífera de mesa, gran parte de ello para exportación (INE 1997). La presencia de viñas y patronales en las laderas de los cerros áridos, algunos de pendientes abruptas, ha introducido cambios importantes en el aspecto fisonómico del paisaje. En los últimos años se ha intensificado la actividad turística, en sus versiones de ecoturismo, mediante la habilitación de diversos camping y facilidades para la realización de actividades al aire libre; turismo rural (e.g., agro camping), y turismo cultural en torno a la actividad artesanal, la elaboración de pisco, los observatorios astronómicos (e. g., Mamalluca y El Tololo) y la figura de G. Mistral.

## 9. Agradecimientos

Se agradecen los comentarios y sugerencias hecha al manuscrito por H. Zavala Z y M. Fiebig. El financiamiento requerido para la realización de este trabajo fue proporcionado por el proyecto **Institutional Adaptations to Climate Change: Comparative study of dryland river basins in Canada and Chile** y la **Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena (Chile)**. Los mapas mostrados en este trabajo fueron elaborados por R. Cabezas de la oficina SIG y Teledetección de la ULS.



## 10. Referencias

**ARÉVALO C, S MAUREIRA & J NOVOA** (1983) “Carta Pedo-Geomorfológica de Chile Continental entre los 17°30’ y los 38°00’ de latitud Sur”. Memoria de Titulación. Facultad de Estudios Generales. Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile. 70 páginas.

**ALFARO C & C HONORES** (2002). Análisis de la disponibilidad del recurso hídrico superficial en los cauces controlados de las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ingeniería.- Universidad de La Serena. La Serena.

**CEPEDA J & C CAMPUSANO** (1982) Perfil ecológico de la IV Región. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile.

**CEPEDA J & J NOVOA J** (2006) La Cordillera Alto Andina del Valle del Elqui. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes desérticos. La Alta Montañadel Valle del Elqui: 41-63. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

**CEPEDA J (1995)** Síntesis ecológica del desierto costero peruano-chileno. Revista de Investigación y Desarrollo Año 2 (1): 4-14.

**CEPEDA J** (2004) (ed) Ecología del Paisaje de la Alta Montañadel Valle del Elqui. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 132 pp.

**CEPEDA J, J OYARZÚN M & J NOVOA J** (2004) El ambiente andino de la IV Región de Coquimbo. En: Cepeda J (ed.) Ecología del Paisaje de la Alta Montañadel Valle del Elqui: 13-26. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 132 pp.

**CONAF** (ed.) (2004) Catastro de uso del suelo y vegetación. Cuarta Región Coquimbo. Corporación Nacional Forestal, Gobierno Regional (Cuarta Región de Coquimbo), Universidad Austral de Valdivia, Servicio Agrícola y Ganadero & Universidad de La Serena. Corporación Nacional Forestal. Santiago. Chile. 32 pp.

**ESPÍLDORA B & G PALMA** (1977) “Modelo de Simulación Hidrológica en la Hoya hidrográfica del Río Elqui”. Publicación CRH 77-4-1. Centro de Recursos Hidráulicos. Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 133 páginas.

**FUENZALIDA H** (1950) Geografía económica de Chile. Tomo I. Corporación de Fomento de la Producción. Imprenta Universitaria. Santiago de Chile. Chile. 28 pp.

**GAJARDO R** (1994) La vegetación natural de Chile. CONAF. Editorial Universitaria. Santiago. Chile.

**GALLARDO F GL** (1998) Communal land ownership: Remnant of the past?. Department of Sociology. Upsala University. Sweden. 408 pp.

**GÉMINES** (Sociedad de Estudios Profesionales) (1982) “Geografía Económica de Chile”. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile. 1083 páginas.

**INE** (1997) Censo agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago. Chile.

**INE** (1998) Estadísticas del medio ambiente. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago. Chile.

**KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002) Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.

**MOSCOSO R, C NASI & P SALINAS** (1982) “Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Vallenar y parte norte de La Serena, Regiones de Atacama y Coquimbo”. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación N° 55. Santiago, Chile. 100 páginas.

**MPODOZIS C & P CORNEJO** (1988) “Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Pisco Elqui IV Región de Coquimbo”. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación N° 68. Santiago, Chile. 164 páginas.

**NOVOA E & A NÚÑEZ** (1995) “Aplicación Metodológica para la Jerarquización de Planes de Manejo en Hoya hidrográficas (Hoya hidrográfica del Río Elqui, Chile Semiárido)”. Revista de Investigación y Desarrollo (2): 79-89

**OYARZÚN J, H MATURANA, A PAULO & A PASIECZNA** (2003) Heavy metals in stream sediments from the Coquimbo Region (Chile): Effects of Sustained Mining and Natural Processes in a Semi-arid Basin. Mine and the Environment: 155-161.

**PASKOFF R** (1970) Recherches géomorphologiques dans le Chili semi-aride. Biscaye Frères. Bordeaux, 420pp.

**PASKOFF R** (1993) “Geomorfología de Chile Semiárido”. Departamento de Publicaciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 321 páginas.

**QUINTANILLA V** (1983) “Biogeografía”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile. 230 páginas.

**ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) “Geografía IV Región de Coquimbo”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.

**ROMERO H** (1985). “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.

**ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.

**RUNDEL PW, MO DILLON, B PALMA, HA MOONEY, SL GULMON & JR EHLERINGER** (1991) The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. Aliso 13(1): 1-49.

**SÁNCHEZ A & R MORALES** (1993) “Las Regiones de Chile. Espacio Físico y Humano-Económico”. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 262 páginas.

**SQUEO F, G ARANCIO, & J GUTIÉRREZ** (eds.) (2001) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Gobierno Regional de Coquimbo, Corporación Nacional Forestal (IV Región) & Universidad de La Serena. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 372 pp.

**SQUEO F, J CEPEDA, N OLIVARES & MTK ARROYO** (2006) Interacciones ecológicas en la Alta Montaña del Valle del Elqui. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes desérticos. La Alta Montañadel Valle del Elqui. Ediciones: 69-103. Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

**SQUEO F, R OSORIO & G ARANCIO** (1994) “Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana”. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 168 pp.

**THOMAS H.** (1967). “Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Ovalle, Provincia de Coquimbo”. Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín N° 23: Santiago, Chile. 54 páginas.

**ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) “Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña”. Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.

**VEIT H (1991)** Jungquartäre relief und bodenentwicklung in der hochkordillere im einzugsgebiet des rio Elqui (NordChile, 30°S). Bamberg Geog Schriften 11:81-97.

**VEIT H (1993)** Upper quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico: an overview. Mountain Research and Development 13: 138-144.

## INTERNET:

**BIENES NACIONALES** (2002). “Gestión 1994-2000”. Informe Gestión N° 11. (www.bienes.gob.cl).

## INDICE DE MAPAS HOYA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ELQUI

	Páginas
1.- Planos de Localización	9
2.- Mapa de Centros Poblados	11
3.- Satelograma	13
4.- Modelo Digital de Elevación	15
5.- Modelo Digital de Pendiente	17
6.- Modelo de Exposición Solar	19
7.- Mapa Topográfico	21
8.- Mapa Geológico	23
9.- Mapa Litológico	25
10.- Mapa Geomorfológico	27
11.- Mapa de Formaciones Vegetales	29
12.- Mapa de Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación	31
13.- Mapa Hidrográfico	33
14.- Mapa Climático	35
15.- Mapa de Precipitación Anual	37
16.- Mapa de Déficit Hídrico Anual	39
17.- Mapa de Promedios de Temperatura Anual del Aire	41
18.- Mapa de Temperatura Máxima del Aire del Mes de Enero	43
19.- Mapa de Temperatura Mínima del Aire Mes de Junio	45
20.- Mapa de Distritos Agroclimáticos	47
21.- Mapa de Serie de Suelos Comuna de La Serena	49
22.- Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo Comuna de La Serena	51
23.- Mapa de Serie de Suelos Comuna de Vicuña	53
24.- Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo Comuna de Vicuña	55
25.- Mapa de Serie de Suelos Comuna de Paihuano	57
26.- Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo Comuna de Paihuano	59
27.- Mapa de Comunidades Agrícolas	61
28.- Mapa de Riesgos de Avalancha y Aluviones	63
29.- Anexos: Sitios de estudio “Proyecto Institutional Adaptations to climate change”.	65

## 1. Planos de Localización

La hoya hidrográfica del Río Elqui ocupa el sector septentrional de la IV Región de Coquimbo. Esta región del territorio chileno se extiende desde 29° 40'S a 32° 10'S. Limita al norte con la Región de Atacama, al este con Argentina, al oeste con el Océano Pacífico y al sur con la Región de Valparaíso. Paskoff (1970) reconoce en la IV Región de Coquimbo cuatro grandes unidades geográfico-físicas. En sentido oeste-este estas unidades son: (1) la **franja litoral o costera**, (2) **los valles fluviales transversales**, (3) **la media montaña**, y (4) **la alta Montaña**. De norte a sur, los valles fluviales transversales son conocidos como Valle de Elqui, Limarí y Choapa. La morfología de estos valles permite el desarrollo de la actividad agrícola, el poblamiento y la penetración humana hacia la cordillera de los Andes.

Esta hoya tiene una longitud en línea recta de ~170 km y una superficie de 9.657 km<sup>2</sup>, responde a un régimen de escurrimiento mixto pluvio-nival. Climáticamente se encuentra en el límite entre el clima desértico del norte de Chile y el clima semiárido de Chile central (Sánchez & Morales 1993). La hoya hidrográfica forma parte del límite meridional del desierto costero peruano-chileno (Rundel et al. 1991, Cepeda 1995). En el área existe un predominio de pendientes moderadas (5,1-15°), las que ocupan el ~41% de la superficie de la hoya hidrográfica, principalmente en sus tramos medio y superior. Pendientes altas (15,1-25°) se presentan en la sección superior (aguas arriba de la localidad de Rivadavia (29°50'S-70°34'O, 800 msnm), las que ocupan un 30%; sin embargo, también se encuentran en esta sección pendientes muy altas (> 25°), las que ocupan un 8% de ella (Novoa & Núñez, 1995). Los ríos tributarios Claro y Turbio presentan perfiles longitudinales pronunciados, con llanos estrechos. En oposición, en el curso medio del Río Elqui, por ejemplo a nivel de la ciudad de Vicuña (30°02'S-70°43'O, 610 msnm), los llanos y terrazas logran un ancho de ~3 km y de 5-6 km en los últimos 25 kms (El Molle-La Serena).

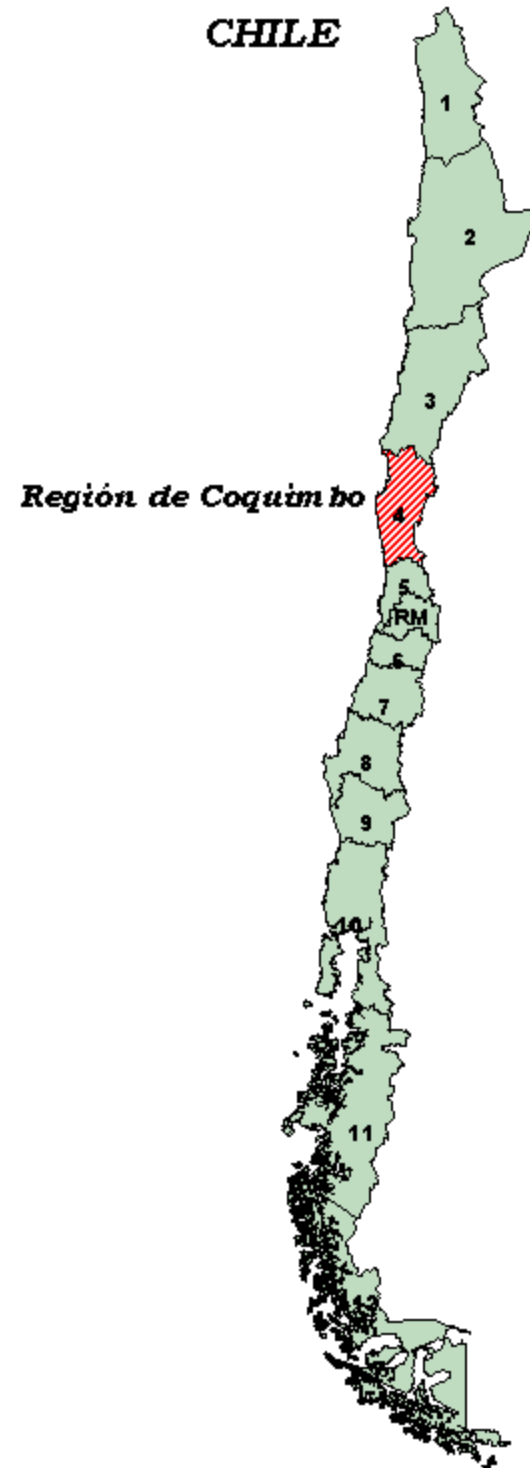
Los sitios de estudio del proyecto *Institutional Adaptations to Climate Change: a comparative study of dryland river basins in Canada and Chile* corresponden a las localidades y sus entornos inmediatos de Marquesa (29°55'S-71°05'O), Diaguitas (29°32'S-70°40'O) y Pisco Elqui (30°07'S-70°30'O).

## Referencias

- CEPEDA J & C CAMPUSANO** (1982) Perfil ecológico de la IV Región. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile.
- CEPEDA J & J NOVOA J** (2006) La Cordillera Alto Andina del Valle del Elqui. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes desérticos. La Alta Montañadel Valle del Elqui: 41-63. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.
- CEPEDA J** (1995) Síntesis ecológica del desierto costero peruano-chileno. Revista de Investigación y Desarrollo Año 2 (1): 4-14.
- CEPEDA J** (2004) (ed) Ecología del Paisaje de la Alta Montañadel Valle del Elqui. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 132 pp.
- CEPEDA J, J OYARZÚN M & J NOVOA J** (2004) El ambiente andino de la IV Región de Coquimbo. En: Cepeda J (ed.) Ecología del Paisaje de la Alta Montañadel Valle del Elqui: 13-26. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 132 pp.
- PASKOFF R** (1993) “Geomorfología de Chile Semiárido”. Departamento de Publicaciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 321 pp.
- QUINTANILLA V** (1983) “Biogeografía”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile. 230 páginas.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) “Geografía IV Región de Coquimbo”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- ROMERO H** (1985). Geografía de los Climas. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- RUNDEL PW, MODILLON, B PALMA, HA MOONEY, SL GULMON & JR EHLERINGER** (1991) The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. *Aliso* 13(1): 1-49.
- SÁNCHEZ A & R MORALES** (1993) “Las Regiones de Chile. Espacio Físico y Humano-Económico”. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 262 páginas.
- SQUEO F, G ARANCIO, & J GUTIÉRREZ** (eds.) (2001) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Gobierno Regional de Coquimbo, Corporación Nacional Forestal (IV Región) & Universidad de La Serena. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 372 pp.
- SQUEO F, R OSORIO & G ARANCIO** (1994) “Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana”. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 168 pp.



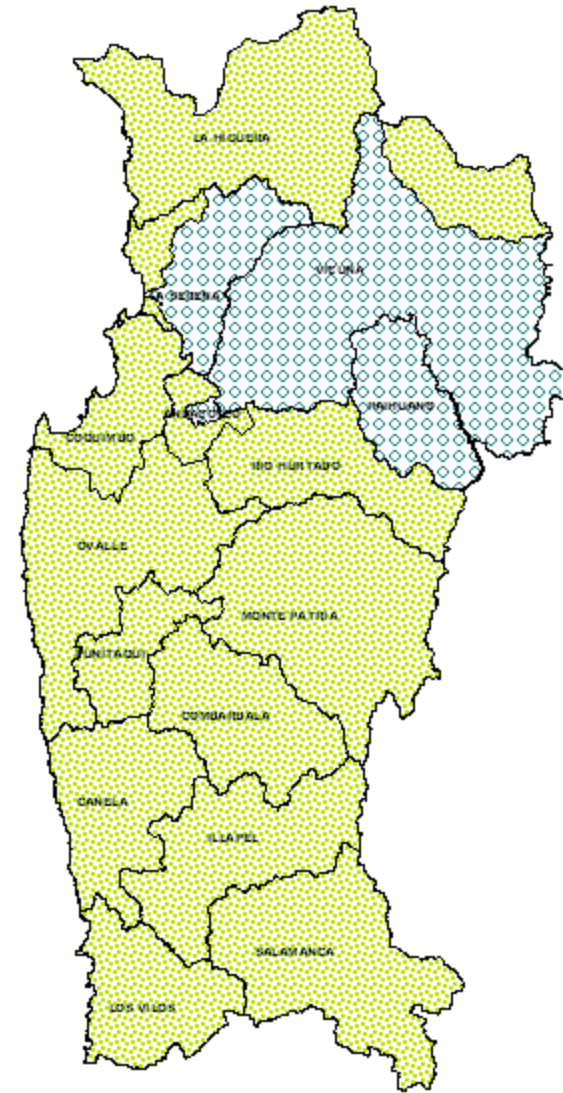
**CHILE**



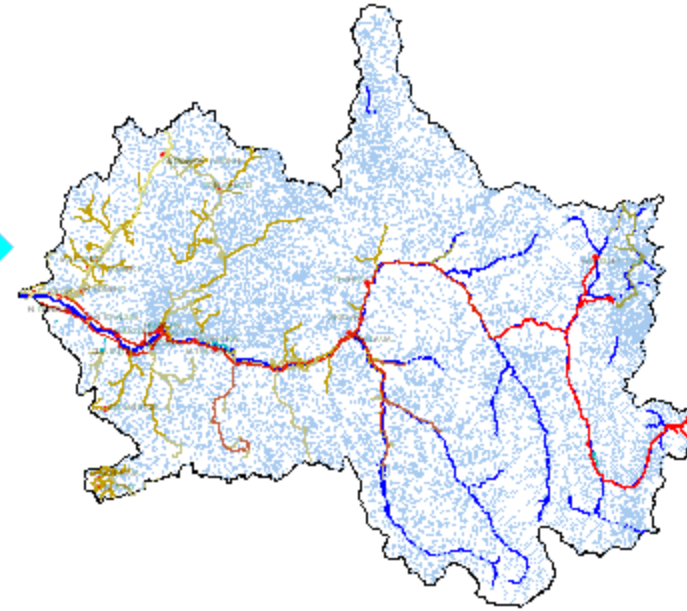
**Región de Coquimbo**



**REGIÓN DE COQUIMBO**



**CUENCA DEL RÍO ELQUI**



INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**PLANOS DE LOCALIZACIÓN  
CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**



**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Proyectorio Sulamericano,  
1956 (PGAD-56)  
Fuente: Base de datos digital del IGN-Chile

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 2. Mapa de Centros Poblados

### Localización

Desde el punto de vista político- administrativo, la cuenca del río Elqui abarca la Provincia de Elqui y las comunas de La Serena, Vicuña, Andacollo y Paihuano. Geográficamente la cuenca tiene una superficie de 9.657 km<sup>2</sup> lo que equivale al 24% del total del territorio de la Región de Coquimbo que es de 40.579,9 Km<sup>2</sup>.

En la hoya hidrográfica existen 22 localidades pobladas, de las cuales cuatro son ciudades y el resto, corresponden a entidades rurales (aldeas). Las ciudades emplazadas en la cuenca son La Serena con 147.815 habitantes, Vicuña 12.910, Andacollo 10.288 y Paihuano con 4.168 habitantes, según datos obtenidos del censo de población y vivienda, realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas el año 2002.

### Definiciones de entidades de Población

**Localidad Poblada:** Área geográfica que se identifica por un nombre propio de conocimiento generalizado en todo su ámbito. La localidad generalmente se circunscribe dentro de un Distrito Censal. La localidad por sí misma no define tipo de asentamientos humanos.

**Asentamiento Humano:** Unidad socio-espacial contenida en una unidad territorial. El asentamiento humano implica un proceso de ocupación, organización, equipamiento y utilización del territorio, adaptándolo a las necesidades de la población.

**Entidad de Población:** Asentamiento humano dentro de una localidad con nombre propio predominante. En una localidad poblada las entidades de Población se diferencian entre sí por las características de su población y por su denominación y se clasifican en urbanas y rurales

**Entidad Urbana:** Conjunto de viviendas concentradas con más de 2.000 habitantes, o entre 1.001 y 2.000 habitantes, con el 50% o más de su población económicamente activa dedicada a actividades secundarias (Industrias) o terciarias (Servicios). Excepcionalmente los centros que cumplen funciones de turismo y recreación con más de 250 viviendas concentradas y que no alcanzan el requisito de población se consideran urbanos.

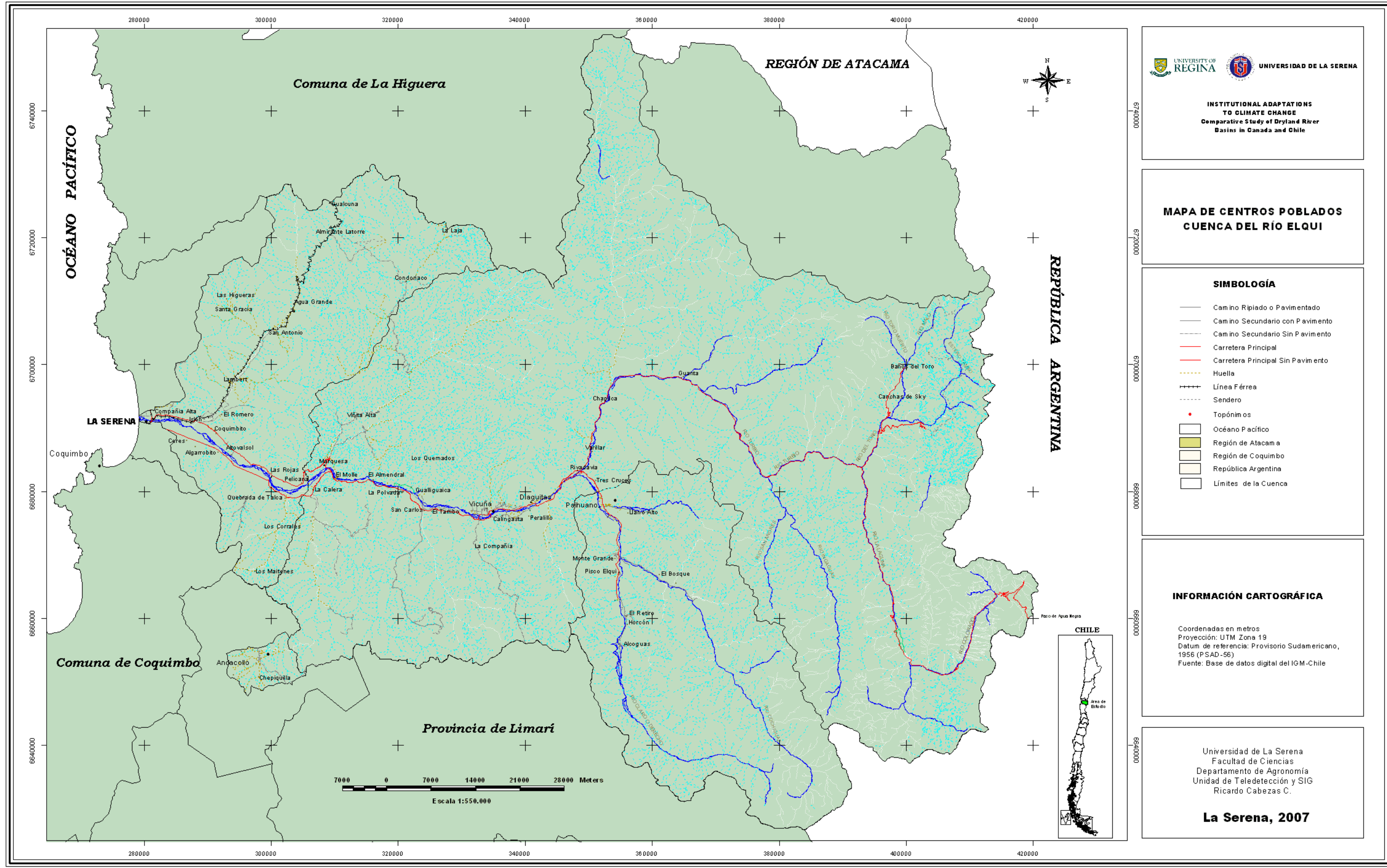
**Entidad Rural:** Asentamiento humano concentrado o disperso que posee 1.000 o menos habitantes, o entre 1.000 y 2.000 habitantes con menos del 50% de su población económicamente activa dedicada a actividades secundarias o terciarias.

Debemos señalar que para definir centros poblados como urbanos, se considera la presencia de elementos urbanísticos, tales como luz, agua potable, trazado regular de calles, servicios, concentración de viviendas en un número no inferior a 60 y población sobre 300 habitantes.

Finalmente los centros urbanos sobre 5.000 habitantes se clasifican como ciudades; entre 1.001 y 5.000 como pueblos y entre 301 y 1.000 como aldeas.

### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INE** (1998) Estadísticas del medio ambiente. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago. Chile.
- INE** (2002) Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago. Chile.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- ROMERO H** (1985) "Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 pp.





### 3. Satelograma

Con respecto a la teledetección se dispuso de imágenes satelitales del LANDSAT 7, lanzado en abril de 1999, con una resolución espacial que fluctúa entre 15 y 60 metros y de ortofotos del vuelo SINIA, con una resolución espacial de 2,5 metros. Las que permitieron definir la escala de trabajo a 1:6.000 en el curso medio e inferior de la cuenca, lo que nos permitió realizar una adecuada fotointerpretación de la cuenca del río Elquí.

Se confeccionó el satelograma de la cuenca, escala 1:25.000, éste fue empleado en terreno, para espacializar las diferentes unidades de información territorial, que fueron posteriormente digitalizadas e incorporadas con su correspondiente información a la base de datos del SIG.

#### Corrección definitiva de imágenes satelitales

Se efectuó la rectificación de la georreferenciación de las imágenes del Landsat 7 ETM, basada en la red hídrica de la cuenca. Se enumeran a continuación las principales actividades realizadas con respecto a la composición, correcciones radiométricas y fusión:

##### a) Composición de las imágenes

En primer lugar se compusieron, a partir de los datos proporcionados por CONAE, las tres imágenes Landsat ETM+ (Path 233 - Rows 080, 081 y 082) y se obtuvieron imágenes multiespectrales (bandas 1 a 5 y 7) correspondientes a la zona de estudio. La imagen pancromática (banda 8) fue tratada separadamente, debido a que su resolución espacial es diferente, y se descartó el canal térmico (banda 6), el cual no será de utilidad en los procesos que se realizarán.

##### b) Correcciones geométricas

Las imágenes adquiridas en CONAE estaban georreferenciadas, pero utilizando los sistemas de proyección habitualmente usados en el país de origen (esto es, coordenadas planas, sistema de proyección Gauss Krugger, sobre el elipsoide de referencia WGS-84.

Como primer paso para calibrar geoméricamente las imágenes y que las mismas sean compatibles con la cartografía digital disponible (bases de datos IGM Chile) hubo que reproyectar los datos y, mediante el software Erdas 8.6, obtener nuevas imágenes con los siguientes parámetros de proyección:

- ✓ Elipsoide: Internacional de 1924
- ✓ Datum: Provisorio Sudamericano de 1956
- ✓ Zona: 19
- ✓ Hemisferio: Sur
- ✓ Sistema de coordenadas: U.T.M.

Una vez hecha la reproyección se procedió a ajustar las imágenes co-registrándolas con la base de datos de la red hídrica suministrada por el IGM Chile, para esto se utilizaron los cursos principales, descartándose los cursos temporarios y las quebradas intermitentes. Se utilizaron entre 30 y 50 puntos de control para cada imagen.

Como resultado se obtuvieron imágenes corregidas geoméricamente, ortorrectificadas. Para optimizar el resultado y obtener los mejores resultados posibles, se hizo el recorte de dichas imágenes, utilizando para ello el límite de la cuenca del Elquí.

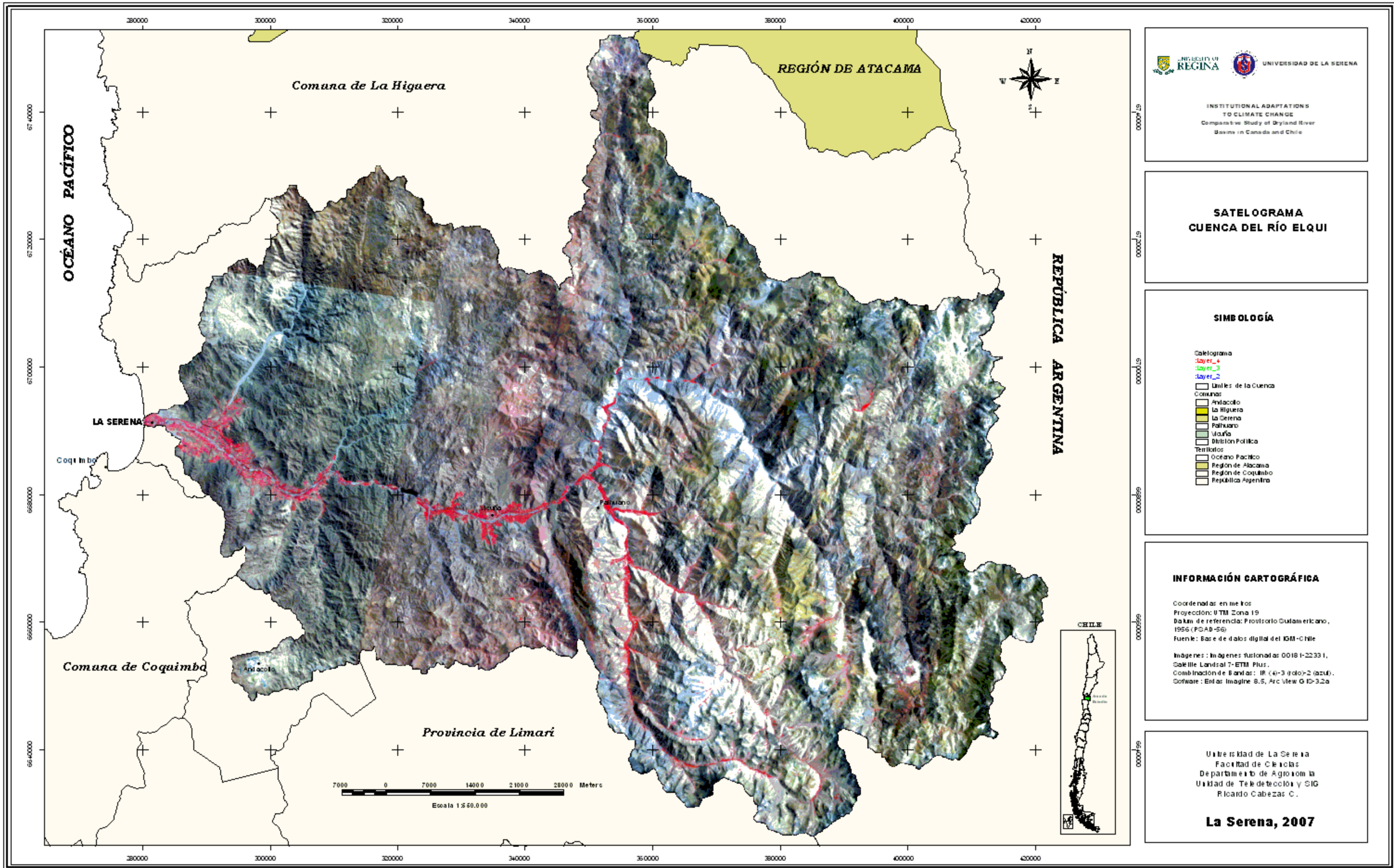
##### c) Fusión de imágenes

Mediante la función 'Resolution Merge' del software Erdas imagine 8.6 se obtuvo una imagen sintética que alberga el detalle cromático de la imagen multiespectral y la resolución espacial de la imagen pancromática. Esto es: bandas 1 a 5 y 7 a 15m/pixel.

El proceso consiste en una transformación de valores RGB (Rojo-Verde-Azul) a IHS (Saturación-Tono-Intensidad). El tono y la saturación refieren al contenido espectral de la imagen, mientras que la intensidad se relaciona con las variaciones espaciales del albedo, que están más en relación con las características espaciales de la imagen, este componente tenderá a presentar una buena correlación con la imagen pancromática. En consecuencia, se puede sustituir una por otra, de tal forma que se incorpore el detalle espacial de la banda pancromática sin afectar la tonalidad de la composición en color original. Por último se aplica la transformación inversa, de componentes IHS a RGB, obteniéndose un producto visual muy mejorado.

#### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001) Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H, A ROVIRA &G. VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- SATÉLITE LANDSAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001) "Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.






**INSTITUTIONAL ADAPTATIONS TO CLIMATE CHANGE**  
 Comparative Study of Dryland River Basins in Canada and Chile

**SATELOGRAMA CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

Satelograma  
 Layer\_4  
 Layer\_3  
 Layer\_2

Límites de la Cuenca  
 Comunas  
 Antofagasta  
 La Higuera  
 La Serena  
 Paltiano  
 Vicuña  
 División Política  
 Territorios  
 Océano Pacífico  
 Región de Atacama  
 Región de Coquimbo  
 República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile

Imágenes: Imágenes satelitales 00181-22331,  
 Satélite Landsat 7-ETM Plus.  
 Combinación de Bandas: IR (4)-3 (rojo)-2 (azul).  
 Software: EnMap Imagine 8.5, ArcView GIS-3.2a

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

#### 4. Modelo Digital de Elevación (MDE)

El nombre de modelo digital de elevación o MDE implica una representación de las elevaciones del terreno mediante valores numéricos, generalmente esta representación es una forma simplificada de la geometría de la superficie del terreno. Consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas bidimensionales, a las que se les asocia un valor de elevación, la base de datos topográfica utilizada corresponde al IGM-Chile.

En otras palabras, un modelo digital de elevación es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie de la tierra cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas "X" e "Y" a las que se les agrega un valor de "Z" que corresponde a la elevación. Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula.

El nombre de modelo digital de elevación, crea la idea que necesariamente el grupo de valores numéricos deba visualizarse como un "modelo" de tercera dimensión cuando se usa un computador. Tal grupo de valores numéricos puede ser conceptualizado como un arreglo matricial o tabular de los valores de "X", "Y" y "Z" para cada punto.

##### Características

EL MDE que se generó tiene las siguientes características:

- ✓ Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).
- ✓ Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).
- ✓ El cubrimiento de cada MDE corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.
- ✓ El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 50 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 50 x 50 metros de lado.

Debemos mencionar que a partir del archivo ráster de un modelo digital de elevación es posible generar una capa o cubierta de vectores de curvas de nivel.

##### a) Modelos Grid

Para el desarrollo de ésta fase fue necesaria la redefinición de las celdas en los modelos grid (ráster), por cuanto sólo así se lograría determinar un adecuado modelo de análisis geográfico. De lo anterior se desglosa lo siguiente:

- ✓ Para el desarrollo de los Modelos de Elevación y de Exposición Solar a escala de la cuenca, se utilizó una celda con un tamaño de 30 Mts.
- ✓ Con respecto al área de trabajo del proyecto, para la confección de los Modelos (de Elevación, Exposición y Pendiente) se utilizó una celda con un tamaño de 50 m., por cuanto sólo así se logrará determinar un análisis de mayor detalle.

##### b) Vectorización

Para lograr la determinación de algún modelo de análisis, se hace necesario hacer énfasis en la existencia de dos tipos de representación. Uno de ellos es el **Vector** (representación lineal de alguna característica espacial, por ejemplo una

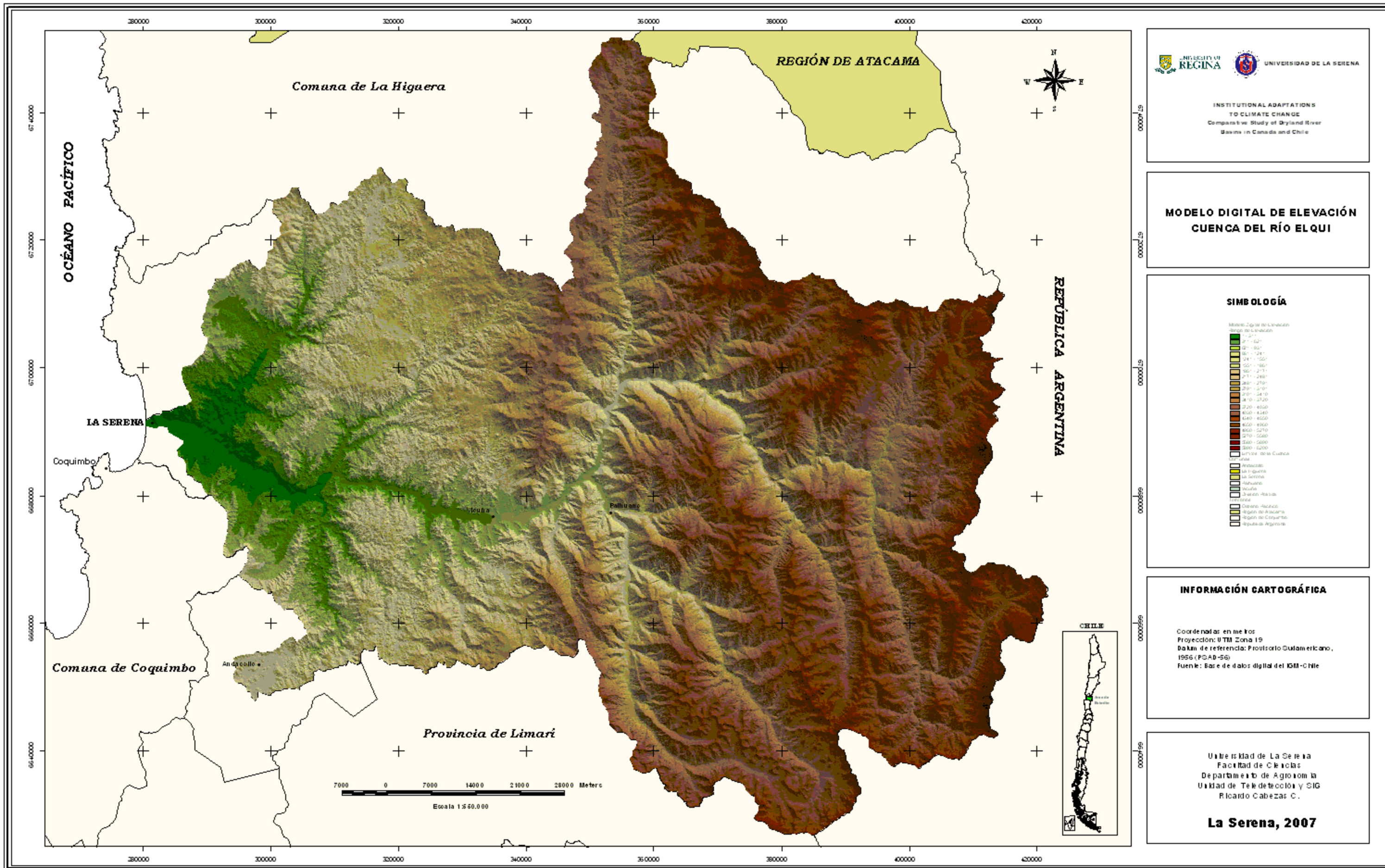
línea o un polígono), y el otro es el **Ráster** (representación de algún atributo espacial por medio de una grilla, que posee columnas y filas las cuales están adscritas a un tamaño determinado).

Los Modelos de Pendiente están expresados en rangos porcentuales y de Exposición Solar, en su nivel base (origen) están estructurados en un Ráster (Grid). Posteriormente, para lograr estructurar la consecuente base de datos en cada modelo (Pendiente y Exposición Solar), se tuvo que recurrir a la reconversión de los formatos. La Exposición Solar y la Pendiente fueron transformadas desde una Grid (formato Ráster) a un Vector, a través de un algoritmo que permite cambiar la estructura interna de cada modelo. Mediante esto, cada grilla (que posee un tamaño según los requerimientos dados al sistema 90, 75, 60 y 50 m) pasa a incorporar un valor codificado según sea el rango definido por el usuario (por ejemplo, Código 1 para la Pendiente mayor al 0,0%, Código 2 para las Pendientes entre los 0,0 al 4,54%, etc.).

##### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**,(1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- ROMERO H** (1985). "Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.
- SATÉLITE LANDSDAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001). "Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.







## 5. Modelo Digital de Pendiente (MDP)

Este modelo se generó a partir del modelo digital de elevación usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleo la función "Slope", la cual permite identificar los grados de inclinación de la superficie terrestre, expresada en grados (0-90°). Este modelo es muy útil para determinar áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como carreteras, puentes, nuevos proyectos inmobiliarios, habilitación de terrenos para la agricultura, generación de modelos de erosión, determinación de áreas de riesgos de avalanchas, etc.

EL Modelo que se generó, tiene las siguientes características:

Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).

Los puntos del MDP están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).

El cubrimiento de cada MDP corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.

El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 30 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 30 x 30 metros de lado.

La pendiente es la expresión de una cualidad geométrica del terreno a través de cuya graficación podemos investigar las distintas formas del mismo, la relación entre las mismas y, en fin, el orden de la geometría del espacio o sistemas de espacios que configuran un territorio.

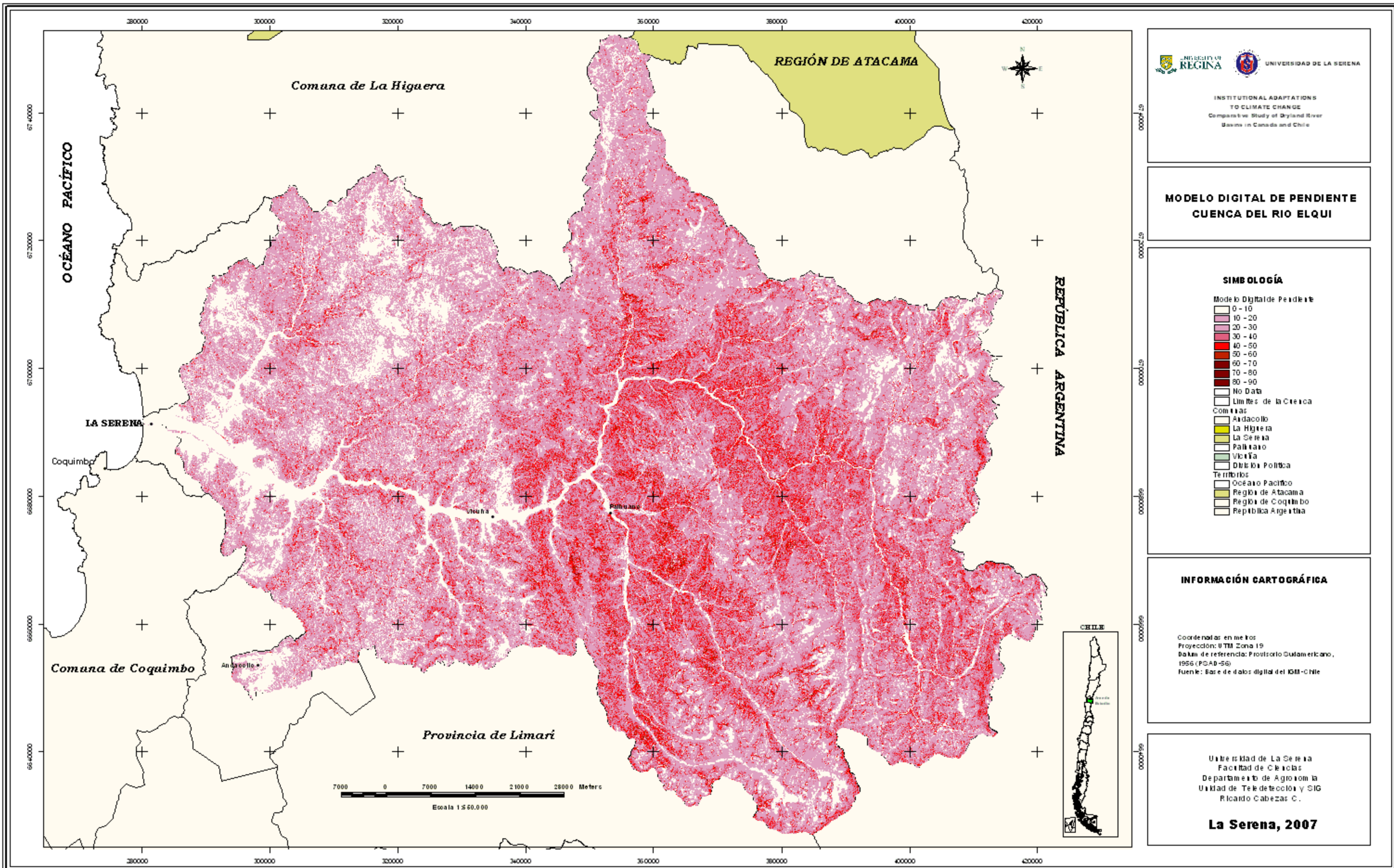
Cada especialidad la estudia según sus propios requerimientos y, establece los intervalos de valor entre los cuales el terreno tiene una determinada cualidad, admite un uso específico o dice cuando cambia el carácter de la misma en razón del uso o estudio que se realiza.

En el mapa de pendientes, se fijan los intervalos de acuerdo con sus cualidades geométricas. En las clases inferiores de la clasificación de pendientes se fijan los límites de acuerdo con las divisiones propias de los usos más posibles y generalizados que puedan darse en la cuenca.

A partir de este mapa, se agruparán las pendientes en función de categorías previamente establecidas; en este caso se han tomado seis categorías, expresando los intervalos en porcentajes que han sido seleccionados en base a las limitaciones debidas a los usos más frecuentes y haciéndolo corresponder con una clasificación morfológica de tipo descriptivo y que perceptivamente dejan más separadas las unidades reales del territorio.

## Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985) "Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.
- SATÉLITE LANDSDAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001). "Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.




  
 INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MODELO DIGITAL DE PENDIENTE  
CUENCA DEL RIO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

Modelo Digital de Pendiente

0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90
No Data

Límites de la Cuenca  
 Comunas  
 Andacollo  
 La Higuera  
 La Serena  
 Paltalao  
 Vicuña  
 División Política  
 Territorios  
 Océano Pacífico  
 Región de Atacama  
 Región de Coquimbo  
 República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGN-CHILE

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 6. Modelo Digital de Exposición Solar (MDES)

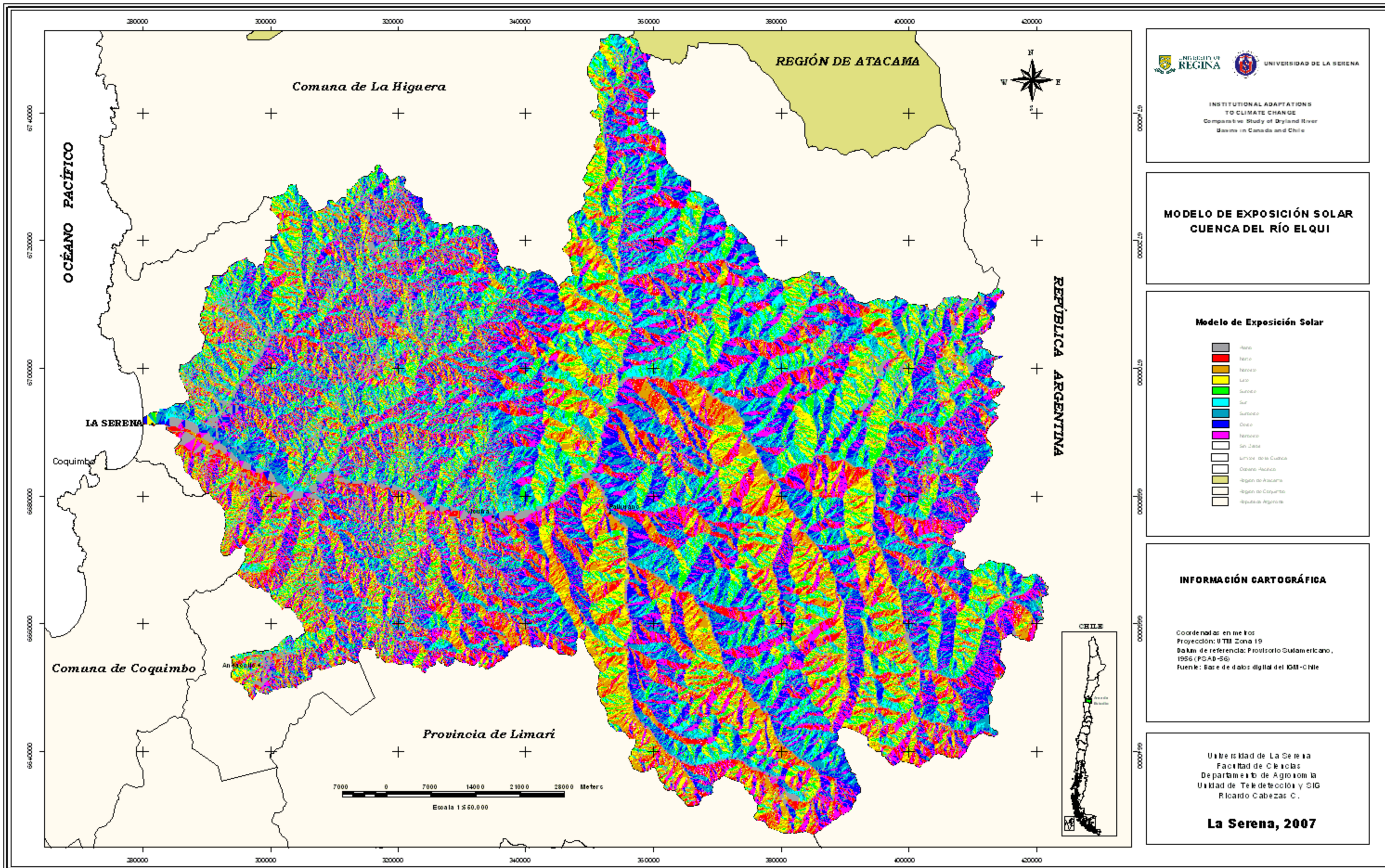
Este modelo se generó a partir del modelo digital de elevación usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleo la función “Aspect”, la cual permite identificar la exposición solar expresada en grados de exposición de la superficie terrestre, expresada en grados (0-360°), este modelo es muy útil para determinar áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como carreteras, puentes, nuevos proyectos inmobiliarios, habilitación de terrenos para la agricultura, especialmente para desarrollar proyectos frutícolas con denominación de origen, estudios del comportamiento de la vegetación en relación con la exposición solar, etc.

Debemos señalar que el “aspecto” es la dirección que el terreno representa. Es generalmente usado para determinar que cantidad de luz solar recibirá un sector del terreno.

## Referencias

- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001) Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- ROMERO H** (1985) “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.
- SATÉLITE LANDSDAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001) “Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.





## 7. Mapa Topográfico

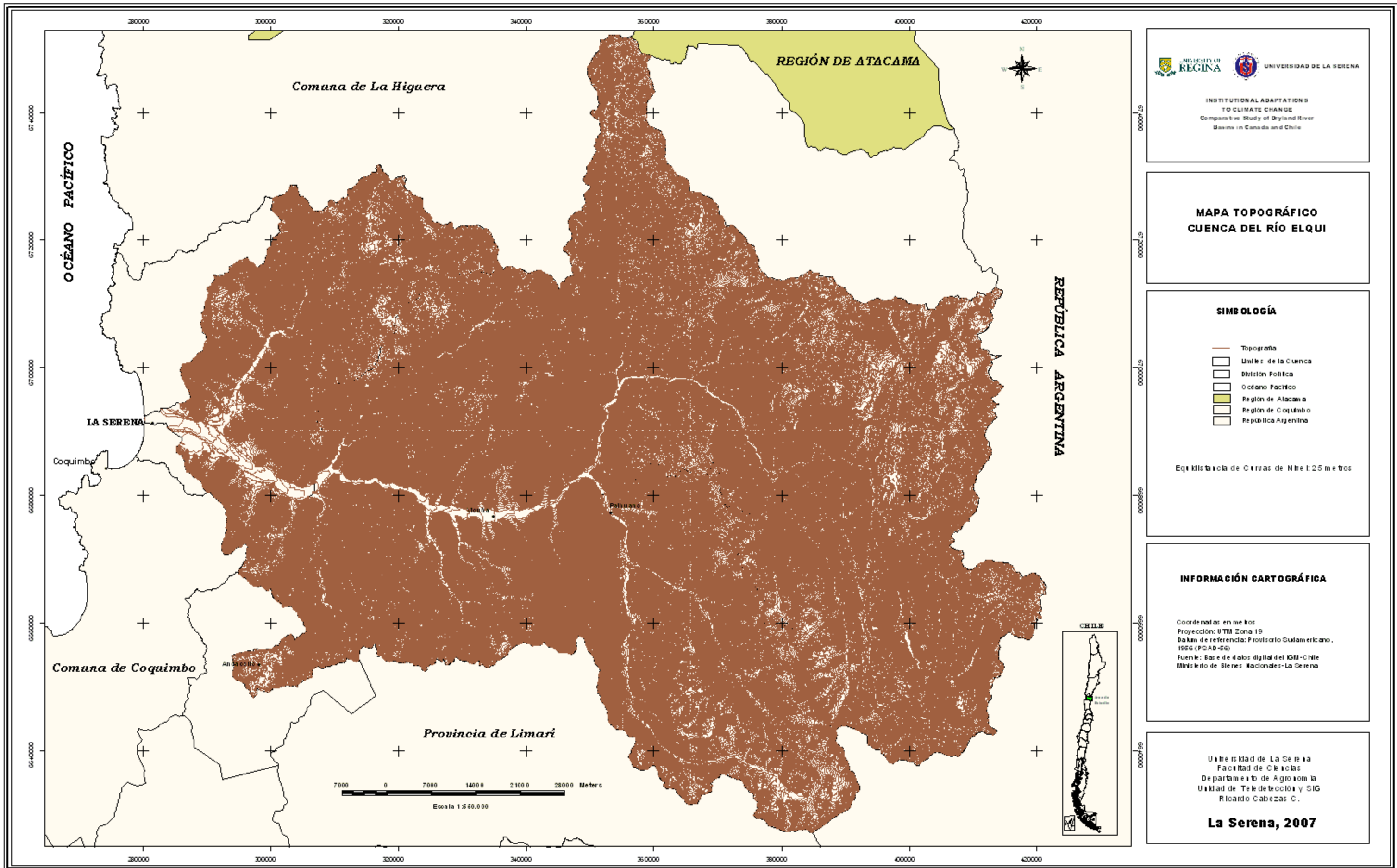
La topografía y su derivada la pendiente, es uno de los parámetros básicos para el análisis del medio ambiente. Pendiente, “sensu stricto”, es el gradiente de las isolíneas de nivel. Es pues, la expresión de la inclinación de una superficie respecto del plano horizontal. Llevado al terreno, se convierte en una cualidad específica de cada punto del territorio, cuyo conjunto representado en planta, da la posición y extensión de pendientes del mismo valor, facilitando una representación de la zona en las distintas superficies que configuran el espacio natural, referidas a su inclinación con el plano que se considera como horizontal.

La carta topográfica se obtuvo a partir de la base digital de datos del IGM-Chile, a través del uso de la función “Geoprocessing Wizard” se logró unir las curvas de nivel de las comunas de La Serena, Vicuña, Paihuano y Andacollo, debemos señalar que la equidistancia de las curvas en los sectores del curso medio en inferior de la cuenca es de 25 metros y en la cabecera de cuenca de 50 metros.

## Referencias

- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985) “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) “Geografía IV Región de Coquimbo”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.















INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA TOPOGRÁFICO  
CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

-  Topografía
-  Límites de la Cuenca
-  División Política
-  Océano Pacífico
-  Región de Atacama
-  Región de Coquimbo
-  República Argentina

Equidistancia de Curvas de Nivel: 25 metros

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas: en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM - Chile  
 Ministerio de Bienes Nacionales - La Serena

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 8. Mapa Geológico

La geología del área está representada por el predominio de rocas fundamentales pre-terciarias sobre sedimentos terciarios y cuaternarios, los cuales se ubican en las zonas llanas, por debajo de los 200 msnm y en los sectores depresionales entre macizos rocosos a cotas superiores a la indicada (Mpodozis & Cornejo 1988). Se reconocen las siguientes unidades:

**Franja litoral.** Está representada principalmente por grandes arenales consolidados y sitios de humedales, muchos de los cuales han sido drenados para permitir la construcción de caminos, viviendas y grandes complejos turísticos. La sección está permanentemente expuesta al viento y al oleaje, quedando sujeta a la acción del mar durante temporales intensos y tsunamis (Thomas 1967). El valle está formado casi exclusivamente por gravas, arenas, rípios aluviales aterrizados con origen en el Terciario Superior y Cuaternario (Moscoso et al. 1982).

**La Media Montaña.** Está constituida por numerosos plutones, principalmente grano-dioríticos y graníticos. Se encuentran las siguientes formaciones:

**Gravas de Atacama:** constituyen gravas, conglomerados, rípios y areniscas poco consolidadas (Mioceno-Pleistoceno).

**Grupo Bandurrias:** corresponden a andesitas porfíricas, brechas volcánicas, tobas con intercalaciones sedimentarias o marinas (principalmente Neocomiano, Titoniano-Aptiano; (volcánico, marino; 2.000-4.000 m).

**La Alta Montaña.** Está constituida en parte por rocas mesozoicas y por rocas eruptivas paleozoicas. Según Thomas (1967), en el área de estudio se encuentran las siguientes formaciones:

**Formación Los Elquinos:** (continental; 3.500 msnm) predominantemente volcánica andesítica, con intercalaciones de lavas riolíticas y rocas sedimentarias (Paleógeno).

**Formación Algarrobal:** (continental; 400-1.540 msnm) andesitas con intercalaciones sedimentarias, clásticas (Jurásico Superior).

**Formación Matahuaico:** (continental; 1.400 m) volcánica, riolítica, con intercalaciones sedimentarias clásticas (Pérmico-Triásico).

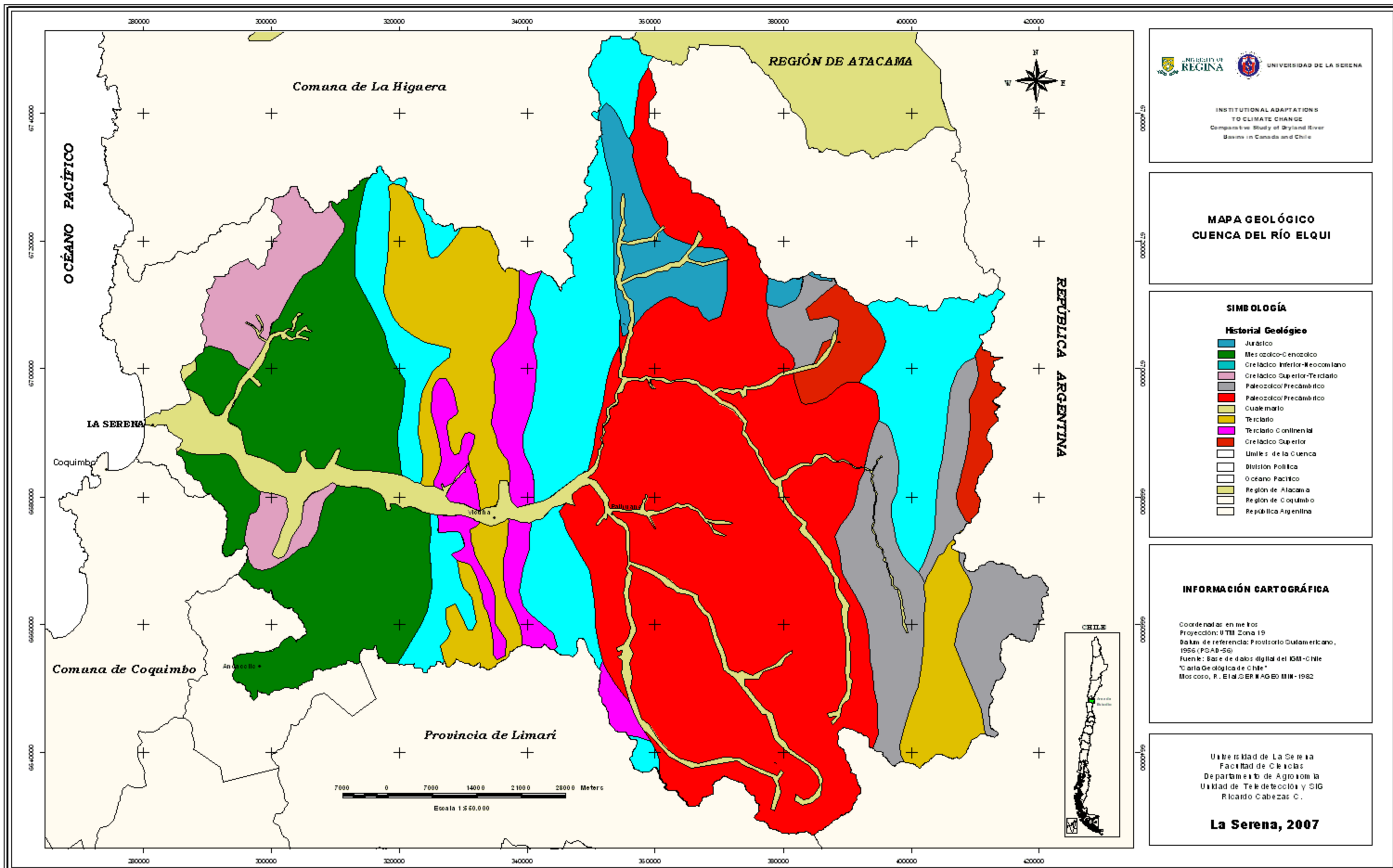
**Historia geológica.** Los sedimentos volcano-continentales de la Formación Arqueros se habrían depositado sobre los sedimentos continentales de la Formación Pucalame (ubicada más hacia el sur del área de interés) probablemente provenientes de un fuerte periodo de erosión- deformación y alzamiento de la cuenca con escasas intercalaciones piroclásticas distales a ésta y el cese de la actividad magmática ácida – intermedia que originó las rocas intrusivas de las Franja Occidental Costera (Jurásicas). De tal modo, el Cretácico inferior se caracteriza por el desarrollo de una intensa actividad volcánica que daría a origen a la extensa zona de rocas volcánicas de la Formación Arqueros. Esta zona, habría estado separada del mar abierto por medio de angosta plataforma de aguas someras ubicada más hacia el este. Esta independencia paleogeográfica con el ciclo marino quedaría identificada por la discordancia angular que existe en la cordillera de la costa durante el **Triásico-Jurásico**. Sucesivas disminuciones del volcanismo, habrían favorecido la depositación de sedimentos continentales más finos e incluso calcáreos. Diversos cambios en el nivel del mar favorecieron el relleno parcial de las partes más bajas del edificio volcánico, momentáneamente inactivo, favoreciendo en parte un ambiente litoral a supralitoral. No obstante, las zonas ubicadas más hacia el este, permanecieron cubiertas por depósitos de lagunas someras. Al final del Cretácico Inferior se reinicia la actividad magmática que termina con la sedimentación marino-transicional, predominando un régimen de actividad tipo explosiva con abundancia de depósitos de brechas y tobas volcánicas, que se exponen más al norte de la zona de

estudio. El posterior evento magmático- intrusivo ácido del cretácico superior fue precedido por el alzamiento de la cuenca y el cese de la actividad magmática. Esto favoreció la depositación de los sedimentos marinos y/o transicionales poco consolidados y aterrizados de la Formación Coquimbo los cuales están actualmente cubiertos por arenas, gravas y depósitos eólicos antiguos.

**Sismicidad.** Al igual que la mayor parte del territorio nacional, la cuenca del río Elqui se localiza en un sector de sismicidad relativamente alta, ya que aproximadamente cada 10 años se producen movimientos telúricos con focos en el fondo oceánico cercano a unos 50 kilómetros del continente, los cuales desarrollan intensidades entre 5,5 y 7,5 en la escala de Richter. Por otra parte, en períodos de 20 años se producen también movimientos sísmicos con hipocentro en el continente cuya proyección superficial se ubica en el sector cordillerano, con intensidades de 5 a 6 grados en la escala de Richter. El último evento sísmico de gran magnitud en el área ocurrió el 14 de octubre de 1997, con epicentro en la localidad de Punitaqui, distante a unos 90 km. al suroeste de La Serena, con una magnitud de 7,8 grados en la escala de Richter.

## Referencias

- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR,** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- MOSCOSO R, C NASI & P SALINAS** (1982) “Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Vallenar y parte norte de La Serena, Regiones de Atacama y Coquimbo”. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación N° 55. Santiago, Chile. 100 páginas.
- MPODOZIS C & P CORNEJO** (1988) “Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Pisco Elqui IV Región de Coquimbo”. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación N° 68. Santiago, Chile. 164 páginas.
- OYARZÚN J, H MATURANA, A PAULO & A PASIECZNA** (2003) Heavy metals in stream sediments from the Coquimbo Region (Chile): Effects of Sustained Mining and Natural Processes in a Semi-arid Basin. Mine and the Environment: 155-161.
- THOMAS H** (1967) “Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Ovalle, Provincia de Coquimbo”. Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín N° 23: Santiago, Chile. 54 páginas
- VEIT H** (1991) Jungquartäre relief und bodenentwicklung in der hochkordillere im einzugsgebiet des rio Elqui (NordChile, 30°S). Bamberg Geog Schriften 11:81-97.
- VEIT H** (1993) Upper quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico: an overview. Mountain Research and Development 13: 138-144.



## 9. Mapa Litológico

**Litología.** El núcleo de la alta cordillera está conformado por un gran batolito de rocas graníticas de edad cretácico-terciaria. Al sur de los 30° 20' S, aproximadamente, este batolito granítico se halla marginado por rocas sedimentarias, principalmente marinas, de edad jurásica-cretácica, las que en parte aparecen aún como remanentes constitutivos de algunas cumbres y macizos en el sector central del batolito. Al norte de la latitud mencionada, el esquema geológico se complica con la presencia de intrusivos graníticos y rocas metamórficas de edad paleozoica, así como por la presencia de formaciones sedimentario-volcánicas de edades jurásica y cretácica, además de pequeñas áreas de volcánicas terciarias, como son el Cordón de Doña Ana y el macizo del Cerro Las Tórtolas.

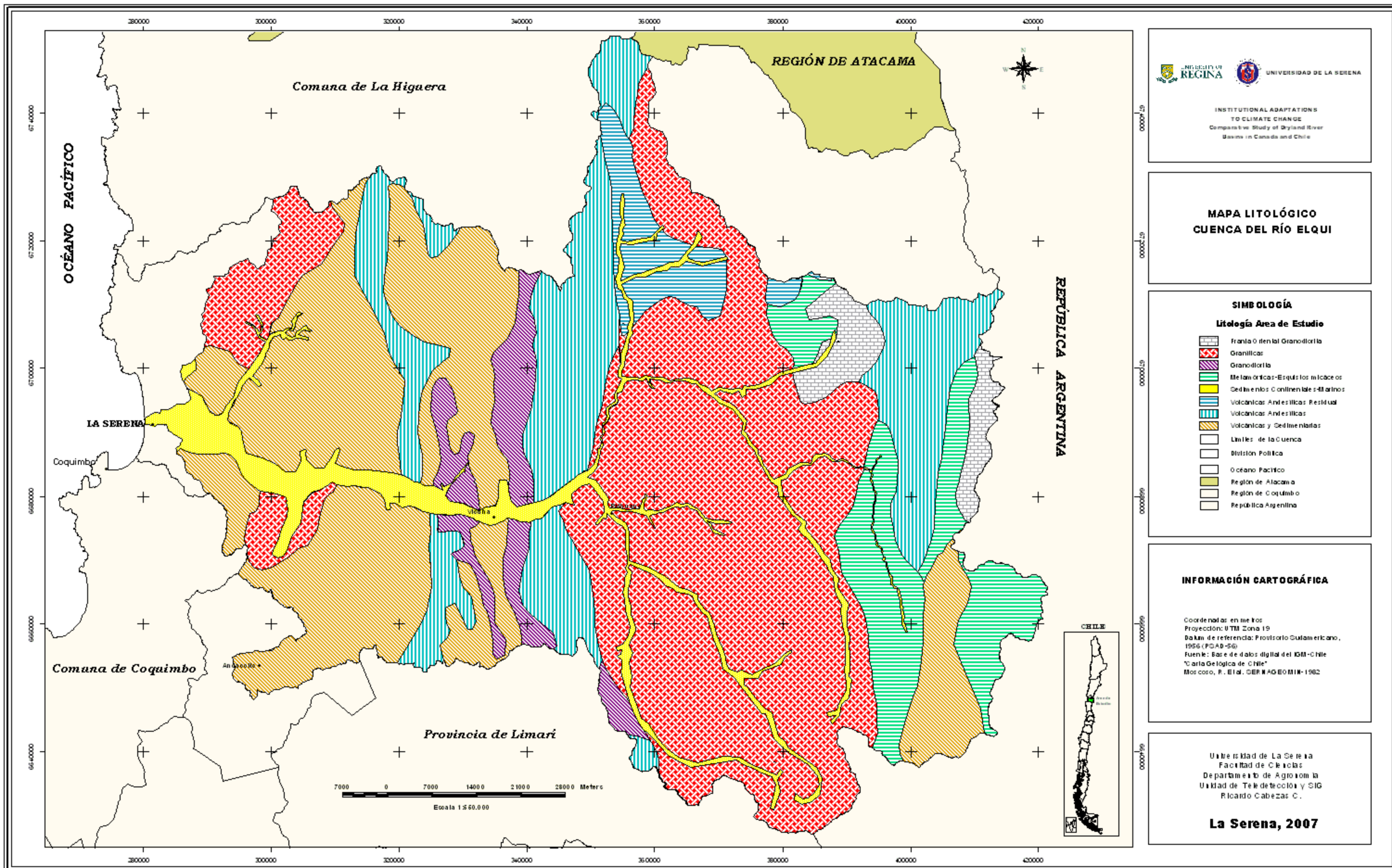
Paralelamente con estas formas de erosión, y como producto de sus procesos genéticos, se han edificado una serie de formas deposicionales, así como otras de origen indirecto, contemporáneas y/o posteriores. Así se presentan formas de sedimentación glacial, tales como morrenas frontales, laterales y de fondo principalmente; sedimentos fluvio-glaciales, en forma de terrazas de descarga y vapor de fondo de valle; conos de deyección; conos coluviales; lupas de deslizamiento por soliflucción; escombros de gravedad, etc.

**Zona Media-Alta de la Cuenca.** Rocas K<sub>1g</sub> de tipo Intrusivas del Cretácico inferior alto-cretácico superior bajo. Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzodioritas de hornblenda y biotita. Asociados a mineralización de Fe, Cu, Au; forma una franja con intercalaciones de espesor considerable.

**Zona Alta de la Cuenca.** Rocas K<sub>2c</sub> de tipo Volcano-Sedimentarias del Cretácico superior. Secuencias volcano sedimentarias continentales: Rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas.

## Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- MOSCOSO R, C NASI & P SALINAS** (1982) "Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Vallenar y parte norte de La Serena, Regiones de Atacama y Coquimbo". Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación N° 55. Santiago, Chile. 100 páginas.
- MPODOZIS C & P CORNEJO** (1988) "Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Pisco Elqui IV Región de Coquimbo". Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación N° 68. Santiago, Chile. 164 páginas.
- OYARZÚN J, H MATURANA, A PAULO & A PASIECZNA** (2003) Heavy metals in stream sediments from the Coquimbo Region (Chile): Effects of Sustained Mining and Natural Processes in a Semi-arid Basin. Mine and the Environment: 155-161.
- THOMAS H** (1967) "Carta Geológica de Chile escala 1:250.000. Hoja Ovalle, Provincia de Coquimbo". Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín N° 23: Santiago, Chile. 54 páginas ULS. 2002.
- VEIT H** (1991) Jungquartäre relief und bodenentwicklung in der hochkordillere im einzugsgebiet des rio Elqui (NordChile, 30°S). Bamberg Geog Schriften 11:81-97.
- VEIT H** (1993) Upper quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico: an overview. Mountain Research and Development 13: 138-144.
















**UNIVERSIDAD DE LA SERENA**  
 INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA LITOLÓGICO  
CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Litología Área de Estudio**

-  Franja Oriental Granodiorita
-  Graníticas
-  Granodiorita
-  Metamórficas-Esquís los micáceos
-  Sedimentos Continentales-Miocenos
-  Volcánicas Andésicas Restitua
-  Volcánicas Andésicas
-  Volcánicas y Sedimentarias
-  Límites de la Cuenca
-  División Política
-  Océano Pacífico
-  Región de Atacama
-  Región de Coquimbo
-  República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-CHILE  
 "Carta Geológica de Chile"  
 Moscoso, R. E. et al. SER MAG EOMIM-1982

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**



## 10. Mapa Geomorfológico

Esta cuenca se inserta dentro de la región geomorfológica de las planicies litorales, de las cuencas del sistema montañoso andino costero y de los valles transversales, que se extiende desde el valle del río Copiapó, por el norte, hasta el río Aconcagua por el sur.

**Geomorfología de la Alta Montaña.** El núcleo de la alta cordillera está conformado por un gran batolito de rocas graníticas de edad cretácico-terciaria. Al sur de los 30° 20' S, aproximadamente, este batolito granítico se halla marginado por rocas sedimentarias, principalmente marinas, de edad jurásica-cretácica, las que en parte aparecen aún como remanentes constitutivos de algunas cumbres y macizos en el sector central del batolito.

El cuadro morfológico de la Alta Montaña, en la Región de Coquimbo, es derivado de un sinnúmero de mecanismos propios de los sistemas de erosión glacial, periglacial, pluvio-fluvial y gravitacional. A partir de la topografía y relieve pre-cuaternario, se desarrollaron, por diferentes procesos, una serie de formas, tanto de erosión como de acumulación.

La existencia normal de zonas de mayor debilidad que otras, frente a la acción erosiva glacial, condujo a la gestación de formas tales como circos y valles glaciales, caracterizados por lo escarpado de sus laderas y la presencia de frecuentes farellones rocosos. Estas formas, si bien las glaciaciones tuvieron un alcance modesto, solo se conservan como tales en los sectores más elevados de la Alta Montaña, ya que los procesos del sistema periglacial han contribuido a suavizar las laderas a través de mecanismos de gelifracción, soliflucción y gravitacionales .

Es típica la existencia de laderas de pendiente rectilínea ("laderas regladas") y superficie clastolítica, cuya uniformidad es quebrada por la presencia de afloramientos rocosos, tanto residuales de media falda, como constituyentes de las líneas de cumbres.

Por otra parte, existen sectores en que topografías de tipo amesetado, planos inclinados y superficies onduladas, han evolucionado por rigolitización y meteorización de la roca in situ, generando una cubierta detrítica sobre un sustrato rocoso irregular. Paralelamente con estas formas de erosión, y como producto de sus procesos genéticos, se han edificado una serie de formas deposicionales, así como otras de origen indirecto, contemporáneas y/o posteriores.

Así se presentan, formas de sedimentación glacial, tales como morrenas frontales (laterales y de fondo principalmente), sedimentos fluvio-glaciales (en forma de terrazas de descarga y vapor de fondo de valle), conos de deyección, conos coluviales, lupas de deslizamiento por soliflucción, escombros de gravedad y otros.

De norte a sur, la cuenca del río Elqui constituye el primero de los valles transversales de la región de Coquimbo. En términos generales los rasgos geomorfológicos de esta cuenca no difieren mucho a los de las cuencas del río Limarí y Choapa, presentando una cuenca de sedimentación fluvial en su curso medio y bajo.

Desde la localidad de Rivadavia, donde se unen el Turbio con El Claro hasta su desembocadura, el río se presenta rodeado por cadenas de cerros de la costa, a tal punto que sólo en algunos sectores se establecen terrazas de sedimentación fluvial, las que son aprovechadas para la actividad agrícola y el asentamiento de pequeños poblados.

Las Planicies Litorales en esta cuenca se presentan con amplio desarrollo y su modelado penetra hacia el interior, formando franjas de hasta 10 kilómetros de ancho, su altura varía hacia el nivel del mar y 200 m s.n.m.

## Referencias

**ARÉVALO C, S MAUREIRA & J NOVOA** (1983) "Carta Pedo-Geomorfológica de Chile Continental entre los 17°30' y los 38°00' de latitud Sur". Memoria de Titulación. Facultad de Estudios Generales. Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile. 70 páginas.

**CEPEDA J & J NOVOA J** (2006) La Cordillera Alto Andina del Valle del Elqui. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes desérticos. La Alta Montañadel Valle del Elqui: 41-63. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

**CEPEDA J, J OYARZÚN M & J NOVOA J** (2004) El ambiente andino de la IV Región de Coquimbo. En: Cepeda J (ed.) Ecología del Paisaje de la Alta Montañadel Valle del Elqui: 13-26. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 132 pp.

**CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas

**ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1983). 1983. Geomorfología Tomo II, Primera Edición. Chile.182 Pág.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.

**PASKOFF R** (1970) Recherches géomorphologiques dans le Chili semi-aride. Biscaye Frères. Bordeaux, 420pp.

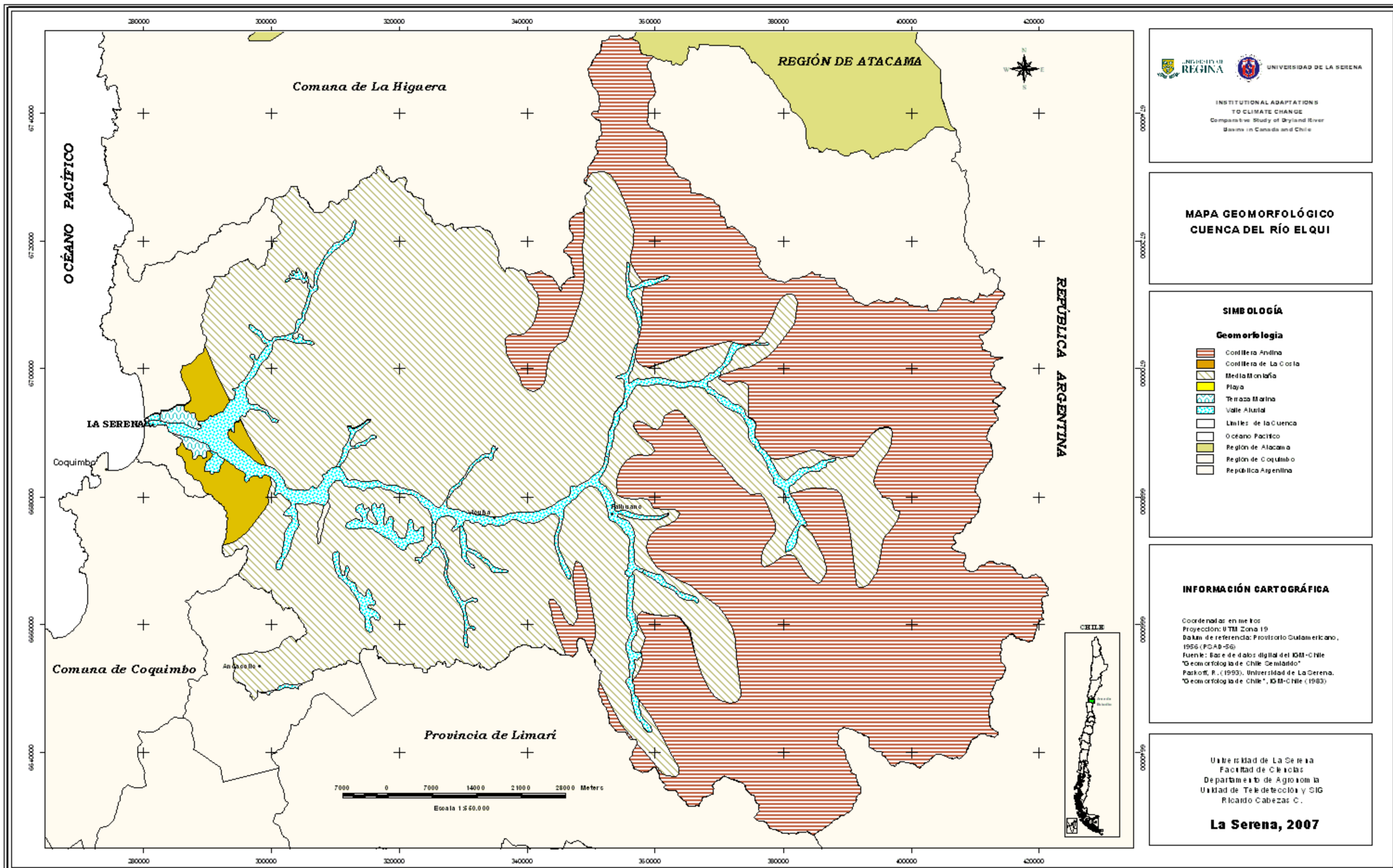
**PASKOFF R** (1993) "Geomorfología de Chile Semiárido". Departamento de Publicaciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 321 páginas.

**ROMERO H** (1985)."Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.

**ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.

**ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.

**SÁNCHEZ A & R MORALES** (1993) "Las Regiones de Chile. Espacio Físico y Humano-Económico". Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 262 páginas.



UNIVERSIDAD DE LA SERENA  
 INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA GEOMORFOLÓGICO  
 CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Geomorfología**

- Cordillera Andina
- Cordillera de La Costa
- Media Montaña
- Playa
- Terraza Marina
- Valle Aluvial
- Límites de la Cuenca
- Océano Pacífico
- Región de Atacama
- Región de Coquimbo
- República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Prototipo Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile "Geomorfología de Chile Georilizado" Paskoff, R. (1993), Universidad de La Serena, "Geomorfología de Chile", IGM-Chile (1983)

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 11. Mapa de las Formaciones Vegetales

Sin considerar la vegetación que ocupa el margen de las quebradas principales y del río Elquí, ocupado mayoritariamente por cultivos, para la cuenca del río Elquí se han identificado seis grandes formaciones vegetales. Para algunos autores la cuenca del río Elquí representa el límite meridional del desierto costero peruano-chileno. En este sentido algunas formaciones vegetales corresponden a intrusiones de formaciones nortinas que encuentran su límite meridional en la cuenca. Otras corresponden a intrusiones de formaciones vegetales procedentes de Chile central y que encuentran su límite septentrional en ella. De mar a cordillera estas formaciones son las siguientes.

**Matorral Estepario Costero.** Formación caracterizada por un predominio de arbustos bajos distribuidos sobre las terrazas costeras de la cuenca y en las laderas de los cerros cercanos al mar. En temporadas favorables de precipitación (e.g., ENOS) la estrata herbácea alcanza un desarrollo notable. Las especies más características de esta formación son *Adesmia microphylla* (palhuén), *Cassia coquimbensis* (alcaparra), *Heliotropium stenophyllum* (palo negro), *Fuchsia lycioides* (chilco falso), *Reichea coquimbensis* (lucumillo), *Trichocereus coquimbana* (copao), *Alona filifolia* (suspiro), *Plantago hispidula* (llantén).

**Desierto Costero del Huasco.** Ocupa el lado norte de la parte más baja de la cuenca. Constituye una pequeña intrusión hacia el sur del desierto costero que se intercala en el lado norte de la Bahía de Coquimbo con elementos del matorral estepario costero. Representa, en términos generales, una transición que señala el límite sur de muchas especies y el límite norte de otras. La principal agrupación vegetal es la de *Heliotropium stenophyllum* (monte negro)-*Oxalis gigantea* (churqui) Los géneros dominantes de plantas son *Heliotropium*, *Oxalis*, *Encelia*, *Ephedra*, *Adesmia*, *Bahia*, *Gutierrezia*, entre otros.

**Desierto Florido de las Serranías.** Su distribución abarca principalmente los sectores montañosos intermedios de la cuenca en su lado norte. Esta formación representa una extensión del desierto florido del norte que encuentra en la cuenca su límite meridional. Presenta en varios sectores comunidades vegetales que han sido fuertemente raleadas por la explotación efectuada por el hombre, ya sea para la obtención de leña o carbón o por el pastoreo de caprinos. Los géneros característicos de plantas son *Balsamocarpon*, *Caesalpinia*, *Encelia*, *Bulnesia*, *Cordia*, *Phrodus*, entre otros.

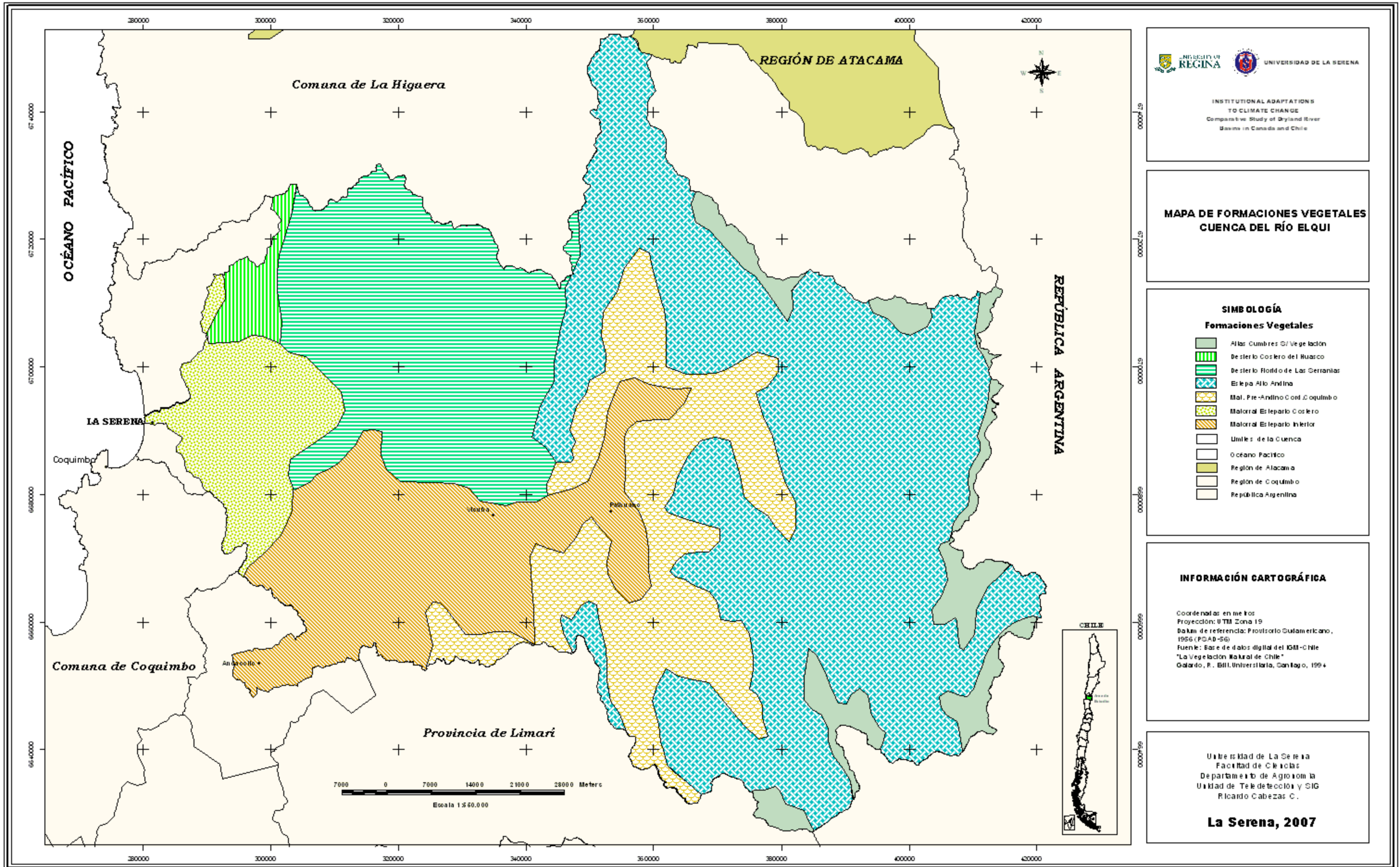
**Matorral Estepario del Interior.** Formación vegetacional que ocupa los llanos y serranías que no reciben influencia directa del océano, con lo cual las características xéricas de los ambientes son más acentuados. El carácter original de esta vegetación ha sido muy alterado, persistiendo sólo restos de comunidades o distintos estrados sucesionales. La cuenca representa el límite norte de esta formación donde se entremezcla con elementos y aspectos paisajísticos del desierto florido de las serranías. Los elementos genéricos más característicos son *Flourensia*, *Heliotropium*, *Fabiana*, *Gutierrezia*, *Verbena*, *Tessaria*, *Pleocarphus*, *Bridgesia*, *Atriplex*, *Lithrea caustica*, entre otros.

**Matorral Pre-Andino de la Cordillera de Coquimbo.** Formación meso-montana que se encuentra a ambos lados de la cuenca. Las condiciones ecológicas permiten el desarrollo de una densa cubierta de arbustos bajos e incluso matorrales. Los elementos genéricos más característicos son *Fabiana*, *Ephedra*, *Stipa*, *Bibiana*, *Adesmia*, *Alstroemeria*, *Anarthrophyllum*, *Argyria*, *Bacchari*, *Chuquiraga*, *Gymnophyton*, entre otros.

**Estepa Alto-Andina de la Cordillera Doña Ana.** Formación vegetal de gran extensión, abarca una superficie que se extiende entre el sur de la región de Atacama hasta la cabecera de cuenca del río Elquí. Los elementos genéricos típicos son *Stipa* y *Adesmia*. Ambos se encuentran ampliamente distribuidos en el área. Otros elementos genéricos característicos son *Calandrinia*, *Chaetanthera*, *Viola*, *Atriplex*, *Viviana*, *Patosia*, *Juncus*, entre otros.

## Referencias

- BENOIT I L** (ed.) (1989) Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Primera Parte).CONAF. Santiago de Chile. Chile. 157 pp.
- CEPEDA P J, C ZULETA & R OSORIO** (2000) Región de Coquimbo: Biodiversidad y ecosistemas terrestres. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 107 pp..
- CEPEDA-PIZARRO J** (1995) Síntesis ecológica del desierto costero peruano-chileno. Revista Investigación y Desarrollo: 4-13. Universidad de La Serena. La Serena, Chile.
- ETIENNE M & C PRADO** (1982). Descripción de la Vegetación mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras. Ciencias Agrícolas N° 10. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. 120 p.
- GAJARDO R** (1993) La vegetación natural de Chile. CONAF. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 165 p.
- GAJARDO R** (1995) La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria.165 p.
- MORALES L, F SANTIBÁÑEZ, A DE LA FUENTE & J URIBE** (1998) Monitoring desertification using remote sensing techniques. En: EIMS, An environmental information and modeling system for sustainable development, F. Santibañez & V. Marín (eds). Santiago. 250 pp.
- MUELLER-DOMBOIS D & H ELLENBERG H (1974)..** Aims and methods of vegetation ecology. Wiley & Sons, New York, U.S.A. 545 pp.
- MUÑOZ P C** (1966) Sinopsis de la Flora de Chile. Ed. Universidad de Chile, 2a Ed., 500 pp.
- OVALLE C, J. AVENDAÑO, M ETIENNE, M MUÑOZ & MT SERRA** (1981) Determinación del valor pastoral en praderas naturales de la zona Mediterránea subhúmeda y su relación con la carga animal. Agricultura Técnica, 41(4), 221-231.
- SILVA M & V LOZANO** (1984). Descripción de las principales especies forrajeras entre la zona mediterránea árida y la zona de las lluvias. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.
- SQUEO FA, G ARANCIO & J GUTIÉRREZ** (eds.) (2001) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Gobierno Regional de Coquimbo, Corporación Nacional Forestal (IV Región) & Universidad de La Serena. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile. 372 pp.
- SQUEO FA, R OSORIO & G ARANCIO** (1994) “Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana”. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 168 pp.
- SQUEO FA, H VEIT, G ARANCIO, J GUTIÉRREZ, MTK ARROYO & NC OLIVARES** (1993) Spatial heterogeneity of high mountain vegetation in the andean desert zone of Chile. Mountain Research and Development 13:203-209.





  
**UNIVERSIDAD DE LA SERENA**

INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA DE FORMACIONES VEGETALES CUENCA DEL RÍO ELQUI**

- SIMBOLOGÍA**
- Formaciones Vegetales**
-  Alta Cumbres Sin Vegetación
  -  Desierto Costero del Ruarco
  -  Desierto Floral de Las Gerrerías
  -  Espejo Alto Andino
  -  Mal. Pre-Andino Coni-Coquimbo
  -  Matorral Eslerario Costero
  -  Matorral Eslerario Interior
  -  Unidad de la Cuenca
  -  Océano Pacífico
  -  Región de Atacama
  -  Región de Coquimbo
  -  República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Proyectorio Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile "La Vegetación Natural de Chile"  
 Galardo, R. Edil. Universitaria, Santiago, 1994

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 12. Mapa de Índice de Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI)

El índice de vegetación diferencia normalizada, **NDVI**, es una variable que permite estimar el desarrollo de una vegetación en base a la medición, con sensores remotos, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma emite o refleja.

Los valores de **NDVI** para un mes dado pueden ser expresados en valores absolutos o en valores relativos comparados con promedios de series históricas para ese mismo mes.

Los valores de **NDVI** oscilan entre -1 y 1. El índice permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Esto está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas. La interpretación del índice debe asimismo considerar los ciclos fenológicos y de desarrollo anuales para distinguir oscilaciones naturales de la vegetación de los cambios en la distribución espacial causados por otros factores.

- ✓ El agua tiene reflectancia  $R1 > R2$ , por lo tanto valores negativos de NDVI.
- ✓ Las nubes presentan valores similares de  $R1$  y  $R2$ , por lo que su NDVI es cercano a 0.
- ✓ El suelo descubierto y con vegetación rala presenta valores positivos aunque no muy elevados.
- ✓ La vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta los mayores valores de NDVI

Los índices de vegetación son utilizados para mejorar la discriminación entre suelos y la vegetación. El principio físico en que se apoyan estos índices se deriva del comportamiento radiométrico que tiene una cobertura vegetal a la radiación electromagnética. En efecto, de acuerdo al análisis realizado con las imágenes del satélite Landsat 7 para un sector del área cubierta por una escena de este satélite, mostraron que de acuerdo con la concentración de la cubierta vegetal, la firma espectral va cambiando y muestra un marcado contraste entre ellas. En efecto la firma espectral muestra un marcado contraste en las regiones del visible (0,6 a 0,7 nanómetros) y el infrarrojo cercano (0,7 a 1,1 nanómetros). Lo anterior deriva de que en la región visible del espectro electromagnético los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la luz solar que reciben, mientras que el infrarrojo cercano los pigmentos son bastante reflectantes. Esta es la razón por la cual la mayor concentración de vegetación presenta una baja reflectancia en la banda roja del espectro y alta en el infrarrojo cercano. Este hecho es muy importante, pues el contraste existente entre suelos y vegetación es muy significativo en las dos bandas señaladas. Lo anterior es debido a que los suelos presentan una menor variación espectral a diferentes longitudes de onda. A manera de síntesis debemos señalar que mientras mayor sea el contraste entre la reflectancia en la banda infrarroja y la roja, mayor será el vigor de la vegetación en la cubierta observada. Para la determinación de la cobertura vegetal de la cuenca se empleó el NDVI (Normal Difference Vegetation Index), definido por la diferencia normalizada en los valores de reflectancia ( $r$ ) en las bandas situadas en el rojo del espectro visible ( $r_{red}$ ) y del infrarrojo cercano ( $r_{nir}$ ), estos es:

$$NDVI = \frac{P_{nir} - P_{red}}{P_{nir} + P_{red}}$$

La principal ventaja de este indicador es su fácil interpretación, ya que se encuentra acotado entre +-1, con un umbral crítico para las cubiertas vegetales en torno a 0,2. Además, esto nos permitió el reconocer el estado de la vegetación de la cuenca.

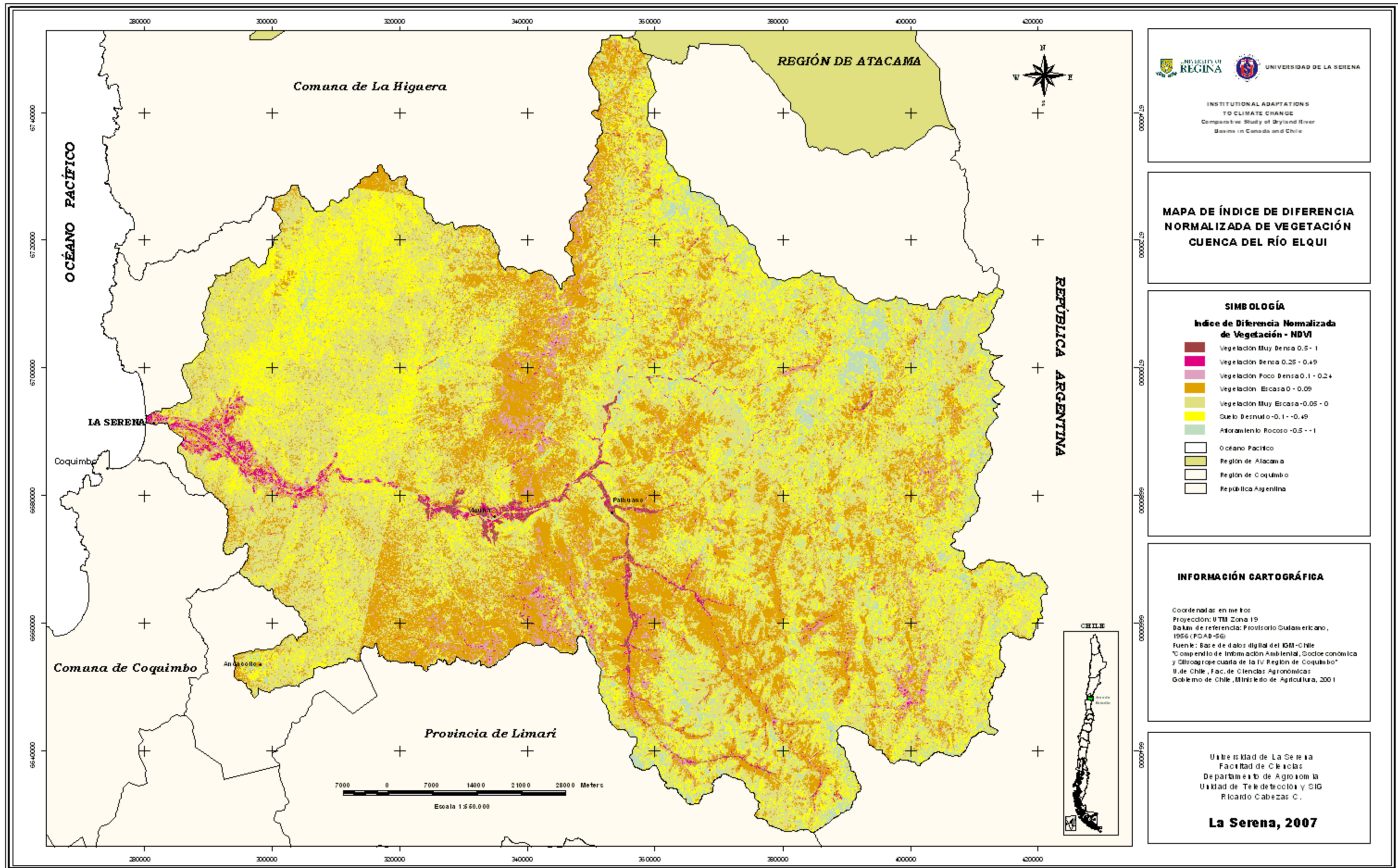
El empleo de los cocientes para discriminar masas vegetales se deriva del peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación. La firma espectral característica de la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas del visible (VIS), especialmente la banda roja y el Infrarrojo Cercano (IRC). Mientras en el VIS los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas sustancias apenas afectan al IRC. Por esta razón se produce un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda R del espectro VIS y la del IRC, lo que permite separar con relativa claridad, la vegetación sana de otras cubiertas. Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés su reflectividad será inferior en el IRC, aumentando paralelamente en el rojo (al tener menor absorción clorofílica), con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor. En definitiva, cuanto mayor sea la diferencia entre las reflectividades de la banda IRC y R, mayor vigor vegetal presenta la cubierta observada.

El Índice de Brillo (IB) ha resultado ser una herramienta adecuada para estudiar las condiciones de los suelos, especialmente en sitios de regiones áridas y semi áridas, complementándose con el denominado índice de rojo (IR) que entrega una alta relación con el color del suelo (Pouget et al, 1996). Este índice da cuenta de las características reflectivas del suelo, la que al mismo tiempo es el resultado del color, contenido de humedad y estructura del suelo. El IB se calcula con las bandas espectrales del azul, verde y rojo de las imágenes Landsat 7.

## Referencias

- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc** .(2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- SATÉLITE LANDSAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001). “Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.
- ROMERO H** (1985). “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROMERO H, A ROVIRA & G. VÉLIZ** (1988) “Geografía IV Región de Coquimbo”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.





### 13. Mapa Hidrográfico

**Características generales.** El área de estudio se inserta en la "Región de Ríos en Torrente de Régimen Mixto", en la Zona Semiárida de Chile. Esta se extiende desde la Región de Atacama y hasta la Región de Valparaíso, específicamente desde la cuenca del río Salado hasta la cuenca del río Aconcagua. Esta zona semiárida es drenada por ocho sistemas hidrográficos mayores, que llegan con las aguas al mar y proveen los recursos hidrológicos para el ejercicio de una agricultura basada en el riego artificial.

De acuerdo a las características de las redes de drenaje, la magnitud de los caudales y su régimen, la hidrografía de esta zona puede agruparse en tres grandes divisiones. Estas son : a) cuencas andinas, que son cuencas que tienen cabeceras en la alta cordillera, captan las precipitaciones altas en forma directa, o reciben su alimentación mediante nieve acumulada en los cerros durante el invierno; b) cuencas preandinas, cuyas cabeceras están en los cordones antepuestos a los Andes y reciben sus recursos hídricos de exiguas vertientes o precipitaciones esporádicas, razón por la cual carecen de escurrimiento permanente, aunque su situación tiende a mejorar en sentido norte-sur; y c) cuencas costeras que son las más pequeñas en extensión y recorrido y tienen por base de equilibrio inmediato el Océano Pacífico. Cabe destacar, que no siempre es posible, en esta zona del país, establecer una diferenciación clara entre un tipo y otro de cuencas debido a la orografía regional.

Desde el punto de vista hidrográfico, el río Elqui tiene un drenaje de tipo exorreico. Esto se debe, en términos generales, a las condiciones del relieve andino que ha modificaciones de carácter climático, la cordillera de los Andes, deja de estar constituida por planos inclinados y el relieve andino cobra todo su vigor. Grandes cordones montañosos, con altitudes considerables (sobre los 6.000 metros Doña Ana, Las Tórtolas, Olivares, etc.), son frecuentes y las precipitaciones se ven reflejadas por su influencia. Es posible observar aún lluvias estivales, originadas por movimientos convectivos, provocados por el calentamiento diario de la montaña. De esta forma, precipitaciones estivales e invernales de tipo ciclónico se suman para dar un mayor monto de precipitación y definir el tipo de alimentación de este río de régimen nivo-pluvial.

Debido al descenso de la temperatura con la altitud, gran parte de estas precipitaciones se presenta en forma de nieve que se conserva en las partes altas de la cordillera, favoreciendo un escurrimiento más regular de las aguas. De todas maneras, los drenes se singularizarán todavía por un régimen de carácter torrencial, por grandes avenidas producidas por las lluvias ciclónicas de el período invernal.

**Hoya del río Elqui** . El sector norte de la cuenca, se encuentra el río Turbio con una superficie de 3.895 km<sup>2</sup>, drena la parte septentrional de la porción cordillerana del río Elqui. Se forma por la unión de los ríos Ingaguaz y del Toro, el que a su vez está formado por el río Vacas Heladas y La Laguna, en cuyo curso superior está ubicado el embalse La Laguna, de 40 millones de m<sup>3</sup>, posee un régimen típicamente nival. El máximo lo presenta en el mes de enero con 9,5 m<sup>3</sup>/seg. y el mínimo se producen agosto con 4,32 mts<sup>3</sup>/seg. El descenso de los caudales es rápido, de tal manera que Marzo presenta 6,57 mts<sup>3</sup>/seg. fecha a partir de la cual el descenso se hace menos pronunciado hasta alcanzar el mínimo.

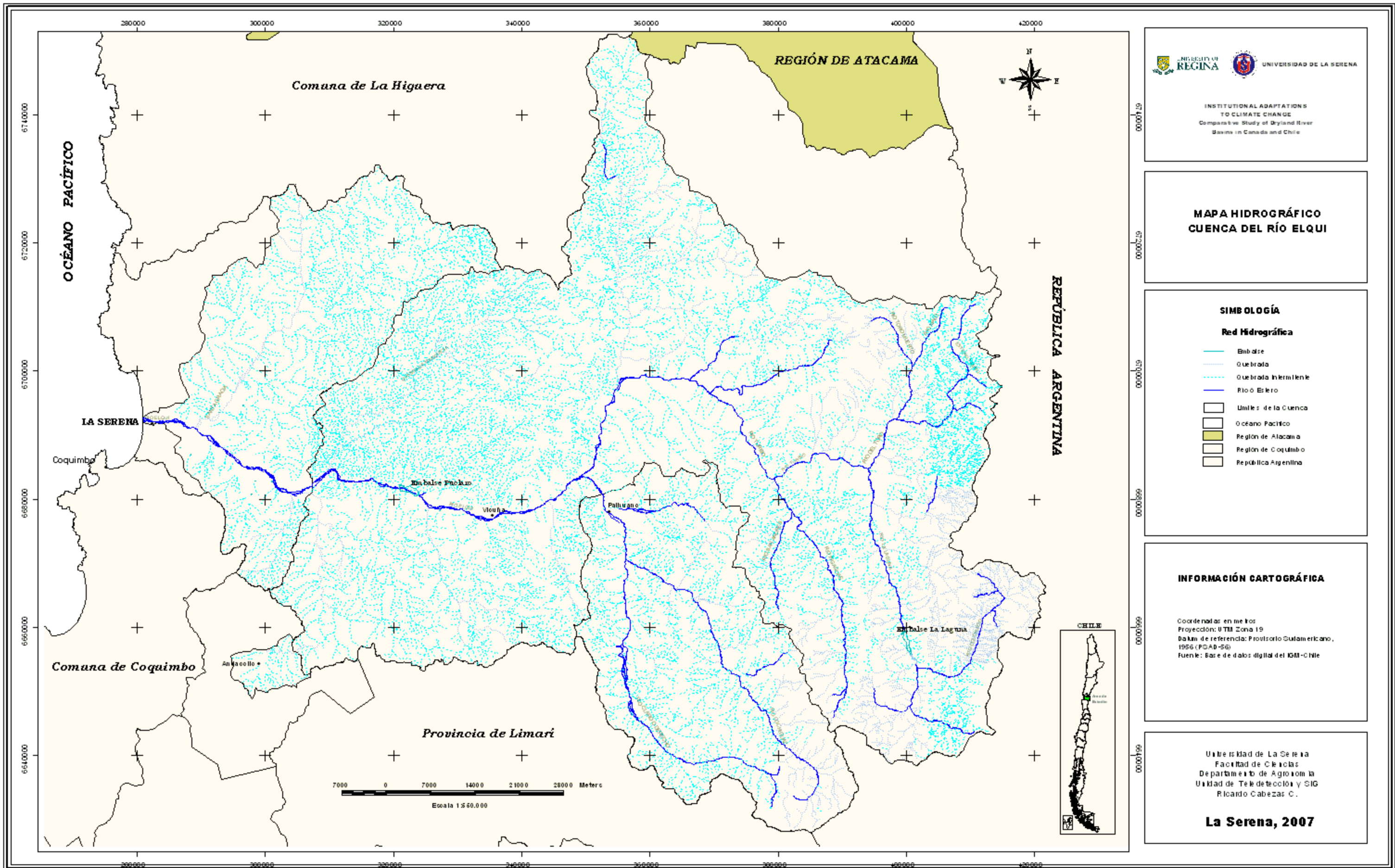
El río Claro que nace de la confluencia de los ríos Cochiguas y Derecho. Ellos presentan características hidrológicas mixtas siendo su hoya de 1.515 km<sup>2</sup>. El caudal medio de este río es de 3,9 m<sup>3</sup>/seg. El máximo se presenta en noviembre con 5,2 mts<sup>3</sup>/seg., su mínimo en septiembre. Un segundo período de crecidas menores que las de noviembre, ocurre en junio con un mínimo secundario en febrero.

El embalse La Laguna, ubicado en la alta cordillera a 3.200 msnm, regula 530 km<sup>2</sup> del curso superior del río La Laguna, lo que constituye alrededor de un 25% de las aguas disponibles en la primera sección del río Elqui. El caudal conjunto de los ríos Turbio y Claro, controlado en la estación fluviométrica de Algarrobal, tiene un gasto medio de 7,2 mts<sup>3</sup>/seg. equivalente a 227 x 10<sup>6</sup> mts<sup>3</sup> anuales. En períodos de sequía (e.g., 1968, 1971, 1974, 1976)- el caudal medio en esta estación alcanza sólo al 50%.

El embalse Puclaro, con una capacidad de 220 millones de m<sup>3</sup> y localizado en el curso medio del Elqui, vino a solucionar la seguridad de riego de las tierras y cuya agua es distribuida a través de los numerosos canales existentes en el curso medio e inferior de la cuenca.

### Referencias

- ALFARO C & C HONORES** (2002) Análisis de la disponibilidad del recurso hídrico superficial en los cauces controlados de las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ingeniería.- Universidad de La Serena. La Serena.
- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- ESPÍLDORA B & G PALMA** (1977) "Modelo de Simulación Hidrológica en la Hoya hidrográfica del Río Elqui". Publicación CRH 77-4-1. Centro de Recursos Hidráulicos. Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 133 páginas.
- FUENZALIDA H** (1950) Geografía económica de Chile. Tomo I. Corporación de Fomento de la Producción. Imprenta Universitaria. Santiago de Chile. Chile. 28 pp.
- NOVOA E & A NÚÑEZ** (1995) "Aplicación Metodológica para la Jerarquización de Planes de Manejo en Hoya hidrográficas (Hoya hidrográfica del Río Elqui, Chile Semiárido)". Revista de Investigación y Desarrollo (2): 79-89
- ZAROR C** (2002) Principios básicos de modelación matemática. En: Modelación ambiental, modelos de calidad del agua. Escuela de verano en Medio Ambiente 202, centro de Ciencias Ambientales EULA- Chile, U. de Concepción.
- ZAVALA H** (en prensa). Hidrología de la cuenca del río Elqui. En Cepeda J, M Fiebig & H Zavala (eds). Los sistemas naturales de la cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile). Ediciones Universidad de La Serena., La Serena. Chile.















INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA HIDROGRÁFICO  
CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Red Hidrográfica**

-  Embalse
-  Quebrada
-  Quebrada Intermitente
-  Río Elqui

 Límites de la Cuenca  
 Océano Pacífico  
 Región de Atacama  
 Región de Coquimbo  
 República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Prostorio Sulamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGN-Chile

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**



## 14. Mapa Climático

La cuenca del río Elqui, presenta los siguientes tipos climáticos:

**Désertico Transicional. (BWI).** Este clima se presenta en el sector norte de la región, siendo la continuación del mismo clima de la Región de Atacama y se extiende hacia el sur hasta poco mas al norte del valle del Elqui. Por el oeste comienza en la línea hasta donde llega la influencia marítima intensa y por el oriente se extiende hasta aproximadamente el nivel de los 2.500 m de elevación. Cubre por lo tanto gran parte de la Cordillera de la Punilla.

Las características desérticas se presentan aminoradas por las mayores cantidades de precipitación y porque la cordillera de la Costa se presenta muy disminuida, permitiendo una mayor humedad proveniente del litoral. La continentalidad de la zona hace que las oscilaciones térmicas sean mucho mayores que en la costa, en especial las amplitudes diarias.

**Desierto Frío de montaña. (BWk’G).** Se manifiesta sobre los 2.000 m de altura. El régimen térmico es más frío pero las oscilaciones térmicas son menores que en el desierto marginal bajo, debido a la altura. La humedad relativa es baja, los cielos son predominantemente despejados, diáfanos y limpios, lo que motivó la instalación de los observatorios Astronómicos por parte de organizaciones científicas de Europa tales como La Silla y Las Campanas.

Las precipitaciones son muy escasas en este clima y se producen casi exclusivamente en los meses de invierno, de mayo a agosto. Estas son de origen frontal y muchas veces son nivosas. Las temperaturas bajas y las apreciables cantidades de nieve en el invierno hacen que la línea de nieves eternas se ubique entre los 5.000 y 6.000 m, por lo que a los más altos picachos de la cordillera de la región, localmente se les denomine "nevados".

**Estepa con nubosidad abundante. (BSn).** Este clima se presenta bordeando la costa. Se caracteriza por abundante nubosidad baja, localmente intensificada que se manifiesta con frecuentes nieblas y lloviznas que tienden a disipar al mediodía. Este rasgo se asocia también a gran cantidad de días nublados, pocos días despejados y alta humedad relativa. Estas características se extienden hacia el interior de los valles transversales, alcanzando hasta algunas decenas de kilómetros hacia el interior. La cercanía del mar produce amplitudes térmicas bajas. En La Serena es de 6.8° anuales, como diferencia entre la media del mes mas cálido y el mas frío y de 8° C diarios, como diferencia media entre las máximas y las mínimas.

Rasgos locales del relieve costero, con algunas alturas que superan los 600 m y la nubosidad costera, permiten la conservación de restos de bosque tipo valdiviano, que emigró hasta esta región en épocas preglaciares, lo que se observa en los Altos de Talinay y el Parque Nacional Fray Jorge. Las precipitaciones presentan un régimen frontal, con máximos en el invierno (junio, julio y agosto) donde precipita cerca del 80% del total anual. Así mismo, las precipitaciones aumentan hacia el sur y con la altura. En La Serena caen 78 mm anuales, en el Tangué 107 mm, 163 mm en Puerto Oscuro y más de 270 en Quilimarí.

**Clima de Estepa Templada marginal. (BSIW).** Se presenta hacia el interior de la hoya hidrográfica, desde donde no se percibe influencia oceánica y donde las precipitaciones invernales son suficientes para eliminar los rasgos desérticos y se extiende por toda la extensión transversal hasta la frontera con Argentina. Su principal característica son los cielos predominantemente despejados, baja humedad relativa, temperaturas elevadas durante el día debido a que ocupa una zona dentro o sobre la capa de inversión térmicas, aunque en la noches las temperaturas descienden bastante. Tiene una amplitud térmica diaria del orden de 18° a 20° C, lo que equivale al doble o al triple de la de la costa.

Las precipitaciones son de régimen frontal y se presentan en invierno, donde precipita entre el 75% y el 85% de las cantidades anuales. En los sectores más altos, son de nieve. Los cielos limpios, con escasa humedad producen una

gran nitidez atmosférica, ha hecho que se establezcan en esta zona los observatorios astronómicos de el Tololo y Géminis.

**Clima Estepa Fría de montaña. (BSk’G)** Este clima se localiza en la Cordillera de los Andes sobre los 1.500 metros de altitud con características de altas precipitaciones, temperaturas bajas y nieves permanentes que constituyen un aporte significativo de agua en el período estival. En una franja orientada de Norte a Sur, entre la Media Montaña y la alta cordillera, entre los 1.500 y 4.000 m. aproximadamente, se extiende este tipo climático, cuyo principal rasgo es que a partir del límite inferior, comienzan a producirse precipitaciones en forma sólida. El ritmo de las temperaturas está regido por la altitud, registrándose una oscilación diaria superior a 10°C. La estación meteorológica Los Molles, en Bocatoma, permite describir los rasgos térmicos de este clima, que presenta una temperatura media anual entre 8° y 10° C y que opone un verano cálido al invierno frío. El ciclo diario de la temperatura contrasta fuertemente el día y la noche. A este ciclo diario, se asocia el viento originado por las variaciones de la presión atmosférica, que acompaña todo el período de insolación El aumento en la disponibilidad de agua por precipitación (150 a más de 350 mm), respecto a los tipos climáticos colindantes hacia el oeste, a la que se agrega el escurrimiento de aguas por deshielo en los meses de verano, condicionan que en general en este tipo se produzcan mejores condiciones para la existencia de pastos durante la primavera y verano. Sobre el fondo de los valles, la vegetación se alinea bordeando los lechos de escurrimiento hasta por sobre los 2.000 a 2.500 msnm, pero disminuyendo su tamaño a medida que aumenta la altitud. Finalmente, se puede señalar que es en este ambiente climático donde se ubica las fuentes de alimentación de los cursos de agua que drenan hacia el Pacífico.

**Clima de Tundra de Alta Montaña.(EB).** Corresponde a las altas cumbres de la cordillera de los Andes, donde el hielo y la nieve persisten durante todo el año. Sobre los 4.000 msnm, bajo la denominación de climas de alta montaña, se engloban aquellos ambientes que, debido a su altitud, presentan bajas temperaturas durante todo el año, con variaciones por debajo y por sobre 0° C, pero que ni en el verano alcanzan temperaturas mayores a 10° C. Las precipitaciones de monto variable se producen por lo general en forma de nieve, inclusive las que ocasionan las raras y breves tormentas de verano.El aire a estas altitudes es seco y el juego diario de las temperaturas por sobre y bajo cero grado, combinado con las fuertes pendientes, provoca curiosos fenómenos morfológicos, como los glaciares de rodados que describen Lliboutry (1956) y Paskoff (1993).

## Referencias

**CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile. 122 Pág.

**CEPEDA J & J NOVOA J** (2006) La Cordillera Alto Andina del Valle del Elqui. En: Cepeda J (ed) Geocología de los Andes desérticos. La Alta Montaña del Valle del Elqui: 41-63. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

**INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE** (2001) Compendio de información ambiental , socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.

**INE** (1998) Estadísticas del medio ambiente. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago. Chile.

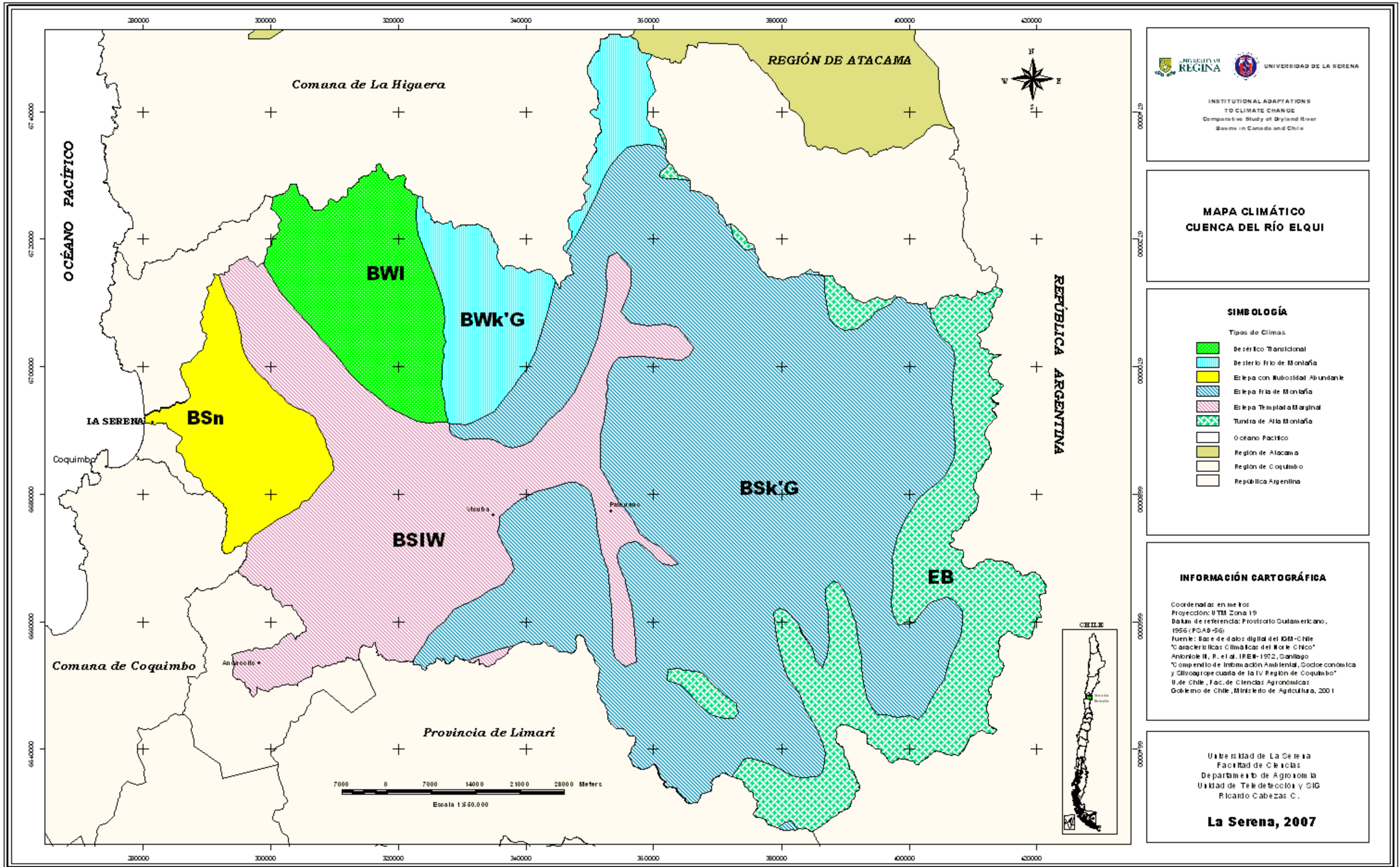
**IREN** (1974) Característica Climáticas del Norte Chico. **INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES** Santiago de Chile. 102 páginas.

**KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002) Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.

**ROMERO H** (1985)“Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.

**ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) “Geografía IV Región de Coquimbo”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.








**UNIVERSIDAD DE LA SERENA**

INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA CLIMÁTICO  
CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Tipos de Climas**

-  Desértico Transicional
-  Desierto Frio de Montaña
-  Estepa con Humedad Abundante
-  Estepa Fria de Montaña
-  Estepa Templada Marginal
-  Tundra de Alta Montaña
-  Océano Pacífico
-  Región de Atacama
-  Región de Coquimbo
-  República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas: en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sulamericano,  
 1956 (PGAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 "Características Climáticas del Norte Chico"  
 Antonile II, R. et al. IREM-1972, Santiago  
 "Compendio de Información Ambiental, Socioeconómica  
 y Agroagropecuaria de la IV Región de Coquimbo"  
 U. de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas  
 Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, 2001

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 15. Mapa de Precipitación Anual

Representa el monto total de la precipitación entre los meses de enero y diciembre del mismo año. Los milímetros equivalen a los litros/m<sup>2</sup> de agua caída durante un año. A diferencia de las demás variables, la precipitación tiene una marcada variación de norte a sur, y no de este a oeste. Como es de esperarse, hacia el Norte la precipitación disminuye y hacia el sur aumenta, sin embargo, en la cuenca del río Elqui, se observa que el efecto orográfico afecta principalmente a las precipitaciones, variando éstas de 70 mm en el valle a 600 mm en la alta cordillera.

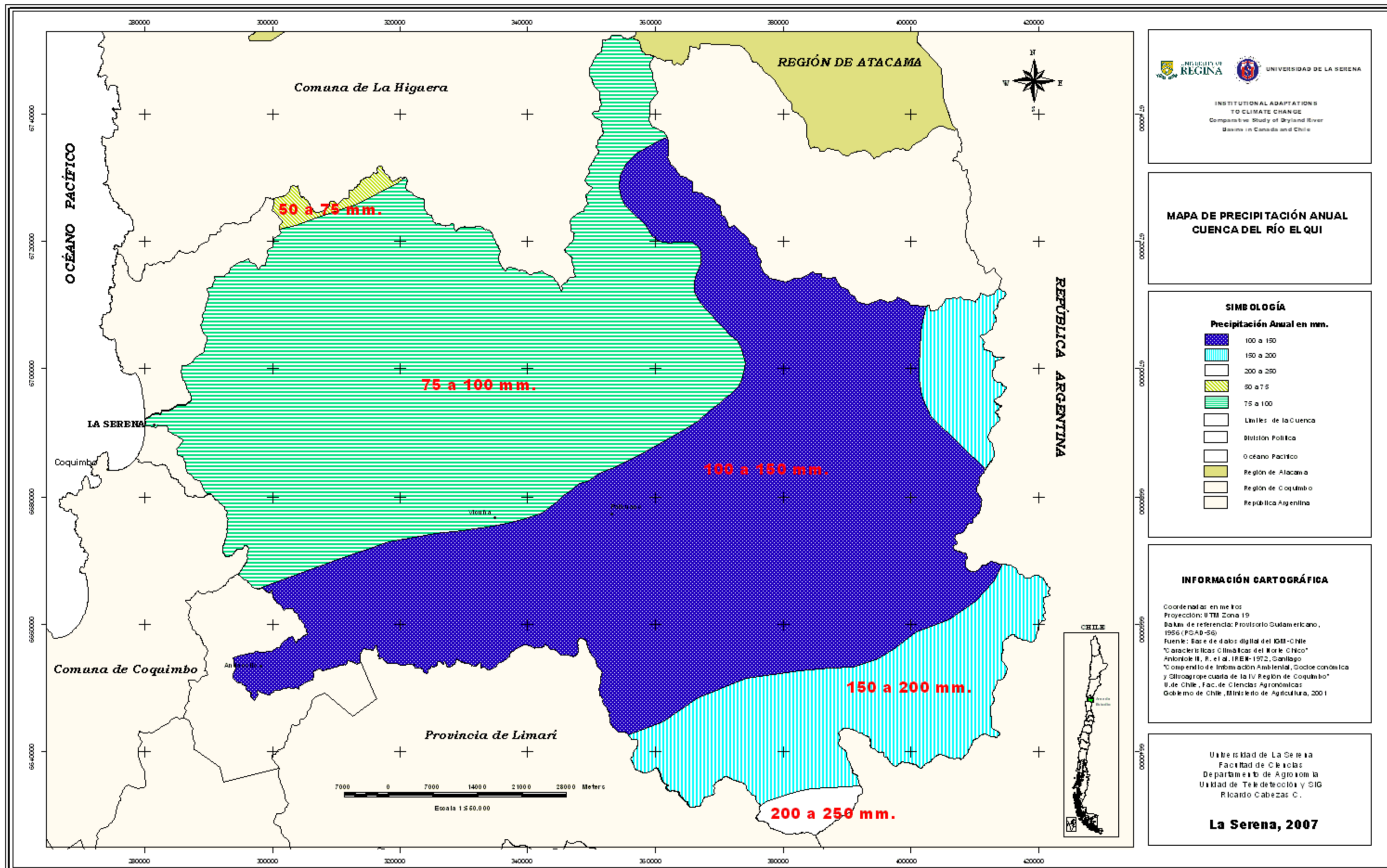
La cuenca está inserta en el Norte Chico, el cual se le define como una región semiárida donde las precipitaciones anuales fluctúan entre 70 y 600 mm (Balance Hidrológico Nacional, Regiones III y IV, 1984). Las mayores precipitaciones han sido registradas en el sector sureste de la región y las menores en el noroeste, indicando una variación en la distribución espacial de las precipitaciones. Esta variación ocurre también a nivel temporal, con importantes fluctuaciones a lo largo del año y a través de los años.

El mapa muestra las isoyetas anuales establecida por Schneider para la región (IREN, 1974). En general, las precipitaciones se concentran en los meses invernales, presentándose en los meses de mayo, junio, julio y agosto alrededor del 85 % de las precipitaciones. Entre noviembre y marzo las precipitaciones son mínimas.

A manera de ejemplo, se analiza el patrón de precipitación mensuales del Andacollo, período 1963 a 1999, según datos de la Dirección Meteorológica de Chile. Para este periodo existen algunos meses sin información, los que fueron completados utilizando una correlación entre la estación Andacollo y la estación Hurtado, que presenta el mejor ajuste en relación a todas las estaciones disponibles en el área. El promedio de las precipitaciones anuales en este periodo es de 136,4 mm, presentándose los valores extremos en los años 1979 y 1984 (11,1 y 452,9 mm respectivamente). Al realizar un análisis de frecuencia de las precipitaciones anuales, para estos 36 años de información, se estima que la mayor frecuencia de precipitación anual corresponde al rango 70 a 80 mm. Además, se puede concluir que con un 50 % de probabilidad de ocurrencia la precipitación anual en Andacollo es menor o igual a 88 mm. Al observar la distribución de la precipitación durante el año se aprecia que éstas se concentran entre los meses de mayo a agosto. El mayor valor mensual promedio para el periodo se presenta en el mes de julio y corresponde a 52,2 mm. En este mismo mes se determinó la mayor precipitación mensual que alcanzó a 449,9 mm (año 1984). En la época de verano la precipitación mensual promedio es nula, presentando los meses de enero y marzo, valores de 0,1 y 0,2 mm. respectivamente, y los meses de febrero y diciembre precipitación mensual nula.

## Referencias

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES Santiago, Chile. 122 Pág.
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE**, 2000. Estadísticas de temperatura y precipitación.
- INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, 2001. Compendio de información ambiental socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.
- IREN** (1974) Características Climáticas del Norte Chico. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago de Chile. 102 páginas.
- KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMAACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI (2002)** Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.
- ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) "Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña". Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.



INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**MAPA DE PRECIPITACIÓN ANUAL  
CUENCA DEL RÍO EL QUI**

**SIMBOLOGÍA**

Precipitación Anual en mm.

-  100 a 150
-  150 a 200
-  200 a 250
-  50 a 75
-  75 a 100
-  Límites de la Cuenca
-  División Política
-  Océano Pacífico
-  Región de Atacama
-  Región de Coquimbo
-  República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Proyectorio Sulamericano,  
1956 (PSAD-56)  
Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
"Características Climáticas del Norte Chico"  
Antonio H. R. et al. IPEN-1972, Santiago  
"Compendio de Información Ambiental, Socioeconómica  
y Sitioagropecuaria de la IV Región de Coquimbo"  
U. de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas  
Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, 2001

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

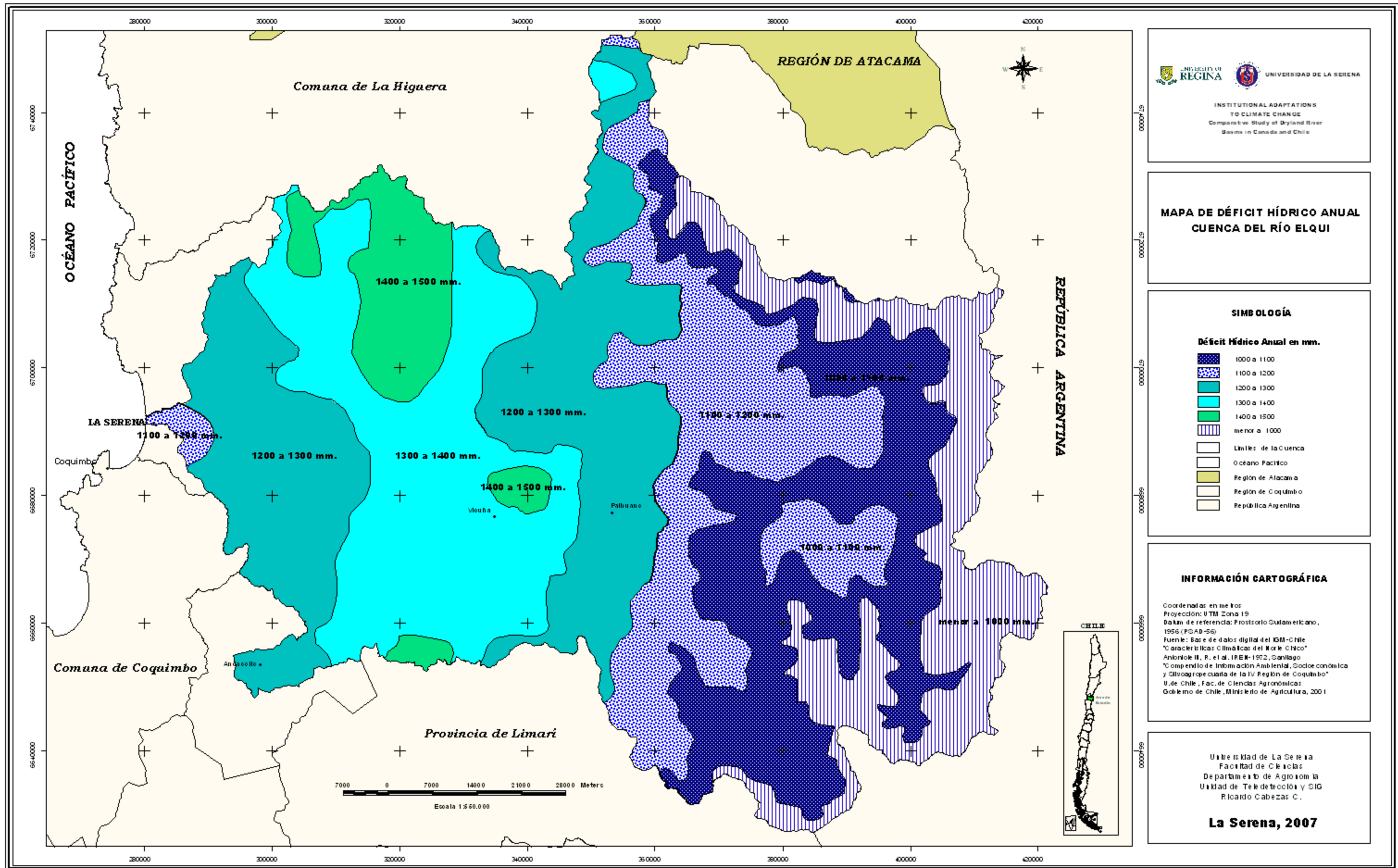
## 16. Mapa de Déficit Hídrico Anual

Corresponde a la sumatoria anual de las diferencias negativas entre la precipitación y la evapotranspiración potencial mensual. Da una idea de los requerimientos máximos de riego. El déficit hídrico es la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración. En esta área el déficit hídrico es mayor hacia el interior de la cuenca, disminuyendo hacia la costa y la alta cordillera.

## Referencias

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES Santiago, Chile. 122 Pág.
- INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, (2001). Compendio de información ambiental socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.
- IREN** (1974) Características Climáticas del Norte Chico. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago de Chile. 102 páginas.
- KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMAACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002). Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.
- ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) “Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña”. Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.





## 17. Mapa de Promedios de Temperatura Anual del Aire

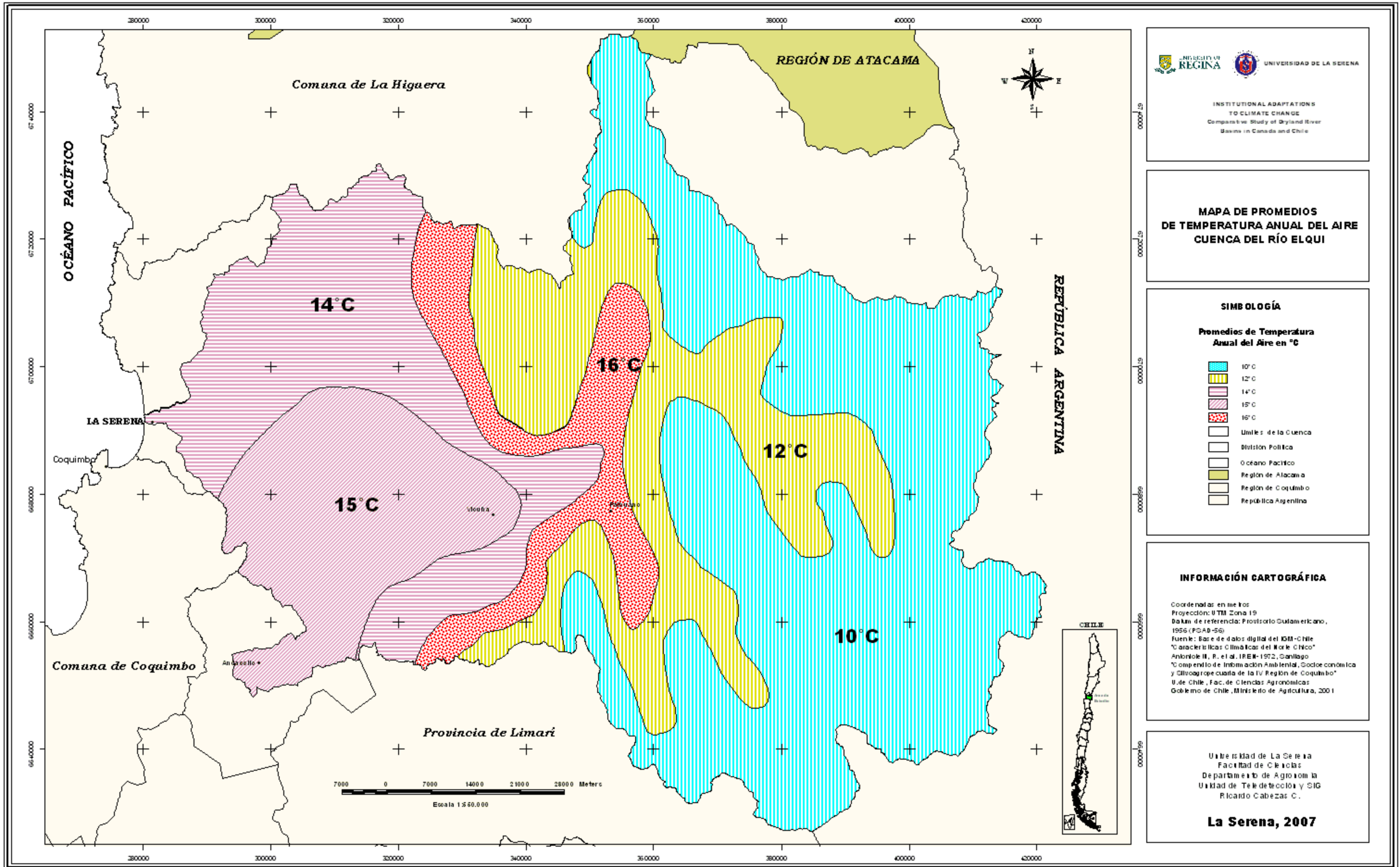
Representan el promedio de las temperaturas anuales, que resulta de la suma de los promedios mensuales y la posterior división por el número de meses. Este parámetro da una idea del comportamiento de ésta a través del año. El promedio máximo y el mínimo mensual permiten calcular la amplitud media anual.

Las temperaturas aumentan a medida que se sube por el valle del río Elqui, presentándose temperaturas máximas alrededor de los 1.200 msnm., altitud en la cual comienza a disminuir, con un gradiente térmico de  $-6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$ , esto debido a la menor influencia oceánica, escasa nubosidad y al aumento de la insolación.

En el valle del río Elqui son escasas las heladas, las temperaturas son suaves con pequeñas oscilaciones térmicas, y se observa nubosidad cerca de la costa y una intensa radiación solar en el interior.

## Referencias

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile. 122 Pág.
- DOMINGO F, L VILLAGARCÍA, A BRENNER & J PUIG DE FÁBREGAS** (1999). Evapotranspiration model for semi-arid shrub-lands tested against data from SE Spain. *Agric. and for. met.*, 95, 67-84
- INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, (2001). Compendio de información ambiental , socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.
- IREN** (1974) Característica Climáticas del Norte Chico. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago de Chile. 102 páginas.
- KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMAACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002) Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. *Journal Applied Meteorology* 41: 953-970.
- ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) “Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña”. Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.



## 18. Mapa de Temperatura Máxima del aire mes de enero

Es el promedio mensual de las temperaturas máximas diarias de enero, que es el mes más cálido del hemisferio sur. Entrega una noción de la calidez del verano. En el interior del valle esta variable alcanza un valor mayor a los 30°C, disminuyendo a 23°C hacia la cordillera andina y a 24°C hacia el litoral.

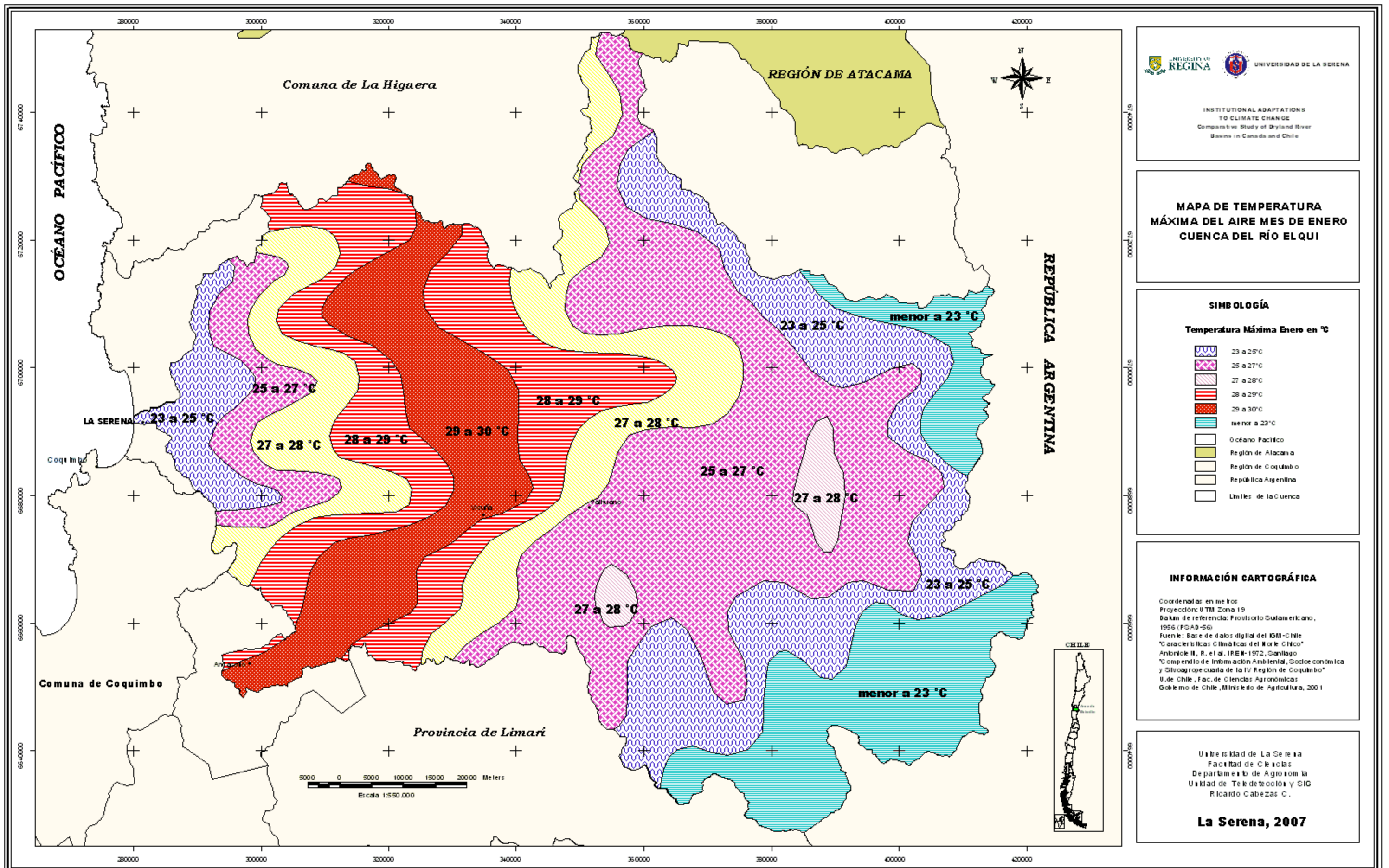
Las temperaturas aumentan a medida que se sube por el valle del río Elqui, presentándose temperaturas máximas alrededor de los 1.200 m.s.n.m., altitud a la cual empieza a disminuir con un gradiente térmico de  $-6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$ , debido a la menor influencia oceánica, escasa nubosidad y al aumento de la insolación.

En el valle del río Elqui son escasas las heladas, las temperaturas son suaves con pequeñas oscilaciones térmicas, y se observa nubosidad cerca de la costa y una intensa radiación solar en el interior. En los valles del interior se tiene intensa radiación solar y altas temperaturas en verano, pero las heladas en invierno se hacen frecuentes. En la alta cordillera se tienen bajas temperaturas, y muchas heladas y la precipitación es de tipo nival, la que perdura durante el invierno para derretirse en el período de verano.

## Referencias

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES Santiago, Chile. 122 Pág.
- INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, (2001). Compendio de información ambiental socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.
- IREN** (1974) Características Climáticas del Norte Chico. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago de Chile. 102 páginas.
- KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMAACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002). Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.
- ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) “Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña”. Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.







  
 INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA DE TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE MES DE ENERO CUENCA DEL RÍO EL QUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Temperatura Máxima Enero en °C**

- 23 a 25 °C
- 25 a 27 °C
- 27 a 28 °C
- 28 a 29 °C
- 29 a 30 °C
- menor a 23 °C

Océano Pacífico  
 Región de Atacama  
 Región de Coquimbo  
 República Argentina  
 Límites de la Cuenca

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas: en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Proyectorio Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
Fuente: Base de datos digital del IGM-CHILE  
"Características Climáticas del Norte Chico"  
Anónimo II, R. et al. IREM-1972, Santiago  
"Compendio de Información Ambiental, Socioeconómica y Silvopropaganda de la IV Región de Coquimbo"  
U.de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas  
Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, 2001

Unidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 19. Mapa de Temperatura Mínima del aire mes de Junio

Representan el promedio de las temperaturas mínimas diarias del mes de Junio, que es el mes más frío en el hemisferio sur. Este parámetro da una idea de la severidad del invierno. La máxima y la mínima del mes permiten calcular la amplitud media diaria característica del invierno, la temperatura mínima va disminuyendo de costa a cordillera, variando entre 6°C y temperaturas menores a los 0°, respectivamente.

Las temperaturas aumentan a medida que se sube por el valle del río Elqui, presentándose temperaturas máximas alrededor de los 1.200 msnm, altitud a la cual empieza a disminuir con un gradiente térmico de -6.5°C/1000 m, debido a la menor influencia oceánica, escasa nubosidad y al aumento de la insolación.

En el valle del río Elqui son escasas las heladas, las temperaturas son suaves con pequeñas oscilaciones térmicas, y se observa nubosidad cerca de la costa y una intensa radiación solar en el interior.

## Referencias

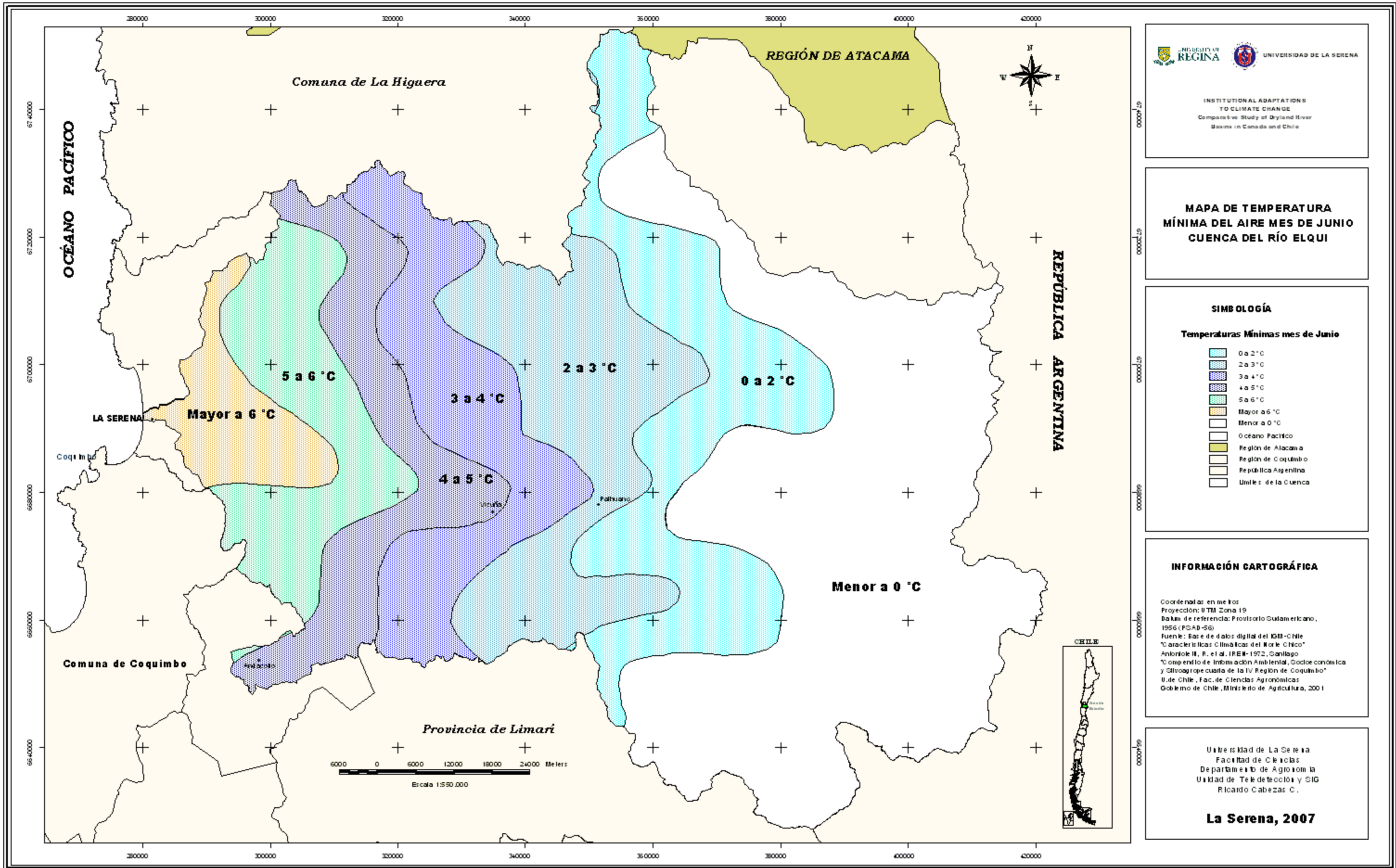
**CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES Santiago, Chile. 122 Pág.

**INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, (2001). Compendio de información ambiental socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.

**IREN** (1974) Características Climáticas del Norte Chico. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago de Chile. 102 páginas.

**KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMAACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002). Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.

**ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) “Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña”. Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.





  
**UNIVERSIDAD DE LA SERENA**

INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA DE TEMPERATURA  
 MÍNIMA DEL AIRE MES DE JUNIO  
 CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Temperaturas Mínimas mes de Junio**

	0 a 2 °C
	2 a 3 °C
	3 a 4 °C
	4 a 5 °C
	5 a 6 °C
	Mayor a 6 °C
	Menor a 0 °C
	Océano Pacífico
	Región de Atacama
	Región de Coquimbo
	República Argentina
	Unidad de la Cuenca

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Proyectorio Geográfico, 1956 (PGAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 "Características Climáticas del Norte Chico"  
 Anónimo, R. et al., IREN-1972, Santiago  
 "Compendio de Información Ambiental, Socioeconómica  
 y Biogeográfica de la IV Región de Coquimbo"  
 U. de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas  
 Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, 2001

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 20. Mapa de Distritos Agroclimáticos

La caracterización agroclimática de un ámbito geográfico es uno de los elementos básicos para realizar una planificación agrícola racional. En este mapa se presenta la caracterización agroclimática de la hoya hidrográfica del río Elqui, con el propósito de dar a conocer su clima y las variaciones espaciales y temporales de los principales elementos meteorológicos. La principal finalidad de esta caracterización agroclimática es suministrar a las entidades financieras públicas y privadas, vinculadas con la actividad agrícola, información actualizada y confiable sobre el efecto de las condiciones meteorológicas en la producción y productividad agrícola, para poder formular y desarrollar eficientemente los planes y orientar las políticas del sector agrario. El principal objetivo es desarrollar un sistema de información y alerta agrometeorológica a nivel de la cuenca, basado en el análisis del estado de los cultivos, tiempo, clima y disponibilidad del recurso hídrico y modelos agrometeorológicos de rendimiento de cultivos. Esta información puede ser proporcionada a través de boletines periódicos y coyunturales y podría estar dirigida a:

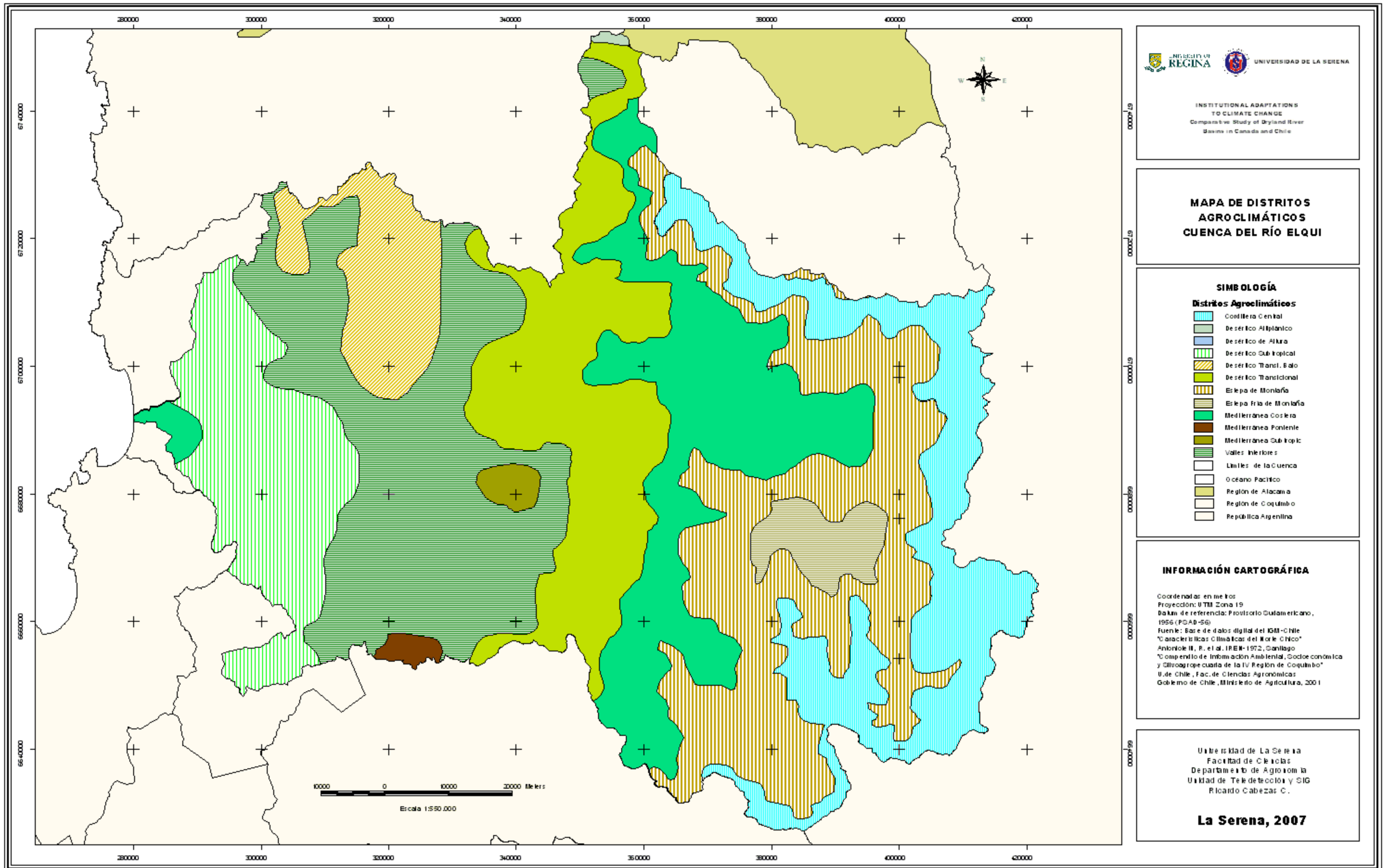
- ✓ Monitoreo Fenológico a Nivel de Cuenca
- ✓ Monitoreo de Plagas y Enfermedades
- ✓ Impacto de las Condiciones Meteorológicas en la Agricultura
- ✓ Boletín Agroclimático de la cuenca del Elqui
- ✓ Monitoreo Fenológico a Nivel de Cuenca

Se debe realizar con una red de estaciones estratégicamente distribuidas en el territorio con la finalidad de registrar información de las diferentes fases de crecimiento y desarrollo de los principales cultivos de importancia económica afectados por las diversas condiciones meteorológicas. El conocimiento de los eventos fenológicos es de gran importancia para interpretar los efectos del clima en la producción agrícola. La información fenológica puede usarse como una herramienta para poder determinar con mayor precisión las actividades agrícolas del territorio en un cambio climático global.

## Referencias

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile. 122 Pág.
- INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, (2001). Compendio de información ambiental socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.
- GALLARDO F GL** (1998) Communal land ownership: Remnant of the past?. Department of Sociology. Upsala University. Sweden. 408 pp.
- GÉMINES** (Sociedad de Estudios Profesionales) (1982) “Geografía Económica de Chile”. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile. 1083 páginas.
- INE** (1998) Estadísticas del medio ambiente. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago. Chile.
- IREN** (1974). Características Climáticas del Norte Chico. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES. Santiago de Chile. 102 páginas.
- KALTHOFF N, I BISCHOFF-GAUSS, M FIEBIG-WITTMAACK, F FIEDLER, J THURAU, E NOVOA, C PIZARRO, L GALLARDO & R RONDANELLI** (2002) Mesoscale wind regimes in Chile at 30°S. Journal Applied Meteorology 41: 953-970.
- ULRIKSEN P & A VIELMA** (1975) “Mediciones Micrometeorológicas en Vicuña”. Publicación 193 (julio-agosto). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica Universidad de Chile.







  
**UNIVERSIDAD DE LA SERENA**

INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA DE DISTRITOS  
 AGROCLIMÁTICOS  
 CUENCA DEL RÍO ELQUI**

- SIMBOLOGÍA**
- Districtos Agroclimáticos**
-  Cordillera Central
  -  Desértico Altiplánico
  -  Desértico de Altiro
  -  Desértico Subtropical
  -  Desértico Transl. Bajo
  -  Desértico Transicional
  -  Erlepa de Montaña
  -  Erlepa Fria de Montaña
  -  Mediterránea Costera
  -  Mediterránea Pontiene
  -  Mediterránea Subtropical
  -  Valles Interiores
  -  Límites de la Cuenca
  -  Océano Pacífico
  -  Región de Atacama
  -  Región de Coquimbo
  -  República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sulamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 "Características Climáticas del Norte Chico"  
 Anónimo II, R. et al. IREM-1972, Santiago  
 "Compendio de Información Ambiental, Geológica y  
 Climatológica de la IV Región de Coquimbo"  
 U. de Chile, Fac. de Ciencias Agronómicas  
 Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, 2001

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 21. Mapas de Series de Suelos Comuna de La Serena

**1. Serie Alfalfares (símbolo cartográfico: ALF).** Suelo de origen aluvial, en posición de terraza. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo oscuro de matiz 10YR; de textura franco arenosa fina y color pardo grisáceo oscuro a pardo oscuro de matices 10YR y 7.5YR. en profundidad. El substrato está constituido por gravas y arenas desde los 60 cm de profundidad.

**2. Serie Altovalsol (ATV).** Suelo ligeramente profundo, de origen aluvio coluvial, en posición de terraza y piemont. De textura superficial franco arcillo arenosa y color pardo oscuro de matiz 7.5YR; de textura arcillosa y color pardo rojizo de matiz 5YR en profundidad. Substrato constituido por 70 a 80% de gravas y piedras angulares y subangulares de litología andesítica y riolítica. Sólo en algunos sectores presentan reacción al ácido clorhídrico.

**3. Serie Barrales (BRL).** Suelo en posición de piedmont, ligeramente profundo. De textura superficial franco arcillo arenosa y color pardo oscuro de matiz 7.5YR y de textura arcillosa y color pardo rojizo en el matiz 5YR en profundidad. Generalmente no muestran reacción al ácido clorhídrico en los horizontes superficiales, sin embargo, el contenido de carbonatos se incrementa en profundidad hasta horizontes cálcicos con reacción violenta al ácido clorhídrico. Las gravas y gravillas angulares aumentan en profundidad.

**4. Serie Cerrillos de Elqui (CER).** Suelo que presenta buen desarrollo del perfil, ya que todos los pedones presentan un horizonte B cámbico. De textura superficial franca y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franca y color pardo rojizo en el matiz 5YR en profundidad. Substrato que puede ser un horizonte petrocalcico (tertel) o directamente una roca calcárea. Hay fragmentos de caliza en el perfil en cantidad variable; la mayor parte de los pedones presentan reacción al ácido clorhídrico. El suelo es delgado a ligeramente profundo, limitado por la presencia del tertel o roca calcárea.

**5. Serie Chapilca (CPI).** Suelo de origen aluvial, que ocupa posiciones de terrazas intermedias, con profundidad que puede variar desde 30 a 80 cm, dependiendo de la profundidad a la que se encuentra la estrata aluvial. De textura superficial franca y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR. Substrato aluvial, con gravas, piedras y matriz arenosa.

**6. Serie La Compañía (CIA).** Suelos moderadamente profundos. De textura superficial areno francosa y color pardo claro en el matiz 7.5YR; de textura areno francosa fina y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Sin estructura, grano simple, en todo el perfil.

**7. Serie Las Palmeras de Coquimbo (LPQ).** Suelos de origen aluvial, que ocupan una terraza intermedia del río Elqui. De textura superficial franco arcillo arenosa y color de matiz 10YR y raramente llega a 7.5YR; de textura franco arcillo arenosa y color en el matiz 7.5YR. Presenta un grado de evolución mayor que otros suelos de terrazas aluviales, ya que todos los pedones han desarrollado un horizonte B cámbico bien expresado.

**8. Serie Las Rojas (LRO).** Suelo profundo, plano y casi plano, que ocupa una posición de terraza aluvial. De textura superficial franco arcillosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franca y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Permeabilidad moderada y bien drenado.

**9. Serie Marquesa (MAQ).** Suelo en posición de cerros, laderas y conos de deyección antiguos, ligeramente profundos y delgados. De textura superficial franca y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arcillosa y color pardo oscuro y pardo en los matices 7.5YR y 10YR en profundidad. Presenta un horizonte C cálcico.

**10. Serie Paihuano (PHO).** Suelos delgados, en posición de piedmont. De textura superficial areno francosa y color pardo grisáceo oscuro en el matiz 10YR. Presentan un horizonte C constituido de gravas y piedras subredondeadas de naturaleza granodiorítica, con matriz arenosa y de color pardo grisáceo.

**11. Serie Paranao (PAR).** Suelo ligeramente profundo, en posición de laderas y conos de deyección con pendientes moderadas que pueden llegar a escarpadas. De textura superficial franco arenosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura areno francosa e igual color en profundidad. El substrato está constituido por gravas y piedras que ocupan más del 80% con matriz arenosa o franco arenosa.

**12. Serie Puclaro (PCL).** Suelos de origen aluvial, en posición de terraza reciente. De textura superficial franco arenosa y de color pardo oscuro en el matiz 10YR, estructura de bloques angulares y subangulares gruesos débiles; de textura areno francosa y arenosa, estatificadas, de color vario y sin estructura.

**13. Serie Quebrada de Martínez (QDM).** Suelo en posición de ladera (piedmont), delgado. De textura superficial franco arenosa y color pardo oscuro; de textura arcillosa y color rojo débil en matiz 2.5YR en profundidad. El sustrato corresponde a un duripán de constitución silícica, con gravilla y gravas y matriz arcillosa, con manchas de manganeso muy abundantes.

**14. Serie Quilacán (QCN).** Suelo que ocupa una posición de conos de deyección y terrazas altas antiguas con pendientes de moderadas a fuertes. De textura superficial franco arenosa y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arenosa y color en el matiz 10YR en profundidad. Presenta un horizonte B cámbico de textura moderadamente fina y estructura prismática. El horizonte C es de texturas gruesas generalmente con abundantes gravas.

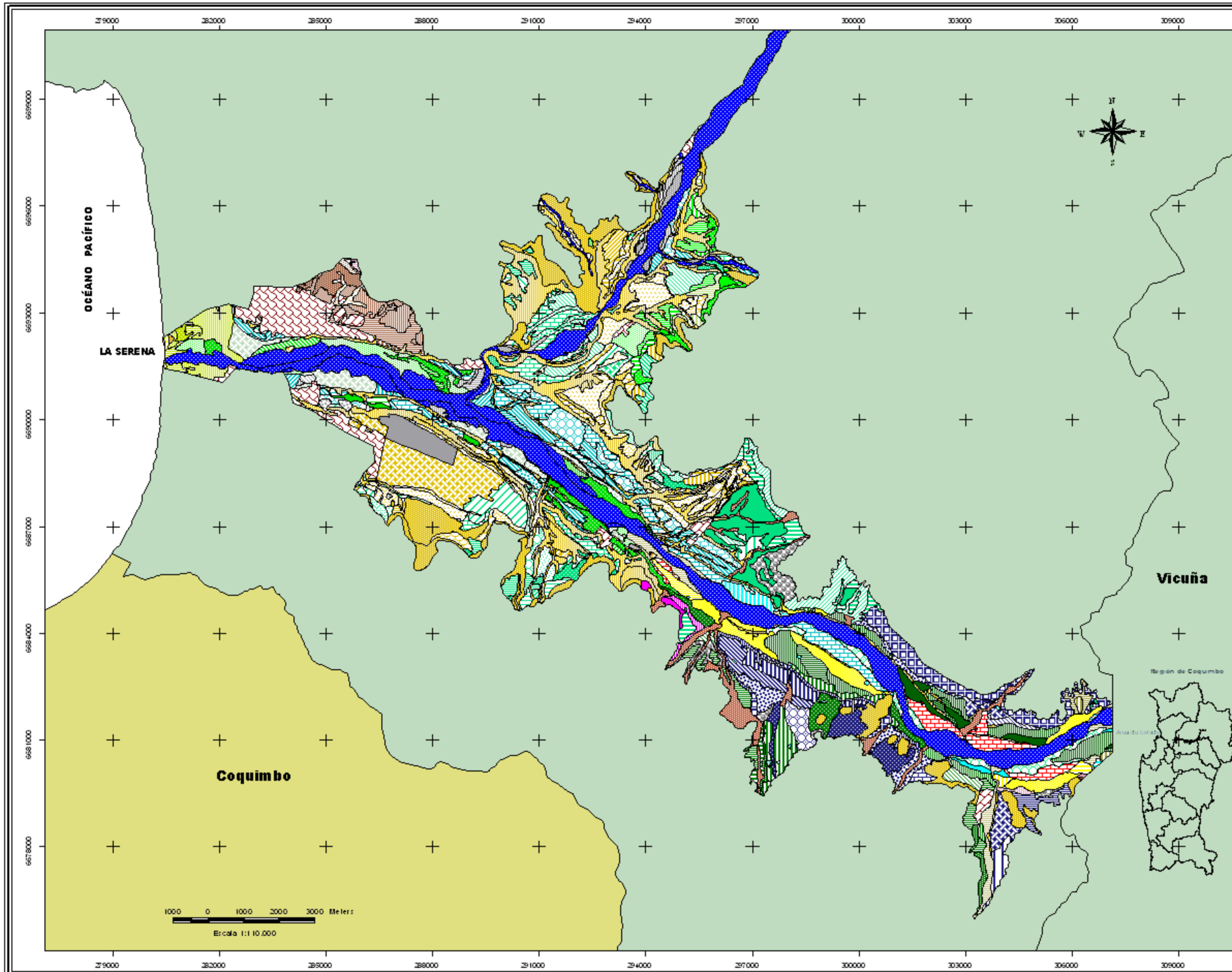
**15. Santa Anita (SAN).** Suelo estratificado, ligeramente profunda, en posición de terraza aluvio-coluvial. De textura superficial franco arenosa y de color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura arcillosa con gravas y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Substrato aluvial de arenas, gravas y piedras, muy permeable y que se presenta a los 70 cm, con un contenido de gravas que aumenta en profundidad.

**16. Serie Tambillo (TAB).** Suelos en posición de ladera (piedmont), de profundidad variable entre los 35 y 80 cm en los perfiles más profundos. De textura superficial franco arcillo arenosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR; de textura arcillosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en profundidad. La característica esencial de estos suelos la constituye la presencia de un duripán que en el 90% de los casos está cementado por sílice y en alguna proporción por manganeso. Sólo en escasos perfiles la cementación está constituida por carbonatos.

**17. Serie Xeres (XRS).** Suelo ligeramente profundo, que ocupa una posición de ladera (piedmont bajo), al término de los grandes conos de deyección, con pendientes dominantes de 1 a 5%. De textura superficial franco arcillo arenosa y de color pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo arenosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR en profundidad. El sustrato es un tertel cementado por sílice y manganeso.

### Referencias

CIREN (1994). Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile. 122 Pág.



**MAPA DE SERIE DE SUELOS  
COMUNA DE LA SERENA**

Serie de Suelos		
	DR17 Cerezo Frío	MR10a
	DR18 Cerezo Frío	MR10b Matorral Andino
	DR19 Cerezo Frío	MR11 Cerezo
	DR20 La Compañía	MR12 Cerezo
	DR21 La Compañía	MR13 Cerezo
	DR22 La Compañía	MR14 Cerezo
	DR23 Cerezo	MR15 Cerezo
	DR24 Cerezo	MR16 Cerezo
	DR25 Cerezo	MR17 Cerezo
	DR26 Cerezo	MR18 Cerezo
	DR27 Cerezo	MR19 Cerezo
	DR28 Cerezo	MR20 Cerezo
	DR29 Cerezo	MR21 Cerezo
	DR30 Cerezo	MR22 Cerezo
	DR31 Cerezo	MR23 Cerezo
	DR32 Cerezo	MR24 Cerezo
	DR33 Cerezo	MR25 Cerezo
	DR34 Cerezo	MR26 Cerezo
	DR35 Cerezo	MR27 Cerezo
	DR36 Cerezo	MR28 Cerezo
	DR37 Cerezo	MR29 Cerezo
	DR38 Cerezo	MR30 Cerezo
	DR39 Cerezo	MR31 Cerezo
	DR40 Cerezo	MR32 Cerezo
	DR41 Cerezo	MR33 Cerezo
	DR42 Cerezo	MR34 Cerezo
	DR43 Cerezo	MR35 Cerezo
	DR44 Cerezo	MR36 Cerezo
	DR45 Cerezo	MR37 Cerezo
	DR46 Cerezo	MR38 Cerezo
	DR47 Cerezo	MR39 Cerezo
	DR48 Cerezo	MR40 Cerezo
	DR49 Cerezo	MR41 Cerezo
	DR50 Cerezo	MR42 Cerezo
	DR51 Cerezo	MR43 Cerezo
	DR52 Cerezo	MR44 Cerezo
	DR53 Cerezo	MR45 Cerezo
	DR54 Cerezo	MR46 Cerezo
	DR55 Cerezo	MR47 Cerezo
	DR56 Cerezo	MR48 Cerezo
	DR57 Cerezo	MR49 Cerezo
	DR58 Cerezo	MR50 Cerezo
	DR59 Cerezo	MR51 Cerezo
	DR60 Cerezo	MR52 Cerezo
	DR61 Cerezo	MR53 Cerezo
	DR62 Cerezo	MR54 Cerezo
	DR63 Cerezo	MR55 Cerezo
	DR64 Cerezo	MR56 Cerezo
	DR65 Cerezo	MR57 Cerezo
	DR66 Cerezo	MR58 Cerezo
	DR67 Cerezo	MR59 Cerezo
	DR68 Cerezo	MR60 Cerezo
	DR69 Cerezo	MR61 Cerezo
	DR70 Cerezo	MR62 Cerezo
	DR71 Cerezo	MR63 Cerezo
	DR72 Cerezo	MR64 Cerezo
	DR73 Cerezo	MR65 Cerezo
	DR74 Cerezo	MR66 Cerezo
	DR75 Cerezo	MR67 Cerezo
	DR76 Cerezo	MR68 Cerezo
	DR77 Cerezo	MR69 Cerezo
	DR78 Cerezo	MR70 Cerezo
	DR79 Cerezo	MR71 Cerezo
	DR80 Cerezo	MR72 Cerezo
	DR81 Cerezo	MR73 Cerezo
	DR82 Cerezo	MR74 Cerezo
	DR83 Cerezo	MR75 Cerezo
	DR84 Cerezo	MR76 Cerezo
	DR85 Cerezo	MR77 Cerezo
	DR86 Cerezo	MR78 Cerezo
	DR87 Cerezo	MR79 Cerezo
	DR88 Cerezo	MR80 Cerezo
	DR89 Cerezo	MR81 Cerezo
	DR90 Cerezo	MR82 Cerezo
	DR91 Cerezo	MR83 Cerezo
	DR92 Cerezo	MR84 Cerezo
	DR93 Cerezo	MR85 Cerezo
	DR94 Cerezo	MR86 Cerezo
	DR95 Cerezo	MR87 Cerezo
	DR96 Cerezo	MR88 Cerezo
	DR97 Cerezo	MR89 Cerezo
	DR98 Cerezo	MR90 Cerezo
	DR99 Cerezo	MR91 Cerezo
	DR100 Cerezo	MR92 Cerezo
	DR101 Cerezo	MR93 Cerezo
	DR102 Cerezo	MR94 Cerezo
	DR103 Cerezo	MR95 Cerezo
	DR104 Cerezo	MR96 Cerezo
	DR105 Cerezo	MR97 Cerezo
	DR106 Cerezo	MR98 Cerezo
	DR107 Cerezo	MR99 Cerezo
	DR108 Cerezo	MR100 Cerezo
	DR109 Cerezo	MR101 Cerezo
	DR110 Cerezo	MR102 Cerezo
	DR111 Cerezo	MR103 Cerezo
	DR112 Cerezo	MR104 Cerezo
	DR113 Cerezo	MR105 Cerezo
	DR114 Cerezo	MR106 Cerezo
	DR115 Cerezo	MR107 Cerezo
	DR116 Cerezo	MR108 Cerezo
	DR117 Cerezo	MR109 Cerezo
	DR118 Cerezo	MR110 Cerezo
	DR119 Cerezo	MR111 Cerezo
	DR120 Cerezo	MR112 Cerezo
	DR121 Cerezo	MR113 Cerezo
	DR122 Cerezo	MR114 Cerezo
	DR123 Cerezo	MR115 Cerezo
	DR124 Cerezo	MR116 Cerezo
	DR125 Cerezo	MR117 Cerezo
	DR126 Cerezo	MR118 Cerezo
	DR127 Cerezo	MR119 Cerezo
	DR128 Cerezo	MR120 Cerezo
	DR129 Cerezo	MR121 Cerezo
	DR130 Cerezo	MR122 Cerezo
	DR131 Cerezo	MR123 Cerezo
	DR132 Cerezo	MR124 Cerezo
	DR133 Cerezo	MR125 Cerezo
	DR134 Cerezo	MR126 Cerezo
	DR135 Cerezo	MR127 Cerezo
	DR136 Cerezo	MR128 Cerezo
	DR137 Cerezo	MR129 Cerezo
	DR138 Cerezo	MR130 Cerezo
	DR139 Cerezo	MR131 Cerezo
	DR140 Cerezo	MR132 Cerezo
	DR141 Cerezo	MR133 Cerezo
	DR142 Cerezo	MR134 Cerezo
	DR143 Cerezo	MR135 Cerezo
	DR144 Cerezo	MR136 Cerezo
	DR145 Cerezo	MR137 Cerezo
	DR146 Cerezo	MR138 Cerezo
	DR147 Cerezo	MR139 Cerezo
	DR148 Cerezo	MR140 Cerezo
	DR149 Cerezo	MR141 Cerezo
	DR150 Cerezo	MR142 Cerezo
	DR151 Cerezo	MR143 Cerezo
	DR152 Cerezo	MR144 Cerezo
	DR153 Cerezo	MR145 Cerezo
	DR154 Cerezo	MR146 Cerezo
	DR155 Cerezo	MR147 Cerezo
	DR156 Cerezo	MR148 Cerezo
	DR157 Cerezo	MR149 Cerezo
	DR158 Cerezo	MR150 Cerezo
	DR159 Cerezo	MR151 Cerezo
	DR160 Cerezo	MR152 Cerezo
	DR161 Cerezo	MR153 Cerezo
	DR162 Cerezo	MR154 Cerezo
	DR163 Cerezo	MR155 Cerezo
	DR164 Cerezo	MR156 Cerezo
	DR165 Cerezo	MR157 Cerezo
	DR166 Cerezo	MR158 Cerezo
	DR167 Cerezo	MR159 Cerezo
	DR168 Cerezo	MR160 Cerezo
	DR169 Cerezo	MR161 Cerezo
	DR170 Cerezo	MR162 Cerezo
	DR171 Cerezo	MR163 Cerezo
	DR172 Cerezo	MR164 Cerezo
	DR173 Cerezo	MR165 Cerezo
	DR174 Cerezo	MR166 Cerezo
	DR175 Cerezo	MR167 Cerezo
	DR176 Cerezo	MR168 Cerezo
	DR177 Cerezo	MR169 Cerezo
	DR178 Cerezo	MR170 Cerezo
	DR179 Cerezo	MR171 Cerezo
	DR180 Cerezo	MR172 Cerezo
	DR181 Cerezo	MR173 Cerezo
	DR182 Cerezo	MR174 Cerezo
	DR183 Cerezo	MR175 Cerezo
	DR184 Cerezo	MR176 Cerezo
	DR185 Cerezo	MR177 Cerezo
	DR186 Cerezo	MR178 Cerezo
	DR187 Cerezo	MR179 Cerezo
	DR188 Cerezo	MR180 Cerezo
	DR189 Cerezo	MR181 Cerezo
	DR190 Cerezo	MR182 Cerezo
	DR191 Cerezo	MR183 Cerezo
	DR192 Cerezo	MR184 Cerezo
	DR193 Cerezo	MR185 Cerezo
	DR194 Cerezo	MR186 Cerezo
	DR195 Cerezo	MR187 Cerezo
	DR196 Cerezo	MR188 Cerezo
	DR197 Cerezo	MR189 Cerezo
	DR198 Cerezo	MR190 Cerezo
	DR199 Cerezo	MR191 Cerezo
	DR200 Cerezo	MR192 Cerezo
	DR201 Cerezo	MR193 Cerezo
	DR202 Cerezo	MR194 Cerezo
	DR203 Cerezo	MR195 Cerezo
	DR204 Cerezo	MR196 Cerezo
	DR205 Cerezo	MR197 Cerezo
	DR206 Cerezo	MR198 Cerezo
	DR207 Cerezo	MR199 Cerezo
	DR208 Cerezo	MR200 Cerezo
	DR209 Cerezo	MR201 Cerezo
	DR210 Cerezo	MR202 Cerezo
	DR211 Cerezo	MR203 Cerezo
	DR212 Cerezo	MR204 Cerezo
	DR213 Cerezo	MR205 Cerezo
	DR214 Cerezo	MR206 Cerezo
	DR215 Cerezo	MR207 Cerezo
	DR216 Cerezo	MR208 Cerezo
	DR217 Cerezo	MR209 Cerezo
	DR218 Cerezo	MR210 Cerezo
	DR219 Cerezo	MR211 Cerezo
	DR220 Cerezo	MR212 Cerezo
	DR221 Cerezo	MR213 Cerezo
	DR222 Cerezo	MR214 Cerezo
	DR223 Cerezo	MR215 Cerezo
	DR224 Cerezo	MR216 Cerezo
	DR225 Cerezo	MR217 Cerezo
	DR226 Cerezo	MR218 Cerezo
	DR227 Cerezo	MR219 Cerezo
	DR228 Cerezo	MR220 Cerezo
	DR229 Cerezo	MR221 Cerezo
	DR230 Cerezo	MR222 Cerezo
	DR231 Cerezo	MR223 Cerezo
	DR232 Cerezo	MR224 Cerezo
	DR233 Cerezo	MR225 Cerezo
	DR234 Cerezo	MR226 Cerezo
	DR235 Cerezo	MR227 Cerezo
	DR236 Cerezo	MR228 Cerezo
	DR237 Cerezo	MR229 Cerezo
	DR238 Cerezo	MR230 Cerezo

## 22. Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo Comuna de La Serena

La agrupación de los suelos en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Esta basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos. Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso de suelo.

### Clases de capacidad de uso

**Clase I.** Los suelos clases I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad.

**Clase II.** Los suelos de la clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que las clases anteriores. Las limitaciones más corrientes son:

- ✓ Pendiente suave
- ✓ Moderada susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efecto adverso moderado de erosión pasada.
- ✓ Profundidad menor que la ideal.
- ✓ Estructura y facilidad de laboreo desfavorable.
- ✓ Ligeras a moderada salinidad o modicidad fácilmente corregible pero con posibilidad de recurrencia.
- ✓ Humedad corregible por drenaje.
- ✓ Limitaciones climáticas ligeras.

**Clase III.** Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas. Los suelos de esta clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo. Las limitaciones son:

- ✓ Relieve moderadamente inclinado a suavemente ondulado
- ✓ Alta susceptibilidad a la erosión por agua o vientos o severos efectos de erosiones pasadas.
- ✓ Suelos delgados sobre un lecho rocoso, hardpan; fragipan, etc. que limita la zona de arraigamiento y almacenamiento de agua.
- ✓ Permeabilidad muy lenta en el subsuelo
- ✓ Baja capacidad de retención de agua
- ✓ Baja fertilidad no fácil de corregir
- ✓ Humedad excesiva o algún anegamiento continuo después de drenaje
- ✓ Limitaciones climáticas moderadas
- ✓ Inundación frecuente acompañada de algún daño a los cultivos.

**Clase IV.** Esta clase presenta severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren muy cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de las clases III. Los suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados solo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja en relación a los gastos sobre un periodo largo de tiempo. Corresponden a tierras de uso limitado, generalmente no adaptadas para cultivos, excepto grandes movimientos de tierra y/o continuos procesos de habilitación o recuperación. Las limitaciones más usuales son:

- ✓ Suelos delgados
- ✓ Pendientes pronunciadas
- ✓ Relieve moderadamente ondulado y disectado baja capacidad de retención de agua
- ✓ Humedad excesiva con riesgos continuos de anegamiento después del drenaje
- ✓ Severa susceptibilidad a la erosión por agua o viento o severa erosión efectiva.

**Clase V.** Los suelos de clase V tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales. Los suelos de esta clase son casi planos, demasiados húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados, están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinados (piedmont) y que por efectos climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplos puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc. Es decir suelos demasiados húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos, sino para pastos.

**Clase VI.** Corresponden a suelos inadecuados para cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales, poseen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.

**Clase VII.** Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son más severas que en las clases VI por una o más de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas, erosión, suelo delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

**Clase VIII.** Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

### Referencias

CIREN (1994). Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripción de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile. 122 Pág.

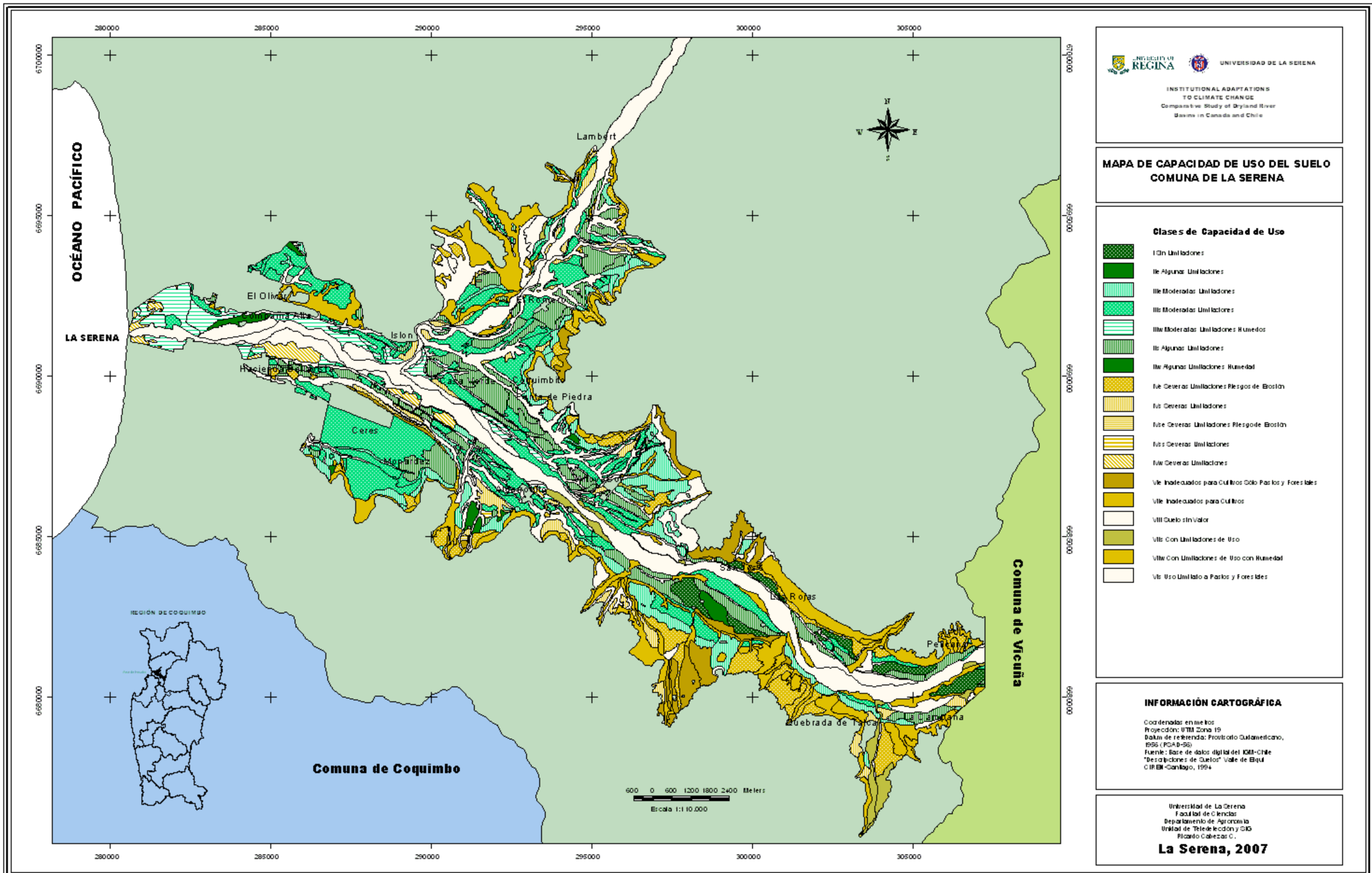
**MAPA DE CAPACIDAD DE USO DEL SUELO  
COMUNA DE LA SERENA**



**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Prostorio Sulamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGN-Chile  
 "Resoluciones de Cuello" Valle de Elqui  
 CIRBI-Gatigoy, 1994

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.  
**La Serena, 2007**





### 23. Mapas de Serie de Suelos Comuna de Vicuña

**1. Serie Alcohuz (SÍMBOLO cartográfico: ALZ).** Suelo delgado a ligeramente profundo, de escaso desarrollo, en posición de piedmont o conos de deyección. De textura superficial areno francosa y color pardo oscuro de matiz 7.5YR; de textura areno francosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR, con gravas angulares, de comunes a abundantes, en profundidad. Substrato de gravas angulares de naturaleza granodiorítica.

**2. Serie Chapilca (CPI).** Suelo de origen aluvial, que ocupa posiciones de terrazas intermedias, con profundidad que puede variar desde 30 a 80 cm, dependiendo de la profundidad a la que se encuentra la estrata aluvial. De textura superficial franca y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR. Substrato aluvial, con gravas, piedras y matriz arenosa.

**3. Serie Las Rojas (LRO).** Suelo profundo, plano y casi plano, que ocupa una posición de terraza aluvial. De textura superficial franco arcillosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franca y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Permeabilidad moderada y bien drenado.

**4. Serie Marquesa (MAQ).** Suelo en posición de cerros, laderas y conos de deyección antiguos, ligeramente profundos y delgados. De textura superficial franca y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arcillosa y color pardo oscuro y pardo en los matices 7.5YR y 10YR en profundidad. Presenta un horizonte C cálcico.

**5. Serie Paihuano (PHO).** Suelos delgados, en posición de piedmont. De textura superficial areno francosa y color pardo grisáceo oscuro en el matiz 10YR. Presentan un horizonte C constituido de gravas y piedras subredondeadas de naturaleza granodiorítica, con matriz arenosa y de color pardo grisáceo.

**6. Serie Paranao (PAR).** Suelo ligeramente profundo, en posición de laderas y conos de deyección con pendientes moderadas que pueden llegar a escarpadas. De textura superficial franco arenosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura areno francosa e igual color en profundidad. El substrato está constituido por gravas y piedras que ocupan más del 80% con matriz arenosa o franco arenosa.

**7. Serie Puclaro (PCL).** Suelos de origen aluvial, en posición de terraza reciente. De textura superficial franco arenosa y de color pardo oscuro en el matiz 10YR, estructura de bloques angulares y subangulares gruesos débiles; de textura areno francosa y arenosa, estatificadas, de color vario y sin estructura.

**8. Serie Quilacán (QCN).** Suelo que ocupa una posición de conos de deyección y terrazas altas antiguas con pendientes de moderadas a fuertes. De textura superficial franco arenosa y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arenosa y color en el matiz 10YR en profundidad. Presenta un horizonte B cámbico de textura moderadamente fina y estructura prismática. El horizonte C es de texturas gruesas generalmente con abundantes gravas.

**9. Serie Vicuña (VCU).** Suelos de origen coluvial, en posición de conos de deyección antiguos, que presentan un horizonte A de textura franca, de color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR, estructura de bloques subangulares medios y finos, moderados; de textura arcillosa, color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR y estructura de bloques subangulares medios, fuertes en profundidad. El substrato coluvial formado por gravas, piedras y bolones con una matriz de textura areno francosa y de color vario con dominancia oliva en el matiz 5Y.

### Referencias

**CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. **CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES.** Santiago, Chile. 122 Pág.



## 24. Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo Comuna de Vicuña

La agrupación de los suelos en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Está basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos.

Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso de suelo.

### Clases de capacidad de uso

**Clase I.** Los suelos clases I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad.

**Clase II.** Los suelos de la clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la clase anterior. Limitaciones más corrientes son:

- ✓Pendiente suave
- ✓Moderada susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efecto adverso moderado de erosión pasada.
- ✓Profundidad menor que la ideal.
- ✓Estructura y facilidad de laboreo desfavorable.
- ✓Ligera a moderada salinidad o modicidad fácilmente corregible pero con posibilidad de recurrencia.
- ✓Humedad corregible por drenaje, pero existe como una limitación moderada.
- ✓Limitaciones climáticas ligeras.

**Clase III.** Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas. Las limitaciones son:

- ✓Relieve moderadamente inclinado a suavemente ondulado
- ✓Alta susceptibilidad a la erosión por agua o vientos o severos efectos de erosiones pasadas.
- ✓Suelos delgados sobre un lecho rocoso, hardpan; fragipan, etc. que limita la zona de arraigamiento y almacenamiento de agua.
- ✓Permeabilidad muy lenta en el subsuelo
- ✓Baja capacidad de retención de agua
- ✓Baja fertilidad no fácil de corregir
- ✓Humedad excesiva o algún anegamiento continuo después de drenaje
- ✓Limitaciones climáticas moderadas
- ✓Inundación frecuente acompañada de algún daño a los cultivos.
- ✓Los suelos de esta clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

**Clase IV.** Esta clase presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren muy cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, mas difíciles de aplicar y mantener que las de las clases III. Los suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptadas solo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja en relación a los gastos sobre un periodo largo de tiempo. Limitaciones más usuales son:

- ✓Suelos delgados
- ✓Pendientes pronunciadas
- ✓Relieve moderadamente ondulado y disectado baja capacidad de retención de agua
- ✓Humedad excesiva con riesgos continuos de anegamiento después del drenaje
- ✓Severa susceptibilidad a la erosión por agua o viento o severa erosión efectiva.
- ✓

**Clase V.** Los suelos de clase V tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales. Los suelos de esta clase son casi planos, demasiados húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados, están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinados (piedmont) y que por efectos climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buen aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplos puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc. Es decir suelos demasiados húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos, sino para pastos.

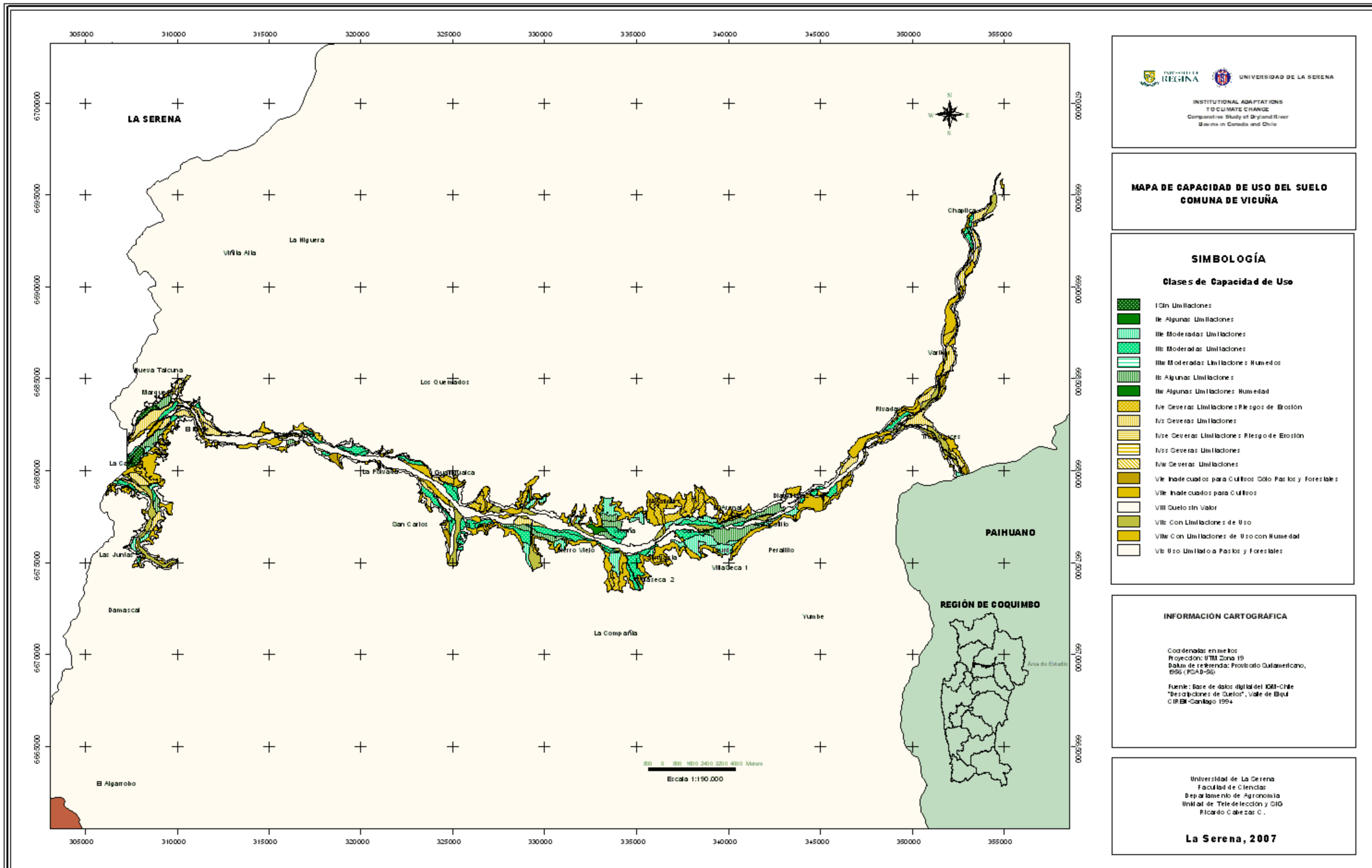
**Clase VI.** Corresponden a suelos inadecuados para cultivos y su uso esta limitado a pastos y forestales, poseen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.

**Clase VII.** Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son mas severas que en la clases VI por una o mas de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas, erosión, suelo delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

**Clase VIII.** Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Sus uso esta limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

### Referencias


CIREN (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile. 122 Pág.



**MAPA DE CAPACIDAD DE USO DEL SUELO  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

**Clases de Capacidad de Uso**

-  I Sin Limitaciones
-  II Algunas Limitaciones
-  III Moderadas Limitaciones
-  IIIa Moderadas Limitaciones
-  IIIb Moderadas Limitaciones Humedades
-  IIIc Algunas Limitaciones
-  IIId Algunas Limitaciones Humedad
-  IV Severas Limitaciones Riesgo de Erosión
-  IVa Severas Limitaciones
-  IVb Severas Limitaciones Riesgo de Erosión
-  IVc Severas Limitaciones
-  IVd Severas Limitaciones
-  IVe Severas Limitaciones
-  VI Inadecuados para Cultivos Sólo Pastos y Forestales
-  VII Inadecuados para Cultivos
-  VIII Suelo sin Valor
-  VIIIa Con Limitaciones de Uso
-  VIIIb Con Limitaciones de Uso con Humedad
-  VIIIc Uso Limitado a Pastos y Forestales

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Proyectoro Sulamericano,  
 1956 (PSAD-56)

Fuente: Base de datos digital del IGN-Chile  
 "Descripciones de Suelos", Valle de Elqui  
 CIREN-Santiago 1994

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 25. Mapa de Series de Suelos Comuna de Paihuano

**1. Serie Alcohuz (Símbolo cartográfico: ALZ).** Suelo delgado a ligeramente profundo, de escaso desarrollo, en posición de piedmont o conos de deyección. De textura superficial areno francosa y color pardo oscuro de matiz 7.5YR; de textura areno francosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR, con gravas angulares, de comunes a abundantes, en profundidad. Substrato de gravas angulares de naturaleza granodiorítica.

**2. Serie Chapilca (CPI).** Suelo de origen aluvial, que ocupa posiciones de terrazas intermedias, con profundidad que puede variar desde 30 a 80 cm, dependiendo de la profundidad a la que se encuentra la estrata aluvial. De textura superficial franca y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR. Substrato aluvial, con gravas, piedras y matriz arenosa.

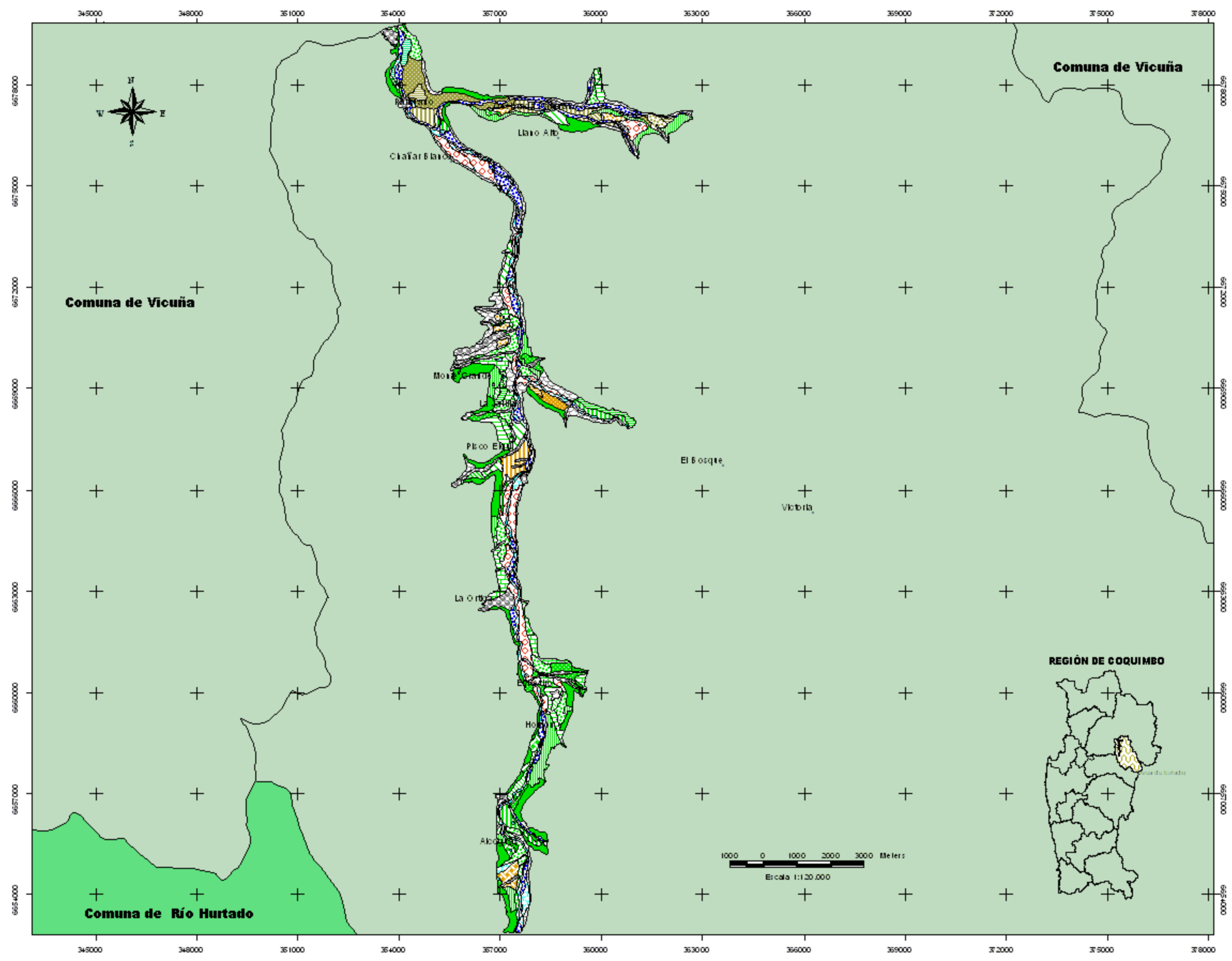
**3. Serie Paihuano (PHO).** Suelos delgados, en posición de piedmont. De textura superficial areno francosa y color pardo grisáceo oscuro en el matiz 10YR. Presentan un horizonte C constituido de gravas y piedras subredondeadas de naturaleza granodiorítica, con matriz arenosa y de color pardo grisáceo.

**4. Serie Pisco Elqui (PSQ).** Suelo en posición piedemont, que presenta un horizonte A de textura franco arenosa, color pardo a pardo oscuro y estructura de bloques subangulares gruesos y medios moderados. El horizonte B cámbico es de color rojo amarillento de textura arcillosa, sin estructura. El horizonte C está constituido por piedras y bolones subangulares y angulares de litología granodiorita y/o granítica, con matriz franco arenosa y color pardo amarillento.

## Referencias

**CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.





INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**MAPA DE SERIE DE SUELOS  
COMUNA DE PAIHUANO**

**SIMBOLOGÍA**

**Serie de Suelos**

ALC-1 Acohuaz	MP-1 Río
ALC-10 Acohuaz	MP-1 Terrenos Húmedos
ALC-12 Acohuaz	MT Misceláneo Antiquico
ALC-13 Acohuaz	PHO-1 Pahuano
ALC-14 Acohuaz	PHO-2 Pahuano
ALC-2 Acohuaz	PHO-3 Pahuano
ALC-3 Acohuaz	PHO-4 Pahuano
ALC-4 Acohuaz	PHO-5 Pahuano
ALC-5 Acohuaz	PGO-1 Pisco Elqui
ALC-7 Acohuaz	PGO-2 Pisco Elqui
ALC-8 Acohuaz	PGO-3 Pisco Elqui
ALC-9 Acohuaz	PGO-4 Pisco Elqui
OP-3 Chapico	PGO-5 Pisco Elqui
MO Misceláneo Coluvial	R Terrenos Roccosos
	TR Tranques Mocheros

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Prototipo Geodésico,  
1956 (PSAD-56)

Fuente: Base de datos digital del IGN-Chile  
"Designaciones de Cuotas", Valle de Elqui  
CIREL-Santiago 1994

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledelección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 26. Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo Comuna de Paihuano

La agrupación de los suelos en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Esta basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos.

Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso de suelo.

### Clases de capacidad de uso

**Clase I.** Los suelos clases I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad.

**Clase II.** Los suelos de la clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la clase anterior. Limitaciones más corrientes son:

- ✓Pendiente suave
- ✓Moderada susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efecto adverso moderado de erosión pasada.
- ✓Profundidad menor que la ideal.
- ✓Estructura y facilidad de laboreo desfavorable.
- ✓Ligera a moderada salinidad o modicidad fácilmente corregible pero con posibilidad de recurrencia.
- ✓Humedad corregible por drenaje, pero existe como una limitación moderada.
- ✓Limitaciones climáticas ligeras.

**Clase III.** Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas. Las limitaciones son:

- ✓Relieve moderadamente inclinado a suavemente ondulado
- ✓Alta susceptibilidad a la erosión por agua o vientos o severos efectos de erosiones pasadas.
- ✓Suelos delgado sobre un lecho rocoso, hardpan; fragipan, etc. que limita la zona de arraigamiento y almacenamiento de agua.
- ✓Permeabilidad muy lenta en el subsuelo
- ✓Baja capacidad de retención de agua
- ✓Baja fertilidad no fácil de corregir
- ✓Humedad excesiva o algún anegamiento continuo después de drenaje
- ✓Limitaciones climáticas moderadas
- ✓Inundación frecuente acompañada de algún daño a los cultivos.

Los suelos de esta clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

**Clase IV.** Esta clase presenta severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren muy cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de las clases III. Los suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados solo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja en relación a los gastos sobre un periodo largo de tiempo. Limitaciones más usuales:

- ✓Suelos delgados
- ✓Pendientes pronunciadas
- ✓Relieve moderadamente ondulado y disectado baja capacidad de retención de agua
- ✓Humedad excesiva con riesgos continuos de anegamiento después del drenaje
- ✓Severa susceptibilidad a la erosión por agua o viento o severa erosión efectiva.

**Clase V.** Los suelos de clase V tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales. Los suelos de esta clase son casi planos, demasiados húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados, están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinados (piedmont) y que por efectos climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplos puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc. Es decir suelos demasiados húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos, sino para pastos.

**Clase VI.** Corresponden a suelos inadecuados para cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales, poseen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.

**Clase VII.** Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son más severas que en las clases VI por una o más de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas, erosión, suelo delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

**Clase VIII.** Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

### Referencias

CIREN (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.



INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

### MAPA DE CAPACIDAD DE USO DEL SUELO COMUNA DE PAIHUANO

#### Clases de Capacidad de Uso Paihuano

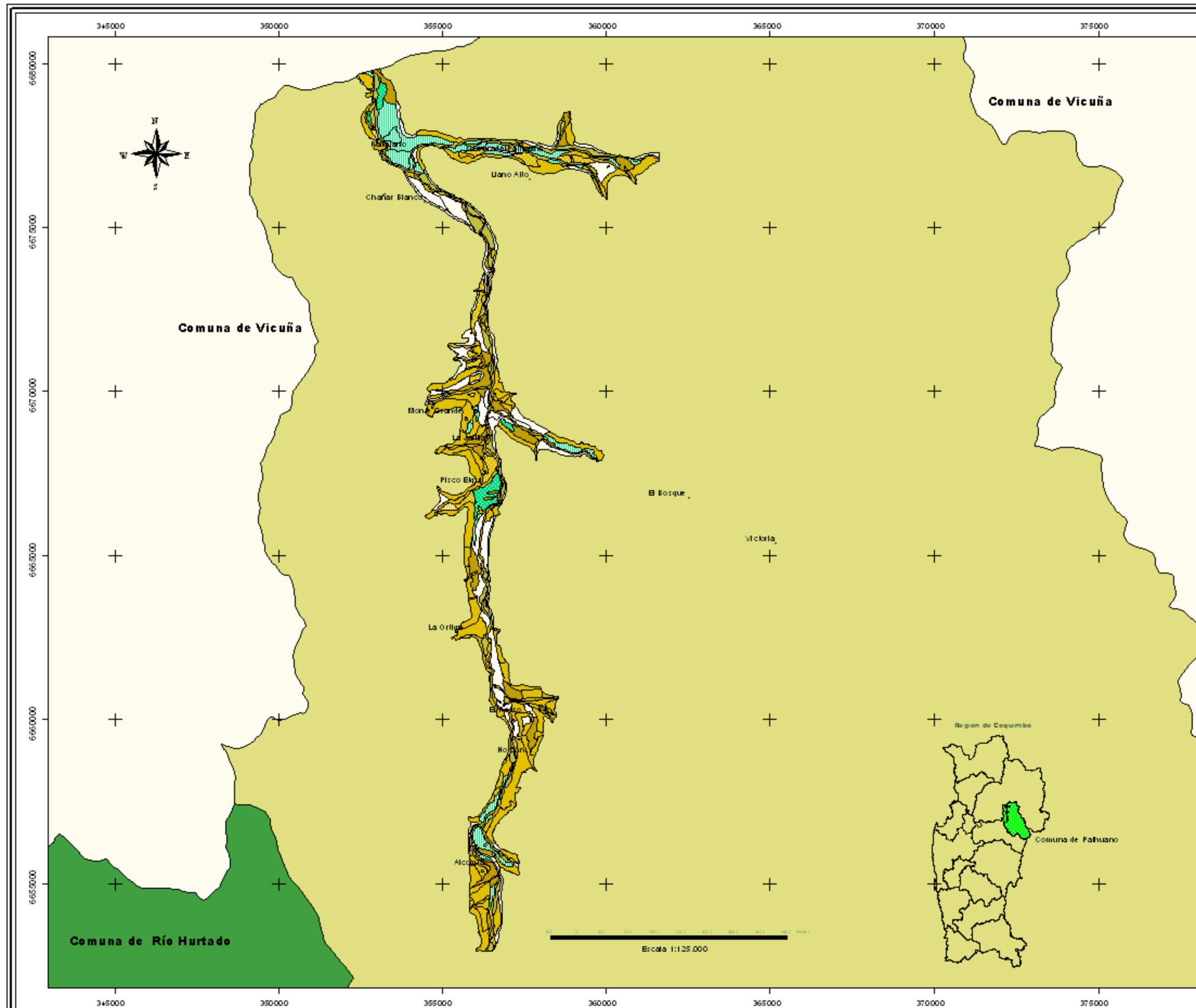
- I Sin Limitaciones
- II Algunas Limitaciones
- III Moderadas Limitaciones
- III Moderadas Limitaciones
- III Moderadas Limitaciones Humedades
- III Algunas Limitaciones
- III Algunas Limitaciones Humedades
- IV Severas Limitaciones Riesgos de Brolón
- IV Severas Limitaciones
- IV Severas Limitaciones Riesgos de Erosión
- IV Severas Limitaciones
- IV Severas Limitaciones
- IV Severas Limitaciones
- V Inadecuados para Cultivos Solo Pastos y Forestales
- V Inadecuados para Cultivos
- VIII Suelo sin Valor
- VII Con Limitaciones de Uso
- VII Con Limitaciones de Uso con Humedad
- VI Uso Limitado a Pastos y Forestales

#### INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Coordenadas: en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
1956 (PSAD-56)  
Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
"Descripciones de Cuencas", Valle de Biqui  
CIREM, Santiago, 1994

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

La Serena, 2007



## 27. Mapa de Comunidades Agrícolas

El sistema de tenencia de la tierra en Comunidades Agrícolas, son la expresión legal de la forma de propiedad comunitaria de la tierra en la Región de Coquimbo. Es uno de los elementos más relevantes en la gestión y organización del espacio y la sociedad rural, teniendo implicancias tanto socioeconómicas como medioambientales. Dentro de las primeras, se destaca su influencia en la estructura y volumen de empleo y su incidencia en la movilidad social de la población. Respecto a la variable medioambiental, el sistema de tenencia y el tipo de producción de la tierra determina en gran medida la presión que se ejerce sobre los recursos naturales, especialmente el suelo, agua y vegetación.

En el área de estudio la tenencia de la tierra está estructurado en tres unidades principales: Agricultura moderna de riego, esta constituida en primer lugar por 1.364 pequeños predios de 1 a 5 ha, que ocupan en su totalidad 1.951,4 ha, luego la mediana propiedad con 782 predios y suman en su totalidad 9.049,5 ha, con superficies que van desde 5 a 100 ha., los grandes fundos son 142 disponen de 1.004.043,5 ha y finalmente la propiedad comunitaria constituida por las Comunidades Agrícolas. El sistema comunitario en la cuenca del río Elqui cuenta con 19 comunidades que disponen de 318.443,1 ha lo que representa 30,7% de la superficie total de la cuenca, fundamentalmente praderas naturales de secano.

En las comunidades se presentan en forma resumida tres formas de uso. Por una parte se encuentra lo que se denomina “goce singular”. La comunidad entrega en forma permanente el derecho de uso sobre una pequeña superficie de tierra, generalmente donde se encuentra la casa y su entorno. También la comunidad entrega derecho de uso individual sobre las “lluvias”, terrenos para cultivos de secano en tierras comunitarias entregados para uso exclusivo pero limitados en el tiempo. Por último se encuentran los terrenos de uso común, que se administran de acuerdo a las normas establecidas por cada comunidad, para el uso de todos los comuneros. Las principales actividades económicas de las comunidades agrícolas establecidas en la hoya hidrográfica del río Elqui son:

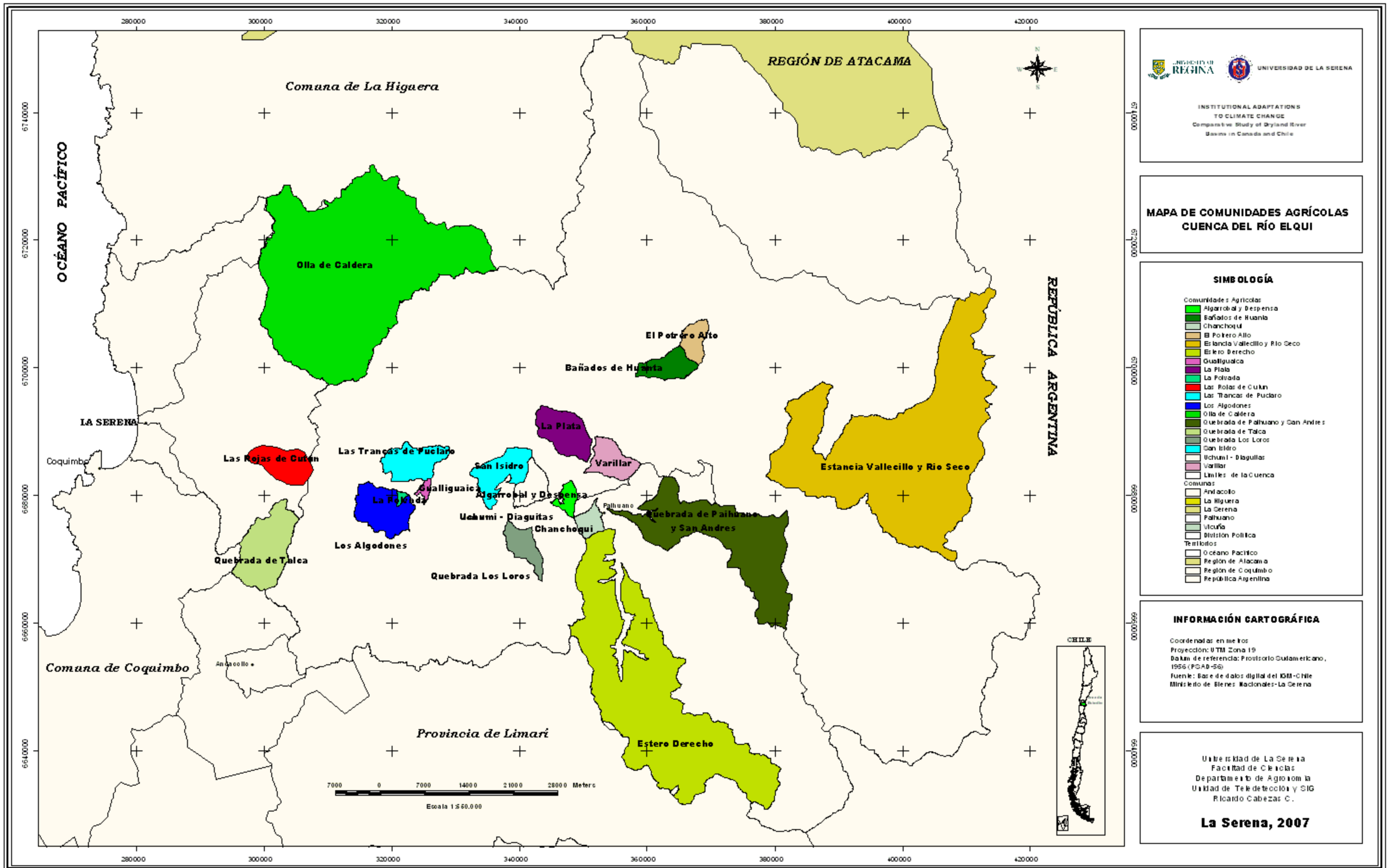
- ✓ Ganadería principalmente caprina y ovina
- ✓ Elaboración de carbón a partir de la tala de la vegetación local
- ✓ Agricultura de secano en los terrenos relativamente pobres localizados en las laderas de los cerros (lluvias), destinados principalmente al cultivo de trigo, cebada y otros de subsistencia
- ✓ Elaboración de artesanías con fines turísticos.

### Comunidades Agrícolas:

Nombre Comunidad	Comuna	Superficie en Há.
Varillar	Vicuña	3329,926
Uchumi - Diaguitas	Vicuña	12805,494
San Isidro	Vicuña	4533,192
Quebrada Los Loros	Vicuña	2668,211
Quebrada de Talca	La Serena	8578,518
Chanchoqui	Paihuano	1585,355
Quebrada de Paihuano y San Andrés	Paihuano	22533,805
Olla de Caldera	La Serena	122528,880
Los Algodones	Vicuna	5430,563
Las Trancas de Puclaro	Vicuna	4467,016
Las Rojas de Cutun	La Serena	4005,996
La Polvada	Vicuña	242,117
La Plata	Vicuña	4917,145
Gualiguaica	Vicuña	447,133
Estero Derecho	Paihuano	51962,307
Estancia Vallecillo y Rio Seco	Vicuña	64208,816
El Potrero Alto	Vicuña	2079,071
Algarrobal y Despensa	Vicuña	4030,634
Bañados de Huanta	Vicuña	2977,074

### Referencias

- CORPOICA.** Plan de manejo sostenible y ecosistemas regionales. Documento sin edición. Disponible en [www.corpoica.org.co/html/planes/ecosistema/texto/ecosistemas.html](http://www.corpoica.org.co/html/planes/ecosistema/texto/ecosistemas.html). Acceso: Diciembre, 2001
- COVACEVICH N** (2001) El coironal y las necesidades de los ovinos. Tierra Adentro, 41, 30-33.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.**(2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- GALLARDO F GL** (1998) Communal land ownership: Remnant of the past?. Department of Sociology. Upsala University. Sweden. 408 pp.
- INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE**, 2001. Compendio de información ambiental , socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- LIVENAIS P & X ARANDA** (2003) Dinámica de los Sistemas Agrarios en Chile Árido: La Región de Coquimbo. Lom Ediciones Santiago, Chile 502 páginas.
- LÓPEZ C, R CABEZAS & R OSORIO** (1979). Evaluación de las veranadas de la Provincia del Elqui, IV Región de Coquimbo. Instituto de Investigación de Recursos Naturales.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas.
- RUIZ I** (1996a) Capítulo 20: Carga animal (capacidad talajera y presión de pastoreo). En: Praderas para Chile, I. Ruiz, ed., Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.
- RUIZ I** (1996b) Capítulo 1: Introducción: un vistazo a la compleja relación clima-suelo-árbol-pasto-ganado. En: Praderas para Chile, I. Ruiz, ed., Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.






INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA DE COMUNIDADES AGRÍCOLAS  
CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

Comunidades Agrícolas

- Algarrobal y Despensa
- Bañados de Huerta
- Chanchoqui
- El Potrero Alto
- Estancia Vallecillo y Río Seco
- Estero Derecho
- Gualliguaica
- La Plata
- La Polvada
- Las Rojas de Cúten
- Las Trancas de Pucuro
- Los Algodones
- Olla de Caldera
- Quebrada de Pailuano y San Andrés
- Quebrada de Talca
- Quebrada Los Loros
- San Isidro
- Uchumi - Diaguitas
- Varillar
- Límites de la Cuenca

Comunas

- Antuco
- La Higuera
- La Serena
- Pailuano
- Vicuña

Divisiones Políticas

- Territorios
- Océano Pacífico
- Región de Atacama
- Región de Coquimbo
- República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-CHILE  
 Ministerio de Bienes Nacionales-La Serena

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**



## 28. Mapa de Riesgos de Avalanchas y Aluviones

Avalancha o rodado es la masa de nieve que se desliza por la superficie inclinada de una pendiente de montaña, ésta surge cuando se rompe el equilibrio de la capa de nieve en una ladera.

**Aluviones o corrientes de barro.** Las corrientes de barro son siempre una mezcla de agua y barro. La mezcla puede contener, además, detritos de varios tamaños que van desde cantos rodados a limos finos. El porcentaje de material detrítico puede alcanzar el 50% del volumen total de la corriente. La duración de la corriente de barro es generalmente breve y no sobrepasa sino algunas horas. Para la formación de una corriente de barro se requieren tres condiciones fundamentales:

- ✓ La cuenca debe contener mucho material detrítico, que constituye la parte sólida de la corriente;
- ✓ Gran cantidad de lluvia, fusión o vaciado súbito de embalses naturales o artificiales, que forman la parte líquida de la corriente;
- ✓ El lecho de la cuenca debe tener una inclinación suficiente para asegurar el movimiento de la mezcla.

La cuenca tiene un clima subtropical con rasgos semidesérticos, con un relieve mediano a fuertemente disectado, el río con un régimen de alimentación nivo-pluvial. La vegetación es semidesértica y esteparia. La aridez del clima permite una intensa intemperización de la roca y, por lo tanto, abundante material suelto que las precipitaciones no consiguen evacuar. La vegetación dispersa favorece también la formación de corrientes de barro. Las pendientes son considerables. Las precipitaciones se presentan en invierno, en algunos años lluviosos éstas pueden superar los 250 mm., lo que hace de esta cuenca una de las más peligrosas de Chile por la alta intensidad de las corrientes de barro. En la cuenca del río Elqui, se observa que el efecto orográfico afecta principalmente a las precipitaciones, variando éstas de 70 mm. en el valle a 600 mm. en la alta cordillera.

En el valle es posible observar las laderas casi sin vegetación por sobre los 1.000 metros de altitud, en este sector la cuenca presenta numerosos conos de deyección de antiguas corrientes de barro, con una longitud que puede alcanzar los 500 metros a lo largo del río y con un espesor de 20 m. En ellos se inscriben los lechos de los afluentes. Los conos de las corrientes de barro actuales se presentan parcialmente encima de las anteriores y por otra parte progresan hacia el río. Están formadas en su mayor parte de piedra o de piedra y barro.

El mapa representa la zonificación realizada a partir del modelo digital de pendiente. Este modelo se generó a partir del modelo digital de elevación usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleó la función "Slope", la cual permite identificar los grados de inclinación de la superficie terrestre, expresada en grados (0-90°), este modelo es muy útil para la determinación de las áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como carreteras, puentes, nuevos proyectos inmobiliarios, habilitación de terrenos para la agricultura, generación de modelos de erosión, determinación de áreas de riesgos de avalanchas, etc.

A partir de este mapa, se agruparon las pendientes en función de categorías previamente establecidas; en este caso se han tomado seis categorías, expresando los intervalos en porcentajes que han sido seleccionados en base a las limitaciones debidas a los usos más frecuentes y haciéndolo corresponder con una clasificación morfológica de tipo descriptivo y que perceptivamente dejan más separadas las unidades reales del territorio.

## Referencias

**ALFARO C & C HONORES** (2002) Análisis de la disponibilidad del recurso hídrico superficial en los cauces controlados de las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ingeniería.- Universidad de La Serena. La Serena.

**CHUVIECO E** (2002) . "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas

**ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.

**ESPÍLDORA B & G PALMA** (1977) "Modelo de Simulación Hidrológica en la Hoya hidrográfica del Río Elqui". Publicación CRH 77-4-1. Centro de Recursos Hidráulicos. Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 133 páginas.

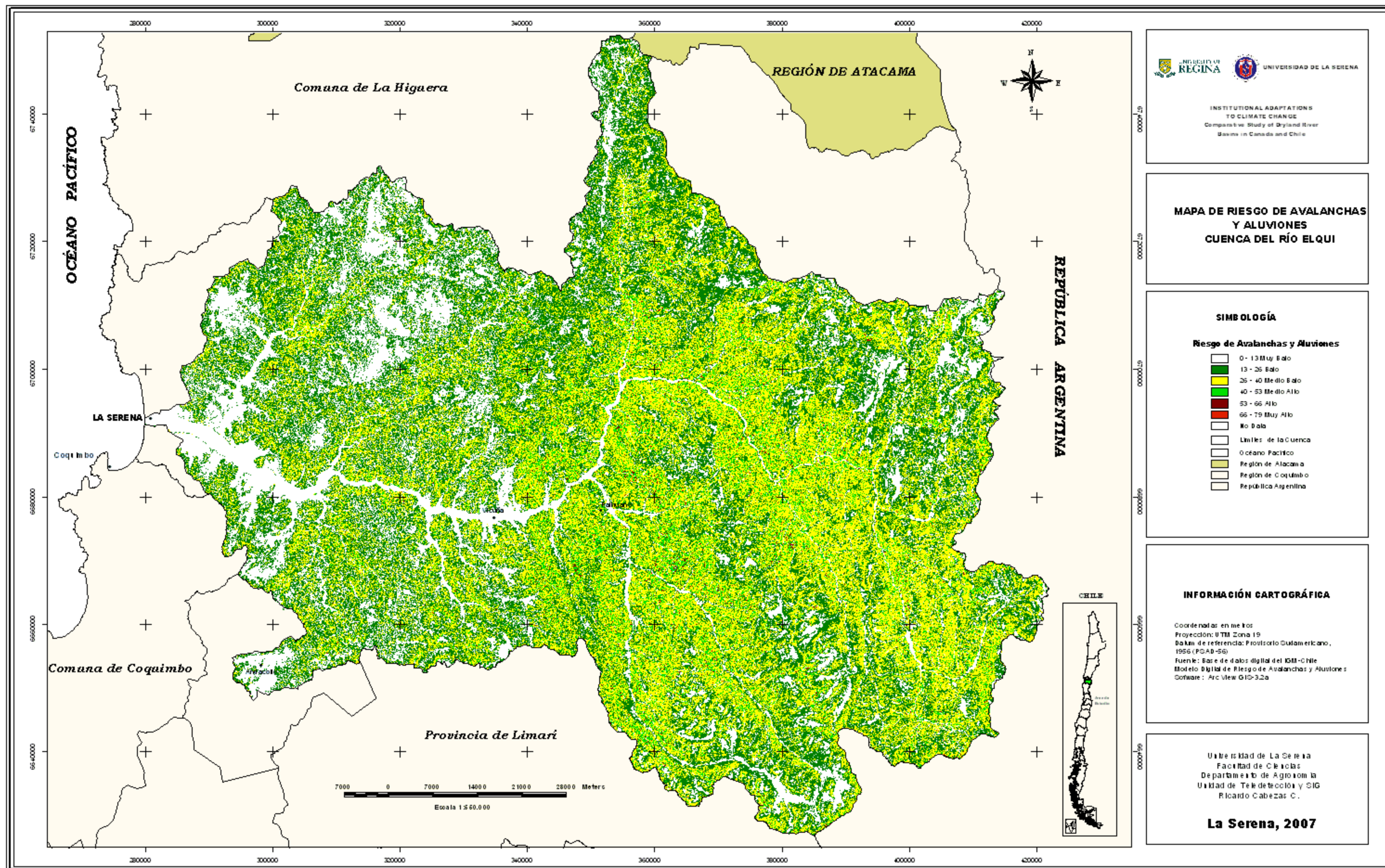
**FUENZALIDA H** (1950) Geografía económica de Chile. Tomo I. Corporación de Fomento de la Producción. Imprenta Universitaria. Santiago de Chile. Chile. 28 pp.

**INDAP-PRODECOP, AGRIMED, UNIVERSIDAD DE CHILE** (2001) Compendio de información ambiental , socioeconómica y silvoagropecuaria de la IV Región de Coquimbo, La Serena, Chile.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.

**NOVOA E & A NÚÑEZ** (1995) "Aplicación Metodológica para la Jerarquización de Planes de Manejo en Hoyas hidrográficas (Hoya hidrográfica del Río Elqui, Chile Semiárido)". Revista de Investigación y Desarrollo (2): 79-89

**ZAROR C** (2002) Principios básicos de modelación matemática. En: Modelación ambiental, modelos de calidad del agua. Escuela de verano en Medio Ambiente 202, centro de Ciencias Ambientales EULA- Chile, U. de Concepción.





  
 INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
 TO CLIMATE CHANGE  
 Comparative Study of Dryland River  
 Basins in Canada and Chile

**MAPA DE RIESGO DE AVALANCHAS  
 Y ALUVIONES  
 CUENCA DEL RÍO ELQUI**

**SIMBOLOGÍA**

**Riesgo de Avalanchas y Aluviones**

	0 - 13 Muy Bajo
	13 - 26 Bajo
	26 - 40 Medio Bajo
	40 - 53 Medio Alto
	53 - 66 Alto
	66 - 79 Muy Alto
	No Bata
	Límites de la Cuenca
	Océano Pacífico
	Región de Atacama
	Región de Coquimbo
	República Argentina

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas: en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sulamericano, 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-CHILE  
 Modelo Digital de Riesgo de Avalanchas y Aluviones  
 Software: ArcView GIS-3.2a

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**



**29.- ANEXOS: Distritos Marquesa, Diaguitas y Pisco Elqui**



## **ÍNDICE MAPAS DE DISTRITOS**

### **29.1 Modelos Digitales del Distrito Marquesa**

#### *29.1.1 Modelo Digital de Elevación*

*2 Pendiente*

*3 Exposición Solar*

*4 Mapa de Serie de Suelos*

*5 Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo*

*6 Mapa de Uso Actual del Suelo*

### **29.2 Modelos Digitales del Distrito Diaguitas**

#### *29.2.1 Modelo Digital de Elevación*

*2 Pendiente*

*3 Exposición Solar*

*4 Mapa de Series de Suelo*

*5 Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo*

*6 Mapa de Uso Actual del Suelo*

### **29.3 Modelos Digitales del Distrito Pisco Elqui**

#### *29.3.1 Modelo Digital de Elevación*

*2 Pendiente*

*3 Exposición Solar*

*4 Mapa de Serie de Suelos*

*5 Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo*

*6 Mapa de Uso Actual del Suelo*

## 29.1 Modelos Digitales del Distrito de Marquesa

### 29.1.1 Modelo Digital de Elevación

Para poder realizar una fiel interpretación de las características fisiográficas del área de estudio se contó con los modelos de elevación, pendiente y de exposición solar, generados específicamente para este distrito, la metodología aplicada a estos se resume a continuación:

El modelo digital de elevación (MDE) es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie de la tierra cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas "X" e "Y" a las que se les agrega un valor de "Z" que corresponde a la elevación. Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula. Para la realización de este se empleo la base topográfica del IGM-Chile que contiene los datos de latitud (X), longitud (Y) y altitud (Z). Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula.

El nombre de modelo digital de elevación, crea la idea que necesariamente el grupo de valores numéricos deba visualizarse como un "modelo" de tercera dimensión cuando se usa un computador. Tal grupo de valores numéricos puede ser conceptualizado como un arreglo matricial o tabular de los valores de "X", "Y" y "Z" para cada punto.

#### Características

EL MDE que se generó tiene las siguientes características:

- ✓ Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).
- ✓ Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).
- ✓ El cubrimiento de cada MDE corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.
- ✓ El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 50 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 50 x 50 metros de lado.

Debemos mencionar que a partir del archivo ráster de un modelo digital de elevación es posible generar una capa o cubierta de vectores de curvas de nivel.

#### Modelos Grid

Para el desarrollo de ésta fase fue necesaria la redefinición de las celdas en los modelos grid (ráster), por cuanto sólo así se lograría determinar un adecuado modelo de análisis geográfico. De lo anterior se desglosa lo siguiente:

- ✓ Para el desarrollo de los Modelos de Elevación y de Exposición Solar, se utilizó una celda con un tamaño de 10 Mts.
- ✓ Con respecto al área de trabajo del proyecto, para la confección de los Modelos (de Elevación, Exposición y Pendiente) se utilizó una celda con un tamaño de 10 mts., por cuanto sólo así se logrará determinar un análisis de mayor detalle.

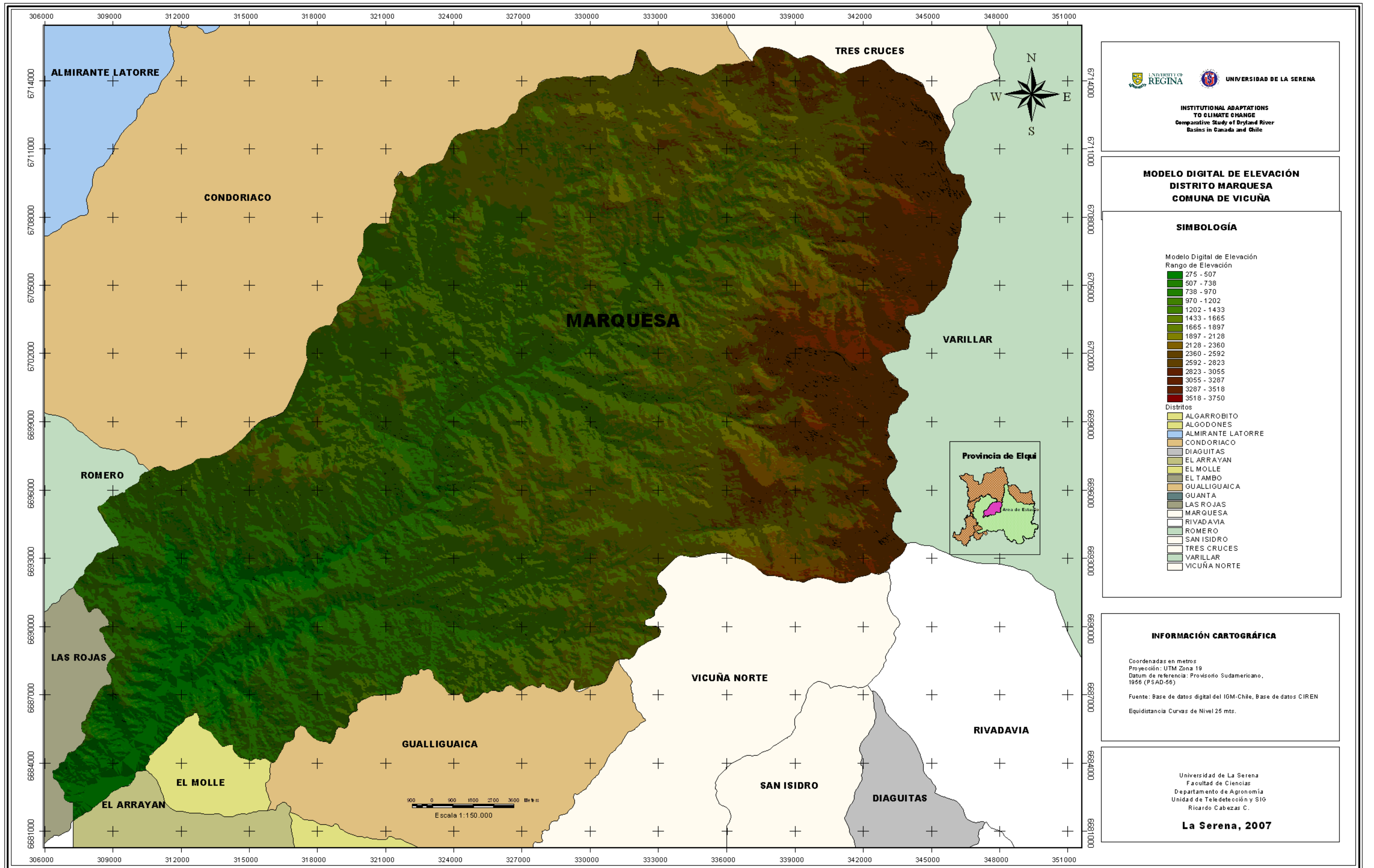
Los Modelos de Pendiente están expresados en rangos porcentuales y de Exposición Solar, en su nivel base (origen) están estructurados en un Ráster (Grid). Posteriormente, para lograr estructurar la consecuente base de datos en cada modelo (Pendiente y Exposición Solar), se tuvo que recurrir a la reconversión de los formatos.

Para una mejor representación cartográfica y acordes con el tipo de escala de trabajo, 1: 5.000, los modelos digitales de pendiente y exposición solar se les cambio el tamaños de las celdas, dejándolas en 10 metros para ambos y con eso se logró una buena representación.

#### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.





**INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE**  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN  
DISTRITO MARQUESA  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

- Modelo Digital de Elevación  
Rango de Elevación
- 275 - 507
  - 507 - 738
  - 738 - 970
  - 970 - 1202
  - 1202 - 1433
  - 1433 - 1665
  - 1665 - 1897
  - 1897 - 2128
  - 2128 - 2360
  - 2360 - 2592
  - 2592 - 2823
  - 2823 - 3055
  - 3055 - 3287
  - 3287 - 3518
  - 3518 - 3750

- Districtos
- ALGARROBITO
  - ALGODONES
  - ALMIRANTE LATORRE
  - CONDORIACO
  - DIAGUITAS
  - EL ARRAYAN
  - EL MOLLE
  - EL TAMBO
  - GUALLIGUAICA
  - GUANTA
  - LAS ROJAS
  - MARQUESA
  - RIVADAVIA
  - ROMERO
  - SAN ISIDRO
  - TRES CRUCES
  - VARILLAR
  - VICUÑA NORTE

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
1956 (PSAD-56)  
Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.1.2 Modelo Digital de Pendiente

Para la obtención de este modelo se empleó la metodología usada en la generación de los modelos digitales para la cuenca, en este caso se realizó a partir del modelo digital de elevación usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleó la función "Slope", se establecieron 9 rangos de pendiente o de inclinación de la superficie terrestre, expresada en grados (0-90°). Este modelo es muy útil para determinar áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como carreteras, puentes, nuevos proyectos inmobiliarios, habilitación de terrenos para la agricultura, generación de modelos de erosión, determinación de áreas de riesgos de avalanchas, etc.

EL Modelo que se generó, tiene las siguientes características:

Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).

Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).

El cubrimiento de cada MDP corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.

El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 10 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 10 x 10 metros de lado.

La pendiente es la expresión de una cualidad geométrica del terreno a través de cuya graficación podemos investigar las distintas formas del mismo, la relación entre las mismas y, en fin, el orden de la geometría del espacio o sistemas de espacios que configuran un territorio.

Cada especialidad la estudia según sus propios requerimientos y, establece los intervalos de valor entre los cuales el terreno tiene una determinada cualidad, admite un uso específico o dice cuando cambia el carácter de la misma en razón del uso o estudio que se realiza.

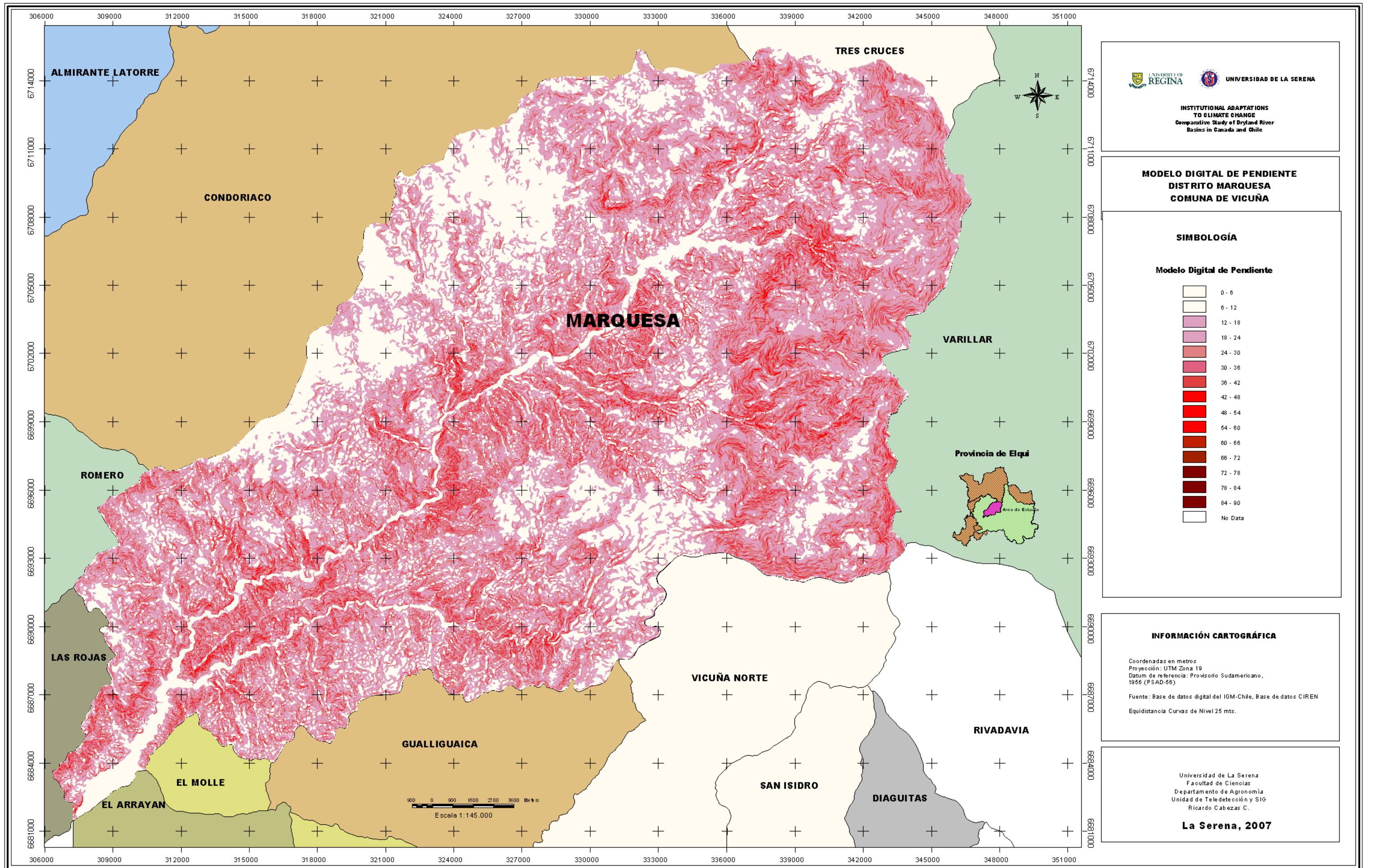
En el mapa de pendientes, se fijan los intervalos de acuerdo con sus cualidades geométricas. En las clases inferiores de la clasificación de pendientes se fijan los límites de acuerdo con las divisiones propias de los usos más posibles y generalizados que puedan darse en la cuenca.

A partir de este mapa, se agruparán las pendientes en función de categorías previamente establecidas; en este caso se han tomado nueve categorías, expresando los intervalos en porcentajes que han sido seleccionados en base a las limitaciones debidas a los usos más frecuentes y haciéndolo corresponder con una clasificación morfológica de tipo descriptivo y que perceptivamente dejan más separadas las unidades reales del territorio.

### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985) "Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas




















**MODELO DIGITAL DE PENDIENTE  
DISTRITO MARQUESA  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

**Modelo Digital de Pendiente**

	0 - 6
	6 - 12
	12 - 18
	18 - 24
	24 - 30
	30 - 36
	36 - 42
	42 - 48
	48 - 54
	54 - 60
	60 - 66
	66 - 72
	72 - 78
	78 - 84
	84 - 90
	No Data

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.1.3 Modelo Digital de Exposición Solar

La obtención de este modelo se realizó a partir del MDE usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleo la función “Aspect”, la cual permite identificar la exposición solar expresada en grados de exposición de la superficie terrestre, (0-360°), en este caso específico y dada la escala de trabajo, 1:5.000, este modelo es muy importante pues permite localizar las áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como caminos, puentes, nuevos proyectos mineros y la habilitación de terrenos para la agricultura, especialmente para desarrollar proyectos frutícolas con denominación de origen, dadas las características tan sobresalientes existentes, desde el punto de vista de la disponibilidad de alto porcentaje de días despejados y ausencia casi permanente de heladas, y por otra parte los estudios del comportamiento de la vegetación en relación con la exposición solar, etc.

Debemos señalar que el “aspecto” es la dirección que el terreno representa. Es generalmente usado para determinar que cantidad de luz solar recibirá un sector del terreno. Los valores finales están expresados en grados.

### Referencias

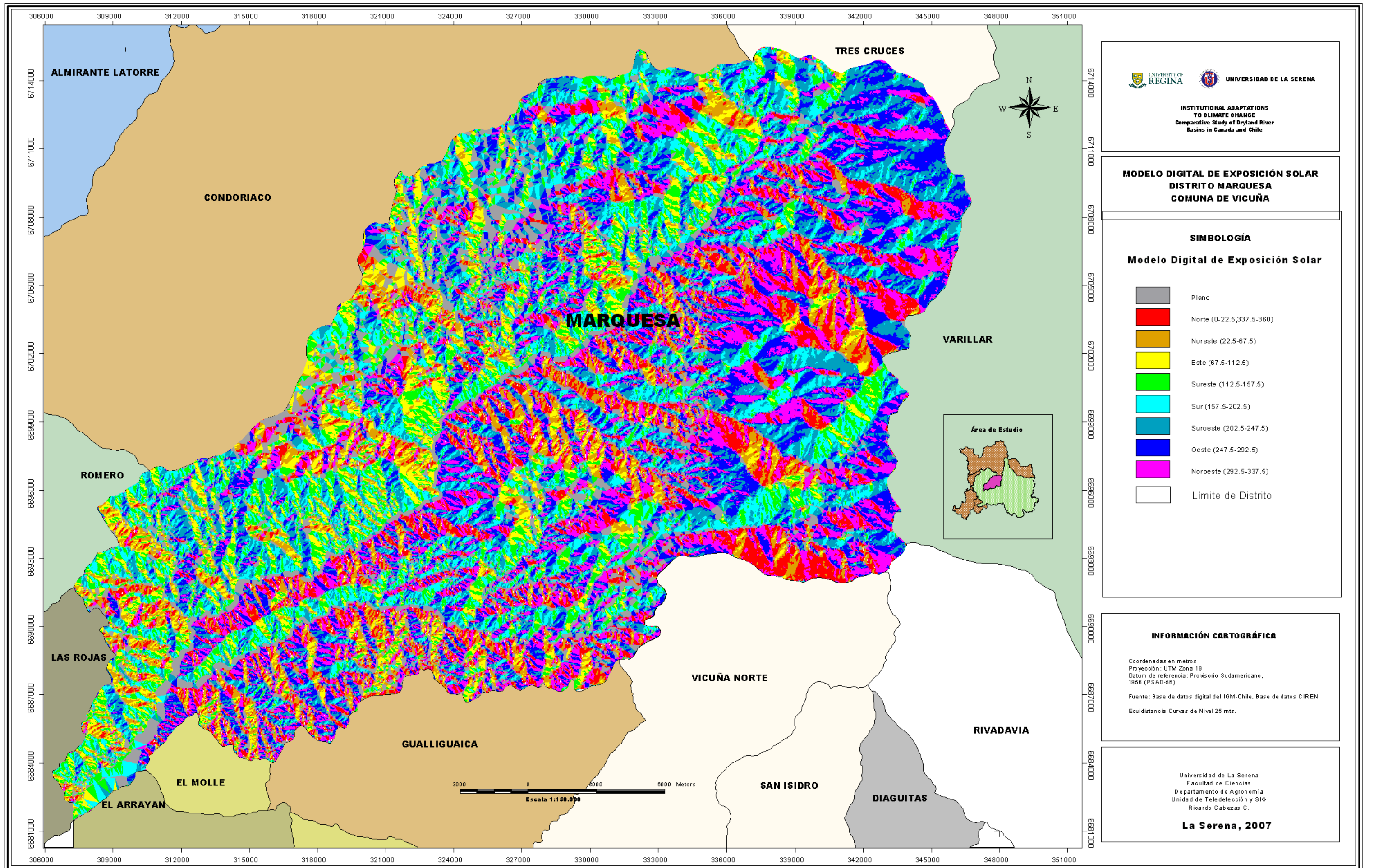
**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.

**CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas

**ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001) Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.

**ROMERO H** (1985) “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.





**MODELO DIGITAL DE EXPOSICIÓN SOLAR  
DISTRITO MARQUESA  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**  
**Modelo Digital de Exposición Solar**

-  Plano
-  Norte (0-22.5, 337.5-360)
-  Noreste (22.5-67.5)
-  Este (67.5-112.5)
-  Sureste (112.5-157.5)
-  Sur (157.5-202.5)
-  Suroeste (202.5-247.5)
-  Oeste (247.5-292.5)
-  Noroeste (292.5-337.5)
-  Límite de Distrito

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.



### 29.1.4 Mapa de Serie de suelos

**SERIE CHAPILCA**, franca, Símbolo: CPI. Suelo de origen aluvial, que ocupa posiciones de terrazas intermedias, con profundidad que puede variar desde 30 a 80 cm, dependiendo de la profundidad a la que se encuentra la estrata aluvial. De textura superficial franca y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR. Substrato aluvial, con gravas, piedras y matriz arenosa.

**SERIE LAS ROJAS**, franco arcillosa Símbolo Cartográfico: LRO. Suelo profundo, plano y casi plano, que ocupa una posición de terraza aluvial. De textura superficial franco arcillosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franca y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Permeabilidad moderada y bien drenado.

**SERIE MARQUESA**, franca, Símbolo: MAQ. Suelo en posición de cerros, laderas y conos de deyección antiguos, ligeramente profundos y delgados. De textura superficial franca y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arcillosa y color pardo oscuro y pardo en los matices 7.5YR y 10YR en profundidad. Presenta un horizonte C cálcico.

**SERIE PARANAO**, franco arenosa, Símbolo: PAR. Suelo ligeramente profundo, en posición de laderas y conos de deyección con pendientes moderadas que pueden llegar a escarpadas. De textura superficial franco arenosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura areno francosa e igual color en profundidad. El substrato está constituido por gravas y piedras que ocupan más del 80% con matriz arenosa o franco arenosa.

**SERIE PUCLARO**, franco arenosa Símbolo Cartográfico: PCL. Suelos de origen aluvial, en posición de terraza reciente. De textura superficial franco arenosa y de color pardo oscuro en el matiz 10YR, estructura de bloques angulares y subangulares gruesos débiles; de textura areno francosa y arenosa, estatificadas, de color vario y sin estructura.

#### UNIDADES NO DIFERENCIADAS

**TERRAZAS ALUVIALES** Suelo delgado a ligeramente profundo, que ocupa las planicies de inundación y la terraza aluvial más baja del sector de la Quebrada de Lagunillas en el sector costero del mismo nombre. De textura superficial franco arenosa y areno francosa; en profundidad la textura es areno francosa; de color pardo grisáceo muy oscuro y pardo muy oscuro en los matices 10YR y 7.5YR en todo el perfil. Substrato aluvial de arenas y gravas finas y medias abundantes.

**TERRENOS DE LADERAS** Suelo de origen coluvial, en posición de plano inclinado (ladera), con pendientes simples y complejas, dominantes de 1 a 15%, de profundidad variable delgado a moderadamente profundo. De textura superficial franco arenosa y franco arcillo arenosa, de color pardo oscuro en el matiz 7.5YR. En profundidad la textura varía de franco arcillo arenosa a arcillo arenosa, de color variable pardo oscuro a pardo en los matices 7.5YR y 10YR. En superficie presenta una proporción variable de gravas que pueden llegar al 30%. En profundidad el contenido de gravas se incrementa llegando hasta el 80%.

#### TIPOS MISCELÁNEOS DE TERRENOS

##### MISCELÁNEO RÍO

**MR** Corresponde a terrenos en posición de terraza aluvial reciente, de escaso desarrollo en sus perfiles, con alto contenido de gravas y bolones y con vegetación arbustiva escasa. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 8

**MR - 1** Corresponde a terrenos pedregosos, con matriz arenosa, que se ubican en las terrazas bajas y recientes de los ríos y en parte cubiertos de vegetación rala de pastos y arbustos. Se estima que habría un potencial interesante para forestar con eucaliptos, consiguiendo crear una defensa a los sectores ribereños a futuras crecidas y además, proporcionar leña de buena calidad. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIIs0	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 7

##### MISCELÁNEO QUEBRADA

**MQ** Corresponde a terrenos de pendientes abruptas, susceptibles a erosionarse y presentar en su cauce piedras y bolones abundantes. Presenta generalmente una buena a regular vegetación arbustiva que evita los procesos erosivos y que deben mantenerse como terrenos de protección. Se clasifica en:

**MQ - 1** Corresponde a terrenos de pendientes abruptas por donde escurren los cursos de agua, muy abundantes piedras y rocas y con erosión activa. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 2	Aptitud Agrícola	: 8

##### MISCELÁNEO PANTANO

**MP - 1** Corresponde a terrenos húmedos, con nivel freático superficial, con vegetación hidromórfica, pero que en los meses de verano mantiene una cubierta herbácea que permite un talajeo directo. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIIw2	Clase de Drenaje	: 1
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 7

##### MISCELÁNEO ESCARPE

**E** Corresponde a quiebres abruptos, de pendientes superiores a 60%; gran parte de esta unidad está cubierta de vegetación arbustiva, especialmente en los sectores con influencia de clima marítimo. Debe conservarse la vegetación a objeto de evitar procesos erosivos acelerados. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 5
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 2	Aptitud Agrícola	: 8

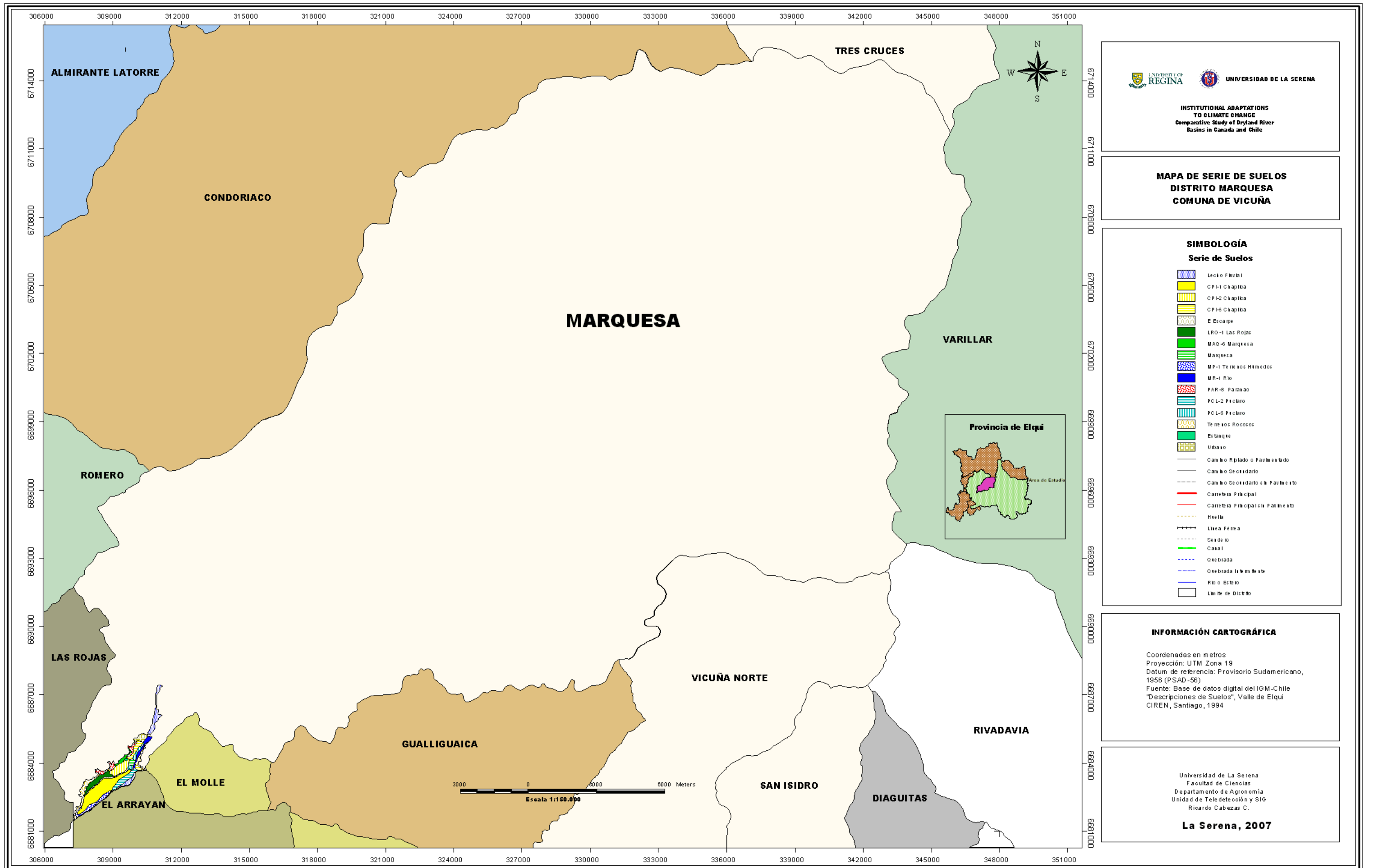
##### TERRENOS ROCOSOS

**R** Corresponde a terrenos con afloramientos rocosos y cubiertos de bolones y piedras, dejando entre ellos suelos delgados y de texturas gruesas. Ocupa una topografía variable de lomajes a cerros y montañas, con pendientes de 20 a más de 50%. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 1	Aptitud Agrícola	: 8

#### Referencias

**CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.



**MAPA DE SERIE DE SUELOS  
DISTRITO MARQUESA  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA  
Serie de Suelos**

-  Lecho Fluvial
-  CPI-1 Clapito
-  CPI-2 Clapito
-  CPI-6 Clapito
-  E Escalpe
-  LRO-1 Las Rojas
-  MAO-6 Marquesa
-  Marquesa
-  MP-1 Terrenos Humedos
-  MR-1 Rio
-  PAR-8 Palmar
-  PCL-2 Proclero
-  PCL-6 Proclero
-  Terrenos Roccosos
-  Estaque
-  Urbano
-  Camino Ripado o Pavimentado
-  Camino Secundario
-  Camino Secundario sin Pavimento
-  Carretera Principal
-  Carretera Principal sin Pavimento
-  Huello
-  Línea Férrea
-  Sea de ro
-  Cajal
-  Orebada
-  Orebada sin pavimento
-  Río o Estero
-  Límite de Distrito

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 "Descripciones de Suelos", Valle de Elqui  
 CIREN, Santiago, 1994

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.1.5 Mapa de Clase de Capacidad de Uso del Suelo

La agrupación de los suelos en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Esta basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos. Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso de suelo.

#### CLASES DE CAPACIDAD DE USO

##### CLASE I

Los suelos clases I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad.

##### CLASE II

Los suelos de la clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que la clase anterior. Limitaciones más corrientes son:

- Pendiente suave
- Moderada susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efecto adverso moderado de erosión pasada.
- Profundidad menor que la ideal.
- Estructura y facilidad de laboreo desfavorable.
- Ligera a moderada salinidad o modicidad fácilmente corregible pero con posibilidad de recurrencia.
- Humedad corregible por drenaje, pero existe como una limitación moderada.
- Limitaciones climáticas ligeras.

##### CLASE III

Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas. Las limitaciones son:

- Relieve moderadamente inclinado a suavemente ondulado
- Alta susceptibilidad a la erosión por agua o vientos o severos efectos de erosiones pasadas.
- Suelos delgado sobre un lecho rocoso, hardpan; fragipan, etc. que limita la zona de arraigamiento y almacenamiento de agua.
- Permeabilidad muy lenta en el subsuelo.
- Baja capacidad de retención de agua.
- Baja fertilidad no fácil de corregir.
- Humedad excesiva o algún anegamiento continuo después de drenaje.
- Limitaciones climáticas moderadas.
- Inundación frecuente acompañada de algún daño a los cultivos.
- Los suelos de esta clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

##### CLASE IV

Esta clase presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren muy cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de las clases III. Los suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados solo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja en relación a los gastos sobre un periodo largo de tiempo. Limitaciones más usuales:

- Suelos delgados
- Pendientes pronunciadas
- Relieve moderadamente ondulado y disectado baja capacidad de retención de agua
- Humedad excesiva con riesgos continuos de negamiento después del drenaje
- Severa susceptibilidad a la erosión por agua o viento o severa erosión efectiva.

Corresponden a tierras de uso limitado, generalmente no adaptadas para cultivos, excepto grandes movimientos de tierra y/o continuos procesos de habilitación o recuperación.

##### CLASE V

Los suelos de clase V tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales.

Los suelos de esta clase son casi planos, demasiados húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados, están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinados (piedmont) y que por efectos climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplos puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc. Es decir suelos demasiados húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos, sino para pastos.

##### CLASE VI

Corresponden a suelos inadecuados para cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales, poseen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.

##### CLASE VII

Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son más severas que en la clase VI por una o más de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas, erosión, suelo delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

##### CLASE VIII

Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

#### SUB-CLASE DE CAPACIDAD DE USO

Esta constituida por un grupo de suelos dentro de un clase que posee el mismo tipo de limitaciones que se reconocen a este nivel y son:

s: suelos

w: humedad, drenaje o inundación

e: riesgo de erosión o efectos de antiguas erosiones

cl: clima

#### Referencias

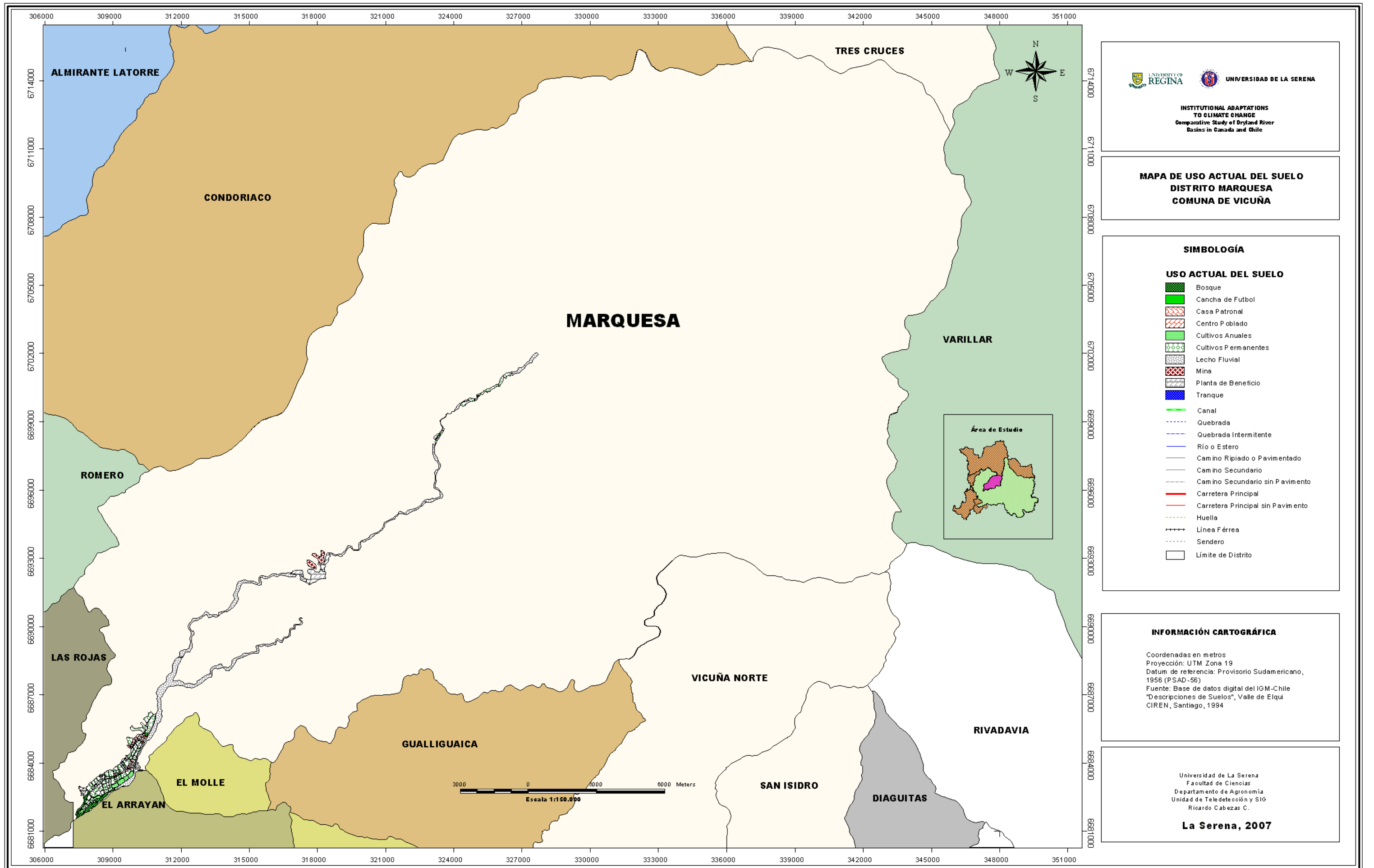
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES (CIREN).** 1994. Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. Santiago, Chile.

### **29.1.6 Mapa de uso actual del suelo**

La agrupación de los suelos de acuerdo a su uso actual está dada por la fotointerpretación hecha a partir de los antecedentes aportados desde las imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles para este distrito y su posterior comprobación en terreno, en definitiva se trata de una “radiografía” actual del uso que hacen sus habitantes, en el no se definen la tenencia ni la calidad de los mismos.

### **Referencias**

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.
- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985) “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas
- SATÉLITE LANDSDAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001) “Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.



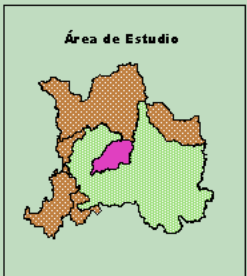
**INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE**  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO  
DISTRITO MARQUESA  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

**USO ACTUAL DEL SUELO**

- Bosque
- Cancha de Fútbol
- Casa Patronal
- Centro Poblado
- Cultivos Anuales
- Cultivos Permanentes
- Lecho Fluvial
- Mina
- Planta de Beneficio
- Tranque
- Canal
- Quebrada
- Quebrada Intermitente
- Río o Estero
- Camino Ripiado o Pavimentado
- Camino Secundario
- Camino Secundario sin Pavimento
- Carretera Principal
- Carretera Principal sin Pavimento
- Huella
- Línea Férrea
- Sendero
- Límite de Distrito



**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
1956 (PSAD-56)  
Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
"Descripciones de Suelos", Valle de Elqui  
CIREN, Santiago, 1994

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**



## 29.2 Modelos Digitales del Distrito de Diaguítas

### 29.2.1 Modelo Digital de Elevación

Para poder realizar una fiel interpretación de las características fisiográficas del área de estudio se contó con los modelos de elevación, pendiente y de exposición solar, generados específicamente para este distrito, la metodología aplicada a estos se resume a continuación:

El modelo digital de elevación (MDE) es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie de la tierra cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas "X" e "Y" a las que se les agrega un valor de "Z" que corresponde a la elevación. Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula. Para la realización de este se empleó la base topográfica del IGM-Chile que contiene los datos de latitud (X), longitud (Y) y altitud (Z). Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula.

El nombre de modelo digital de elevación, crea la idea que necesariamente el grupo de valores numéricos deba visualizarse como un "modelo" de tercera dimensión cuando se usa un computador. Tal grupo de valores numéricos puede ser conceptualizado como un arreglo matricial o tabular de los valores de "X", "Y" y "Z" para cada punto.

#### Características

EL MDE que se generó tiene las siguientes características:

- ✓ Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).
- ✓ Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).
- ✓ El cubrimiento de cada MDE corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.
- ✓ El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 50 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 50 x 50 metros de lado.

Debemos mencionar que a partir del archivo ráster de un modelo digital de elevación es posible generar una capa o cubierta de vectores de curvas de nivel.

#### Modelos Grid

Para el desarrollo de ésta fase fue necesaria la redefinición de las celdas en los modelos grid (ráster), por cuanto sólo así se lograría determinar un adecuado modelo de análisis geográfico. De lo anterior se desglosa lo siguiente:

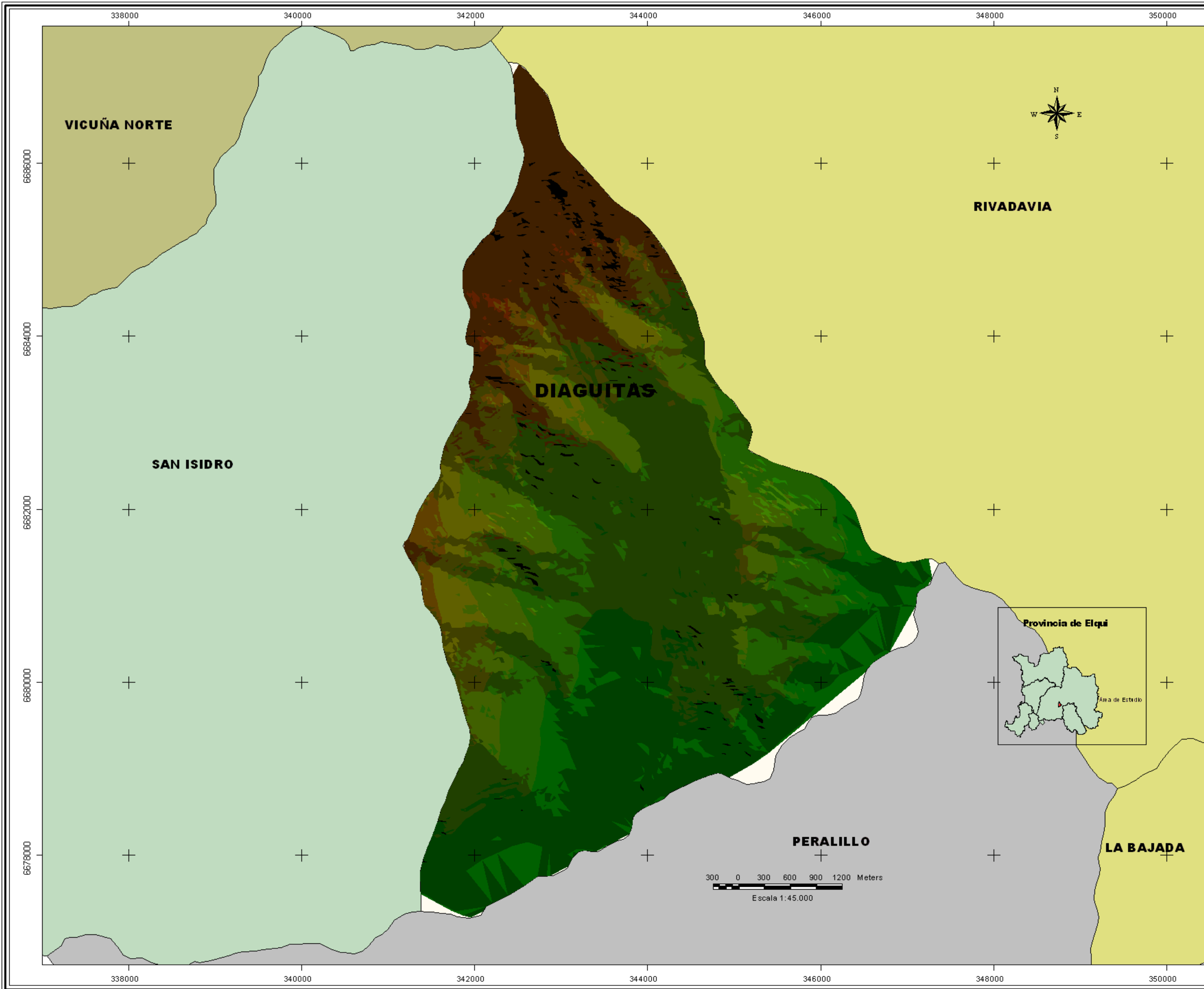
- ✓ Para el desarrollo de los Modelos de Elevación y de Exposición Solar, se utilizó una celda con un tamaño de 10 Mts.
- ✓ Con respecto al área de trabajo del proyecto, para la confección de los Modelos (de Elevación, Exposición y Pendiente) se utilizó una celda con un tamaño de 10 mts., por cuanto sólo así se logrará determinar un análisis de mayor detalle.

Los Modelos de Pendiente están expresados en rangos porcentuales y de Exposición Solar, en su nivel base (origen) están estructurados en un Ráster (Grid). Posteriormente, para lograr estructurar la consecuente base de datos en cada modelo (Pendiente y Exposición Solar), se tuvo que recurrir a la reconversión de los formatos.

Para una mejor representación cartográfica y acordes con el tipo de escala de trabajo, 1: 5.000, los modelos digitales de pendiente y exposición solar se les cambió el tamaño de las celdas, dejándolas en 10 metros para ambos y con eso se logró una buena representación.

#### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.



**INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE**  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN  
DISTRITO DIAGUITAS  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

Modelo Digital de Elevación  
Rango de Elevación

- 675 - 840
- 840 - 1005
- 1005 - 1170
- 1170 - 1335
- 1335 - 1500
- 1500 - 1665
- 1665 - 1830
- 1830 - 1995
- 1995 - 2160
- 2160 - 2325
- 2325 - 2490
- 2490 - 2655
- 2655 - 2820
- 2820 - 2985
- 2985 - 3150

Limite de Distrito

Distritos

- DIAGUITAS
- LA BAJADA
- PERALILLO
- RIVADAVIA
- SAN ISIDRO
- VICUÑA NORTE

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
1956 (PSAD-56)  
  
Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
  
Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.2.2 Modelo Digital de Pendiente

Para la obtención de este modelo se empleó la metodología usada en la generación de los modelos digitales para la cuenca, en este caso se realizó a partir del modelo digital de elevación usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleó la función "Slope", se establecieron 9 rangos de pendiente o de inclinación de la superficie terrestre, expresada en grados (0-90°). Este modelo es muy útil para determinar áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como carreteras, puentes, nuevos proyectos inmobiliarios, habilitación de terrenos para la agricultura, generación de modelos de erosión, determinación de áreas de riesgos de avalanchas, etc.

EL Modelo que se generó, tiene las siguientes características:

Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).

Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).

El cubrimiento de cada MDP corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.

El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 10 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 10 x 10 metros de lado.

La pendiente es la expresión de una cualidad geométrica del terreno a través de cuya graficación podemos investigar las distintas formas del mismo, la relación entre las mismas y, en fin, el orden de la geometría del espacio o sistemas de espacios que configuran un territorio.

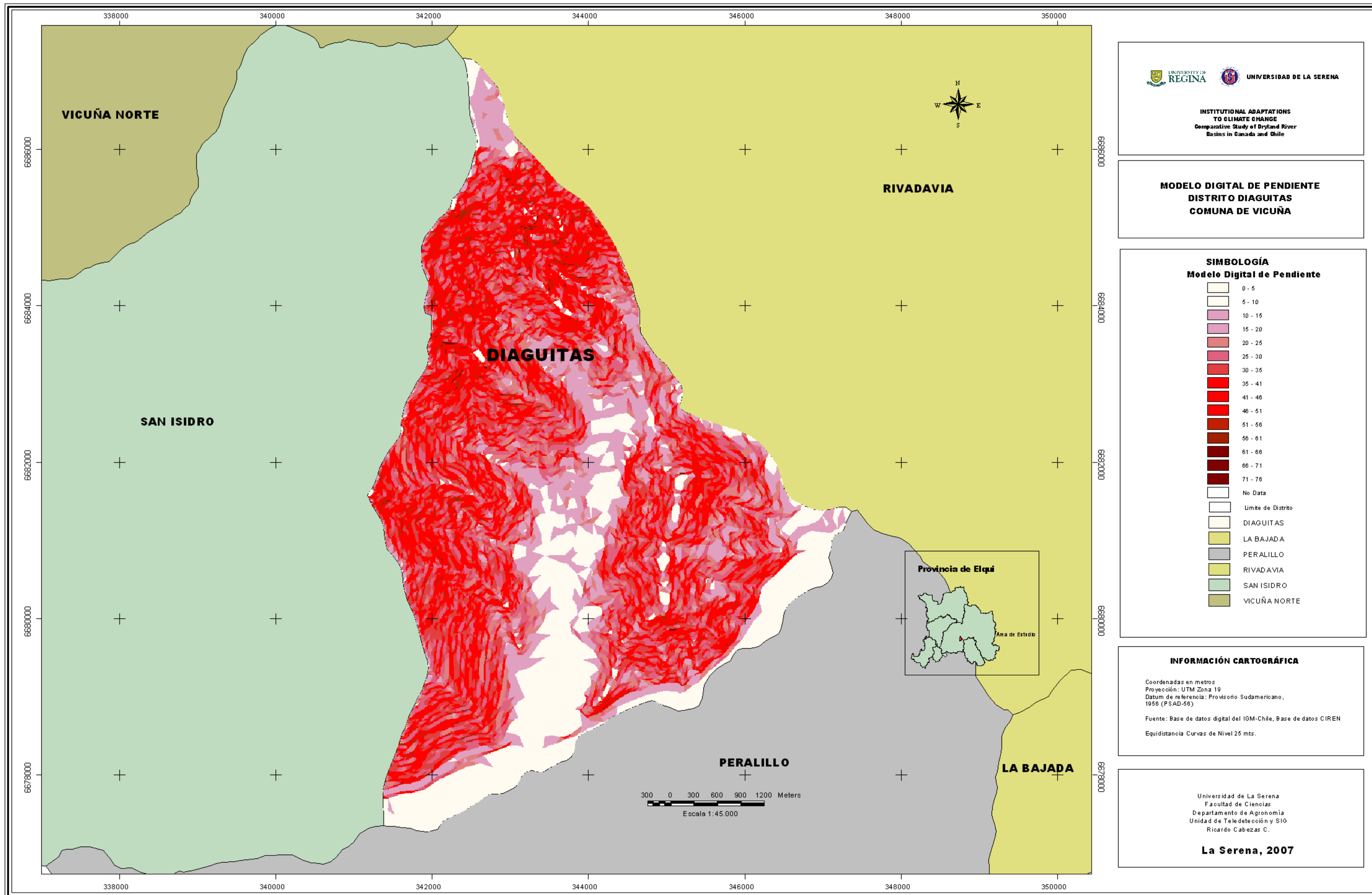
Cada especialidad la estudia según sus propios requerimientos y, establece los intervalos de valor entre los cuales el terreno tiene una determinada cualidad, admite un uso específico o dice cuando cambia el carácter de la misma en razón del uso o estudio que se realiza.

En el mapa de pendientes, se fijan los intervalos de acuerdo con sus cualidades geométricas. En las clases inferiores de la clasificación de pendientes se fijan los límites de acuerdo con las divisiones propias de los usos más posibles y generalizados que puedan darse en la cuenca.

A partir de este mapa, se agruparán las pendientes en función de categorías previamente establecidas; en este caso se han tomado nueve categorías, expresando los intervalos en porcentajes que han sido seleccionados en base a las limitaciones debidas a los usos más frecuentes y haciéndolo corresponder con una clasificación morfológica de tipo descriptivo y que perceptivamente dejan más separadas las unidades reales del territorio.

### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985) "Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas



**MODELO DIGITAL DE PENDIENTE  
DISTRITO DIAGUITAS  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA  
Modelo Digital de Pendiente**

	0 - 5
	5 - 10
	10 - 15
	15 - 20
	20 - 25
	25 - 30
	30 - 35
	35 - 41
	41 - 46
	46 - 51
	51 - 56
	56 - 61
	61 - 66
	66 - 71
	71 - 76
	No Data
	Limite de Distrito
	DIAGUITAS
	LA BAJADA
	PERALILLO
	RIVADAVIA
	SAN ISIDRO
	VICUÑA NORTE

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisión Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)

Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### **29.2. 3 Modelo Digital de Exposición Solar**

Para la obtención de este modelo se realizó a partir del MDE usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleo la función “Aspect”, la cual permite identificar la exposición solar expresada en grados de exposición de la superficie terrestre, expresada en grados (0-360°), en este caso específico y dada la escala de trabajo, 1:5.000, este modelo es muy importante pues permite localizar las áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como caminos, puentes, nuevos proyectos mineros y la habilitación de terrenos para la agricultura, especialmente para desarrollar proyectos frutícolas con denominación de origen, dadas las características tan sobresalientes existentes, desde el punto de vista de la disponibilidad de alto porcentaje de días despejados y ausencia casi permanente de heladas, y por otra parte los estudios del comportamiento de la vegetación en relación con la exposición solar, etc.

Debemos señalar que el “aspecto” es la dirección que el terreno representa. Es generalmente usado para determinar que cantidad de luz solar recibirá un sector del terreno. Los valores finales están expresados en grados.

### **Referencias**

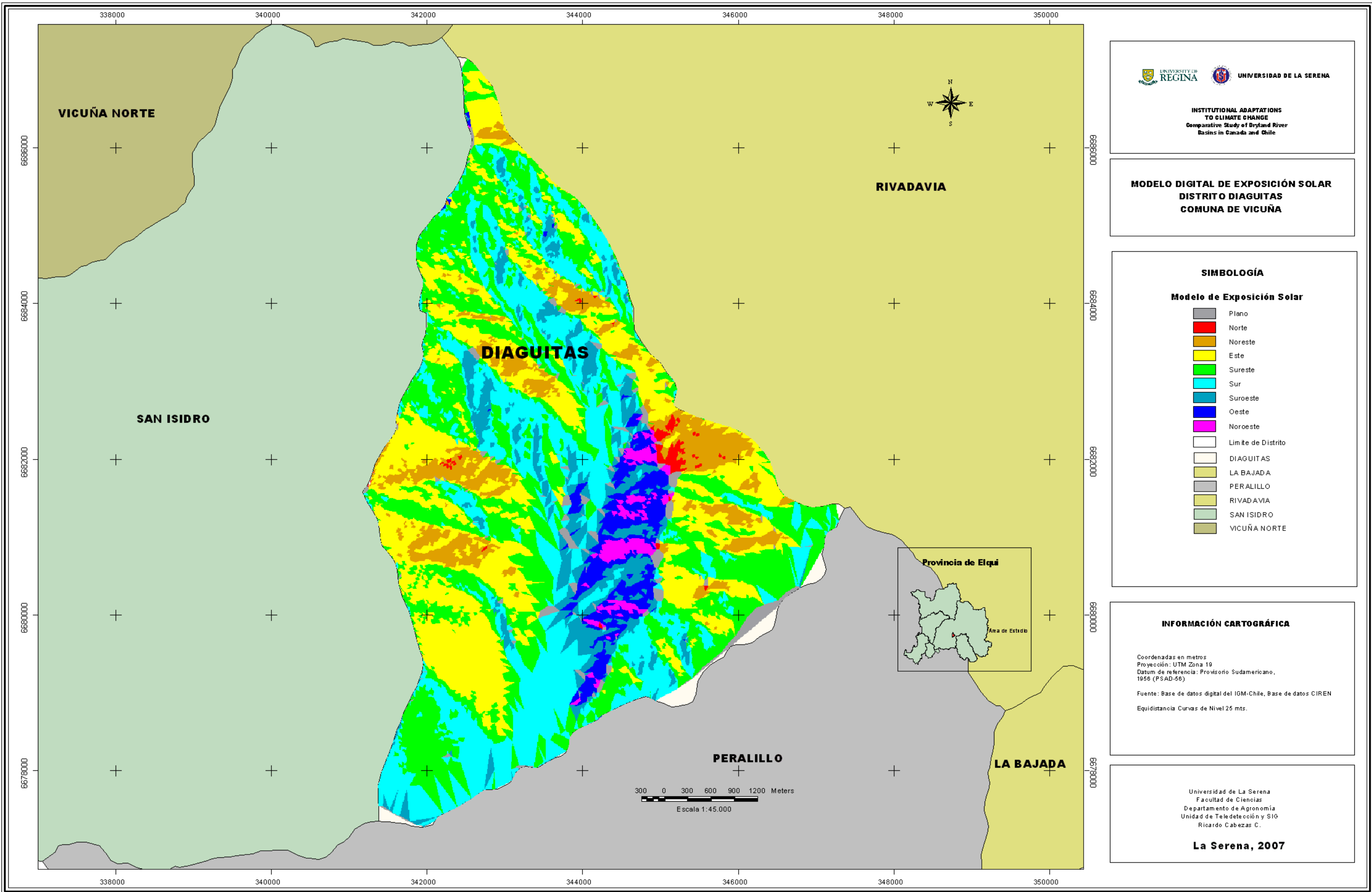
**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.

**CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas

**ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001) Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.

**ROMERO H** (1985) “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.





**INSTITUTIONAL ADAPTATIONS  
TO CLIMATE CHANGE**  
Comparative Study of Dryland River  
Basins in Canada and Chile

**MODELO DIGITAL DE EXPOSICIÓN SOLAR  
DISTRITO DIAGUITAS  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

**Modelo de Exposición Solar**

- Plano
- Norte
- Noreste
- Este
- Sureste
- Sur
- Suroeste
- Oeste
- Noroeste
- Limite de Distrito
- DIAGUITAS
- LA BAJADA
- PERALILLO
- RIVADAVIA
- SAN ISIDRO
- VICUÑA NORTE

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
Proyección: UTM Zona 19  
Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
1956 (PSAD-56)  
  
Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
  
Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Agronomía  
Unidad de Teledetección y SIG  
Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

## 29.2.4 Mapa de Serie de suelos

### SERIE CHAPILCA, franca, Símbolo: CPI

Suelo de origen aluvial, que ocupa posiciones de terrazas intermedias, con profundidad que puede variar desde 30 a 80 cm, dependiendo de la profundidad a la que se encuentra la estrata aluvial. De textura superficial franca y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR. Substrato aluvial, con gravas, piedras y matriz arenosa.

### SERIE LAS ROJAS, franco arcillosa Símbolo Cartográfico: LRO

Suelo profundo, plano y casi plano, que ocupa una posición de terraza aluvial. De textura superficial franco arcillosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franca y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Permeabilidad moderada y bien drenado.

### SERIE PARANAO, franco arenosa, Símbolo: PAR

Suelo ligeramente profundo, en posición de laderas y conos de deyección con pendientes moderadas que pueden llegar a escarpadas. De textura superficial franco arenosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura areno francosa e igual color en profundidad. El substrato está constituido por gravas y piedras que ocupan más del 80% con matriz arenosa o franco arenosa.

### SERIE PUCLARO, franco arenosa Símbolo Cartográfico: PCL

Suelos de origen aluvial, en posición de terraza reciente. De textura superficial franco arenosa y de color pardo oscuro en el matiz 10YR, estructura de bloques angulares y subangulares gruesos débiles; de textura areno francosa y arenosa, estatificadas, de color vario y sin estructura.

## TIPOS MISCELÁNEOS DE TERRENOS

### MISCELÁNEO RÍO

**MR** Corresponde a terrenos en posición de terraza aluvial reciente, de escaso desarrollo en sus perfiles, con alto contenido de gravas y bolones y con vegetación arbustiva escasa. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 8

**MR - 1** Corresponde a terrenos pedregosos, con matriz arenosa, que se ubican en las terrazas bajas y recientes de los ríos y en parte cubiertos de vegetación rala de pastos y arbustos. Se estima que habría un potencial interesante para forestar con eucaliptos, consiguiendo crear una defensa a los sectores ribereños a futuras crecidas y además, proporcionar leña de buena calidad. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIIs0	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 7

**E** Corresponde a quiebres abruptos, de pendientes superiores a 60%; gran parte de esta unidad está cubierta de vegetación arbustiva, especialmente en los sectores con influencia de clima marítimo. Debe conservarse la vegetación a objeto de evitar procesos erosivos acelerados. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 5
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 2	Aptitud Agrícola	: 8

### TERRENOS ROCOSOS

**R** Corresponde a terrenos con afloramientos rocosos y cubiertos de bolones y piedras, dejando entre ellos suelos delgados y de texturas gruesas. Ocupa una topografía variable de lomajes a cerros y montañas, con pendientes de 20 a más de 50%. Se clasifica en:

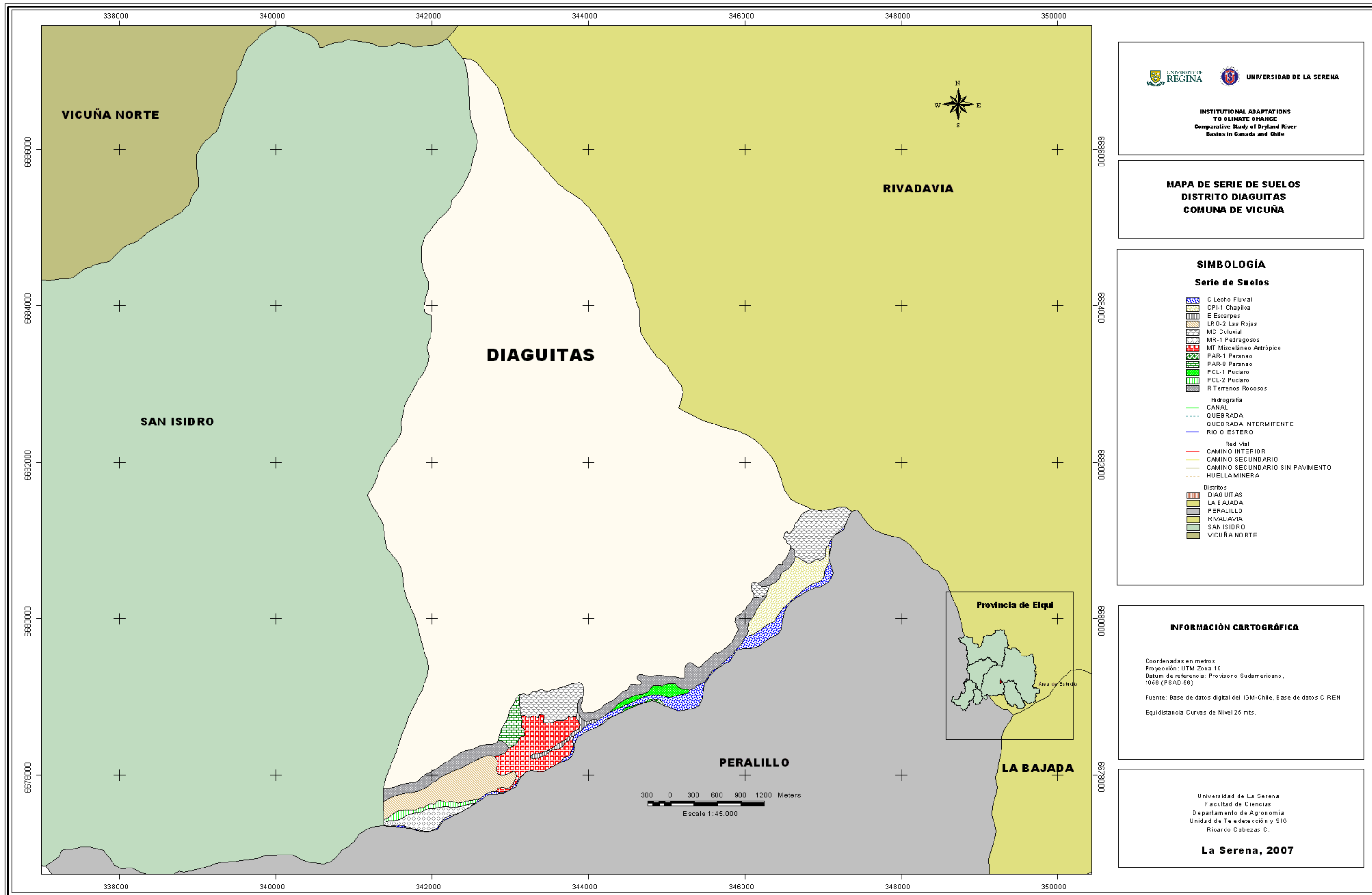
Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 1	Aptitud Agrícola	: 8

### MISCELÁNEO ANTRÓPICO

**MT** Corresponde a terrenos usados por el hombre en viviendas, equipamiento industrial o comunitario, redes viales, infraestructura de riego, etc.

## Referencias

**CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.



**MAPA DE SERIE DE SUELOS  
DISTRITO DIAGUITAS  
COMUNA DE VICUÑA**

**SIMBOLOGÍA**

**Serie de Suelos**

-  C Lecho Fluvial
  -  CPI-1 Chaplica
  -  E Escarpes
  -  LR0-2 Las Rojas
  -  MC Coluvial
  -  MR-1 Pedregosos
  -  MT Misceláneo Antrópico
  -  PAR-1 Paranao
  -  PAR-8 Paranao
  -  PCL-1 Puclaro
  -  PCL-2 Puclaro
  -  R Temenos Rocosos
- Hidrografía
-  CANAL
  -  QUEBRADA
  -  QUEBRADA INTERMITENTE
  -  RIO O ESTERO
- Red Vial
-  CAMINO INTERIOR
  -  CAMINO SECUNDARIO
  -  CAMINO SECUNDARIO SIN PAVIMENTO
  -  HUELLA MINERA
- Distritos
-  DIAGUITAS
  -  LA BAJADA
  -  PERALILLO
  -  RIVADAVIA
  -  SAN ISIDRO
  -  VICUÑA NORTE

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile, Base de datos CIREN  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.2.5 Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo

La agrupación de los suelos en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Esta basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos. Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso de suelo.

#### CLASES DE CAPACIDAD DE USO

##### CLASE I

Los suelos clases I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad.

##### CLASE II

Los suelos de la clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que las clases anteriores.

Limitaciones más corrientes son:

- Pendiente suave
- Moderada susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efecto adverso moderado de erosión pasada.
- Profundidad menor que la ideal.
- Estructura y facilidad de laboreo desfavorable.
- Ligera a moderada salinidad o modicidad fácilmente corregible pero con posibilidad de recurrencia.
- Humedad corregible por drenaje, pero existe como una limitación moderada.
- Limitaciones climáticas ligeras.

##### CLASE III

Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas.

Las limitaciones son:

- Relieve moderadamente inclinado a suavemente ondulado
- Alta susceptibilidad a la erosión por agua o vientos o severos efectos de erosiones pasadas.
- Suelos delgados sobre un lecho rocoso, hardpan; fragipan, etc. que limita la zona de arraigamiento y almacenamiento de agua.
- Permeabilidad muy lenta en el subsuelo
- Baja capacidad de retención de agua
- Baja fertilidad no fácil de corregir
- Humedad excesiva o algún anegamiento continuo después de drenaje
- Limitaciones climáticas moderadas
- Inundación frecuente acompañada de algún daño a los cultivos.

Los suelos de esta clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

##### CLASE IV

Esta clase presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren muy cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de las clases III. Los suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados solo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja en relación a los gastos sobre un periodo largo de tiempo.

Limitaciones más usuales:

- Suelos delgados
- Pendientes pronunciadas
- Relieve moderadamente ondulado y disectado baja capacidad de retención de agua
- Humedad excesiva con riesgos continuos de anegamiento después del drenaje
- Severa susceptibilidad a la erosión por agua o viento o severa erosión efectiva.

Corresponden a tierras de uso limitado, generalmente no adaptadas para cultivos, excepto grandes movimientos de tierra y/o continuos procesos de habilitación o recuperación.

##### CLASE V

Los suelos de clase V tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales.

Los suelos de esta clase son casi planos, demasiados húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados, están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinados (piedmont) y que por efectos climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buena aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplos puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc. Es decir suelos demasiados húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos, sino para pastos.

##### CLASE VI

Corresponden a suelos inadecuados para cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales, poseen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.

##### CLASE VII

Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son más severas que en las clases VI por una o más de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas, erosión, suelo delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

##### CLASE VIII

Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

#### SUB-CLASE DE CAPACIDAD DE USO

Esta constituida por un grupo de suelos dentro de un clases que posee el mismo tipo de limitaciones que se reconocen a este nivel y son:

s: suelos

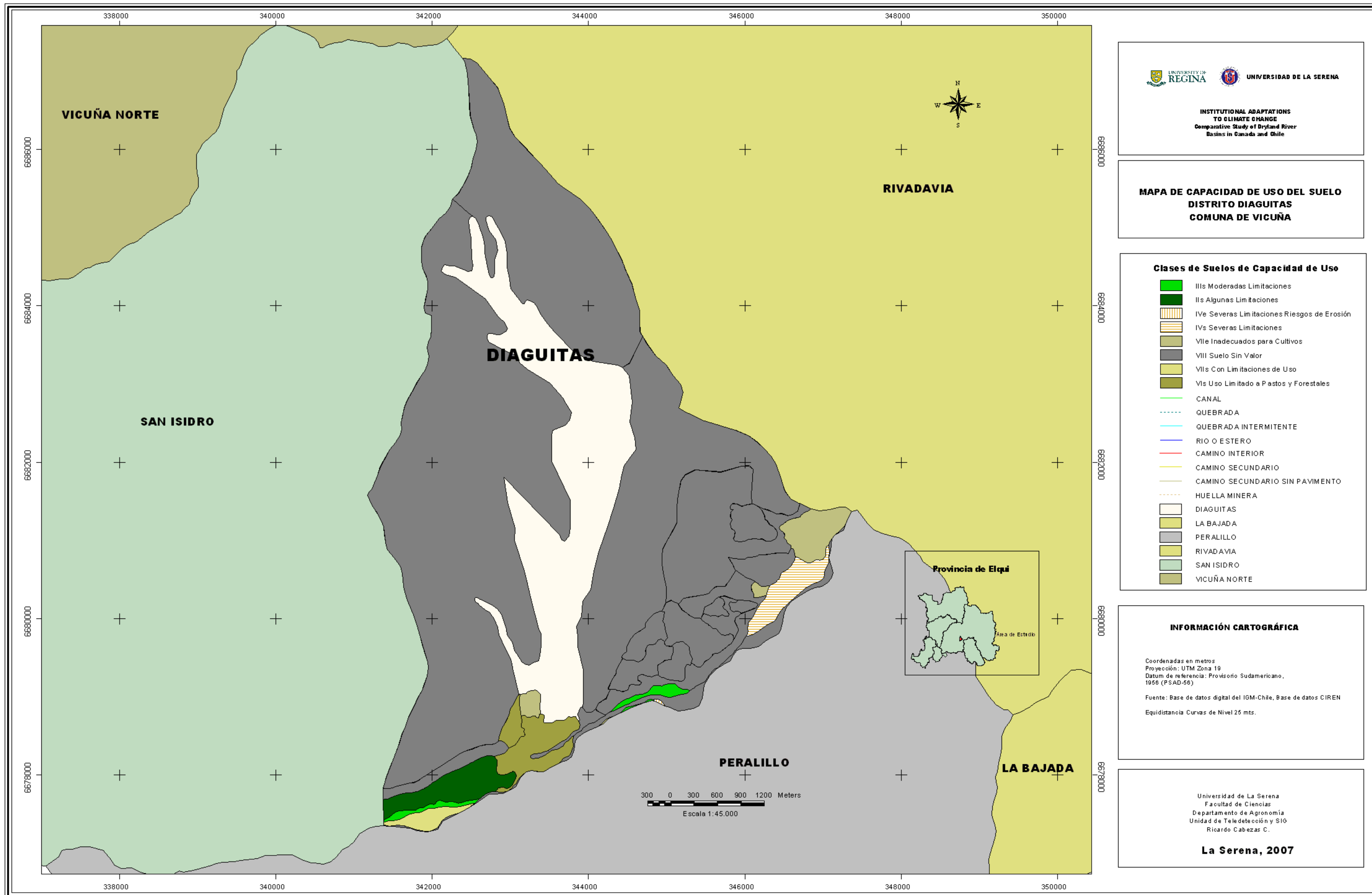
w: humedad, drenaje o inundación

e: riesgo de erosión o efectos de antiguas erosiones

cl: clima

#### Referencias

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES (CIREN).** 1994. Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. Santiago, Chile.



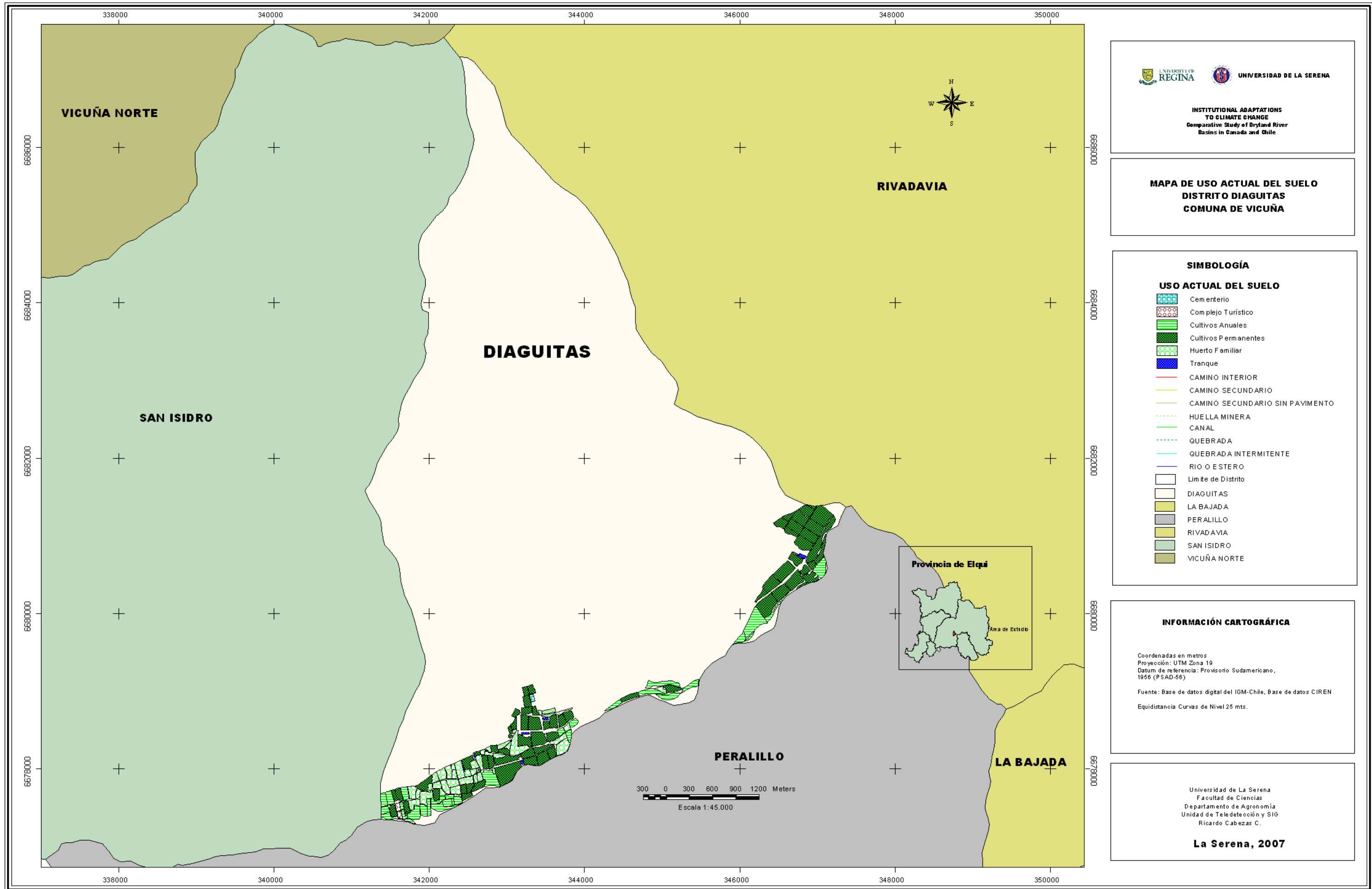


### 29.2.6 Mapa de uso actual del suelo

La agrupación de los suelos de acuerdo a su uso actual esta dada por la fotointerpretación hecha a partir de los antecedentes aportados desde las imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles para este distrito y su posterior comprobación en terreno, en definitiva se trata de una “radiografía” actual del uso que hacen sus habitantes, en el no se definen la tenencia ni la calidad de los mismos.

### Referencias

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.
- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985)“Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas
- SATÉLITE LANDSDAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001) “Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.



## 29.3 Modelos Digitales del Distrito de Pisco Elqui

### 29.3.1 Modelo Digital de Elevación

Para poder realizar una fiel interpretación de las características fisiográficas del área de estudio se contó con los modelos de elevación, pendiente y de exposición solar, generados específicamente para este distrito, la metodología aplicada a estos se resume a continuación:

El modelo digital de elevación (MDE) es un grupo de valores que representa puntos sobre la superficie de la tierra cuya ubicación geográfica está definida por coordenadas "X" e "Y" a las que se les agrega un valor de "Z" que corresponde a la elevación. Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula. Para la realización de este se empleo la base topográfica del IGM-Chile que contiene los datos de latitud (X), longitud (Y) y altitud (Z). Se ha convenido que los puntos deben estar espaciados y distribuidos de modo regular, de acuerdo con un patrón que corresponde a una cuadrícula.

El nombre de modelo digital de elevación, crea la idea que necesariamente el grupo de valores numéricos deba visualizarse como un "modelo" de tercera dimensión cuando se usa un computador. Tal grupo de valores numéricos puede ser conceptualizado como un arreglo matricial o tabular de los valores de "X", "Y" y "Z" para cada punto.

#### Características

EL MDE que se generó tiene las siguientes características:

- ✓ Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).
- ✓ Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).
- ✓ El cubrimiento de cada MDE corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.
- ✓ El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 50 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 50 x 50 metros de lado.

Debemos mencionar que a partir del archivo ráster de un modelo digital de elevación es posible generar una capa o cubierta de vectores de curvas de nivel.

#### Modelos Grid

Para el desarrollo de ésta fase fue necesaria la redefinición de las celdas en los modelos grid (ráster), por cuanto sólo así se lograría determinar un adecuado modelo de análisis geográfico. De lo anterior se desglosa lo siguiente:

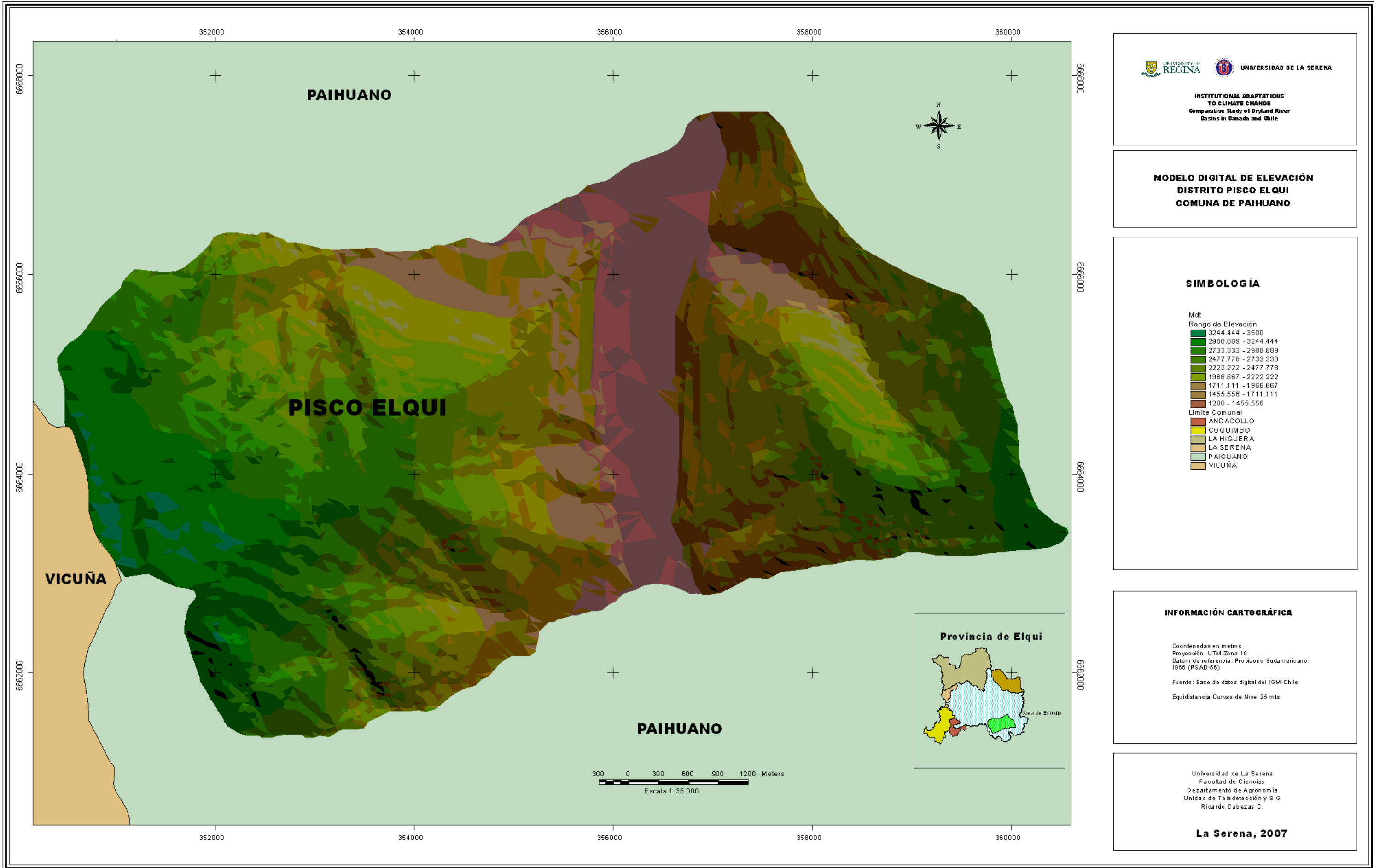
- ✓ Para el desarrollo de los Modelos de Elevación y de Exposición Solar, se utilizó una celda con un tamaño de 10 Mts.
- ✓ Con respecto al área de trabajo del proyecto, para la confección de los Modelos (de Elevación, Exposición y Pendiente) se utilizó una celda con un tamaño de 10 mts., por cuanto sólo así se logrará determinar un análisis de mayor detalle.

Los Modelos de Pendiente están expresados en rangos porcentuales y de Exposición Solar, en su nivel base (origen) están estructurados en un Ráster (Grid). Posteriormente, para lograr estructurar la consecuente base de datos en cada modelo (Pendiente y Exposición Solar), se tuvo que recurrir a la reconversión de los formatos.

Para una mejor representación cartográfica y acordes con el tipo de escala de trabajo, 1: 5.000, los modelos digitales de pendiente y exposición solar se les cambio el tamaños de las celdas, dejándolas en 10 metros para ambos y con eso se logró una buena representación.

#### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997) Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H, A ROVIRA & G VÉLIZ** (1988) "Geografía IV Región de Coquimbo". Colección de Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile.



**MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN  
DISTRITO PISCO ELQUI  
COMUNA DE PAIHUANO**

**SIMBOLOGÍA**

Mdt

Rango de Elevación

3244.444 - 3500
2988.889 - 3244.444
2733.333 - 2988.889
2477.778 - 2733.333
2222.222 - 2477.778
1966.667 - 2222.222
1711.111 - 1966.667
1455.556 - 1711.111
1200 - 1455.556

Límite Comunal

ANDACOLLO
COQUIMBO
LA HIGUERA
LA SERENA
PAIHUANO
VICUÑA

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.3.2 Modelo Digital de Pendiente

Para la obtención de este modelo se empleó la metodología usada en la generación de los modelos digitales para la cuenca, en este caso se realizó a partir del modelo digital de elevación usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleó la función "Slope", se establecieron 9 rangos de pendiente o de inclinación de la superficie terrestre, expresada en grados (0-90°). Este modelo es muy útil para determinar áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como carreteras, puentes, nuevos proyectos inmobiliarios, habilitación de terrenos para la agricultura, generación de modelos de erosión, determinación de áreas de riesgos de avalanchas, etc.

EL Modelo que se generó, tiene las siguientes características:

Los valores de "Z" son de altitud o de alturas ortométricas, en unidades enteras de metro y están referidos al nivel medio del mar, con base en el Datum Vertical para Sudamérica de 1956 (SAVD56).

Los puntos del MDE están referenciados horizontalmente al sistema de coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).

El cubrimiento de cada MDP corresponde al formato regular de 15' de latitud por 20' de longitud de la cartografía elaborada a esa escala por el IGM.

El espaciamiento (resolución espacial) entre las intersecciones de la retícula de elevaciones es de 10 metros en las dos direcciones, es decir, la retícula forma una cuadrícula regular de 10 x 10 metros de lado.

La pendiente es la expresión de una cualidad geométrica del terreno a través de cuya graficación podemos investigar las distintas formas del mismo, la relación entre las mismas y, en fin, el orden de la geometría del espacio o sistemas de espacios que configuran un territorio.

Cada especialidad la estudia según sus propios requerimientos y, establece los intervalos de valor entre los cuales el terreno tiene una determinada cualidad, admite un uso específico o dice cuando cambia el carácter de la misma en razón del uso o estudio que se realiza.

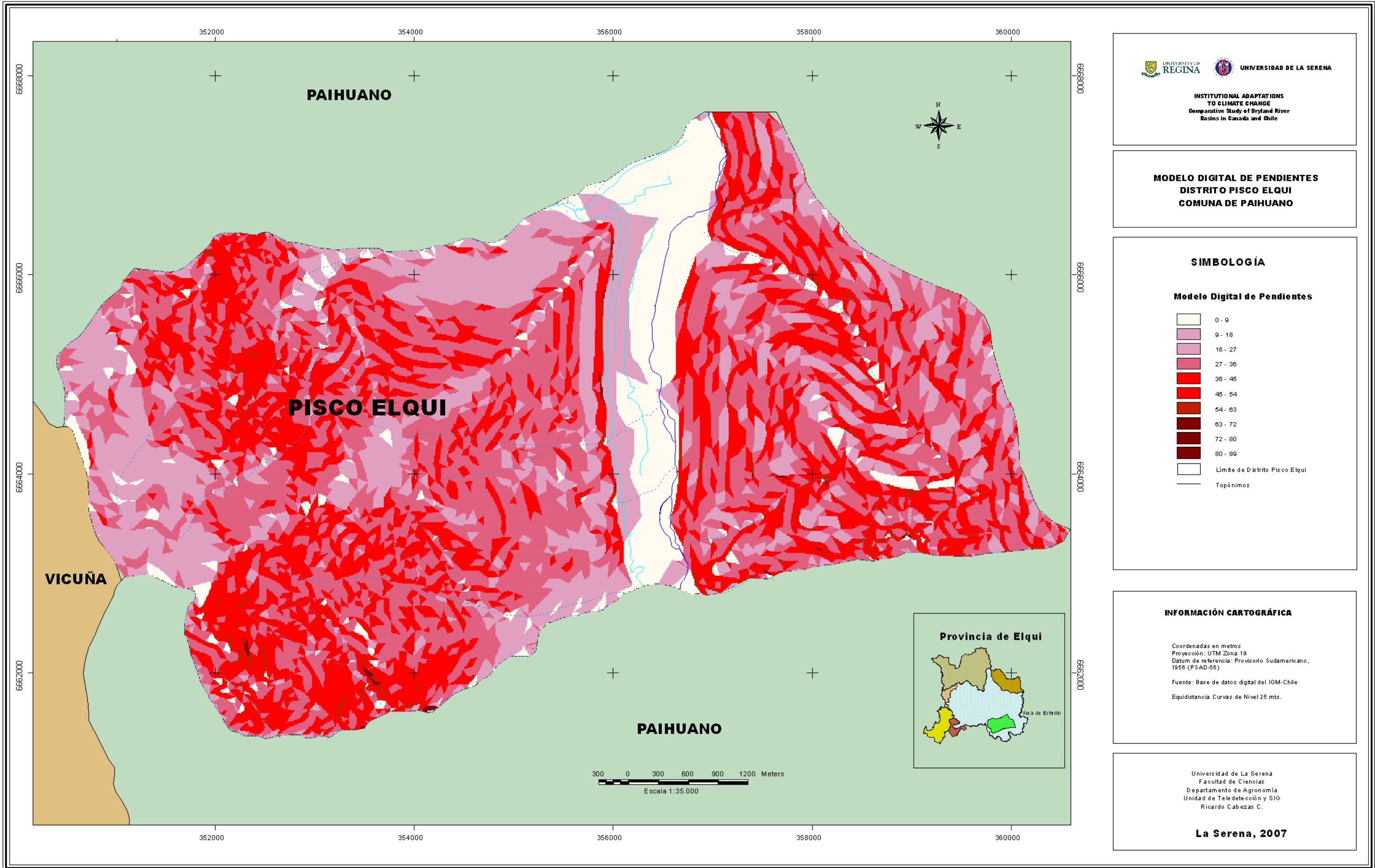
En el mapa de pendientes, se fijan los intervalos de acuerdo con sus cualidades geométricas. En las clases inferiores de la clasificación de pendientes se fijan los límites de acuerdo con las divisiones propias de los usos más posibles y generalizados que puedan darse en la cuenca.

A partir de este mapa, se agruparán las pendientes en función de categorías previamente establecidas; en este caso se han tomado nueve categorías, expresando los intervalos en porcentajes que han sido seleccionados en base a las limitaciones debidas a los usos más frecuentes y haciéndolo corresponder con una clasificación morfológica de tipo descriptivo y que perceptivamente dejan más separadas las unidades reales del territorio.

### Referencias

- CHUVIECO E** (2002) "Teledetección Ambiental". Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985) "Geografía de los Climas". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) "Geografía de los Suelos". Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas

















**MODELO DIGITAL DE PENDIENTES  
DISTRITO PISCO ELQUI  
COMUNA DE PAIHUANO**

**SIMBOLOGÍA**

**Modelo Digital de Pendientes**

	0 - 9
	9 - 18
	18 - 27
	27 - 36
	36 - 45
	45 - 54
	54 - 63
	63 - 72
	72 - 80
	80 - 89
	Límite de Distrito Pisco Elqui
	Topónimos

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)

Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile

Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.3.3 Modelo Digital de Exposición Solar

Para la obtención de este modelo se realizó a partir del MDE usando la extensión Arc View 3D Analyst, luego se empleo la función “Aspect”, la cual permite identificar la exposición solar expresada en grados de exposición de la superficie terrestre, expresada en grados (0-360°), en este caso específico y dada la escala de trabajo, 1:5.000, este modelo es muy importante pues permite localizar las áreas potenciales donde se pueden localizar obras públicas como caminos, puentes, nuevos proyectos mineros y la habilitación de terrenos para la agricultura, especialmente para desarrollar proyectos frutícolas con denominación de origen, dadas las características tan sobresalientes existentes, desde el punto de vista de la disponibilidad de alto porcentaje de días despejados y ausencia casi permanente de heladas, y por otra parte los estudios del comportamiento de la vegetación en relación con la exposición solar, etc.

Debemos señalar que el “aspecto” es la dirección que el terreno representa. Es generalmente usado para determinar que cantidad de luz solar recibirá un sector del terreno. Los valores finales están expresados en grados.

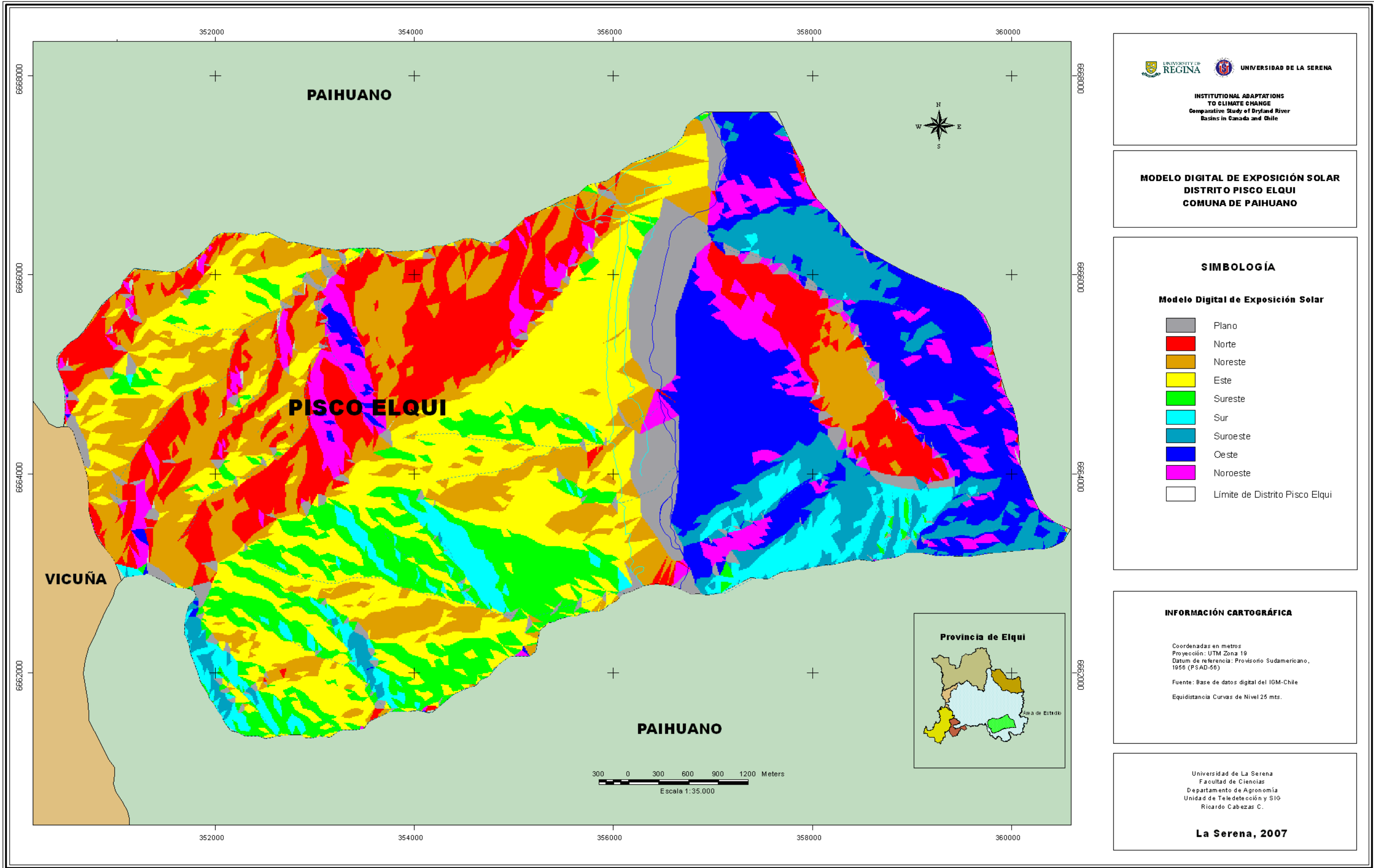
### Referencias

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR** (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.

**CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas

**ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001) Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.

**ROMERO H** (1985) “Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.



**MODELO DIGITAL DE EXPOSICIÓN SOLAR  
DISTRITO PISCO ELQUI  
COMUNA DE PAIHUANO**

**SIMBOLOGÍA**

**Modelo Digital de Exposición Solar**

-  Plano
-  Norte
-  Noreste
-  Este
-  Sureste
-  Sur
-  Suroeste
-  Oeste
-  Noroeste
-  Límite de Distrito Pisco Elqui

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1956 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.3.4 Mapa de Serie de suelos

En este mapa se resumen los principales tipos de Series de Suelos existentes en el distrito

**SERIE ALCOHUAZ**, areno francosa, Símbolo: ALZ

Suelo delgado a ligeramente profundo, de escaso desarrollo, en posición de piedmont o conos de deyección. De textura superficial areno francosa y color pardo oscuro de matiz 7.5YR; de textura areno francosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR, con gravas angulares, de comunes a abundantes, en profundidad. Substrato de gravas angulares de naturaleza granodiorítica.

**SERIE PISCO ELQUI**, limosa fina sobre fragmental, mixta, térmica Tepic Haplocambids (Aridisol), Símbolo:

PSQ

Suelo en posición piedemont, que presenta un horizonte A de textura franco arenosa, color pardo a pardo oscuro y estructura de bloques subangulares gruesos y medios moderados. El horizonte B cámbico es de color rojo amarillento de textura arcillosa, sin estructura. El horizonte C está constituido por piedras y bolones subangulares y angulares de litología granodiorita y/o granítica, con matriz franco arenosa y color pardo amarillento.

#### TIPOS MISCELÁNEOS DE TERRENOS

##### MISCELÁNEO COLUVIAL

**MC** Corresponde a terrenos pedregosos, disectados, formando abanico en la parte media y baja de los cerros. Están constituidos por gravas, piedras y bolones heterogéneamente repartidos, no consolidados, con matriz preferentemente de textura arenosa fina a franco arenosa. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIIe	Clase de Drenaje	: 5
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 1	Aptitud Agrícola	: 7

##### MISCELÁNEO RÍO

**MR** Corresponde a terrenos en posición de terraza aluvial reciente, de escaso desarrollo en sus perfiles, con alto contenido de gravas y bolones y con vegetación arbustiva escasa. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 8

**MR - 1** Corresponde a terrenos pedregosos, con matriz arenosa, que se ubican en las terrazas bajas y recientes de los ríos y en parte cubiertos de vegetación rala de pastos y arbustos. Se estima que habría un potencial interesante para forestar con eucaliptos, consiguiendo crear una defensa a los sectores ribereños a futuras crecidas y además, proporcionar leña de buena calidad. Se clasifica en:

Capacidad de Uso	: VIIs0	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 0	Aptitud Agrícola	: 7

##### TERRENOS ROCOSOS

**R** Corresponde a terrenos con afloramientos rocosos y cubiertos de bolones y piedras, dejando entre ellos suelos delgados y de texturas gruesas. Ocupa una topografía variable de lomajes a cerros y montañas, con pendientes de 20 a más de 50%. Se clasifica en:

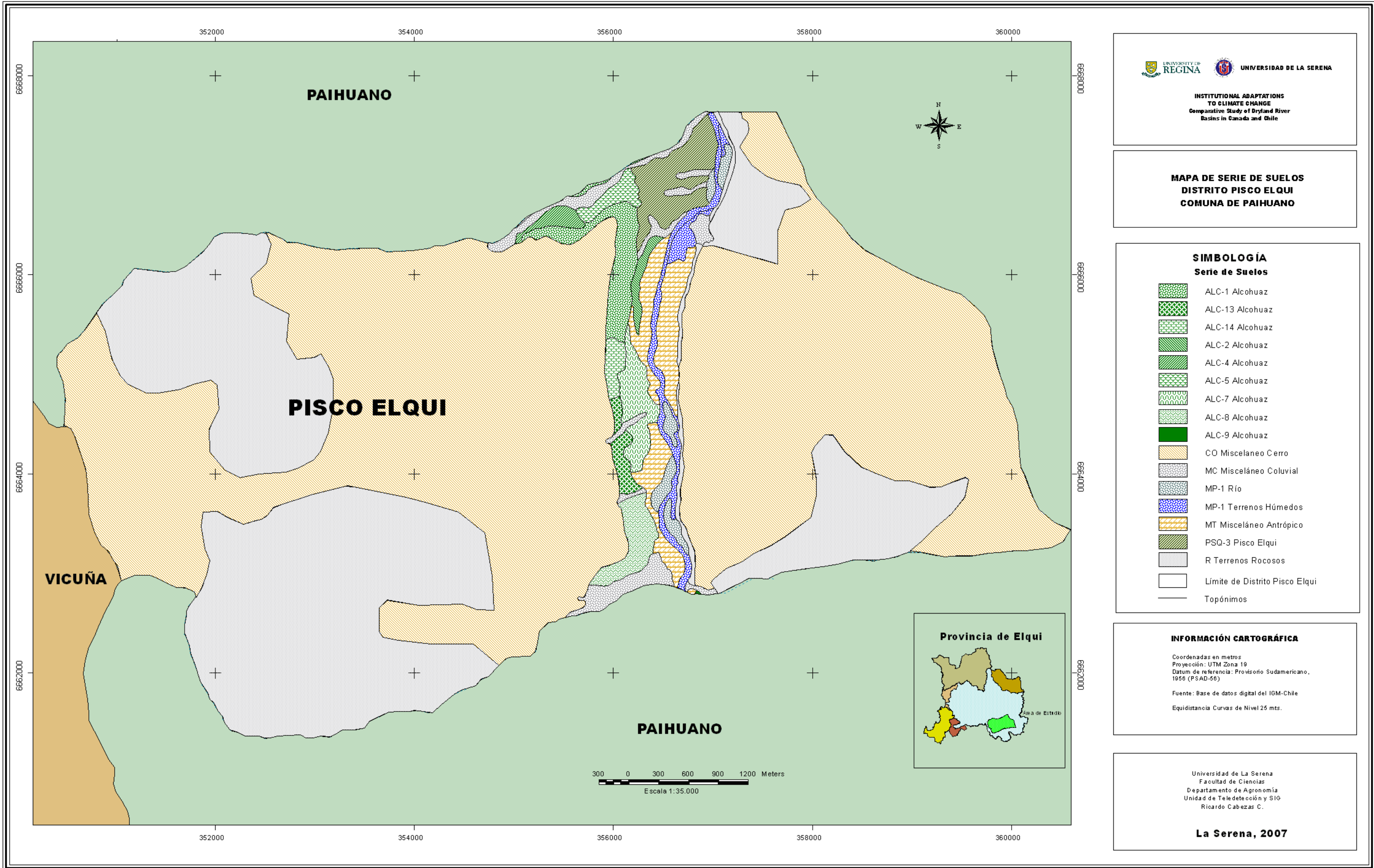
Capacidad de Uso	: VIII	Clase de Drenaje	: 6
Categoría de Riego	: 6	Aptitud Frutal	: E
Erosión	: 1	Aptitud Agrícola	: 8

##### MISCELÁNEO ANTRÓPICO

**MT** Corresponde a terrenos usados por el hombre en viviendas, equipamiento industrial o comunitario, redes viales, infraestructura de riego, etc.



















##### Referencias

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES (CIREN)**. 1994. Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. Santiago, Chile. 122 Pág.



**MAPA DE SERIE DE SUELOS  
DISTRITO PISCO ELQUI  
COMUNA DE PAIHUANO**

**SIMBOLOGÍA  
Serie de Suelos**

-  ALC-1 Alcohuz
-  ALC-13 Alcohuz
-  ALC-14 Alcohuz
-  ALC-2 Alcohuz
-  ALC-4 Alcohuz
-  ALC-5 Alcohuz
-  ALC-7 Alcohuz
-  ALC-8 Alcohuz
-  ALC-9 Alcohuz
-  CO Misceláneo Cerro
-  MC Misceláneo Coluvial
-  MP-1 Río
-  MP-1 Terrenos Húmedos
-  MT Misceláneo Antrópico
-  PSQ-3 Pisco Elqui
-  R Terrenos Rocosos
-  Límite de Distrito Pisco Elqui
-  Topónimos

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1958 (PSAD-58)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**

### 29.3.5 Mapa de Clases de Capacidad de Uso del Suelo

La agrupación de los suelos en Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Esta basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos.

Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso de suelo.

#### CLASES DE CAPACIDAD DE USO

##### CLASE I

Los suelos clases I tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad natural es buena o responden en muy buena forma a las aplicaciones de fertilizantes. Los rendimientos que se obtienen, utilizando prácticas convenientes de cultivo y manejo, son altos en relación con los de la zona. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos. En su uso se necesitan prácticas de manejo simples para mantener su productividad y conservar su fertilidad.

##### CLASE II

Los suelos de la clase II presentan algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas favorables, que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que las clases anteriores.

##### CLASE III

Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas.

Los suelos de esta clase requieren prácticas moderadas de conservación y manejo.

##### CLASE IV

Esta clase presenta severas limitaciones de uso que restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren muy cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de las clases III. Los suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, etc. Los suelos de esta clase pueden estar adaptados solo para dos o tres de los cultivos comunes y la cosecha producida puede ser baja en relación a los gastos sobre un período largo de tiempo.

Corresponden a tierras de uso limitado, generalmente no adaptadas para cultivos, excepto grandes movimientos de tierra y/o continuos procesos de habilitación o recuperación.

##### CLASE V

Los suelos de clase V tienen escaso o ningún riesgo de erosión, pero presentan otras limitaciones que no pueden removerse en forma práctica y que limitan su uso a empastadas, praderas naturales de secano (range) o forestales.

Los suelos de esta clase son casi planos, demasiados húmedos o pedregosos y/o rocosos para ser cultivados, están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas o salinidad excesiva.

Los suelos son planos o plano inclinados (piedmont) y que por efectos climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero poseen buen aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él; como ejemplos puede citarse: turbas, pantanos, mallines, ñadis, etc. Es decir suelos demasiados húmedos o inundados pero susceptibles de ser drenados, no para cultivos, sino para pastos.

##### CLASE VI

Corresponden a suelos inadecuados para cultivos y su uso está limitado a pastos y forestales, poseen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, tales como: pendientes pronunciadas, susceptibles a severa erosión; efectos de erosión antigua, pedregosidad excesiva, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o anegamientos, clima severo, baja retención de humedad, alto contenido de sales o sodio.

##### CLASE VII

Son suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Su uso fundamental es pastoreo y forestal. Las restricciones de suelos son más severas que en las clases VI por una o más de las limitaciones siguientes que no pueden corregirse: pendientes muy pronunciadas, erosión, suelo delgado, piedras, humedad, sales o sodio, clima no favorable, etc.

##### CLASE VIII

Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado solamente para la vida silvestre, recreación o protección de hoyas hidrográficas.

#### SUB-CLASE DE CAPACIDAD DE USO

Esta constituida por un grupo de suelos dentro de un clase que posee el mismo tipo de limitaciones que se reconocen a este nivel y son:

s: suelos

w: humedad, drenaje o inundación

e: riesgo de erosión o efectos de antiguas erosiones

cl: clima

#### Referencias

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES (CIREN)**. 1994. Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. Santiago, Chile.

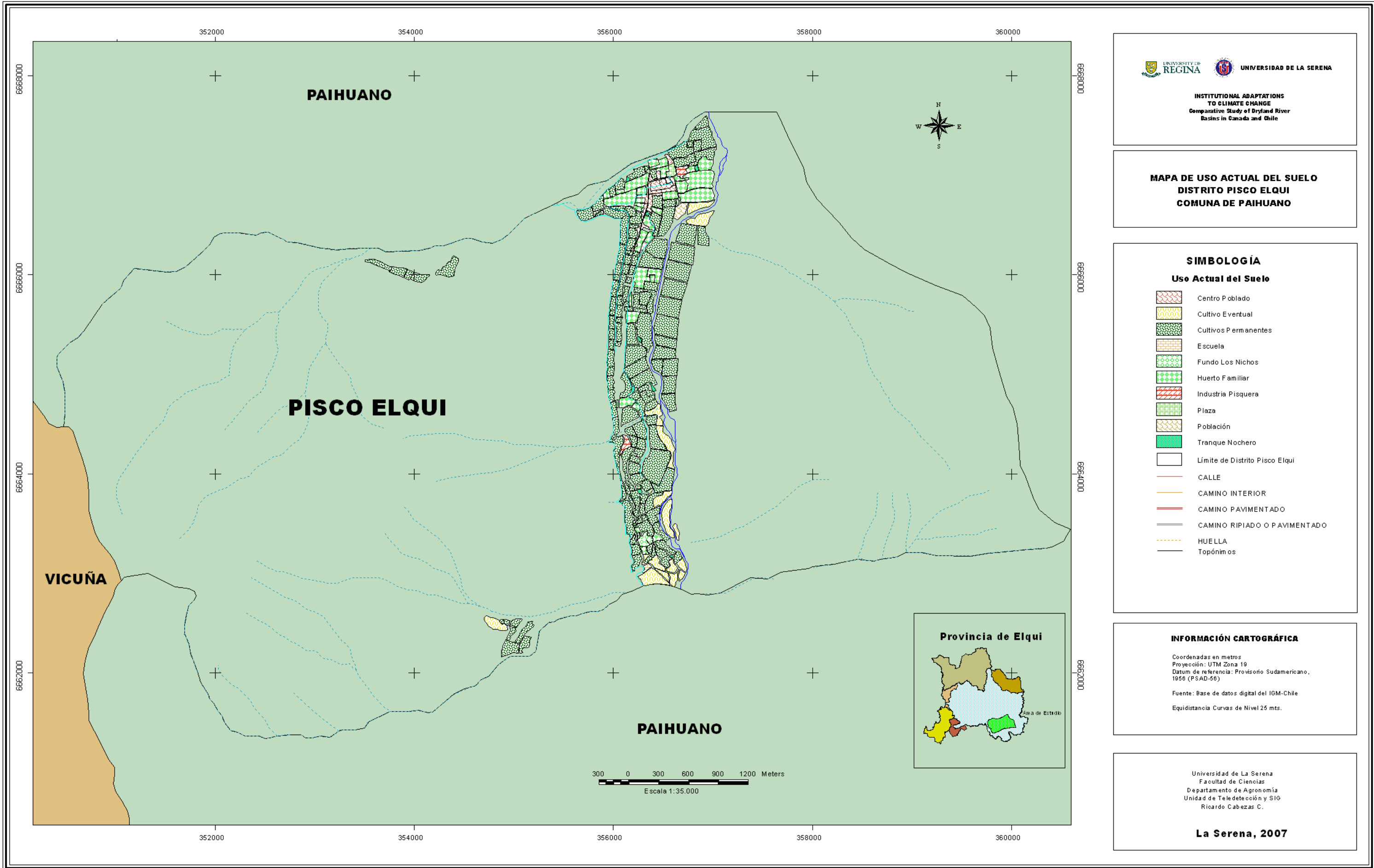


### **29.3.6 Mapa de uso actual del suelo**

La agrupación de los suelos de acuerdo a su uso actual esta dada por la fotointerpretación hecha a partir de los antecedentes aportados desde las imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles para este distrito y su posterior comprobación en terreno, en definitiva se trata de una “radiografía” actual del uso que hacen sus habitantes, en el no se definen la tenencia ni la calidad de los mismos.

### **Referencias**

- CIREN** (1994) Estudio Agrológico de los Valles de Choapa, Illapel y Limarí IV Región. Descripciones de suelos y materiales y símbolos. CENTRO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS NATURALES. Santiago, Chile.
- CHUVIECO E** (2002) “Teledetección Ambiental”. Editorial Ariel Barcelona. Barcelona, España. 586 páginas
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE Inc.** (2001). Software Arc View GIS. Redlands, California, USA.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**, (1997). Base de datos digital de la IV Región, Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.
- ROMERO H** (1985)“Geografía de los Climas”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 243 páginas.
- ROVIRA A** (1984) “Geografía de los Suelos”. Colección de Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago, Chile. 180 páginas
- SATÉLITE LANDSDAT 7 ETM- PLUS-NASA** (2001) “Imágenes multiespectral n° 00180, 00181, 00182, 0023380, 0023381, 0023382.



**MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO  
DISTRITO PISCO ELQUI  
COMUNA DE PAIHUANO**

**SIMBOLOGÍA**

**Uso Actual del Suelo**

-  Centro Poblado
-  Cultivo Eventual
-  Cultivos Permanentes
-  Escuela
-  Fundo Los Nichos
-  Huerto Familiar
-  Industria Pisquera
-  Plaza
-  Población
-  Tranque Nochero
-  Límite de Distrito Pisco Elqui
-  CALLE
-  CAMINO INTERIOR
-  CAMINO PAVIMENTADO
-  CAMINO RIPIADO O PAVIMENTADO
-  HUELLA
-  Topónimos

**INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA**

Coordenadas en metros  
 Proyección: UTM Zona 19  
 Datum de referencia: Provisorio Sudamericano,  
 1958 (PSAD-56)  
 Fuente: Base de datos digital del IGM-Chile  
 Equidistancia Curvas de Nivel 25 mts.

Universidad de La Serena  
 Facultad de Ciencias  
 Departamento de Agronomía  
 Unidad de Teledetección y SIG  
 Ricardo Cabezas C.

**La Serena, 2007**