



Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario, Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
ODEPA



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
FIA

Capítulo III - Estudio Final

Impactos en los Recursos Edáficos de Chile frente a Cambio Climático

*Ejecutor: Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED)
Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile*

Diciembre 2008

Equipo ejecutor

Fernando Santibáñez, Ing. Agrónomo Dr.
Paula Santibáñez, Ing. Civil. Dr (c)
Jaime Hernández, Ing. Forestal. Dr.
Daniel Montaner, Ing. Forestal

Diseño de portada: Arq. Roberto Gangas Muñoz

Índice

Índice.....	3
Índice de tablas y figuras.....	4
1 Resumen Ejecutivo	6
2 Introducción.....	8
3 Metodología.....	9
3.1 Ecuación RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation).....	9
3.1.1 Factor R: Erosividad de la lluvia	10
3.1.2 Factor K: Erodabilidad del suelo.....	12
3.1.3 Factor LS: Longitud - Inclinación.....	13
3.1.4 Factor C: Cobertura vegetal.....	13
3.2 Principales características del modelo SIMPRAD.....	20
3.2.1 Variables de entrada del modelo.....	20
3.2.2 Variables de salida.....	20
3.3 Determinación de zonas de aumento del riesgo de erosión con Cambio Climático.....	22
4 Resultados	23
5 Conclusiones y recomendaciones.....	29
6 Bibliografía	30
7 ANEXOS	32
7.1 Resumen de estadísticas de función NDVI – Factor C.....	33
7.2 Mapa de factores del modelo RUSLE	34
Resultados de la aplicación modelo RUSLE	39
7.4 Zonas con disminución de productividad de biomasa en terrenos con riesgo de erosión.....	51
7.5 Zonas con disminución de la producción de biomasa de pradera natural bajo el escenario A2 2040	57

Índice de tablas y figuras

Figura 3.1.1 Mosaico imágenes MODIS para Chile	14
Figura 3.1.2 Malla vectorial para el muestreo.....	15
Figura 3.1.3 Diagrama metodológico de cálculo factor cobertura vegetal.....	16
Figura 3.1.4 Histograma de residuos	18
Figura 3.1.5 Modelo ajustado	19
Figura 3.2.1 Diagrama de Forrester simplificado modelo SIMPRAD (Simulador Productividad de Praderas).....	21
Figura 4.1 Zonas de riesgo de erosión expresadas como pérdida de suelo en ton/ha año (Modelo RUSLE)	24
Figura 4.2 Pérdidas potenciales de suelo. VII Región.....	25
Figura 4.3 Uso de suelo. VII Región.....	25
Figura 4.4 Perfil de disminución de la producción de biomasa herbácea. A mayor disminución de biomasa, menor cobertura del suelo.	26
Figura 4.5 Zonas de disminución de producción de biomasa de praderas naturales bajo el escenario A2 al año 2040, en terrenos con pérdidas actuales de suelo sobre 20 ton/ha año.	27
Figura 4.6 Erosión en surco en zona de plantaciones de eucalipto. Comuna de Paredones.....	28
Figura 4.7 Erosión laminar en zona de antiguos campos de trigo abandonado. Comuna de Litueche	28
Tabla 7.1: Resumen estadísticas descriptivas	33
Figura 7.2.1 Erosividad de las precipitaciones. Regiones III, IV, V, RM, VI, VII, VIII, IX, X y XIV	34
Figura 7.2.2 Erosividad de las precipitaciones, Región de Coquimbo.....	35
Figura 7.2.3. Factor de longitud y pendiente. Regiones de Valparaíso y Metropolitana. Los valores 0 muestran las zonas planas del terreno. Valores sobre 20, indican laderas con fuertes pendientes y extensas longitudes de ladera.....	36
Figura 7.2.4 Factor de cobertura vegetal. Valor anual estimado en base a ponderación entre los valores de C mensuales y la erosividad de las precipitaciones mensuales. Valores cercanos a 0 indican mayor cobertura. Valores cercanos a 1 muestran zonas descubiertas de vegetación	37
Figura 7.2.5 Factor cobertura vegetal de febrero (baja cobertura) y agosto (alta cobertura). Región de Valparaíso y Metropolitana. Valores cercanos a 0 indican mayor cobertura, valores cercanos a 1 muestran zonas descubiertas de vegetación	38
Figura 7.3.1 Pérdidas potenciales de suelo Región de Valparaíso	39
Figura 7.3.2 Pérdidas potenciales de suelo. Regiones de Valparaíso y Metropolitana.....	40
Figura 7.3.3 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Libertador Bernardo O'Higgins.....	41
Figura 7.3.4 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Libertador Bernardo O'Higgins.....	42
Figura 7.3.5 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Maule.....	43
Figura 7.3.6 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Maule.....	44

Figura 7.3.7 Pérdidas potenciales de suelo. Regiones del Maule y Bío Bío	45
Figura 7.3.8 Pérdidas potenciales de suelo. Costa Región del Bío Bío.....	46
Figura 7.3.9 Pérdidas potenciales de suelo. Valle central, Región del Bío Bío.....	46
Figura 7.4.10 Pérdidas potenciales de suelo. Costa regiones del Bío Bío y de la Araucanía.....	47
Figura 7.3.11 Pérdidas potenciales de suelo. Valle central regiones del Bío Bío y de la Araucanía.....	47
Figura 7.3.12 Pérdidas potenciales de suelo. Costa Región de la Araucanía.....	48
Figura 7.3.13 Pérdidas potenciales de suelo. Valle central Región de la Araucanía.....	48
Figura 7.3.14 Pérdidas potenciales de suelo. Regiones de Los Ríos y de Los Lagos.....	49
Figura 7.3.15 Pérdidas potenciales de suelo. Región de Los Lagos.....	50
Figura 7.3.16 Pérdidas potenciales de suelo. Isla de Chiloé.....	50
Figura 7.4.1 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Región de Valparaíso. Escenario A2 2040	51
Figura 7.4.2 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa Región del Maule. Escenario A2 2040.....	52
Figura 7.4.3 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central Región del Maule. Escenario A2 2040.....	52
Figura 7.4.4 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa Región del Bío Bío. Escenario A2 2040.....	53
Figura 7.4.5 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central Región del Bío Bío. Escenario A2 2040.....	53
Figura 7.4.6 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa regiones del Bío Bío y de la Araucanía. Escenario A2 2040.....	54
Figura 7.4.7 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central regiones del Bío Bío y de la Araucanía. Escenario A2 2040.....	54
Figura 7.4.8 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa regiones de Los Ríos y de la Araucanía. Escenario A2 2040.....	55
Figura 7.4.9 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central regiones de Los Ríos y de la Araucanía. Escenario A2 2040.....	55
Figura 7.4.10 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa Región de Los Ríos. Escenario A2 2040.....	56
Figura 7.4.11 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central Región de Los Ríos.....	56
Tabla 7.5.1 Rendimiento praderas escenarios línea base, A2 2040 y A2 2070	57
Tabla 7.5.2 Pérdidas de suelo por comuna.....	60

1 Resumen Ejecutivo

En el presente estudio se determinaron las zonas en Chile, entre la Región de Coquimbo y la de Los Lagos, en donde aumentarían los riesgos de erosión debido a cambios climáticos. Las áreas más vulnerables de aumentar el riesgo de erosión fueron estimadas para el escenario de cambio climático A2 (severo) al año 2040. Para cumplir con este objetivo, se establecieron las pérdidas actuales de suelo debido a la erosión pluvial a través de la Ecuación Revisada Universal de Pérdida de Suelo (RUSLE).

Debido a que las praderas naturales y la vegetación tipo matorral representa la cobertura que mayormente se encuentra en los suelos expuestos a la erosión pluvial, se aplicó el modelo de Simulación de Productividad de Praderas (SIMPRAD), para evaluar el efecto de nuevos escenarios climáticos sobre la vegetación natural. Finalmente, se superpusieron áreas con pérdidas actuales de suelo superiores a 25 toneladas por hectárea al año (pérdidas moderadas de suelo), con aquellas en las cuales disminuirá la productividad de biomasa de praderas naturales al año 2040. De esta manera, se determinaron las zonas más vulnerables al incrementar los procesos erosivos.

El modelo RUSLE se ajusta de buena manera en Chile en terrenos con pendientes inferiores a 22%, para pendientes superiores a este valor, existe una sobreestimación de los resultados y requiere calibraciones para cada caso particular. Por esta razón, se hará referencia a pérdidas potenciales de suelo. A pesar de esto, en terrenos con topografía compleja los resultados igualmente muestran los mayores riesgos de erosión.

Los valores obtenidos a través del modelo RUSLE muestran que las zonas con mayores riesgos de erosión pluvial, tanto en la situación actual como en escenarios de cambio climático, corresponden a las zonas ubicadas en la cordillera de la Costa y la precordillera de Los Andes. Las zonas más críticas se encuentran en la Región del Bío Bío, donde en la actualidad existe una notoria degradación del recurso edáfico debido a fuertes presiones por el uso agrícola y forestal. Esta situación se verá incrementada en el futuro producto de las disminuciones proyectadas en la producción de biomasa de praderas naturales al año 2040 y que continuará en descenso el año 2070.

Las tendencias muestran que la combinación entre la erosividad de la lluvia y la falta de cobertura vegetal en zonas con relieve complejo, indican a la costa y precordillera como las zonas de mayor riesgo. En estos sectores las pérdidas de suelo son significativamente mayores al valle central. Se agrega a esta fragilidad el hecho de que el uso del suelo corresponde mayormente a terrenos de pastoreo, matorral relativamente degradado que ofrece poca protección al suelo, así como a plantaciones forestales cuyas labores de cosecha remueven intensamente el suelo, dejándolo desprotegido por algunos años. En estas zonas también existe una extensa superficie de uso agrícola en el secano costero entre la Región de Valparaíso y la del Bío Bío, Estos cultivos corresponden principalmente a rotaciones de trigo, praderas, papas, leguminosas y barbecho. El cultivo intensivo desde el siglo pasado en laderas, ha provocado grandes pérdidas de suelo por erosión hídrica, que en los casos más críticos posee pérdidas históricas estimadas de hasta dos metros de suelo.

En las zonas cultivadas de riego, las pérdidas de suelo por erosión pluvial son en general menores, ya que se encuentran en terrenos planos o con poca pendiente. Las pérdidas son inferiores a cinco toneladas por hectárea al año en toda la zona central y sur.

En la Región de Coquimbo sólo fue posible analizar el riesgo en los valles regados, por cuanto no existe información de suelos suficiente para estimar el riesgo erosivo en zonas montañosas. En general, las pérdidas son bajas debido, además, a la baja erosividad de las precipitaciones de la Región, las pérdidas son generalmente inferiores a 15 toneladas por hectárea al año. En la costa de la Región de Valparaíso y en la precordillera de la Región Metropolitana, las pérdidas potenciales de suelo comienzan a aumentar, llegando a valores entre 0 y 100 toneladas por hectárea al año, dependiendo de la inclinación de los terrenos y del uso de suelo.

Las pérdidas de suelo potenciales crecen por la costa y la precordillera hasta llegar a situarse entre 130 a 180 toneladas por hectárea al año en la Región del Bío Bío. A partir de este sector, las pérdidas potenciales declinan hasta ser muy bajas en la costa de la Región de Los Lagos. Influyen positivamente en esta disminución del riesgo, la mayor cobertura boscosa a partir de Valdivia. En la precordillera, menos protegida por bosque, las pérdidas potenciales se mantienen elevadas hasta la Región de Los Lagos, lo que sugiere la fragilidad de este componente geomorfológico. Esta fragilidad es especialmente relevante si se considera que el aporte de sedimentos originados en la precordillera crea grandes problemas de sedimentación de lagos, humedales, embalses y cursos de agua superficiales.

Las zonas de riesgo donde, producto del Cambio Climático, se produzca una declinación de la cobertura del suelo, debido a un menor crecimiento de vegetación espontánea, aumentarán sus actuales niveles de riesgo. Para evaluar esta situación, se superpusieron las zonas de riesgo con las áreas donde se proyecta una disminución de la producción de biomasa herbácea, dando como resultado un mapa que señala las áreas donde el riesgo actual se verá exacerbado en el futuro. En la Región de Valparaíso se aprecia un fuerte aumento del riesgo como consecuencia de una marcada disminución proyectada de la cobertura vegetal, del orden del 50%. Entre las regiones del Maule y de la Araucanía, como consecuencia de una disminución de entre 10% y 20% en la biomasa herbácea, se observan fuertes aumentos por la costa del riesgo de erosión. Esta situación es más marcada en la precordillera, donde los aumentos del riesgo de erosión se extenderán hasta la Región de Los Lagos.

Por las características del territorio nacional, la erosión de los suelos continuará siendo una amenaza creciente, en la medida que se amplíe la frontera agropecuaria hacia el sur y la costa como consecuencia de los nuevos escenarios climáticos que aumentaran el potencial agrícola de estos sectores. Por lo anterior, será recomendable normar el tipo de uso del suelo, así como las prácticas de cultivo que se utilizaran en las potenciales nuevas áreas de cultivo que emergerán durante el presente siglo. Especial atención requerirían las cabeceras de las cuencas, donde los suelos podrían ver incrementadas las pérdidas debido al aumento de la escorrentía invernal, a su desprotección y a la posible intensificación de la agricultura de precordillera.

2 Introducción

La erosión acelerada comenzó el siglo XIX en Chile, como consecuencia de la producción de cereales principalmente en los lomajes costeros. En la actualidad, este fenómeno ha alcanzado niveles preocupantes, considerando que casi el 63% de los suelos de Chile son vulnerables a la erosión y degradación. Un estudio realizado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) analizó 208 comunas entre las regiones III (Atacama) y VIII (Bío Bío), más la XII (Magallanes), concluyendo que, en las comunas analizadas, los suelos ya se encuentran sufriendo procesos de erosión en diferentes grados en el 90% de su superficie, siendo éste uno de los principales síntomas de la desertificación. La población directamente afectada por la desertificación en Chile alcanza a 1,5 millones de personas, equivalente a un 13% de la población nacional. La superficie de tierras arables *per cápita* habrá pasado de 0,38 hectáreas en 1995 a 0,26 por habitante para el año 2035. Esta disminución se debería principalmente al efecto combinado del crecimiento de la población, procesos degradativos y de las pérdidas de suelos por expansión urbana. (PNUD, 2005)

En el presente trabajo se determinaron las zonas más vulnerables de sufrir procesos erosivos al año 2040, frente al escenario de Cambio Climático A2 (escenario severo). Para esto se estimaron las pérdidas de suelo utilizando la ecuación RUSLE entre las regiones de Valparaíso y de Los Lagos. La aplicación a gran escala de este modelo se hizo por medio del cálculo de índices de vegetación de imágenes satelitales MODIS y un modelo digital de elevación con resolución espacial de 90 metros.

Considerando que en la mayor parte de los suelos expuestos a la erosión, el mayor componente de la cobertura vegetal está representado por el estrato herbáceo y vegetación tipo matorral, se aplicó el modelo de simulación de productividad de praderas (SIMPRAD), para evaluar el efecto de los nuevos escenarios climáticos sobre la vegetación natural. Esto se hizo bajo el escenario A2 2040. De esta manera, a través del cruce entre las zonas con riesgo de erosión alto y las áreas que presentarán disminución en la cobertura vegetal natural, se determinaron las zonas más vulnerables de sufrir severos procesos de pérdida de suelo.

3 Metodología

3.1 Ecuación RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

La USLE es todavía el modelo de estimación de suelo con mayor aceptación y de más amplia aplicación, aunque se deben considerar las restricciones del modelo para evitar errores en la interpretación de los datos (Almorox, 1994). La ecuación fue diseñada para guiar la selección de prácticas de conservación para sitios específicos para estimar la posible reducción en la pérdida de suelo, si una determinada práctica es adoptada para determinar intensidad de cultivos, y para definir el máximo largo de pendiente que es aceptable para un cultivo dado y el manejo. La ecuación no es recomendada para regiones donde sus factores no pueden ser calculados de manera precisa, para cuencas con topografía muy compleja y para estimar erosión de suelo para un evento de lluvia específico (Wischmeier, 1976).

Al introducirse métodos diferentes en la estimación de los factores de la USLE se ha obtenido una forma revisada: la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), que sólo modifica la forma de estimar los diferentes parámetros del modelo; representa una versión computarizada que incorpora los resultados de investigaciones y experiencias obtenidas desde 1978 (Wischmeier and Smith, 1978) Al factor C se le agregan más parámetros para hacer más preciso su cálculo. Se diseñan funciones aptas para ser programadas computacionalmente, lo que permite el cálculo del factor LS en grandes extensiones de terreno a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

RUSLE calcula la erosión de suelo como el producto de seis factores: Erosividad de lluvia (R), erodabilidad del suelo (K), longitud de la ladera (L), inclinación de la ladera (S), cobertura del suelo (C) y prácticas de conservación de suelo (P).

La formulación de la RUSLE es la siguiente:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Donde:

A: Pérdida de suelo (ton/ha*año)

R: Erosividad de las precipitaciones ($hJ*cm/m^2*h*año$)¹

K: Erodabilidad del suelo ($ton*h*m^2/ha* hJ*cm$)

L: Longitud de la ladera (adimensional)

S: Pendiente de la ladera (adimensional)

C: Cultivo y manejo del suelo (adimensional)

P: Prácticas de conservación (adimensional)

¹ hJ = Hectojoule (10^2J), MJ = Megajoule (10^6J), J = Joule, h = horas, ha = hectáreas

3.1.1 Factor R: Erosividad de la lluvia

Es un indicador que determina la capacidad erosiva de una tormenta. Es el resultante de multiplicar la energía cinética de la lluvia por la intensidad máxima durante 30 minutos de precipitación (Wischmeier y Smith, 1978).

El factor R es la suma de los valores del índice de erosividad pluvial de tormentas individuales para un período largo de tiempo (más de 10 años). Este índice resulta de la multiplicación de la energía cinética de una lluvia, por la intensidad máxima durante 30 minutos de la precipitación.

La energía cinética puede ser calculada por medio de la siguiente expresión:

$$e_r = 0,29 * [1 - 0,72 * \exp(-0,05i_r)] \quad (2)$$

Las unidades de e_r son Mj/ha*mm, en tanto que i_r es la intensidad de las precipitaciones, medidas en mm/h. El factor R queda matemáticamente definido como:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\left(\sum_{k=1}^m e_k I_k t_k \right) * (I_{30}) \right]_j \quad (3)$$

La tormenta se divide en “m” intervalos de duración t_k e intensidad uniforme I_k . Se calcula para cada intervalo la energía cinética parcial e_k por medio de la ecuación (2) expresada en hJ/(m²*mm). La suma de las energías cinéticas de los diversos intervalos de tiempo considerados, constituyen la energía cinética total para la tormenta. Al multiplicar por la intensidad máxima ocurrida en treinta minutos de la lluvia (I_{30}) en (mm/h), se obtiene el valor de R para esa tormenta. Al agregar las “n” lluvias del año, se obtiene el valor de la erosividad del año.

Enfoque general usado para estimar los valores del factor R

A pesar de que se ha demostrado que el factor R es el índice que muestra la más alta correlación con la pérdida de suelo en muchos lugares del mundo (Wischmeier, 1959; Stocking and Elwell, 1973; Wischmeier and Smith, 1978; Lo *et al.*, 1985), se han desarrollado numerosos índices alternativos que muestran aún mayor correlación con la pérdida de suelo, para determinadas localidades o escalas. Esto se debe a que la escasez de series de datos de intensidad de la lluvia para varios años dificulta la aplicación de RUSLE. Ejemplo de estos son: el índice de Fournier (1960), Hudson (1971), Lal (1976) y Onchev (1985). Estos trabajos demuestran que la variable erosividad depende del área geográfica, de la escala de trabajo y de las condiciones locales. y que, por lo tanto, no existe una única variable universal mejor que otras (Stocking, 1987).

El enfoque general usado para la estimación del factor R para zonas sin los datos requeridos para el cálculo de R puede ser resumido en los siguientes cuatro pasos:

- 1) El factor R es calculado a través del método descrito por Wischmeier and Smith (1978), y Renard *et al.* (1993) para las estaciones de registro pluviográficas.

- 2) Se establece una relación entre los valores calculados de R y datos de precipitación más fácilmente disponibles, como pueden ser datos mensuales o anuales.
- 3) La relación es extrapolada y los valores de R estimados para las estaciones con registros mensuales de precipitación.
- 4) Se trazan isólineas entre las estaciones y los valores de R entre isólineas puede ser estimados por interpolación lineal.

Este enfoque ha sido usado por numerosos autores para desarrollar una metodología alternativa para diferentes partes del mundo (Stocking and Elwell, 1976; Roose, 1977; Arnoldus, 1977; Bollinne *et al.*, 1980; Smith and Schulze, 1982; Lo *et al.*, 1985).

Renard *et al.* (1994) utilizaron datos de 132 estaciones pluviográficas en Estados Unidos para establecer relaciones entre el valor R con datos de precipitaciones mensuales. Las ecuaciones de regresión obtenidas con el Índice de Fournier Modificado (F) y el valor de R (MJ*mm/ha*h*año) son las siguientes:

$$R = 0,07397 * F^{1,847} \quad (4)$$

$$R = 95,77 - 6,081 * F + 0,4770 * F^2 \quad (5)$$

La ecuación (4) y (5) tienen un coeficiente de correlación (R^2) de 0,82 y 0,75 respectivamente. Renard *et al.* (1994) señalan que la ecuación (4) mejora aún más la correlación para localidades con Índice de Fourier Modificado menor a 55 mm, y la ecuación (5) es más apropiada para localidades con Índice de Fourier Modificado mayor a 55 mm. Sin embargo, el error en la estimación de la pérdida de suelo de estas regresiones, para valores de R inferiores a 300 (hJ*cm/m²*h*año) puede llegar a 200% (Renard *et al.*, 1994). Este valor de R corresponde a localidades con precipitaciones entre 700 y 800 mm (Roose, 1977). Para valores de R sobre 300, el error baja a 9% (Renard *et al.*, 1994).

Para localidades con menos de 700 mm de precipitaciones existen regresiones que entregan buenas estimaciones de pérdida de suelo. ICONA-INTECSA (1988), seleccionó varios parámetros obtenidos de mediciones de las redes pluviométricas convencionales en España, los cuales se relacionan significativamente con el factor R de RUSLE. De acuerdo a esto, realizó varias zonificaciones en ese país, las cuales fueron agrupadas en tres conjuntos de zonas con características geográficas y meteorológicas similares, obteniendo para cada uno de estos grupos una ecuación de regresión.

Las ecuaciones de regresión obtenidas para las diferentes zonas delimitadas son:

$$R = e^{-0,834} * [PMEX]^{1,314} * [MR]^{-0,388} * [F24]^{0,563} \quad (6)$$

$$r = 0,98$$

$$R = e^{-1,235} * [PMEX]^{1,297} * [MR]^{-0,511} * [MV^{0,366}] [F24]^{0,414} \quad (7)$$

$$r = 0,96$$

Donde,

PEMX: Lluvia media de los meses más lluviosos de cada uno de los años de la serie

MR: Lluvia media período abril a noviembre

MV: Lluvia media período diciembre a marzo

$$F_{24} = \frac{(Máxima lluvia en 24 horas)^2}{Suma de las máximas precipitaciones en 24 horas de todos los meses del año} \quad (8)$$

La ecuación (6) es para las zonas del centro norte de España, con precipitaciones entre 400 y 700 mm, y la ecuación (7) para el centro sur, zonas con precipitaciones inferiores a 400 mm.

3.1.2 Factor K: Erodabilidad del suelo

La erodabilidad representa la respuesta del suelo a una determinada fuerza o mecanismo erosivo: esfuerzo cortante e impacto directo de la gota de lluvia; esto es, la susceptibilidad del suelo a ser erosionado. Así, este factor expresa la pérdida de suelo cuantificada por unidad de erosividad en una parcela estándar.

La manera de encontrar este valor es por medio de una fórmula que relaciona varias propiedades del suelo:

$$100K = [10^{-4} * 2,71 * T^{1,14} * (12 - MO)] + 4,2 * (E - 2) + 3,2 * (P - 3) \quad (9)$$

T es el parámetro de textura de los 15 centímetros superficiales

$$T = [(100 - A_c) * (L + Armf)] \quad (10)$$

Donde:

K está expresada en $(t * m^2 * hora) / (ha * hJ * cm)$

L + Armf: porcentaje de limo más arena muy fina (0,1 – 0,002 mm)

Ac: Arcilla (< 0,002 mm)

MO: Contenido en materia orgánica (%)

E: Parámetro de estructura

P: Parámetro de permeabilidad

Parámetro de estructura para los 15 - 18 cm superficiales		
1	Granular muy fina (<1 mm)	
2	Granular fina (1-2 mm)	
3	Granular media (2-5 mm) a gruesa (5-10 mm)	
4	Laminar, maciza y cúbica	
Parámetro de permeabilidad referido a todo el perfil		
		(cm/h)
1	Rápida a muy rápida	25 - 12,5
2	Moderadamente rápida	12,5 - 6,5
3	Moderada	6,5 - 2
4	Moderadamente lenta	2 - 0,5
5	Lenta	0,5 - 0,12
6	Muy lenta	< 0,12

Fuente: Wischmeier et al. 1971

3.1.3 Factor LS: Longitud - Inclinación

Este factor depende de la longitud de la ladera en metros, calculada como proyección horizontal, y del ángulo de la pendiente.

Factor LS modificado para terrenos complejos

Para incorporar la influencia del impacto de la convergencia del flujo, el factor de largo de la pendiente (L) fue reemplazado por el área contribuyente (A) pendiente arriba (Moore and Burch, 1986; Mitsova *et al.*, 1995; Desmet and Govers, 1996). La ecuación modificada para el cálculo del factor LS en SIG en forma de diferencias finitas para la erosión en cada celda de una grilla, representado por un segmento de pendiente fue derivado por Desmet and Govers (1996).

Una forma más simple, continua de la ecuación para el cálculo del factor LS en un punto de una pendiente $r = (x,y)$ (Mitsova *et al.*, 1996), es:

$$LS(r) = (m + 1)[A(r)/a_0]^m [\text{sen}(b(r)/b_0)]^n$$

Donde A es el área contribuyente pendiente arriba, b [grados decimales] es la pendiente, m y n son parámetros que representan el tipo de erosión predominante (laminar o en surco), y $a_0 = 22,1$ metros, es el largo de la pendiente y $b_0 = 0,09 = 9\% = 5,16$ (grados) es la pendiente del terreno estándar de RUSLE.

Los típicos valores para el parámetro m están entre 0,4 y 0,6 y para n, entre 1,0 y 1,4 dependiendo el tipo de flujo predominante. Los exponentes m y n pueden ser calibrados si existen datos para el tipo de flujo predominante y las condiciones de suelo. Valores más bajos deben ser usados en zonas donde predominan flujos más dispersos que provocan erosión laminar y los valores más altos son usados en zonas donde predomina un flujo más turbulento causando erosión en surcos.

El cálculo del factor LS se realizó de manera distribuida en el espacio, a través del programa de SIG ArcGis 9.2, con el módulo Spatial Analysis, aplicando RUSLE (Renard *et al.*, 1997) a cada celda raster de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) con grilla de 90 x 90 metros.

3.1.4 Factor C: Cobertura vegetal

El factor C expresa la influencia de la vegetación sobre la erosión del suelo y sus valores varían entre 0,02 en áreas forestadas y 1 para áreas descubiertas. La cobertura de vegetación es considerada como uno de los factores cruciales en la reducción de erosión del suelo (De Asis, 2007), de tal manera que su estudio resulta determinante como factor de corrección en la ecuación de RUSLE. Hoy en día, mediante el apoyo de las técnicas geomáticas, es posible estimar el factor C a través del ajuste de funciones que describen la relación que existe con el NDVI, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (Patriche, 2006).

Método propuesto

Para calibrar la función que relaciona NDVI con el factor C se utilizaron imágenes MODIS disponibles en el sitio Web de la NASA, particularmente sus productos NDVI y EVI 250 metros, y además se utilizaron imágenes disponibles en Google Earth.

Pasos metodológicos

1. Descarga de imágenes MODIS, producto índices de vegetación NDVI-EVI para todo Chile (escenas h11v10, h11v11, h11v12, h12v12, h12v13, h13v13, h13v14 y h14v14)

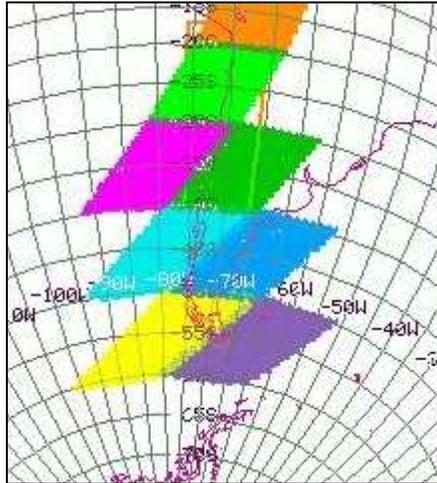


Figura 3.1.1 Mosaico imágenes MODIS para Chile

2. Procesamiento de las imágenes satelitales, reproyección de imágenes, creación de mosaicos, análisis de datos y corte y delimitación del territorio nacional.
3. Selección aleatoria de unidades muestrales para todo el país a través de un diseño estratificado con cuatro estratos: zona norte (I-IV Región), centro (V-VII Región), sur (VIII-X Región), y extremo sur (X-XII Región). Se establecieron 120 unidades muestrales por zona, de las cuales el 80% se empleó en la etapa de diseño y el 20% restante en la validación de los modelos

Unidad muestral: Zonas de 500 x 500 metros a fotointerpretar acerca del porcentaje de coberturas vegetal presente en el área de interés. Se utilizaron imágenes Google Earth (de dos a tres años de antigüedad) y una malla vectorial de 500 x 500 metros dividida en cuadrantes, como se muestra en la Figura 3.1.2

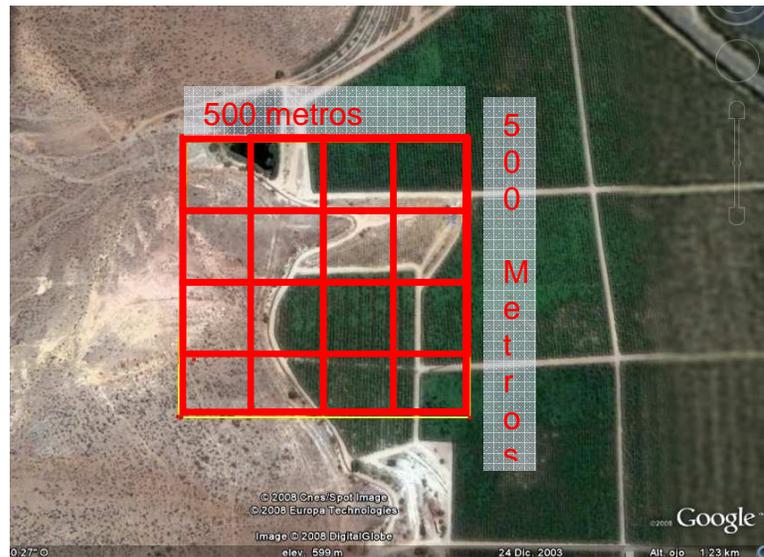


Figura 3.1.2 Malla vectorial para el muestreo

4. Selección al azar del 80% de unidades muestrales para construcción de modelos predictivos por estrato del tipo:

$$C = a + b * NDVI + \epsilon \quad (12)$$

$$C = a * NDVI^b + \epsilon \quad (13)$$

$$C = e^{a+NDVI} + \epsilon \quad (14)$$

$$C = e^{a*NDVI} + b + \epsilon \quad (15)$$

5. Selección del mejor modelo en función de su coeficiente de determinación, niveles de significancia estadística y comportamiento de los residuos.
6. Validación de modelos con el 20% restante de las unidades muestrales.
7. Aplicación de modelos a toda el área de estudio a través del cálculo del factor C para cada píxel de las imágenes de índices de vegetación de MODIS.

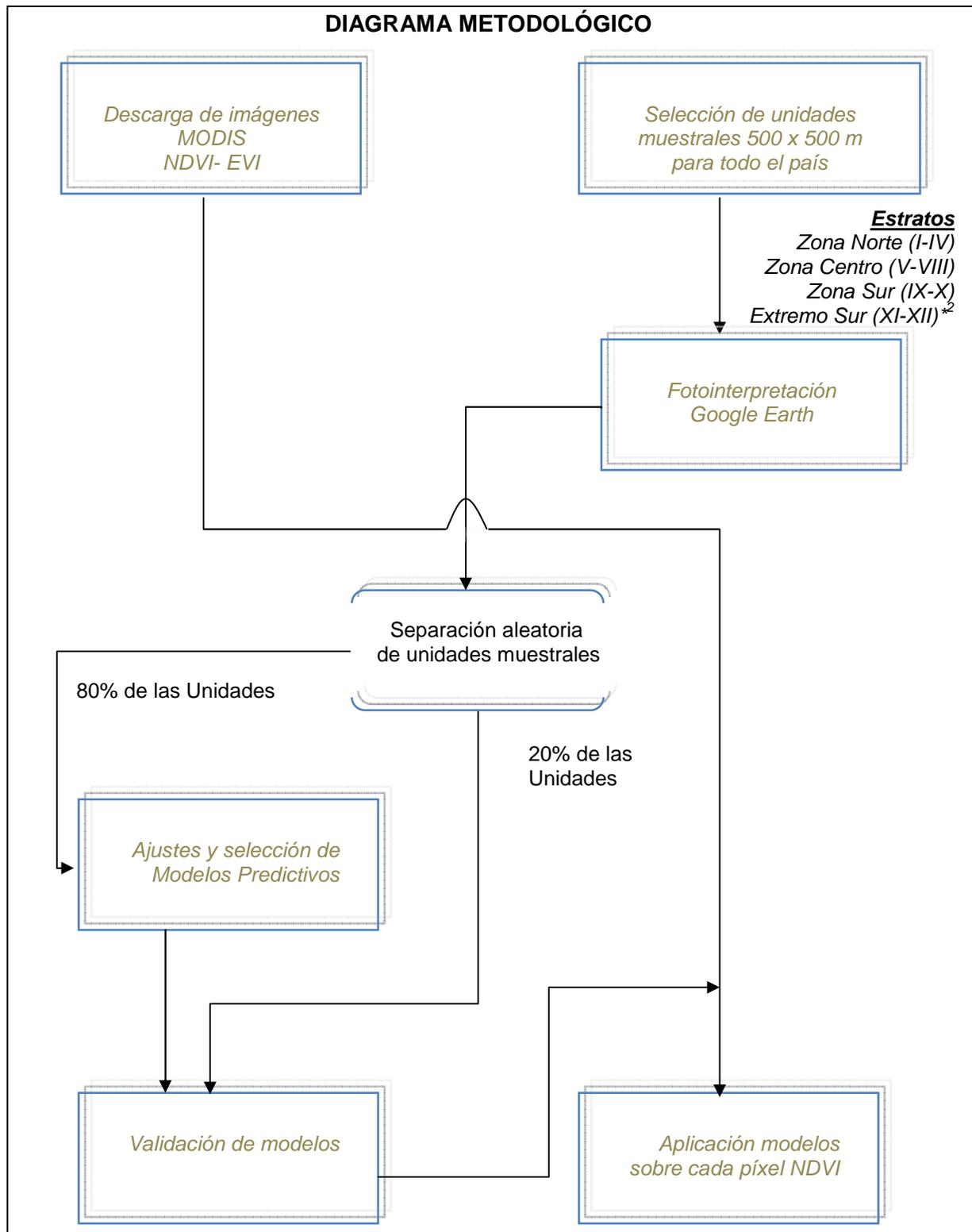
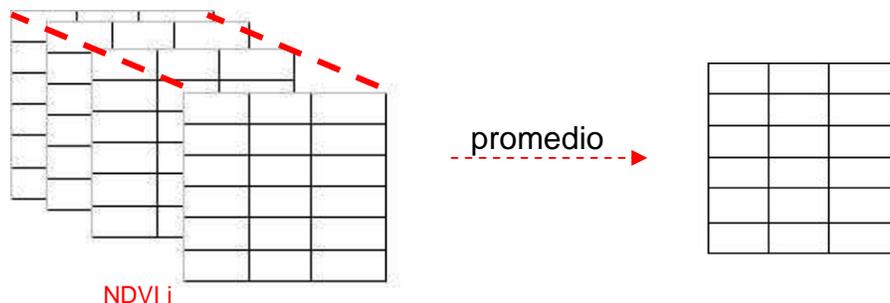


Figura 3.1.3 Diagrama metodológico de cálculo factor cobertura vegetal

² * Referencia a antigua división político administrativa del país

Paralelamente a la fotointerpretación, comenzaron a procesarse las imágenes MODIS descargadas. Se obtuvo una imagen anual de índice de vegetación mediante el cálculo del promedio de las imágenes mensuales disponibles (una imagen por mes, perteneciente a la primera quincena de cada mes).



Sobre la imagen promedio se extrajo el valor del promedio de los cuatro píxeles involucrados en cada una de las unidades muestrales, garantizando con esto que el NDVI resultante sea representativo de toda el área muestral.

Se ajustaron modelos descritos anteriormente para cada una de las zonas, además de un modelo general para todo el país. Los mejores resultados se obtuvieron con el modelo exponencial (15), logrando explicar en un 75,6 % la variabilidad total de los datos. Al respecto se reportan los siguientes resultados:

Algunas estadísticas de los datos:

Variable	Media	Desviación típica
C	54,177	40,032
NDVI	0,352	0,242

Resultados del mejor modelo ajustado:

Modelo	Ecuación	R ²	SCR
pr1*Exp(pr2*X1)+pr3	130,907*Exp(4,44328*X1)+10,5398	0,756	123683,913

Coefficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,869
R ² (coeficiente de determinación)	0,756
SCR	123683,913

Parámetros del modelo		
Parámetros	Valor	Desviación típica
pr1	130,907	4,592
pr2	-4,443	0,548
pr3	10,540	3,890

El modelo presenta una forma $C = 103,907 * e^{-4,443 * NDVI} + 10,5398 + \varepsilon$ sin embargo para valores de NDVI menores a 0,1 se empleará un valor constante de $C = 100$. Dado que los valores menores a cero en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) no representan vegetación fotosintéticamente activa, y además, considerando que la imagen empleada para el ajuste de los modelos es resultado del promedio de NDVI de cada mes para todo un año, se puede asumir que estos valores no corresponden a vegetación viva, por tanto no sería de interés como atenuadora de pérdida de suelo.

$$\begin{aligned} \text{Si } NDVI > 0,1 &\rightarrow C = 103,907 * e^{-4,443 * NDVI} + 10,5398 \\ \text{o} \\ \text{Si } NDVI \leq 0,1 &\rightarrow C = 100 \end{aligned}$$

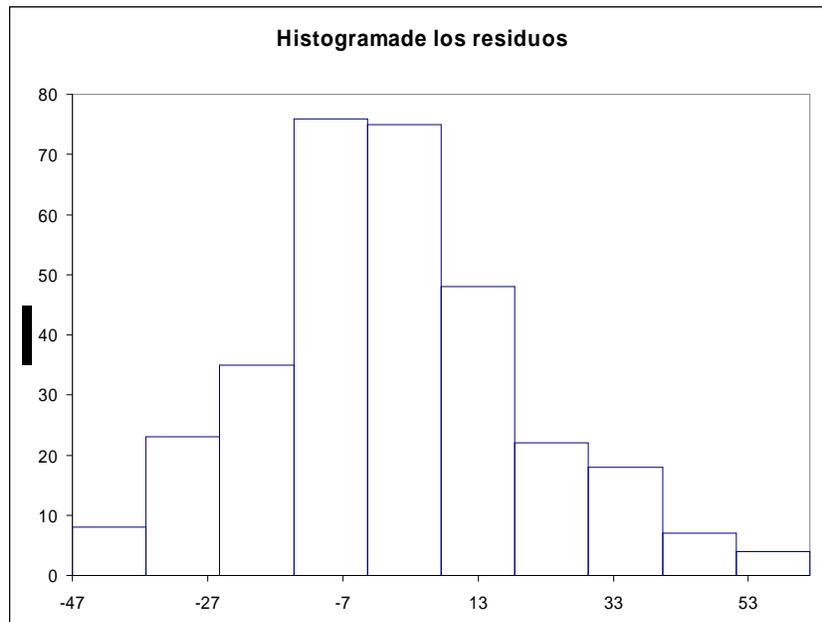


Figura 3.1.4 Histograma de residuos

El histograma de los residuos muestra que estos se distribuyen normalmente (media = 0), obteniendo finalmente un modelo robusto e insesgado.

En la etapa de validación del modelo se evaluó el comportamiento de estos con el set de datos reservados para la validación, obteniendo resultados de R^2 un poco menores a los de construcción de los modelos. Sin embargo, el modelo seleccionado continúa

siendo el de mejores resultados. Finalmente, se ajusto el modelo sólo con datos de NDVI superiores a 0,1, obteniendo menor eficacia en la predicción. Si bien los valores menores a 0,1 no son considerados en la aplicación del modelo, sí ayudan a su construcción debido a que disminuyen la intensidad de la pendiente hacia los valores negativos.

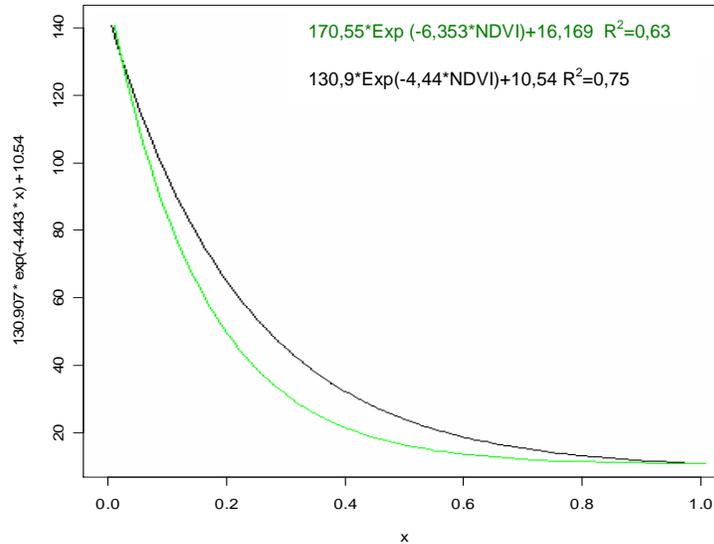


Figura 3.1.5 Modelo ajustado

3.2 Principales características del modelo SIMPRAD

El modelo SIMPRAD (Simulador Productividad de Praderas) integra en el tiempo las respuestas ecofisiológicas de los cultivos frente a los estímulos climáticos. El crecimiento es simulado entre la emergencia y la cosecha. A partir de la intercepción de la radiación solar y del área foliar, simula en cada instante la producción fotosintética bruta. Una vez considerados los costos respiratorios se establece el potencial de producción de materia seca, proceso en el que influyen las temperaturas y la disponibilidad de agua en el suelo. Mediante un balance hídrico del suelo se establece el grado de satisfacción de las demandas hídricas del cultivo, lo que a su vez, regula la velocidad del crecimiento. El modelo simula la fenología del cultivo a partir de la acumulación de días-grado, variable de base para establecer en todo instante la edad fisiológica del cultivo. A partir de ésta, se modula el coeficiente de reparto del crecimiento entre los distintos órganos de la planta, así como su sensibilidad frente a eventos catastróficos como las heladas, el estrés térmico y la sequía (Figura 3.2.1). El área foliar del cultivo crece hasta que la fenología gatilla la senescencia, momento a partir del cual comienza a disminuir el área de hojas expuesta a la radiación solar y, con ello, la fotosíntesis hacia el final del ciclo.

3.2.1 Variables de entrada del modelo

Variables climáticas: Temperaturas máximas y mínimas, precipitación semanal, radiación solar, evapotranspiración potencial, humedad relativa.

Variables ecofisiológicas: Temperaturas mínimas, óptimas y máximas de crecimiento, días-grado, sensibilidad a heladas y al déficit hídrico por fases fenológicas, profundidad de raíces, eficiencia fotosintética, relación área-peso de las hojas, tasa de respiración de mantención y de crecimiento.

3.2.2 Variables de salida

Producción de materia seca, consumo de agua, eficiencia productiva del riego y riesgos de heladas, de sequía, de estrés térmico en distintos momentos del año para cada especie. A continuación se muestra un diagrama simplificado del modelo

Donde:

IAF: Índice de área foliar	SD ₀ : Suma de días-grado de referencia
Ke: Coeficiente de intercepción de la luz	FB: Fotosíntesis bruta
EF: Eficiencia fotosintética de cada especie	Tcr: Tasa de crecimiento raíces
FN: Fotosíntesis neta	Pp: Precipitación
Tc _{ba} : Tasa de crecimiento biomasa aérea	
Re: Respiración de mantenimiento	
Cr: Tasa de crecimiento	
HR: Humedad relativa	
ET ₀ : Evapotranspiración de referencia	
ETr: Evapotranspiración real	
SDG: Suma de días-grado	
Tsen _{ba} : Tasa de senescencia biomasa aérea	
Tsenr: Tasa de senescencia raíces	

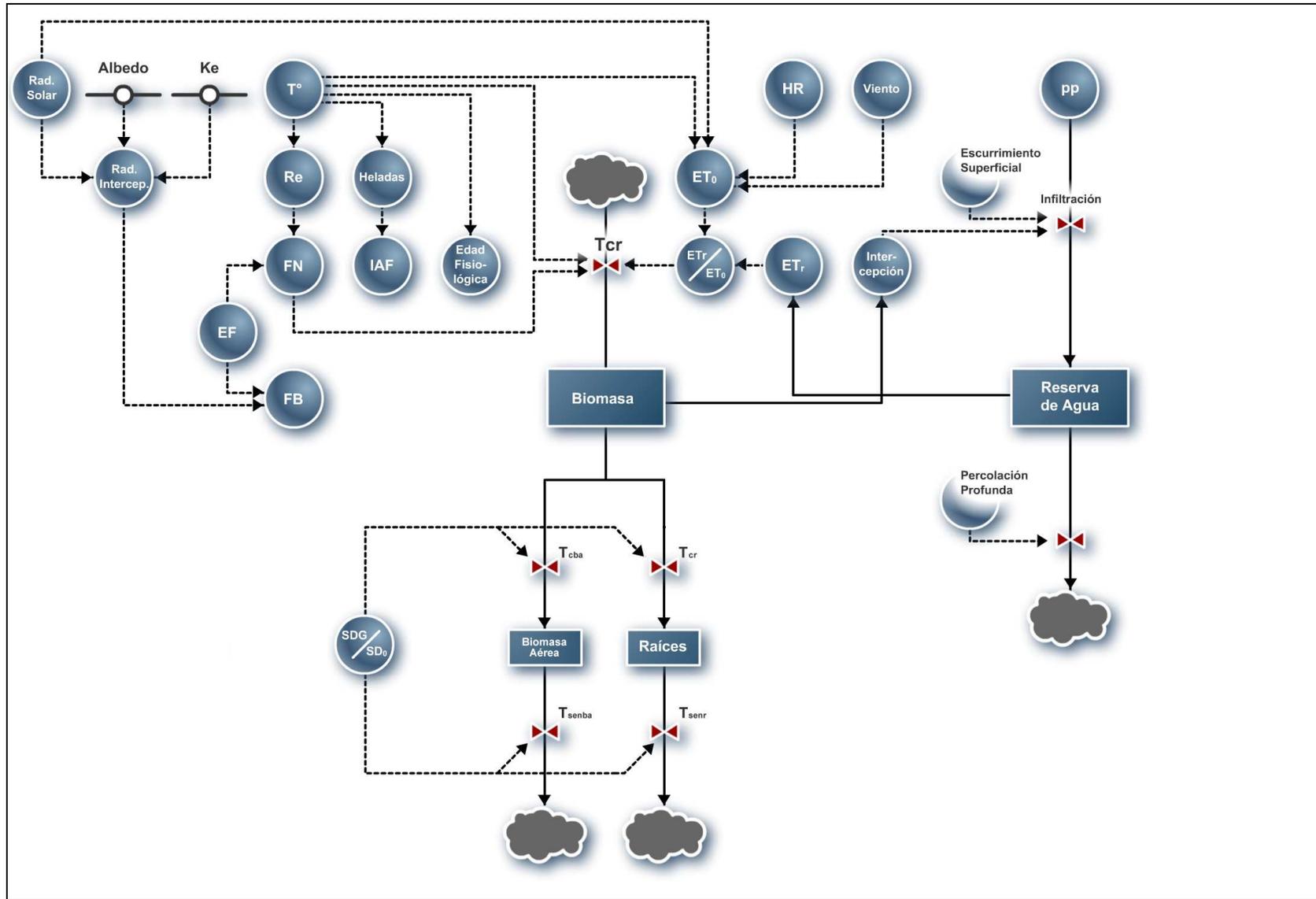


Figura 3.2.1 Diagrama de Forrester simplificado modelo SIMPRAD (Simulador Productividad de Praderas)

3.3 Determinación de zonas de aumento del riesgo de erosión con Cambio Climático

Para determinar las áreas en donde aumentarán los riesgos de erosión bajo el escenario de Cambio Climático A2, se superpuso el mapa de las zonas donde las pérdidas de suelo actuales superan las 25 toneladas por hectárea al año, que corresponden a pérdidas moderadas de suelo, con las áreas en las cuales disminuirá la productividad de biomasa de praderas naturales al año 2040.

El modelo RUSLE está calibrado para terrenos con pendientes inferiores a 22%, ya que está diseñado para evaluar prácticas de manejo conservacionista de suelo en terrenos agrícolas y forestales. Para pendientes superiores a este valor, existe una sobreestimación de los resultados y requiere calibraciones para cada caso particular. Por esta razón, se hablará de pérdidas potenciales de suelo.

Sin embargo, en áreas montañosas, los resultados igualmente muestran los sectores con mayores riesgos de sufrir procesos de erosión. Resultados muy elevados en zonas con fuertes pendientes, pero con buena cobertura vegetal, indican que si en estas áreas disminuyera esta cobertura, aumentarían las pérdidas a una tasa muy elevada, y si por el contrario, estas áreas están descubiertas, probablemente ya se ha perdido prácticamente todo el suelo capaz de sustentar vegetación, como es el caso de algunos sectores del seco costero de la zona central del país.

4 Resultados

El riesgo de erosión aumenta de norte a sur como consecuencia del gradual aumento en la intensidad de las precipitaciones. Esta tendencia se mantiene hasta la Región del Bío Bío, donde el riesgo llega a su valor máximo. De allí al sur, aunque la intensidad de las precipitaciones continúa aumentando, la mayor cobertura vegetal incide favorablemente disminuyendo el riesgo (Figura 4.1).

Uno de los factores más importantes en la determinación de la pérdida de suelo es la cobertura vegetal. Para graficar esto hemos tomado un ejemplo de la Región de O'Higgins. Como se muestra en la Figura 4.2 y 4.3, ambas laderas tienen pendientes similares, pero diferentes coberturas vegetacionales. En las laderas de exposición norte, donde el uso corresponde a matorrales abiertos, las pérdidas de suelos son el doble que las experimentadas en las laderas de exposición sur, en las que la cobertura de suelo corresponde a matorral y renoval denso.

Las tendencias muestran que, en la actualidad, la combinación entre la erosividad de la lluvia y la falta de cobertura vegetal en zonas de relieve complejo indican a la costa y precordillera como las zonas de mayor riesgo. En estos sectores las pérdidas de suelo son significativamente mayores que las del valle central. Se agrega a esta fragilidad el hecho de que el uso del suelo corresponde mayormente a terrenos de pastoreo y matorral relativamente degradado que ofrecen poca protección al suelo, así como a plantaciones forestales cuyas labores de cosecha remueven intensamente el suelo, dejándolo desprotegido por algunos años (ver Figura 4.6). También existe una extensa superficie de uso agrícola en el secano costero entre las regiones de Valparaíso y la del Bío Bío. Estos cultivos corresponden principalmente a rotaciones de trigo, praderas, papas, leguminosas y barbecho. El cultivo intensivo desde el siglo pasado en laderas ha provocado grandes pérdidas de suelo por erosión hídrica (ver Figura 4.7), en los casos más críticos se estiman pérdidas históricas de hasta dos metros de suelo (PNUD, 2005).

En las zonas cultivadas de riego, que corresponden a terrenos planos o con poca pendiente, las pérdidas de suelo por erosión pluvial son, en general, nulas o muy bajas, inferiores a cinco toneladas por hectárea al año en toda la zona central y sur. En la Región de Coquimbo sólo fue posible analizar el riesgo en los valles regados, por cuanto no existe información de suelos suficiente para estimar el riesgo erosivo en zonas montañosas. Las pérdidas son en general bajas debido además a la baja erosividad de las precipitaciones de la región (ver Anexo, Figura 7.2.2) las pérdidas generalmente son inferiores a 15 toneladas por hectárea al año. En la costa de la Región de Valparaíso y en la precordillera de la Región Metropolitana, las pérdidas potenciales de suelo comienzan a aumentar, llegando a valores entre 0 y 100 ton/ha año, dependiendo de la inclinación de los terrenos y del uso de suelo.

Las pérdidas de suelo potenciales crecen por la costa y la precordillera a valores muy altos, hasta llegar a situarse entre 130 a 180 ton/ha año en la Región del Bío Bío. A partir de este sector las pérdidas potenciales declinan hasta ser muy bajas en la costa de la Región de Los Lagos. Influyen positivamente en esta disminución del riesgo, la mayor cobertura boscosa a partir de Valdivia. En la precordillera, menos protegida por bosque, las pérdidas potenciales se mantienen elevadas hasta la Región de Los Lagos, lo que sugiere la fragilidad de este componente geomorfológico. Esta fragilidad es especialmente relevante si se considera que la aportación de sedimentos originados en la precordillera crea grandes problemas de sedimentación de lagos, humedales, embalses y cursos de

agua superficiales.

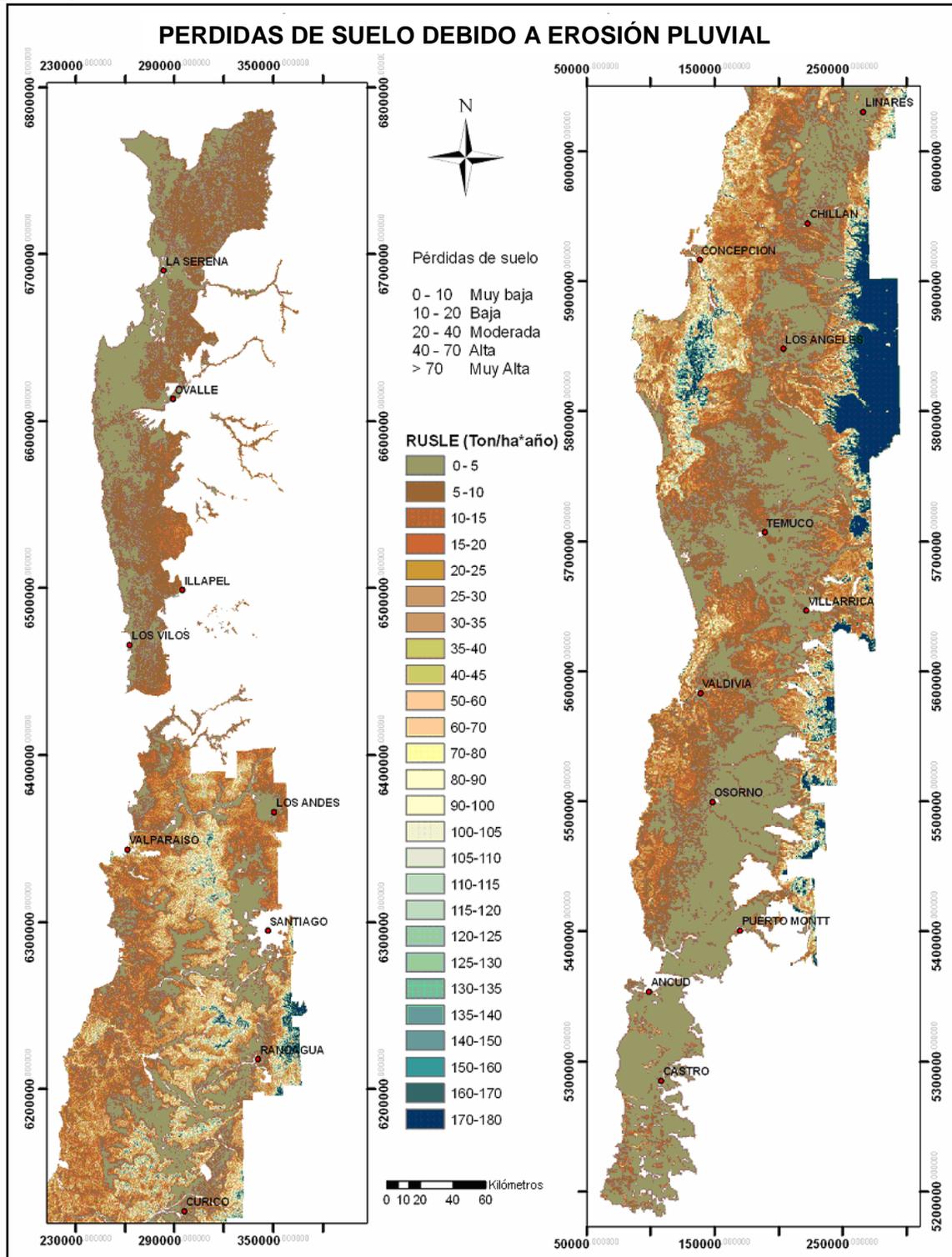


Figura 4.1 Zonas de riesgo de erosión expresadas como pérdida de suelo en ton/ha año (Modelo RUSLE)

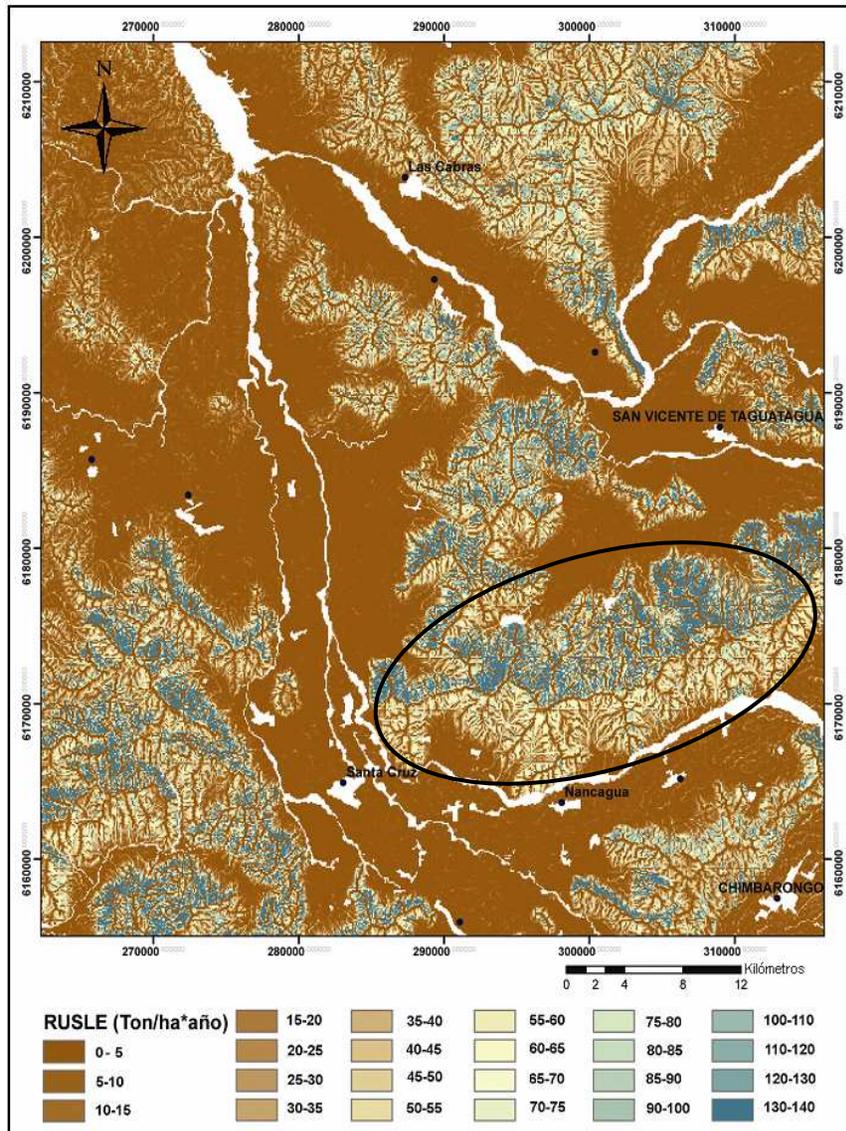


Figura 4.2 Pérdidas potenciales de suelo. VII Región

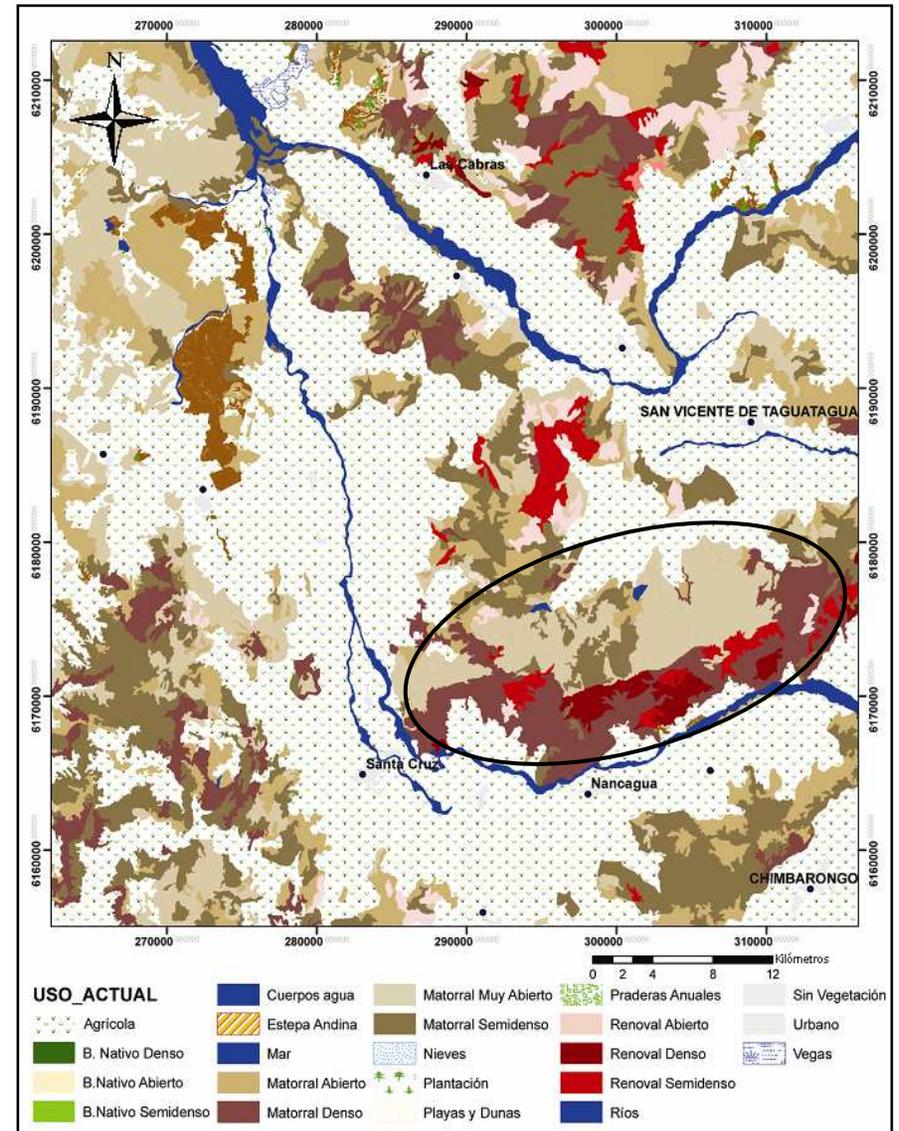


Figura 4.3 Uso de suelo. VII Región.
Fuente: Catastro Bosque Nativo CIREN-CORFO

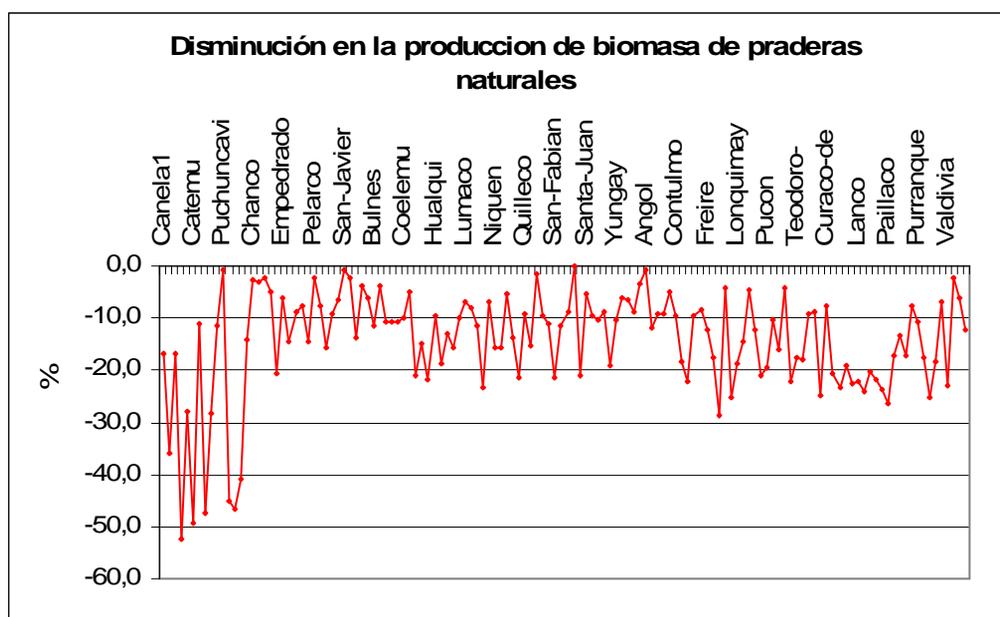


Figura 4.4 Perfil de disminución de la producción de biomasa herbácea. A mayor disminución de biomasa, menor cobertura del suelo.

Las zonas de riesgo donde, producto del Cambio Climático, se produzca una declinación de la cobertura del suelo (Figura 4.4) debido a un menor crecimiento de vegetación espontánea, aumentarán sus actuales niveles de riesgo. Para evaluar esta situación, se han superpuesto las zonas de riesgo con las áreas donde se proyecta una disminución de la producción de biomasa herbácea, dando como resultado un mapa que señala las áreas donde el riesgo actual se verá exacerbado en el futuro. (Figura 4.5)

En la Región de Valparaíso se aprecia un fuerte aumento del riesgo como consecuencia de una marcada disminución proyectada de la cobertura vegetal, del orden del 50%. (ver Anexo, Figura 7.3.1)

Entre las regiones del Maule y de la Araucanía como consecuencia de una disminución de entre 10 y 20% en la biomasa herbácea, se observan fuertes aumentos, por la costa del riesgo de erosión. Esta situación es más marcada en la precordillera, donde los aumentos del riesgo de erosión se extenderán hasta la Región de Los Lagos.

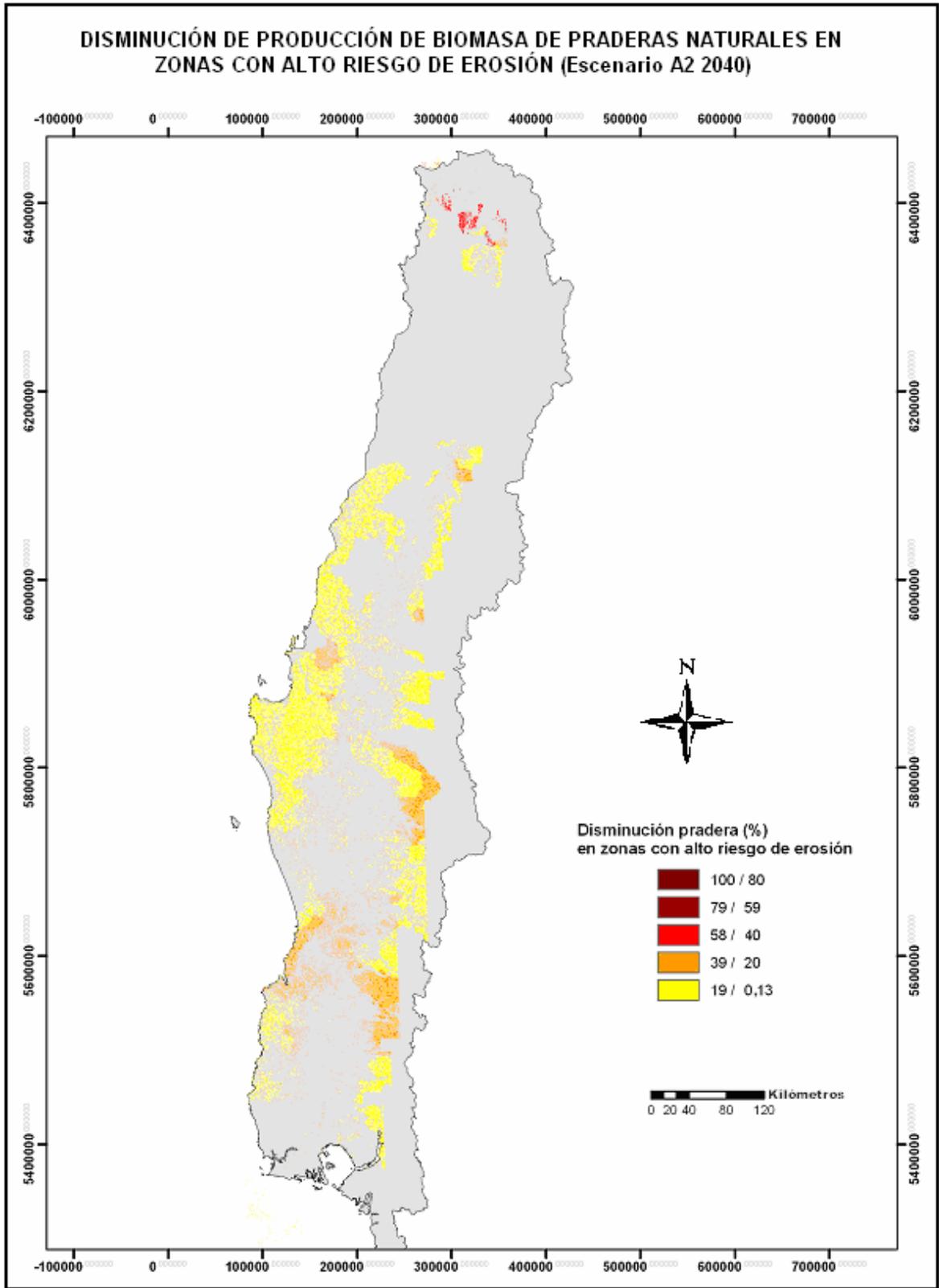


Figura 4.5 Zonas de disminución de producción de biomasa de praderas naturales bajo el escenario A2 al año 2040, en terrenos con pérdidas actuales de suelo sobre 20 ton/ha año.



Figura 4.6 Erosión en surco en zona de plantaciones de eucalipto. Comuna de Paredones



Figura 4.7 Erosión laminar en zona de antiguos campos de trigo abandonado. Comuna de Litueche

Fuente: Elaboración propia

5 Conclusiones y recomendaciones

Los valores obtenidos a través del modelo RUSLE muestran que las zonas con mayores riesgos de erosión pluvial, tanto en la situación actual como en escenarios de Cambio Climático, corresponden a las zonas ubicadas en la cordillera de la Costa y precordillera de los Andes. Las zonas más críticas se encuentran en la Región del Bío Bío, donde en la actualidad existe una notoria degradación del recurso edáfico debido a fuertes presiones por el uso agrícola y forestal. Esta situación se verá incrementada en el futuro, producto de las disminuciones proyectadas en la producción de biomasa de praderas naturales al año 2040 y que continuará en descenso el año 2070.

Por las características del territorio nacional, la erosión de los suelos continuará siendo una amenaza creciente en la medida que se amplíe la frontera agropecuaria hacia el sur y la costa, como consecuencia de los nuevos escenarios climáticos que aumentarán el potencial agrícola de estos sectores.

Por lo anterior, será recomendable normar el tipo de uso del suelo, así como las prácticas de cultivo que se utilizarán en las potenciales nuevas áreas de cultivo que emergerán durante el presente siglo.

Especial atención requerirían las cabeceras de las cuencas, donde los suelos podrían ver incrementadas las pérdidas debido al aumento de la escorrentía invernal, a la desprotección de los mismos y también, a la posible intensificación de la agricultura de precordillera.

6 Bibliografía

Almorox J., R. De Antonio, A. Saa, M. Díaz Cruz, J.M. Gascó. 1994. Métodos de estimación de la erosión hídrica. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid, España.

Arnoldus, H.M.J. 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *FAO Soils Bull.*, 34:39-51.

Arnoldus, H.M.J. 1980. An approximation of the rainfall factor in the USLE. *In: DeBoodt, M. and D. Gabriels (Eds.). Assessment of erosion.* John Wiley & Sons, Chichester, pp. 127-132.

Fournier, F. 1960. *Climat et erosion.* Universitaires de France, Paris.

Bollinne, A., A. Laurant, P. Rosseau, J.M. Pauwels, D. Gabriels and J. Aelterman. 1980. Provisional rain erosivity map of Belgium. *In: DeBoodt, M. and D. Gabriels (Eds.). Assessment of erosion.* John Wiley & Sons, Chichester, pp. 111-120.

De Asis, A.O. 2007. Estimation of vegetation parameter for modeling soil erosion using linear spectral mixture analysis of Landsat ETM data. *ISPRS Journal of photogrammetry & remote Sensing*, 309-324.

Desmet P.J. and G. Govers. 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor. Ontopographically complex landscapes units. *Journal of Soil and Water Conservation* 51:427-433.

Foster G.R, I.D. Meyer, C.A. Onstad. 1977. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. *Trans asae*, 20:683-687.

Hudson, N.W. 1971. *Soil conservation.* Cornell University, Ithaca.

Lal, R. 1976. Soil erosion on alfisols in western Nigeria. III. Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, 16:389-401.

Hudson N.W. 1997. Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. *Boletín de Suelos de la FAO, Reino Unido, N°68.* 147 p.

ICONA. 1988. Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdida de suelo. 39 p.

PNUMA. 2005. Informe país. Estado del medio ambiente en Chile.

Lo, A., S.A. El-Swaify, E.W. Dangler and L. Shinshiro. 1985. Effectiveness of EI30 as an erosivity index in Hawaii. *In: El-Swaify, S.A., W.C. Moldenhauer and A. Lo (Eds.), Soil erosion and conservation.* Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp. 384-392.

Mccool D.K., G.R. Foster, C.K. Mutchler and I.D. Meyer. 1989. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. *Trans. Asae*, 32:571-576.

Mitasova H. 1999. Using soil erosion modeling for improved conservation planning, a

GIS-Based tutorial. Available at: <http://skagit.meas.ncsu.edu>

Mitasova H. *et al.* 1997. GIS tools for erosion/deposition modelling and multidimensional visualization. Part IV: Process based erosion simulation geographic modelling and systems laboratory. University of Illinois. 20 p.

Onchev, N.G. 1985. Universal index for calculating rainfall erosivity. *In*: El-Swaify, S.A., W.C. Moldenbauer and A. Lo (Eds.). Soil erosion and conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp. 384-392.

Patriche, C.C. 2006. Aspects regarding soil erosion spatial modeling using the USLE/RUSLE within GIS. *Geographia Technica*, 87-97.

Renard, K.G. and V.A. Ferreira. 1993. RUSLE model description and database sensitivity. *J. Environ. Qual.* 22:458-466.

Renard, K.G. and J.R. Freimund. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journay of Hydrology* 157:287-306.

Renard, K.G, G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. Mccoll and D.C. Yoser. 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA, Agricultural Research Service, Agricultural Handbook Number 703.

Roose, E. 1977. Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest-vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. *Travaux et Documents de l'ORSTOM* No. 78, ORSTOM, Paris.

Smithen A.A. and R.E. Schulze. 1982. The spatial distribution in Southern Africa of rainfall erosivity for use in the universal soil loss equation. *Water S. Afr.*, 8(2):74-78.

Stocking, M.A. 1987. A methodology for erosion hazard mapping of the SADCC region. Rep. No. 9, Maseru, SADCC, Maseur, Lesotho, Africa, 33 p.

7 ANEXOS

7.1 Resumen de estadísticas de función NDVI – Factor C

Tabla 7.1: Resumen estadísticas descriptivas

	NDVI	C
Mínimo	0,051	0,000
Primer cuartil	0,107	15,000
Mediana	0,346	55,000
Tercer cuartil	0,565	100,000
Máximo	0,936	100,000
Rango	0,885	100,000
Suma	111,572	17174,000
Media	0,352	54,177
Media geométrica	0,257	
Media armónica+	0,179	
Curtosis (Pearson)	-1,191	-1,690
Asimetría (Pearson)	0,355	-0,022
Curtosis	-1,179	-1,690
Asimetría	0,358	-0,022
CV (desviación típica/media)	0,688	0,739
Varianza de muestra	0,059	1597,521
Varianza estimada	0,059	1602,576
Desviación típica de muestra	0,242	39,969
Desviación típica estimada	0,242	40,032
Desviación típica media	0,214	37,053
Desviación absoluta mediana	0,233	45,000
Desviación típica de la media	0,014	2,248
Límite inf. IC de la media*	0,325	49,753
Límite sup. IC de la media*	0,379	58,600

*Intervalo de confianza (95%)

7.2 Mapa de factores del modelo RUSLE

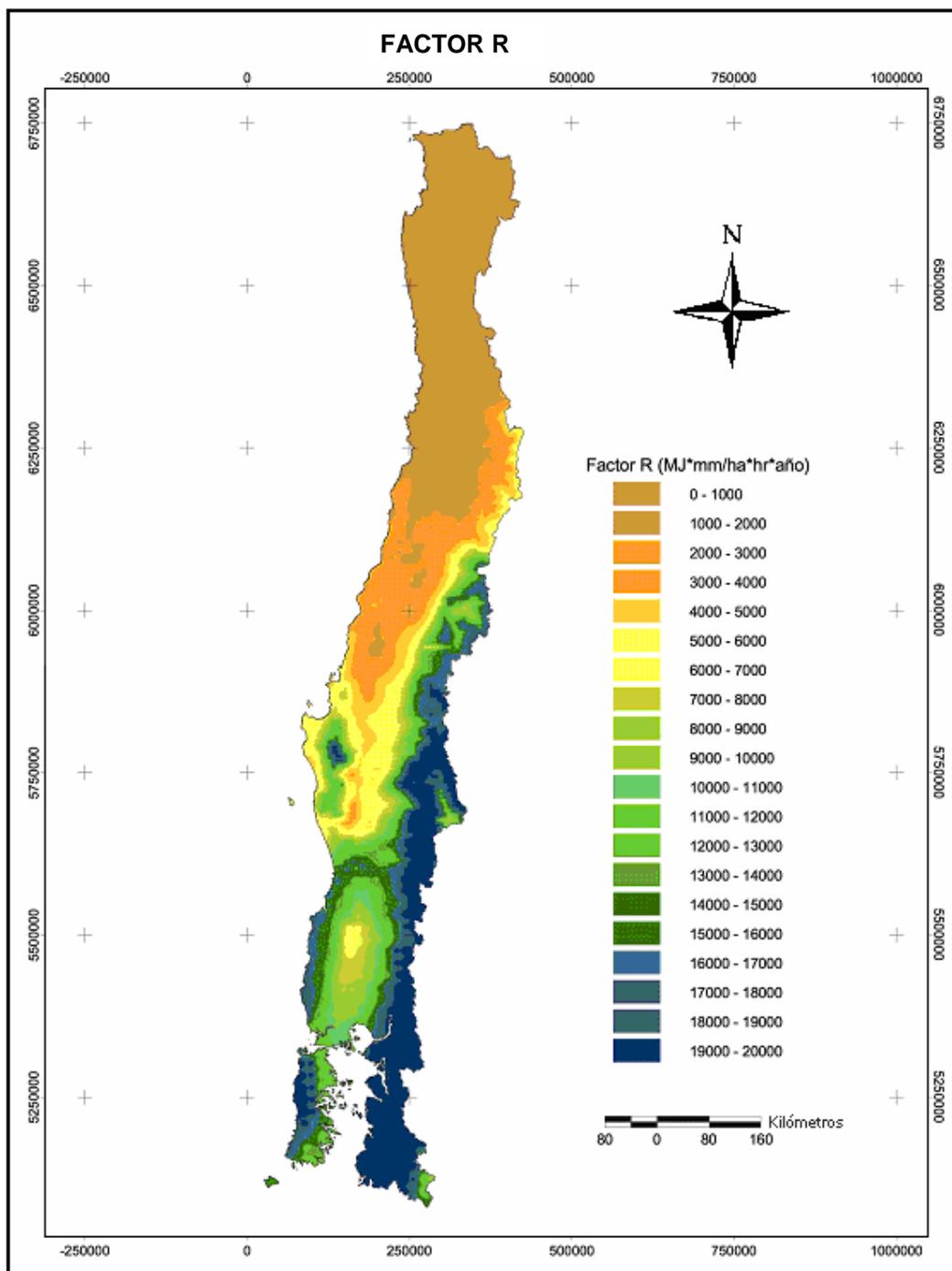


Figura 7.2.1 Erosividad de las precipitaciones. Regiones III, IV, V, RM, VI, VII, VIII, IX, X y XIV
MJ = Mega Joule (10^6 joule), mm = milímetros, ha = hectáreas, hr = hora.

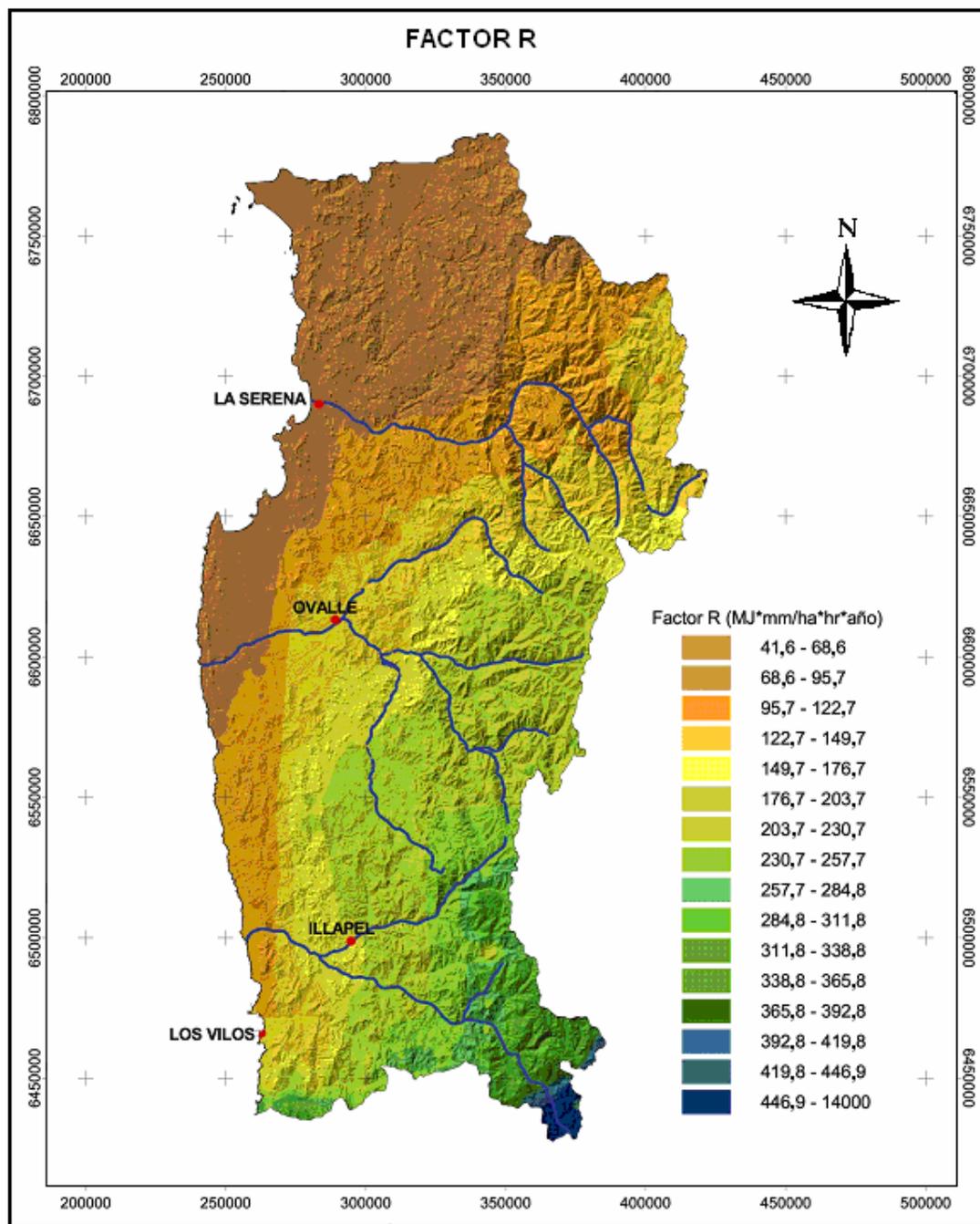


Figura 7.2.2 Erosividad de las precipitaciones, Región de Coquimbo.
 MJ = Mega Joule (10^6 joule), mm = milímetros, ha = hectáreas, hr = hora

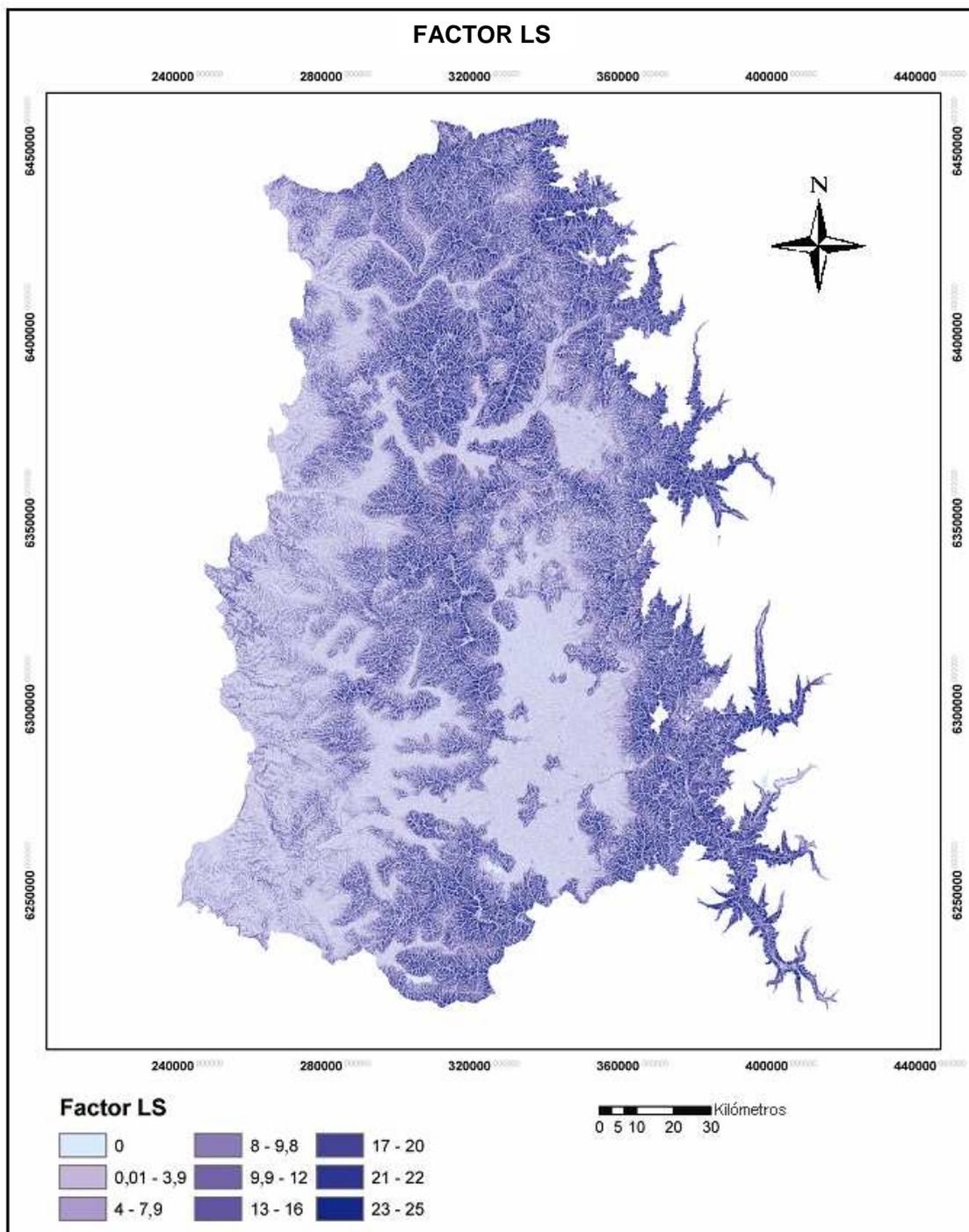


Figura 7.2.3. Factor de longitud y pendiente. Regiones de Valparaíso y Metropolitana. Los valores 0 muestran las zonas planas del terreno. Valores sobre 20, indican laderas con fuertes pendientes y extensas longitudes de ladera.

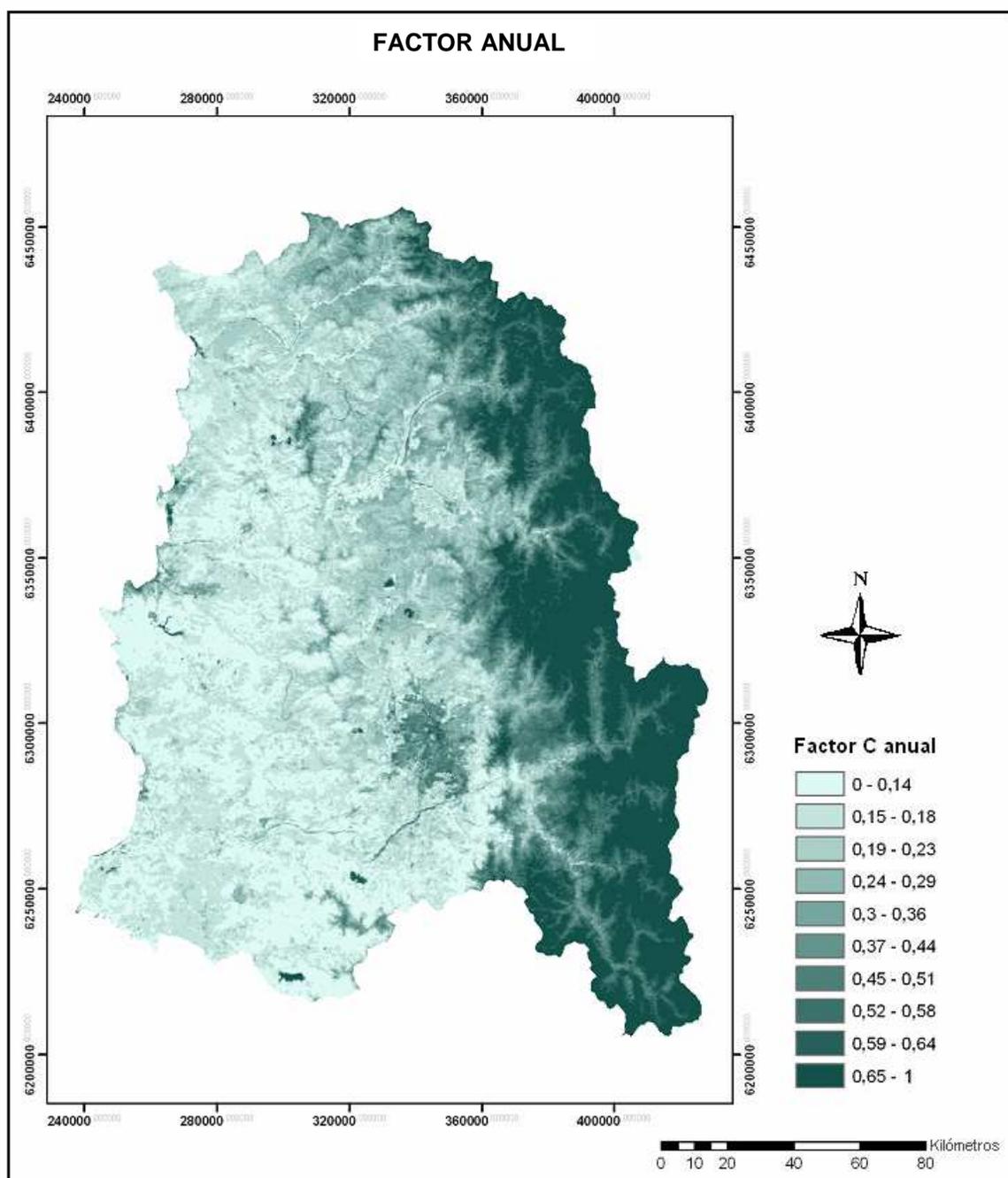


Figura 7.2.4 Factor de cobertura vegetal. Valor anual estimado en base a ponderación entre los valores de C mensuales y la erosividad de las precipitaciones mensuales. Valores cercanos a 0 indican mayor cobertura. Valores cercanos a 1 muestran zonas descubiertas de vegetación

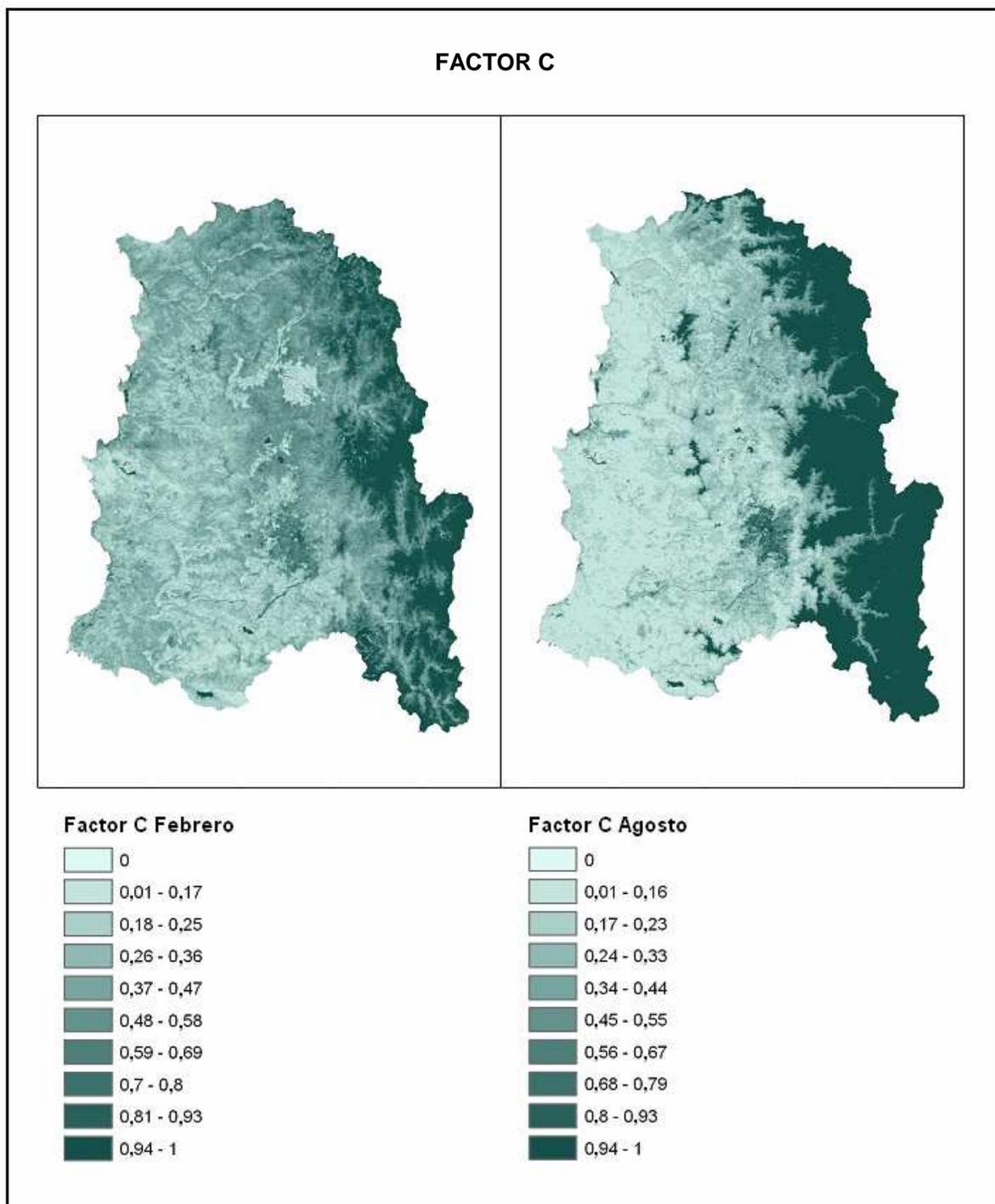


Figura 7.2.5 Factor cobertura vegetal de febrero (baja cobertura) y agosto (alta cobertura). Región de Valparaíso y Metropolitana. Valores cercanos a 0 indican mayor cobertura, valores cercanos a 1 muestran zonas descubiertas de vegetación

Resultados de la aplicación modelo RUSLE

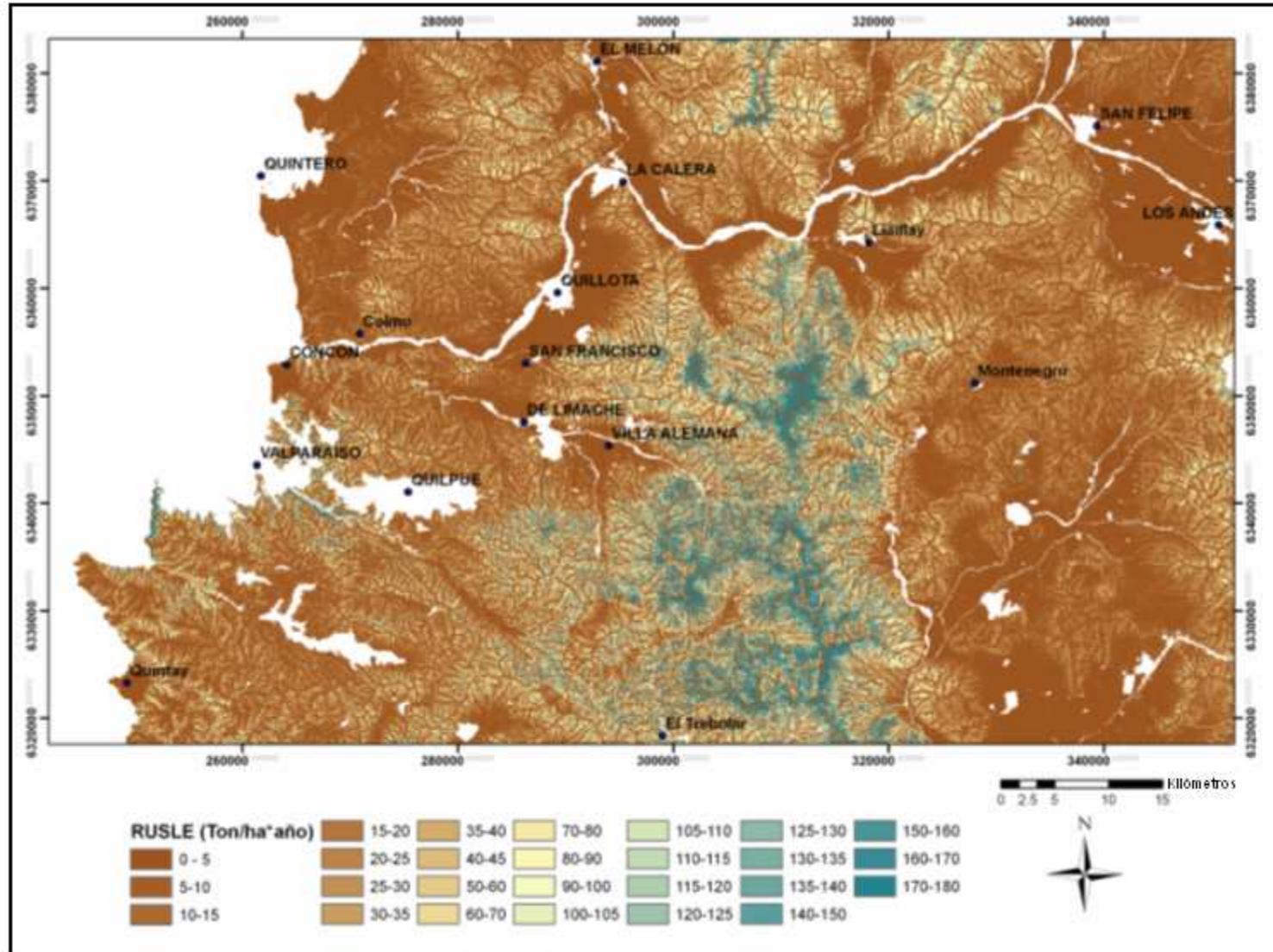


Figura 7.3.1 Pérdidas potenciales de suelo Región de Valparaíso

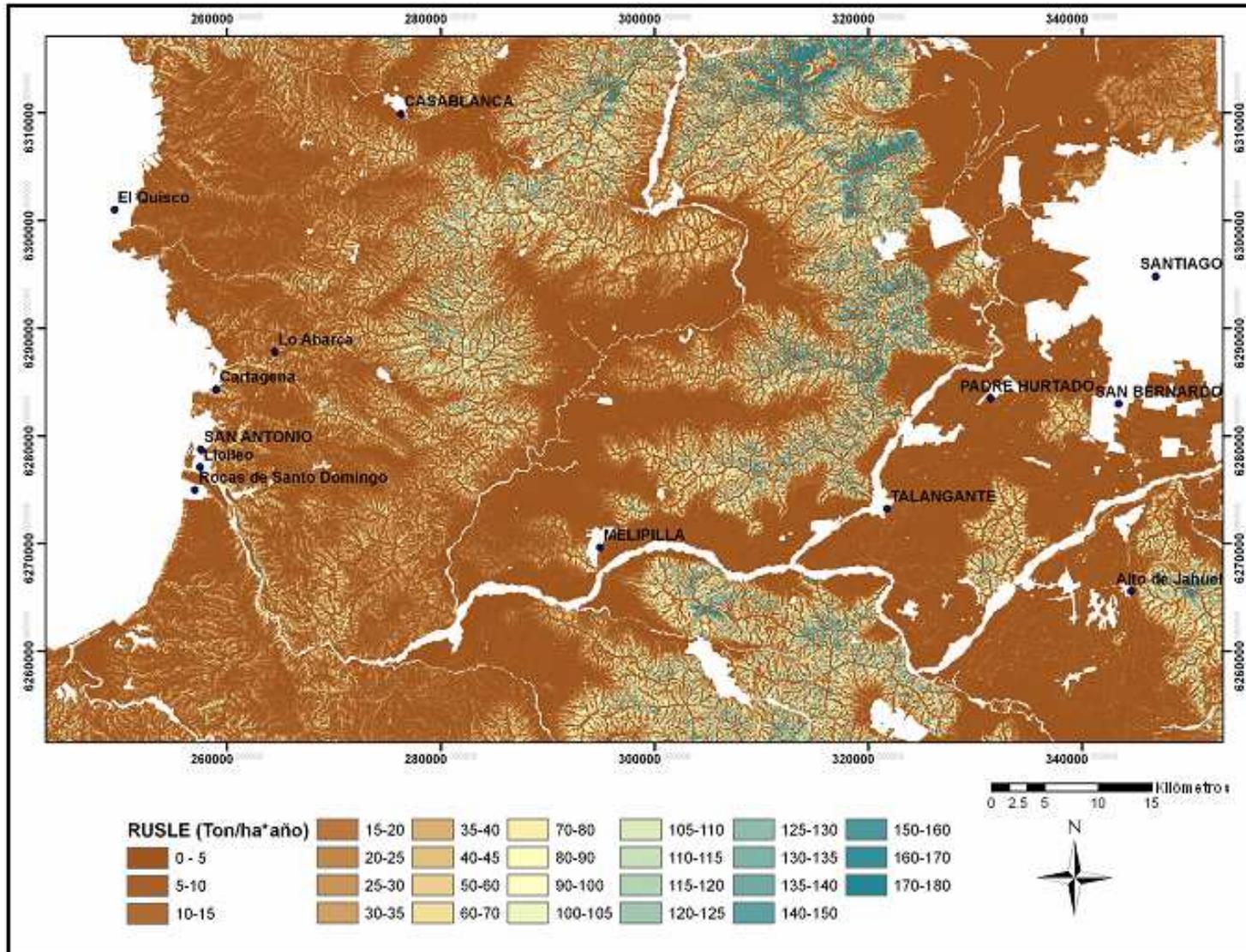


Figura 7.3.2 Pérdidas potenciales de suelo. Regiones de Valparaíso y Metropolitana

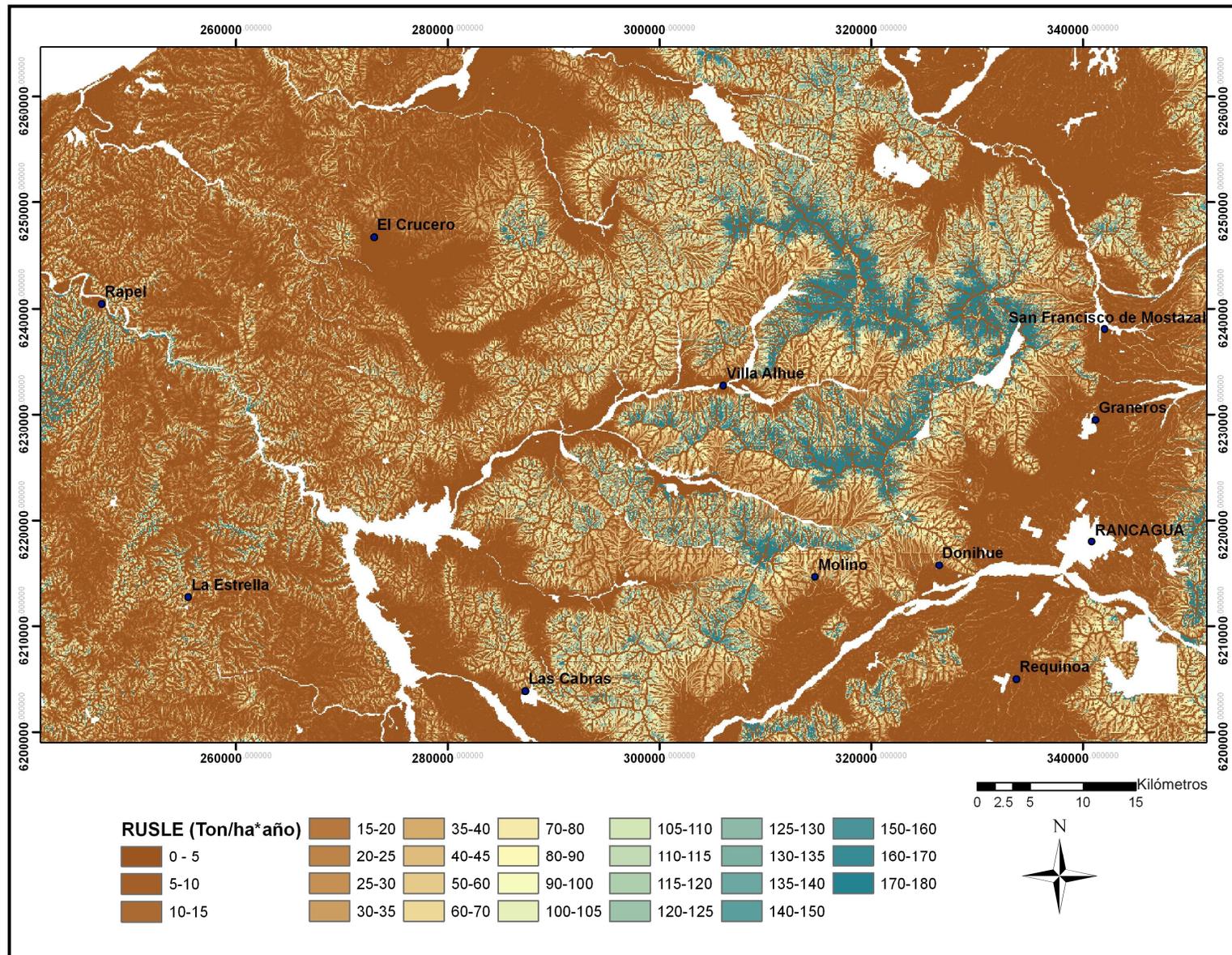


Figura 7.3.3 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Libertador Bernardo O'Higgins

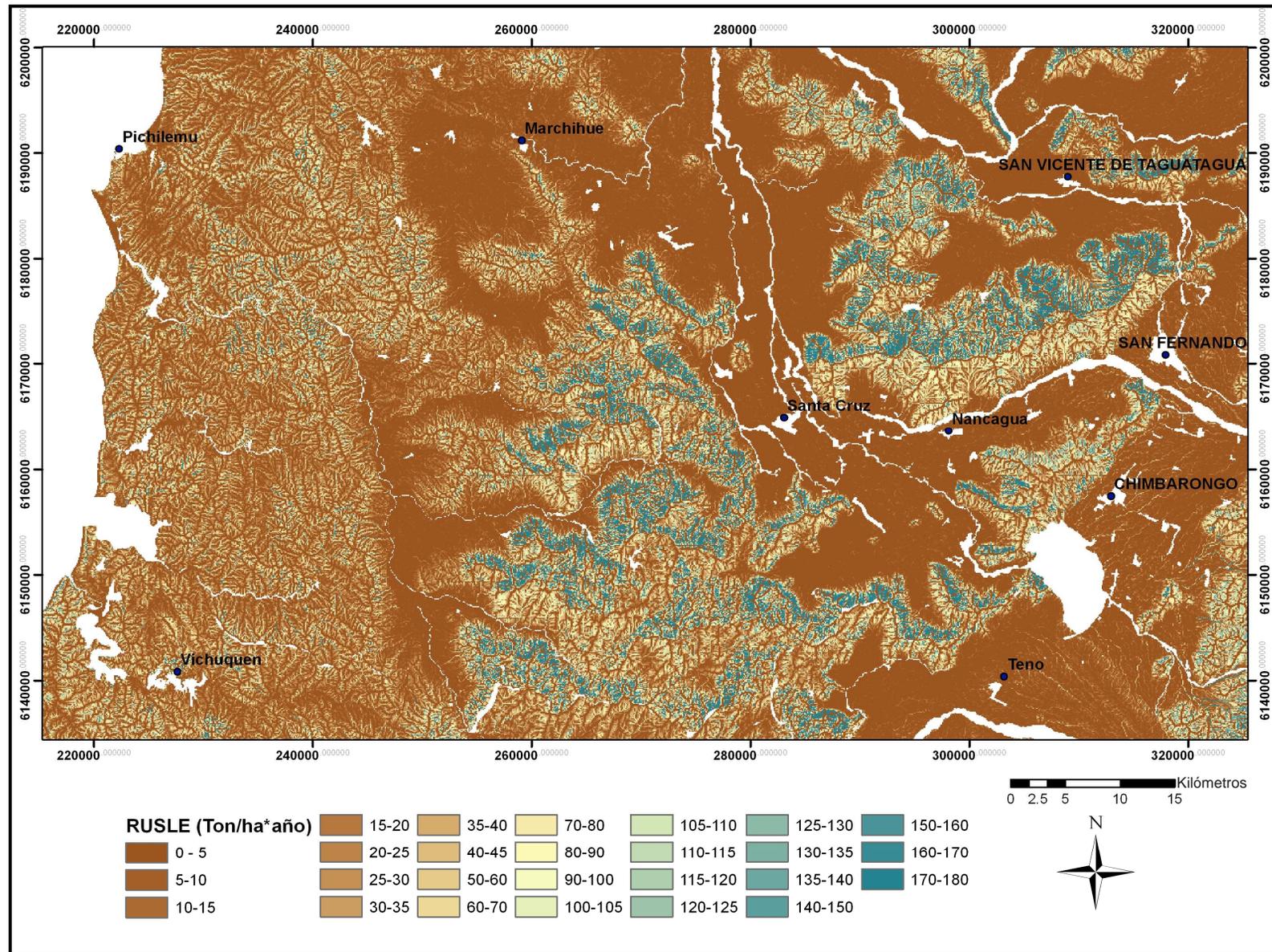


Figura 7.3.4 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Libertador Bernardo O'Higgins

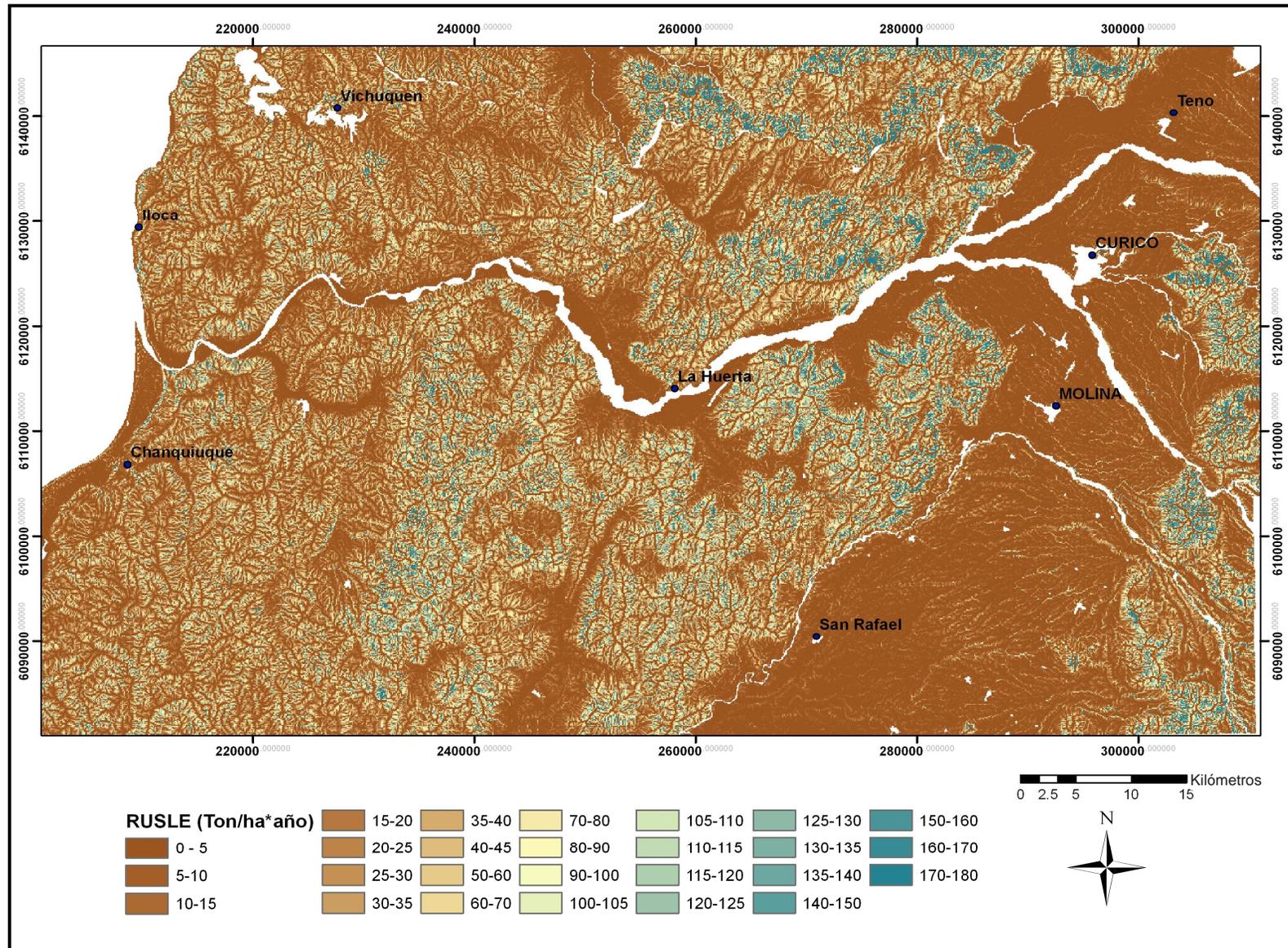


Figura 7.3.5 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Maule

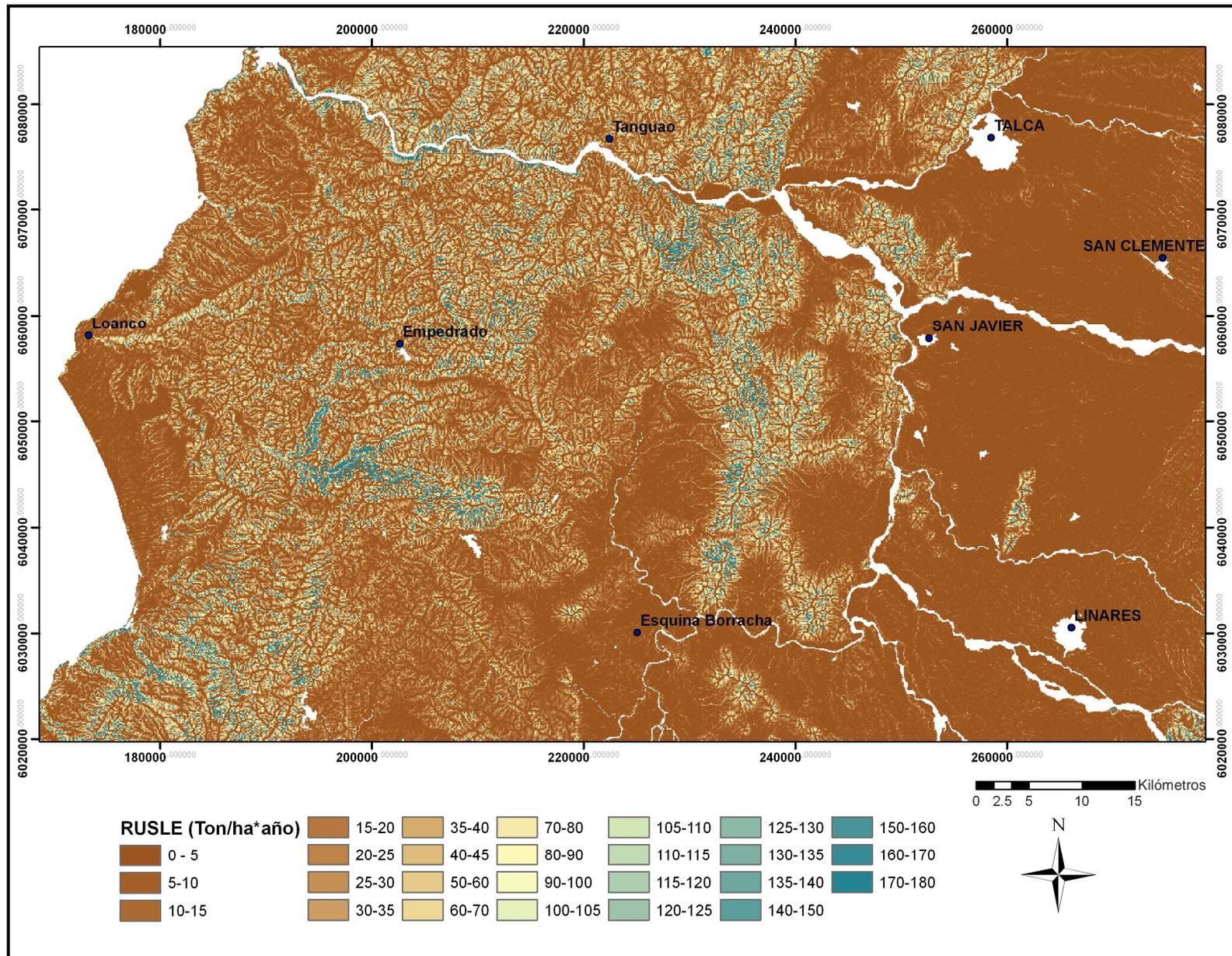


Figura 7.3.6 Pérdidas potenciales de suelo. Región del Maule

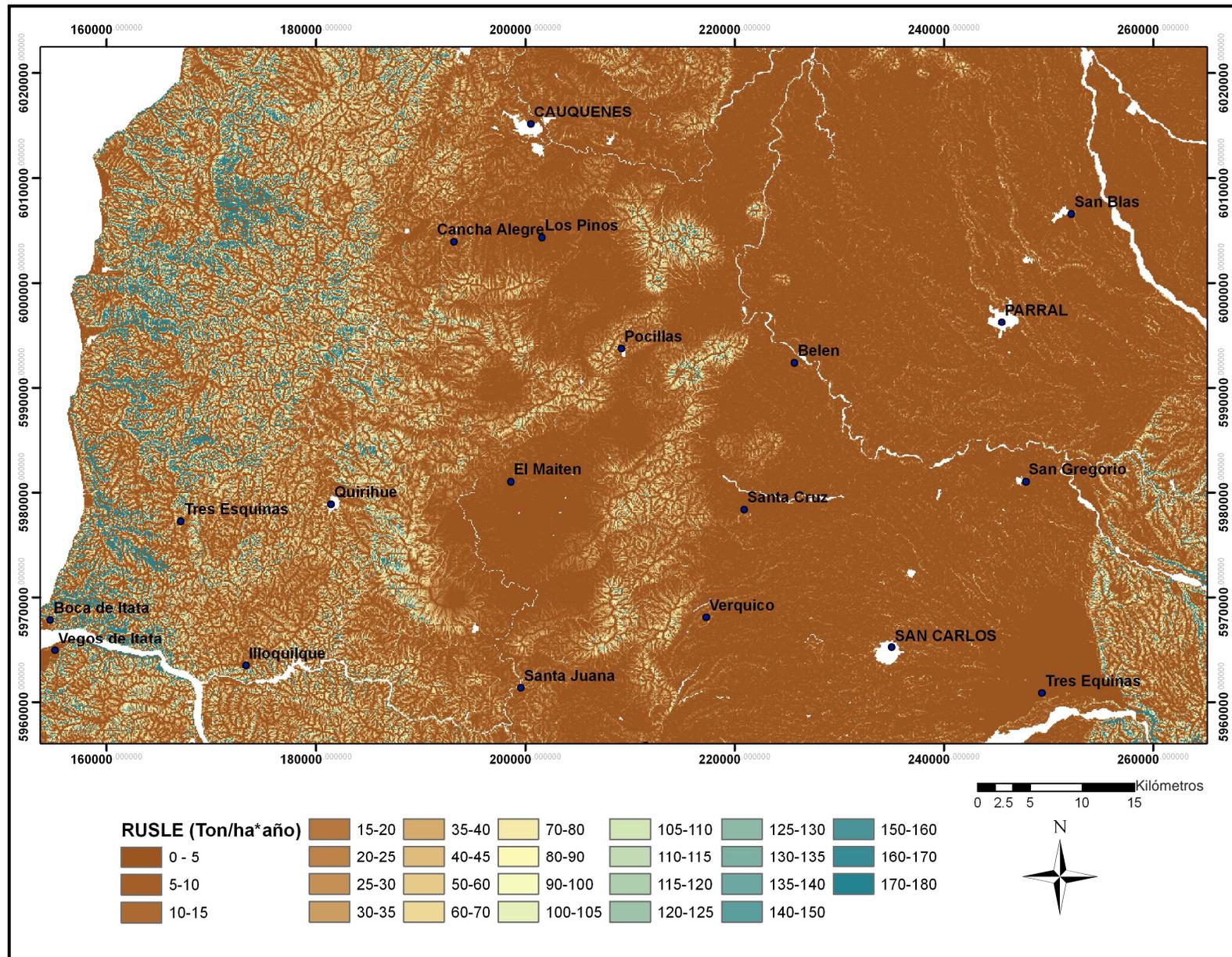


Figura 7.3.7 Pérdidas potenciales de suelo. Regiones del Maule y Bío Bío

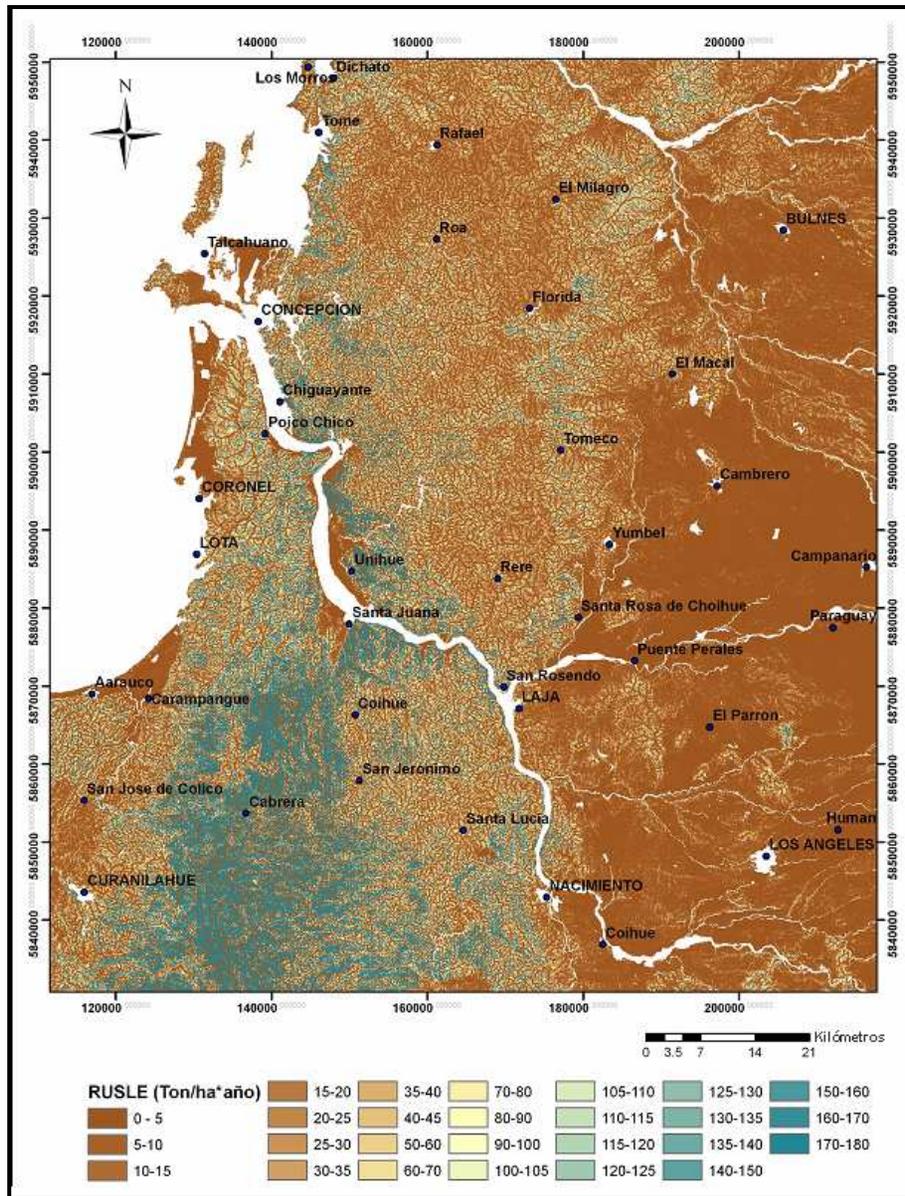


Figura 7.3.8 Pérdidas potenciales de suelo. Costa Región del Bío Bío

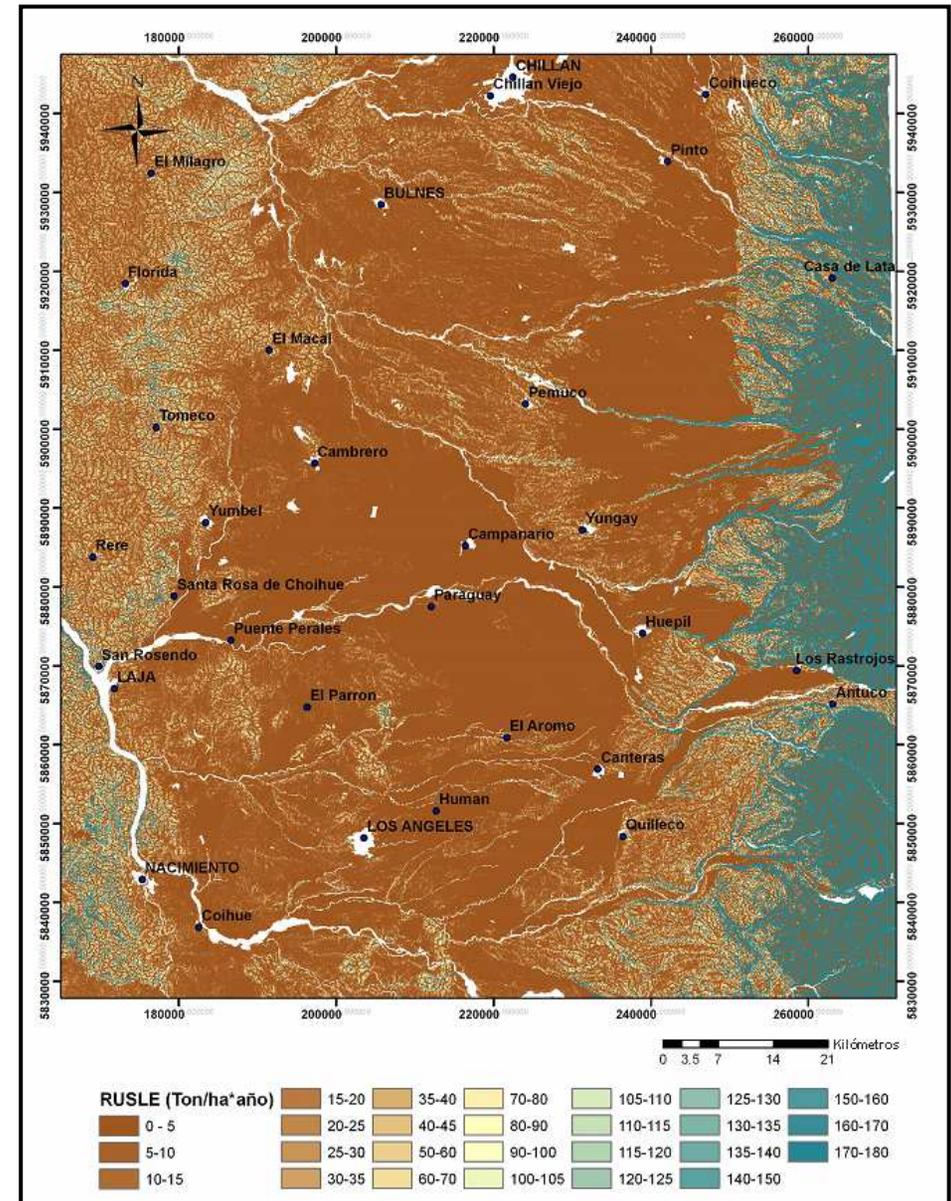


Figura 7.3.9 Pérdidas potenciales de suelo. Valle central, Región del Bío Bío

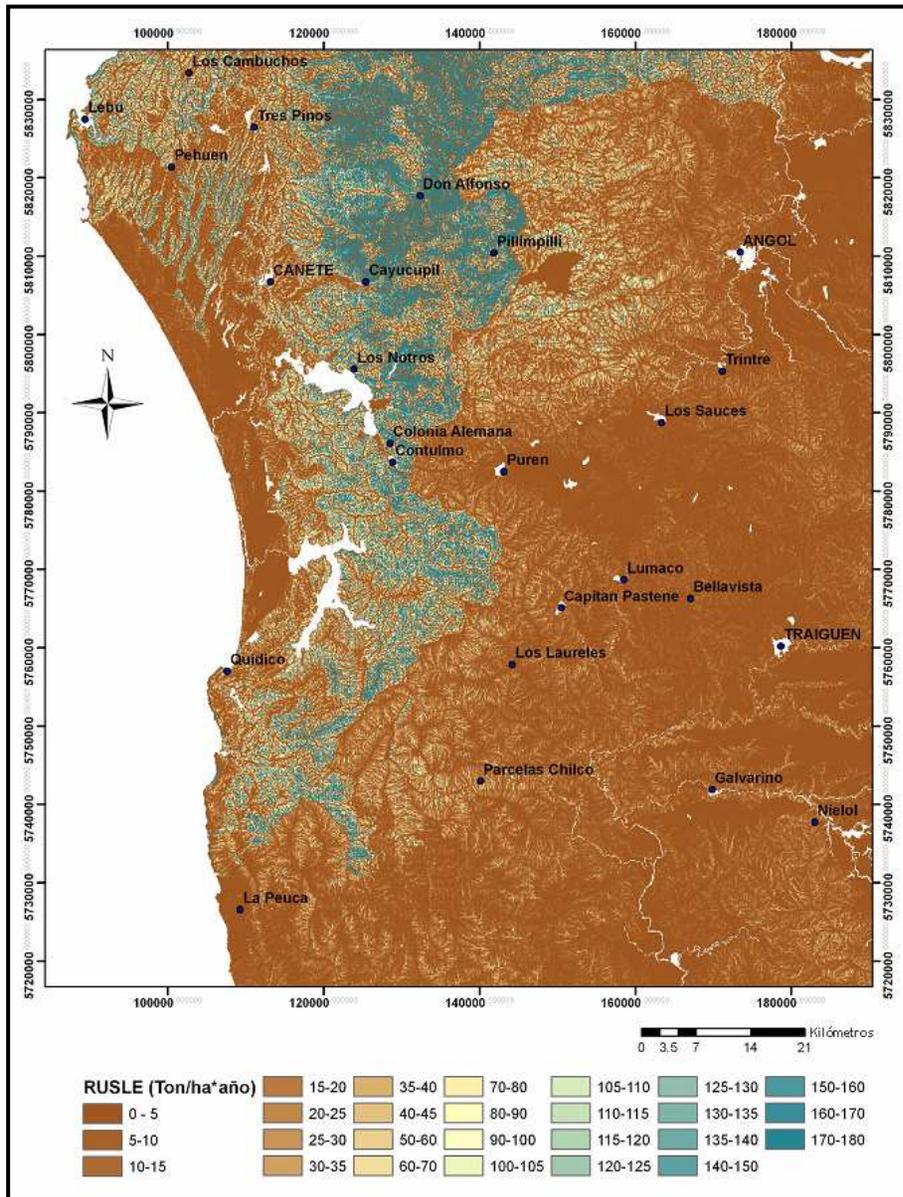


Figura 7.3.10 Pérdidas potenciales de suelo. Costa regiones del Bío Bío y de la Araucanía

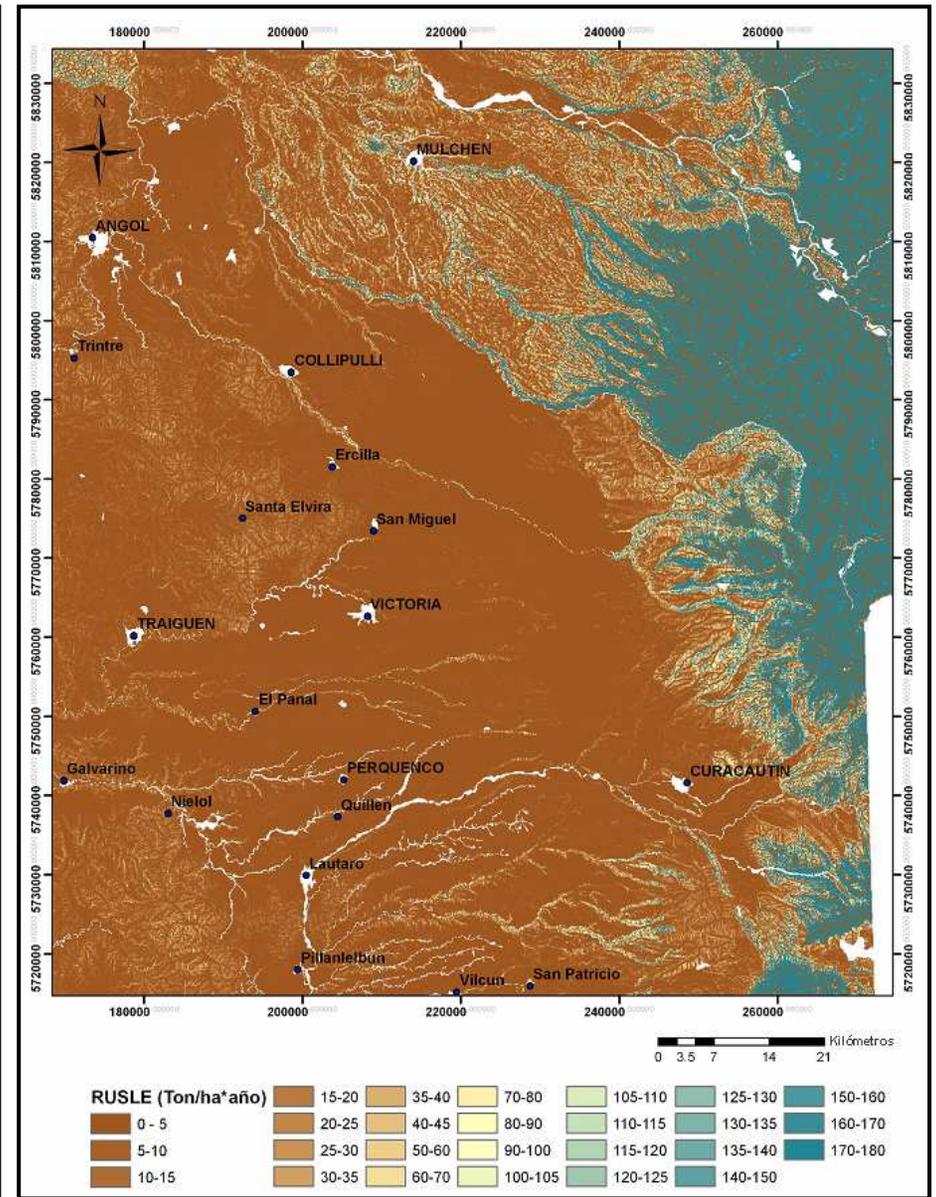


Figura 7.3.11 Pérdidas potenciales de suelo. Valle central regiones del Bío Bío y de la Araucanía

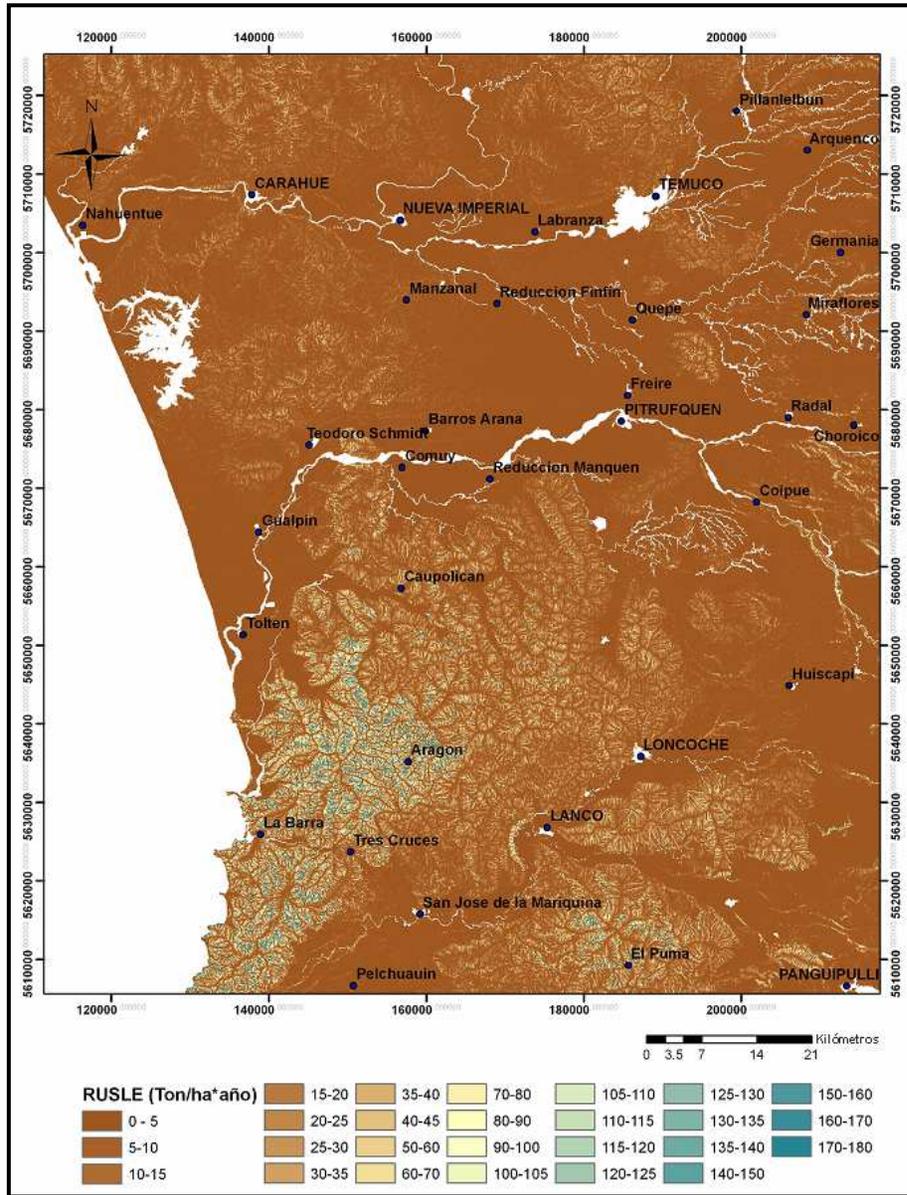


Figura 7.3.12 Pérdidas potenciales de suelo. Costa Región de la Araucanía

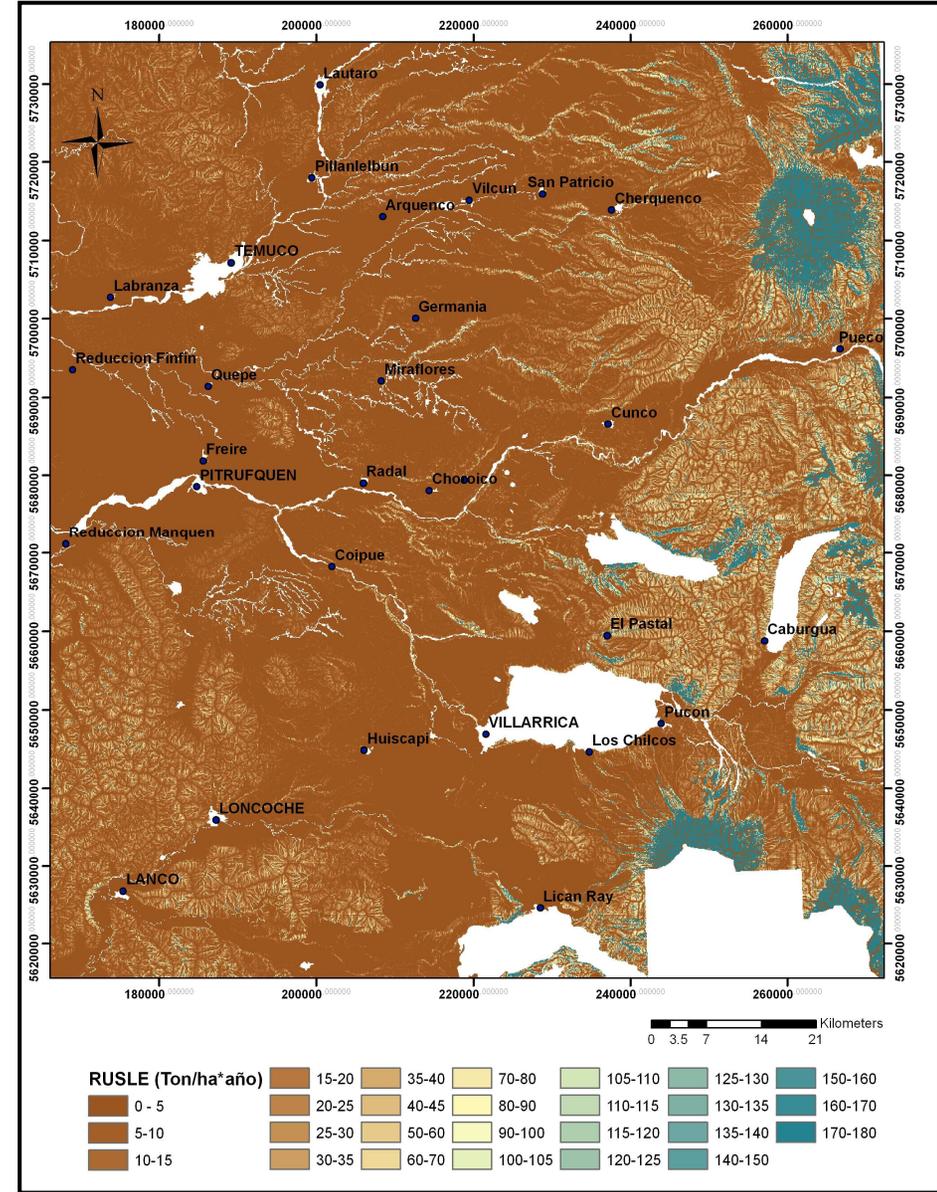


Figura 7.3.13 Pérdidas potenciales de suelo. Valle central Región de la Araucanía

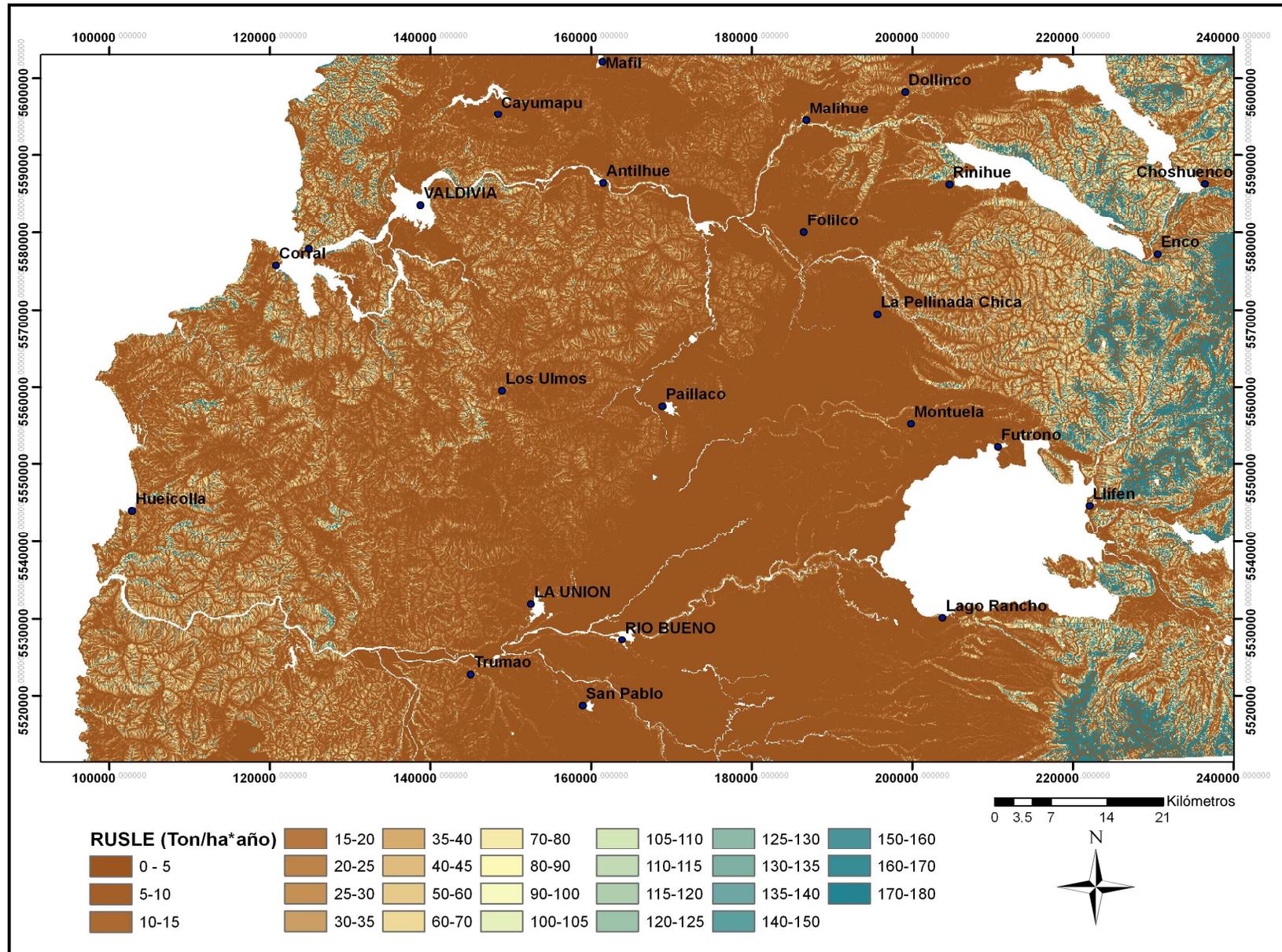


Figura 7.3.14 Pérdidas potenciales de suelo. Regiones de Los Ríos y de Los Lagos

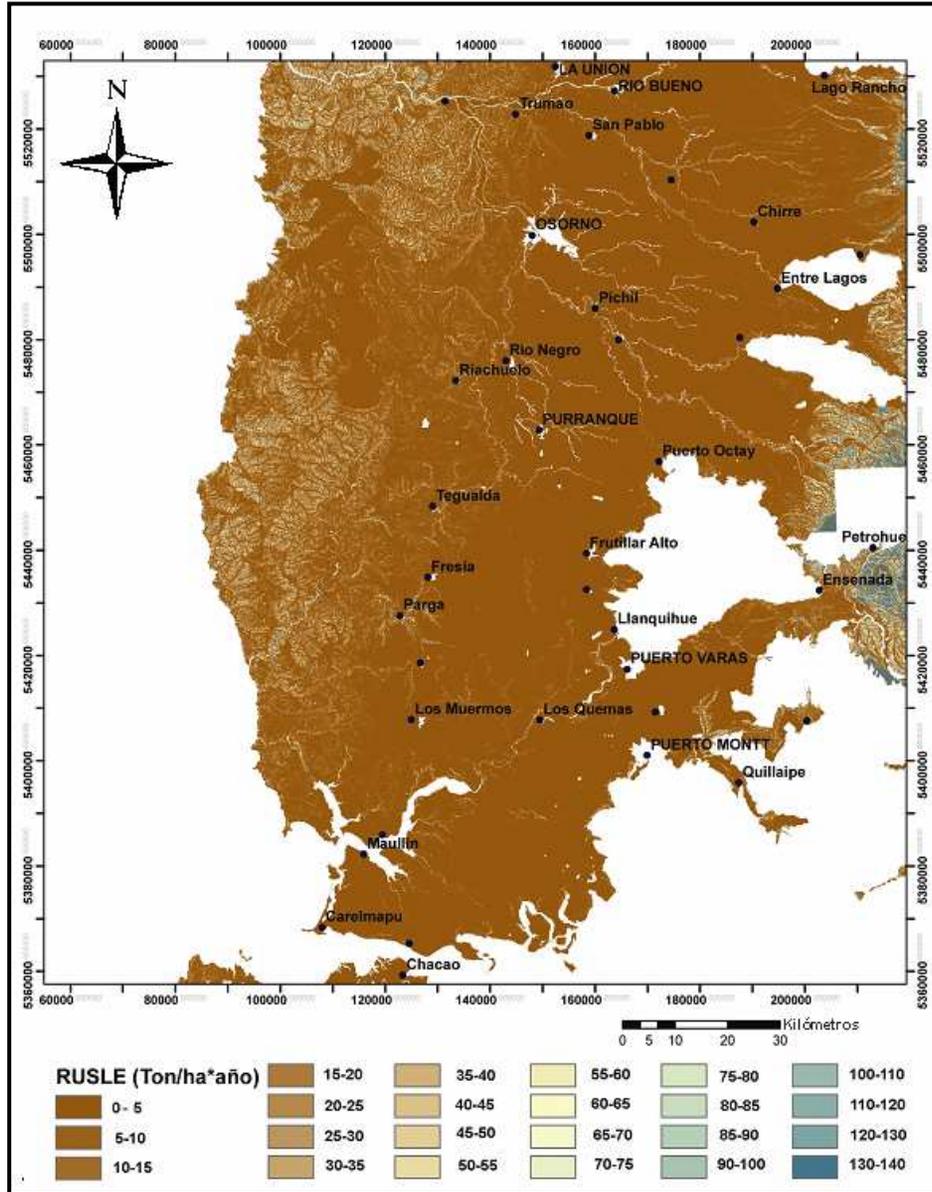


Figura 7.3.15 Pérdidas potenciales de suelo. Región de Los Lagos

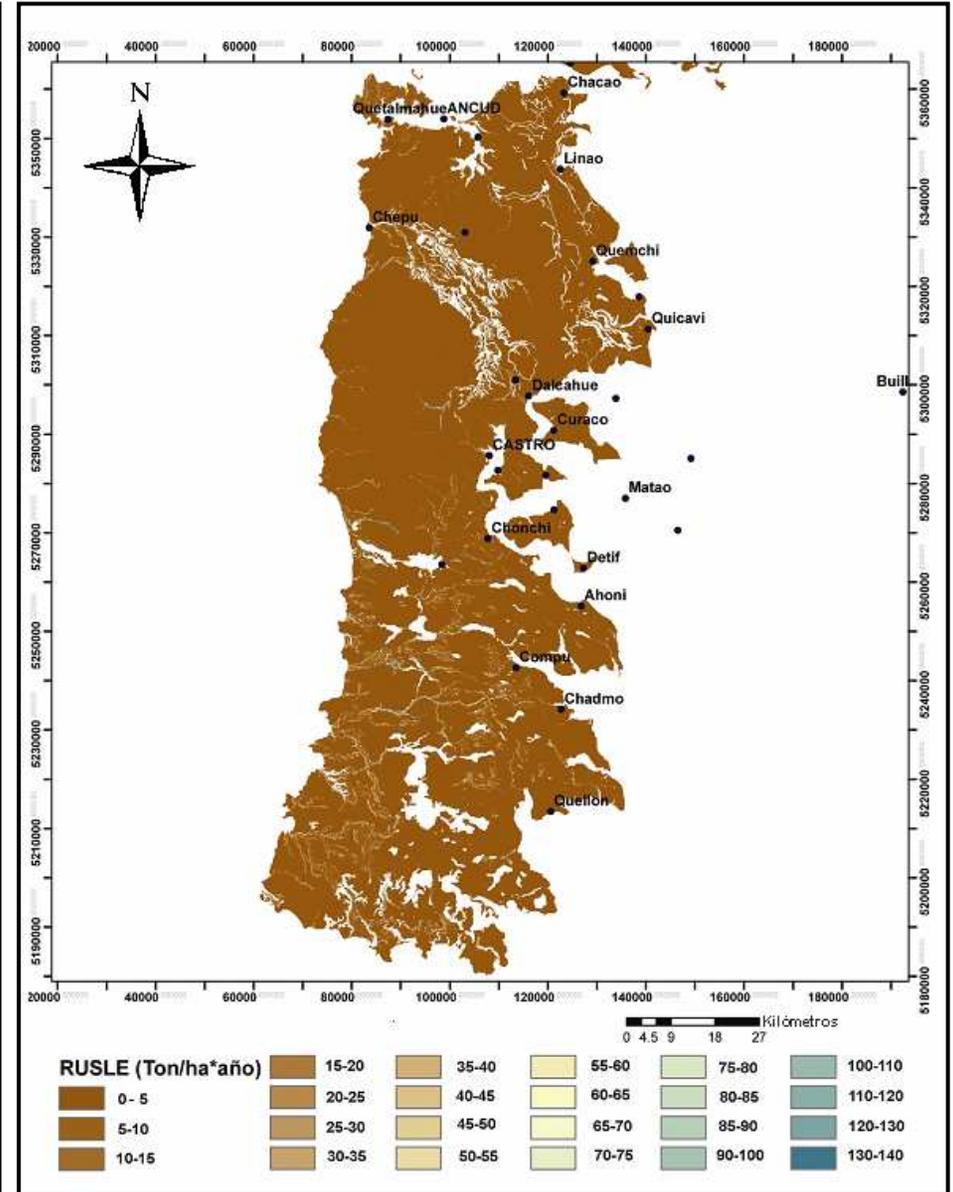


Figura 7.3.16 Pérdidas potenciales de suelo. Isla de Chiloé

7.4 Zonas con disminución de productividad de biomasa en terrenos con riesgo de erosión

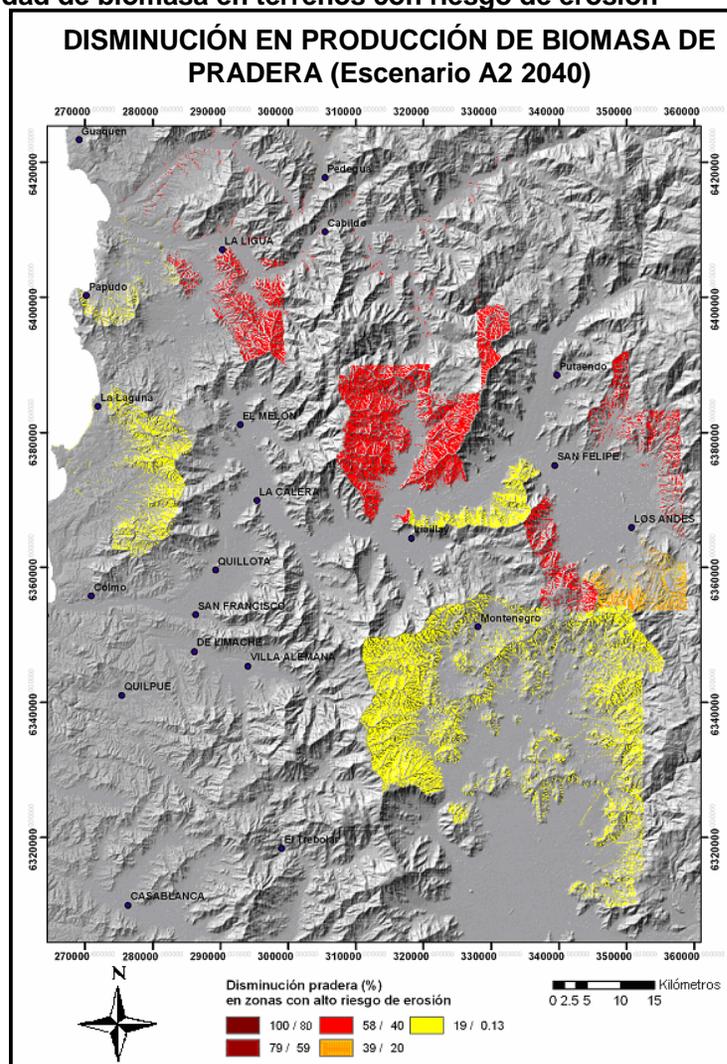


Figura 7.4.1 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Región de Valparaíso. Escenario A2 2040

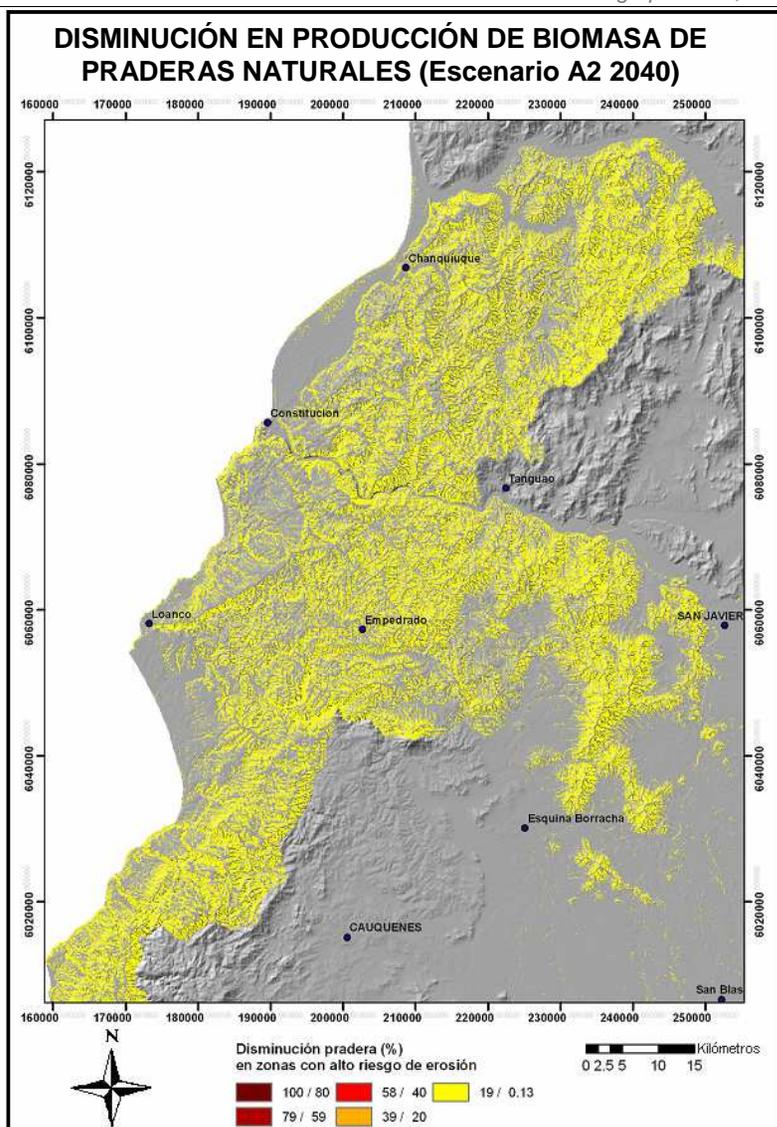


Figura 7.4.2 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa Región del Maule. Escenario A2 2040

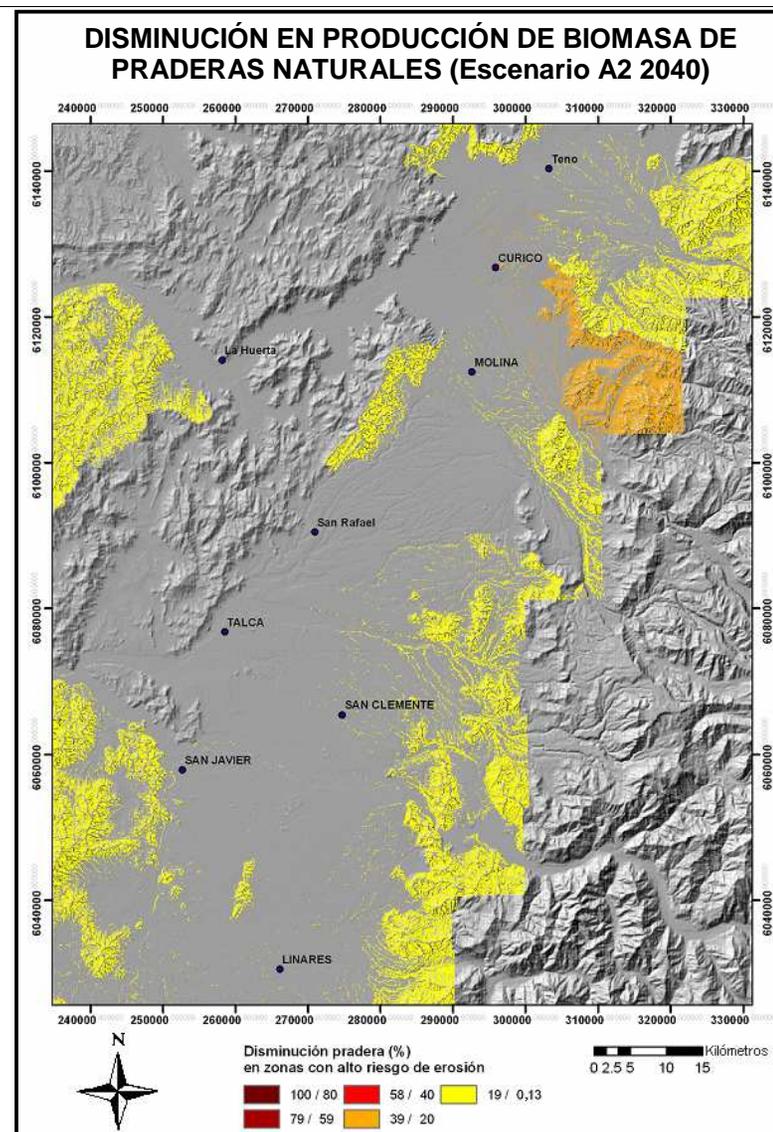


Figura 7.4.3 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central Región de Maule. Escenario A2 2040

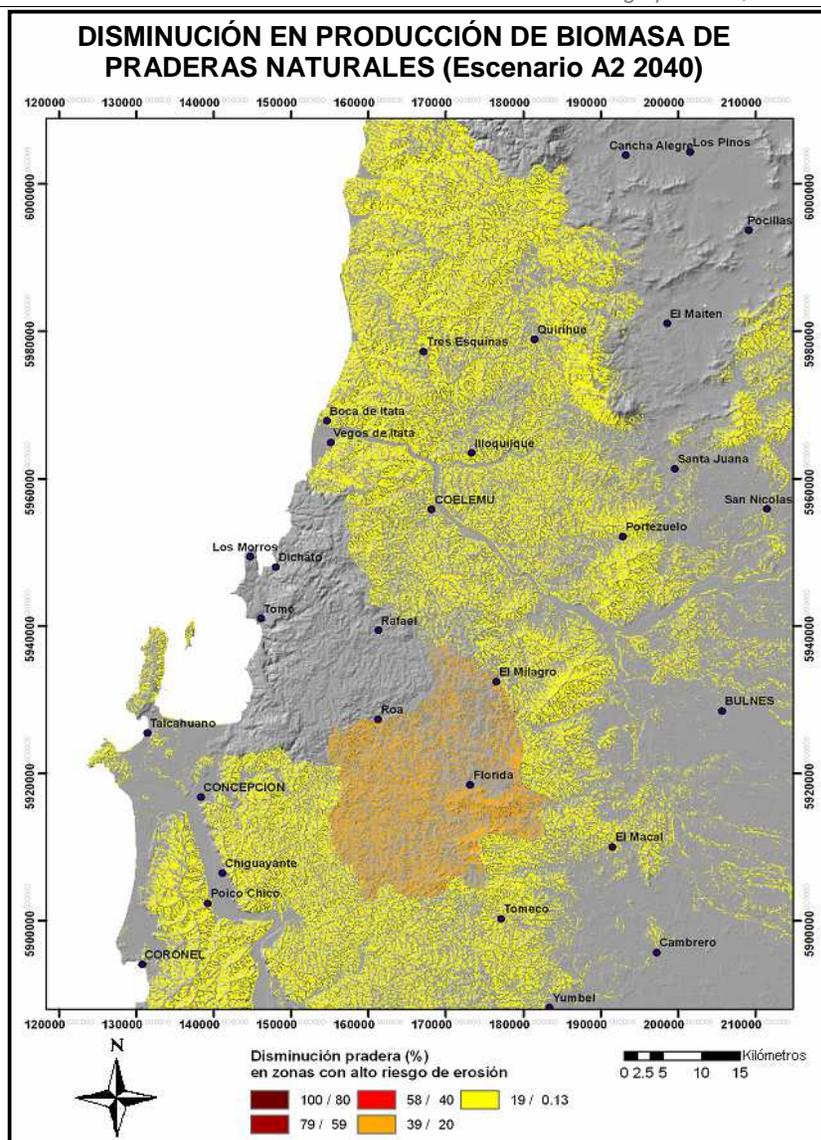


Figura 7.4.4 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa Región del Bío Bío. Escenario A2 2040

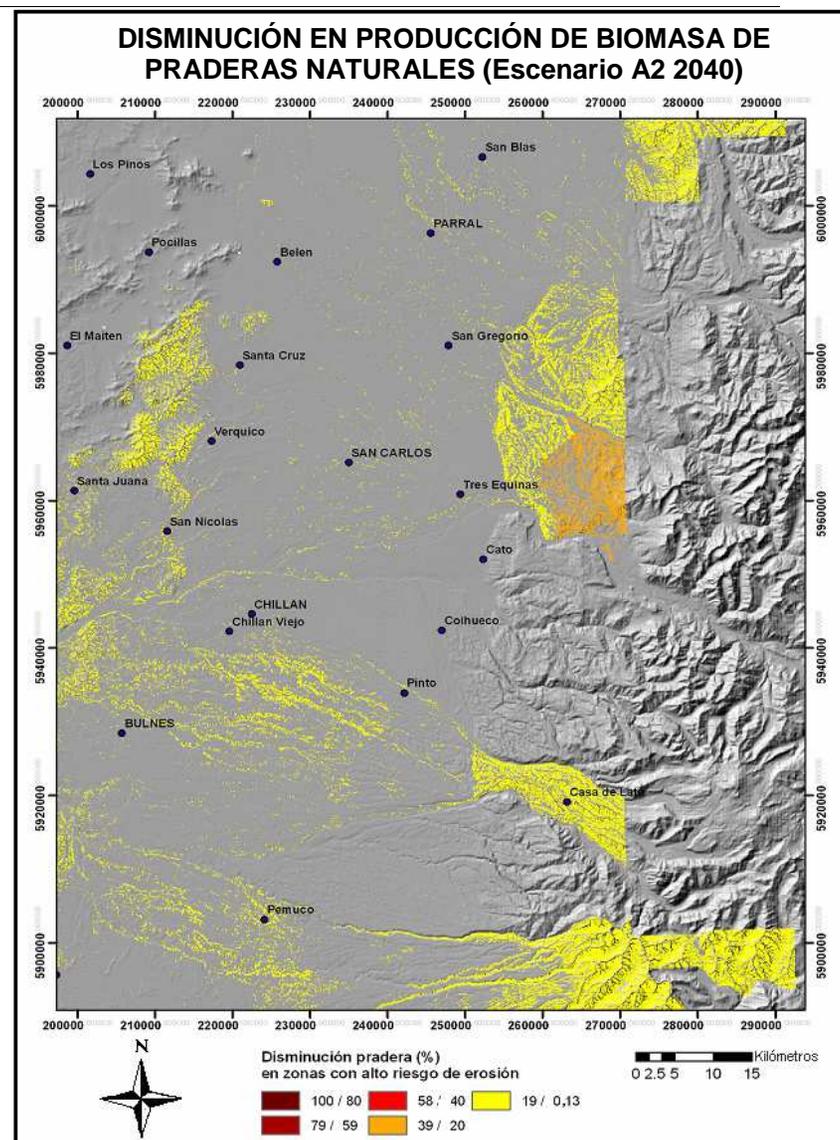


Figura 7.4.5 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central Región de Bío Bío. Escenario A2 2040

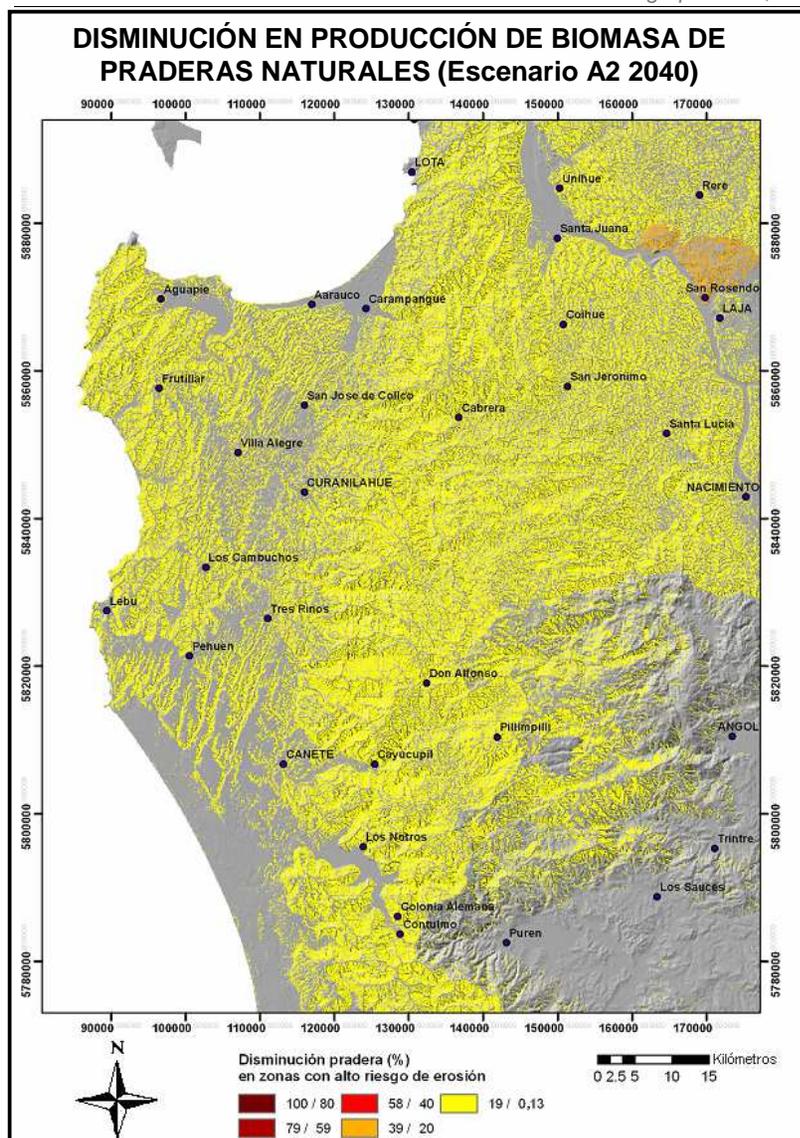


Figura 7.4.6 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa regiones del Bío Bío y de la Araucanía. Escenario A2 2040

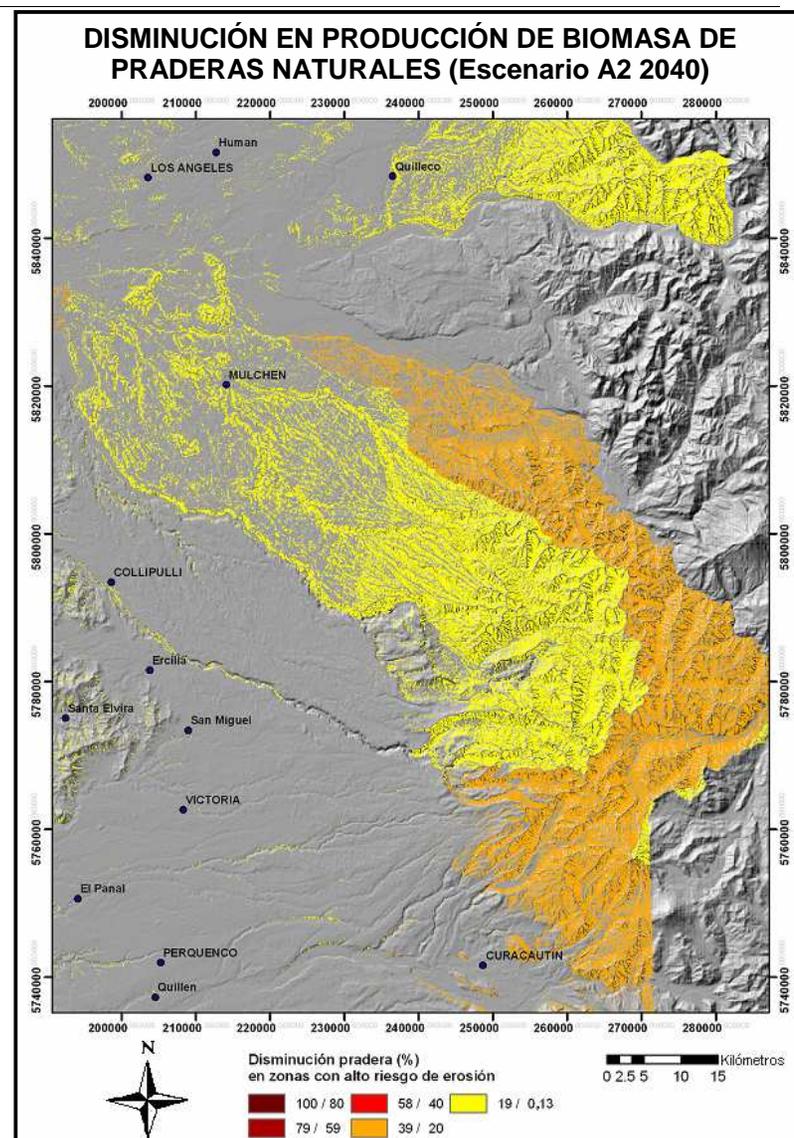


Figura 7.4.7 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central regiones del Bío Bío y de la Araucanía. Escenario A2 2040

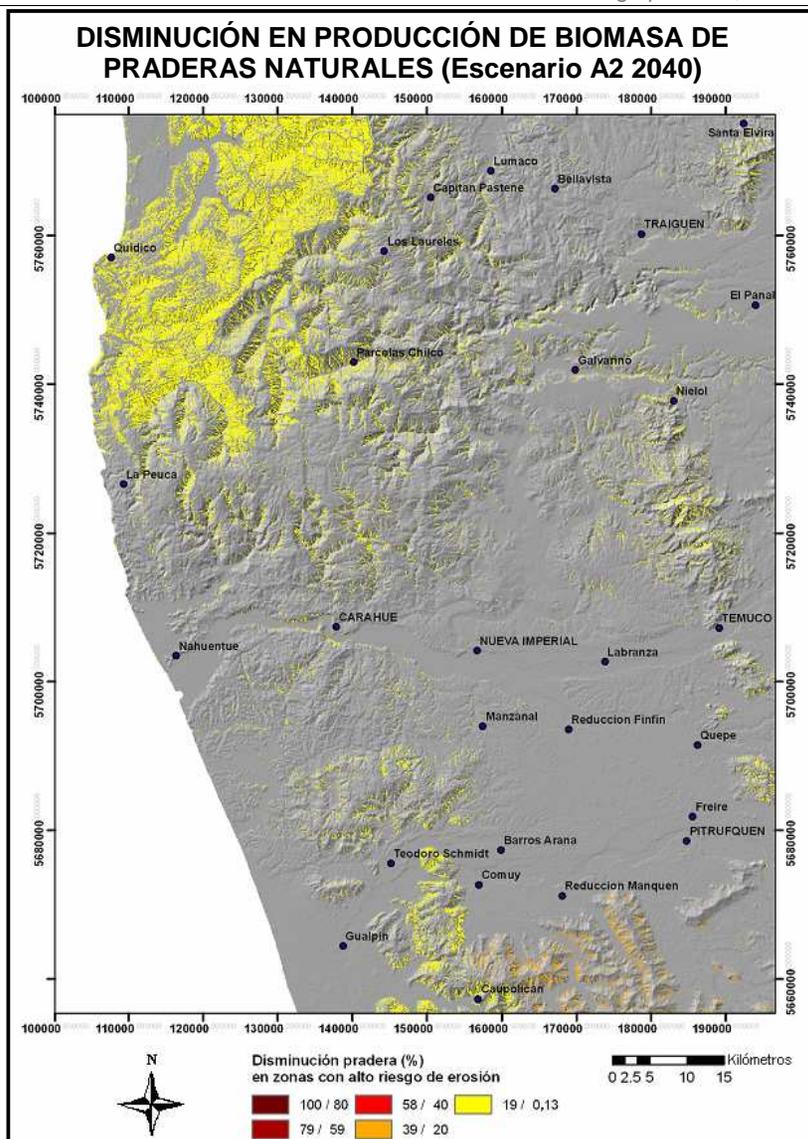


Figura 7.4.8 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa regiones de Los Ríos y de la Araucanía. Escenario A2 2040

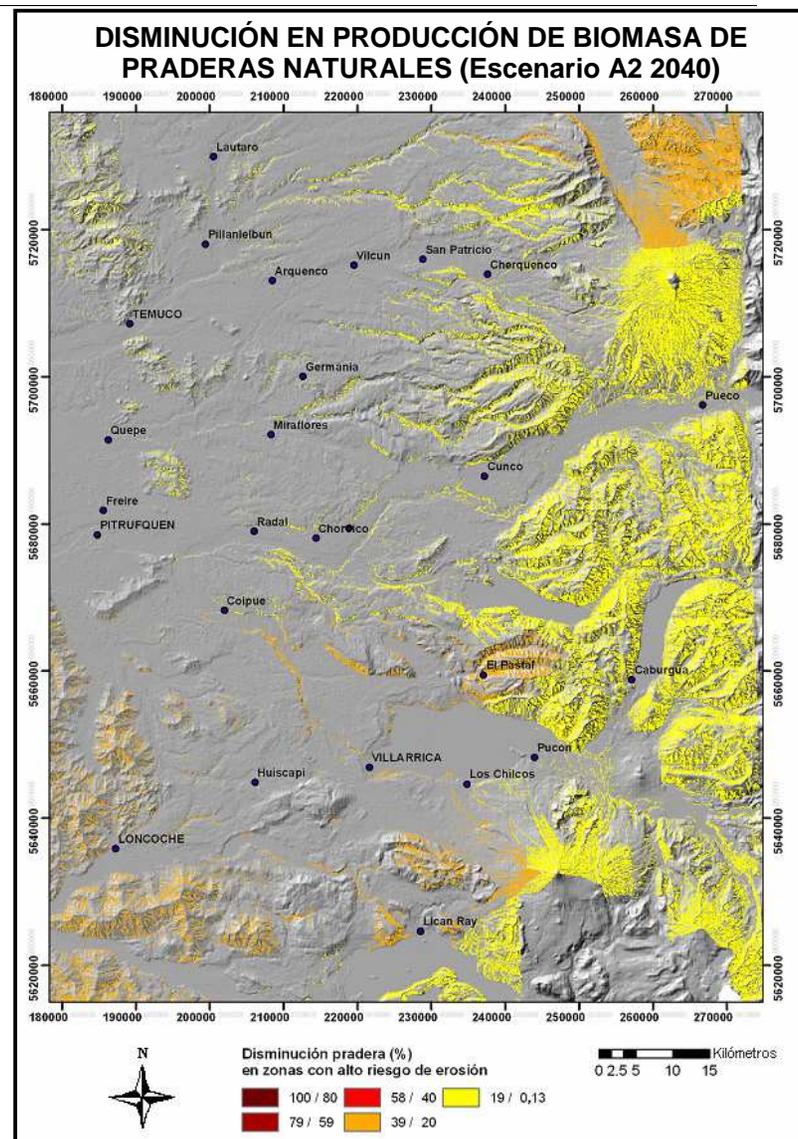


Figura 7.4.9 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central regiones de Los Ríos y de la Araucanía. Escenario A2 2040

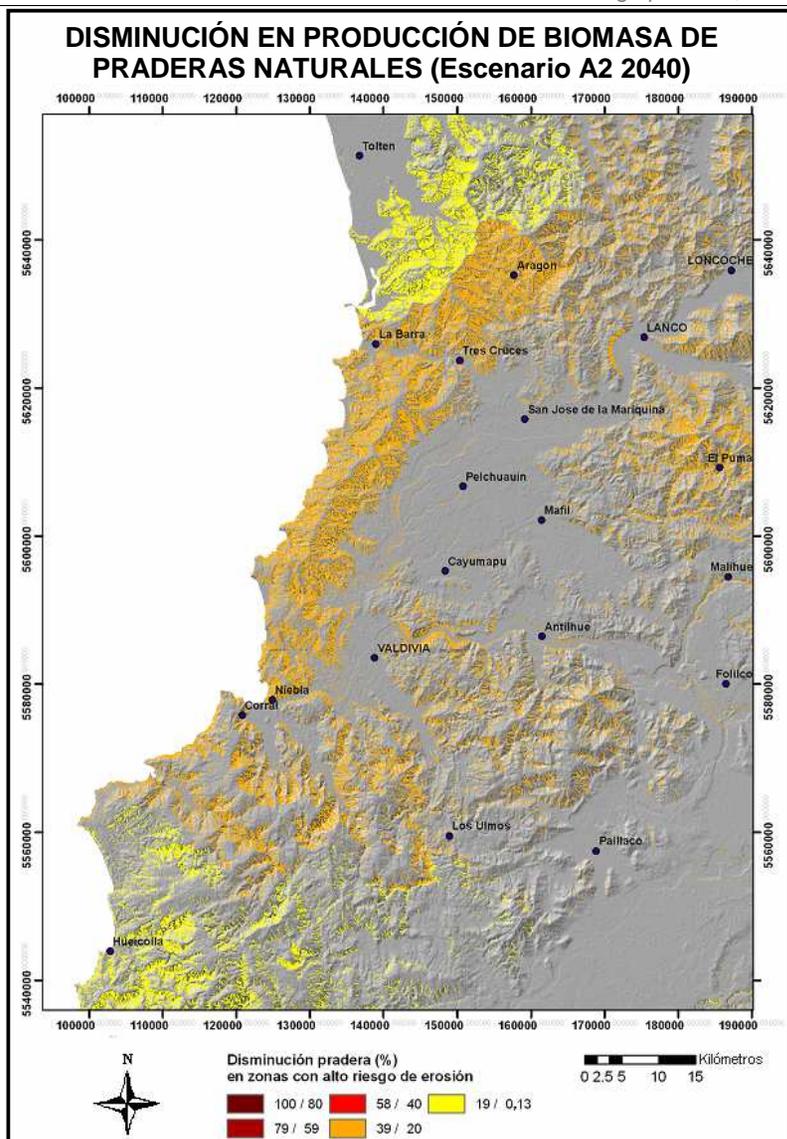


Figura 7.4.10 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Costa Región de Los Ríos. Escenario A2 2040

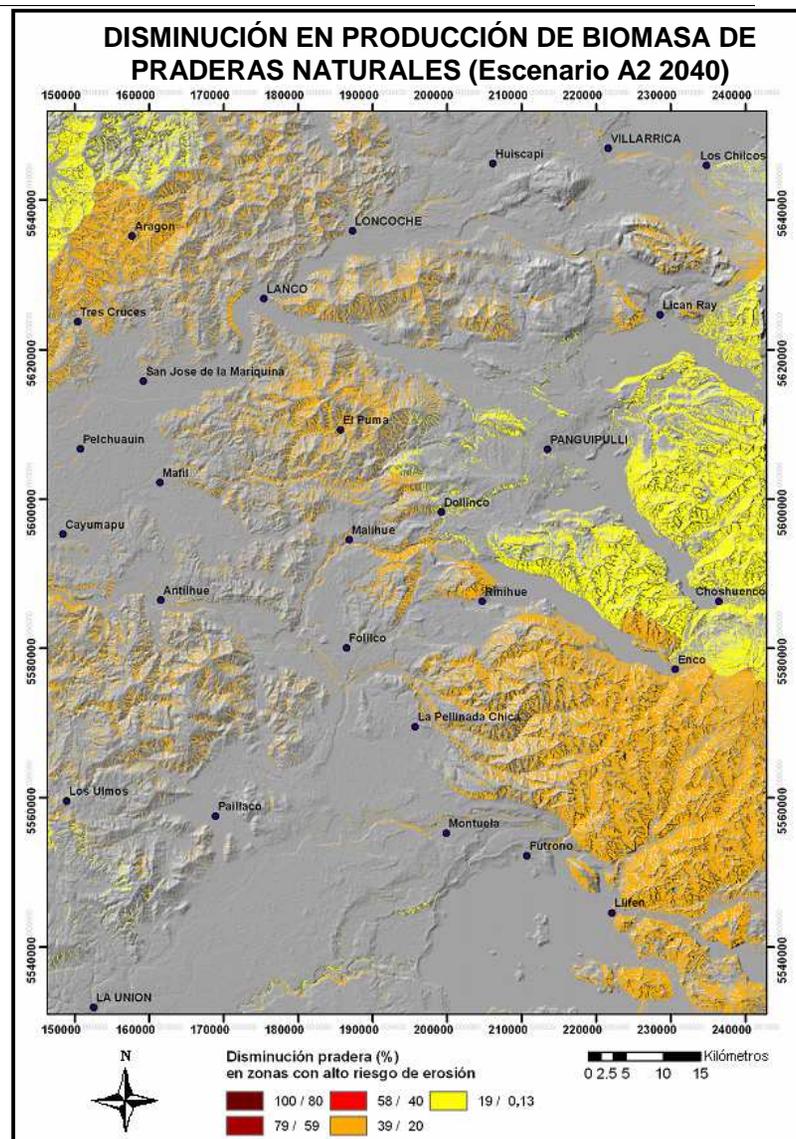


Figura 7.4.11 Zonas de aumento de riesgo de erosión. Valle central Región de Los Ríos

7.5 Zonas con disminución de la producción de biomasa de pradera natural bajo el escenario A2 2040

Tabla 7.5.1 Rendimiento praderas escenarios línea base, A2 2040 y A2 2070

Rendimiento Praderas (Kg/ha año)				
Comuna	Línea Base	A240	A270	Disminución rendimiento al año 2040 (%)
Canela (Costa)	878	730	624	-16,9
Combarbalá	726	464	242	-36,1
Papudo	3830	3188	2000	-16,8
Cabildo	2702	1292	832	-52,2
Calle Larga	3028	2184	1420	-27,9
Catemu	2876	1460	996	-49,2
Colina	2994	2662	1536	-11,1
La Ligua	3048	1606	976	-47,3
Monte Patria	534	382	206	-28,5
Panquehue	2914	2578	1536	-11,5
Puchuncaví	3808	3782	1920	-0,7
Rinconada	3296	1808	1102	-45,2
San-Esteban	2072	1104	912	-46,7
Santa-María	2352	1392	1076	-40,8
Tiltil	2874	2472	1478	-14,0
Chanco	4048	3934	3992	-2,8
Colbún	4308	4174	4814	-3,1
Constitución	4044	3958	4294	-2,1
Curepto	4214	4002	4394	-5,0
Curico	3856	3054	3088	-20,8
Empedrado	4670	4382	4286	-6,2
Linares	4274	3660	3314	-14,4
Longaví	4452	4058	3862	-8,9
Molina	3856	3560	3454	-7,7
Parral	4570	3900	3788	-14,7
Pelarco	3668	3584	3938	-2,3
Peyuhue	3892	3598	3616	-7,6
Retiro	4216	3552	3998	-15,8
Romeral	3764	3424	3740	-9,0
San Clemente	4202	3932	3798	-6,4
San Javier	4444	4410	4844	-0,8
Teno	3484	3408	3890	-2,2
Vilcún	4852	4186	4176	-13,7
Villa-Alegre	3728	3588	4012	-3,8
Yerbas-Buenas	3722	3498	3932	-6,0
Bulnes	4188	3706	3506	-11,5
Chiguayante	4850	4660	4364	-3,9
Chillán	4190	3734	3546	-10,9
Chillán Viejo	4146	3700	3520	-10,8
Cobquecura	4574	4088	3968	-10,6
Coelemu	4022	3628	3498	-9,8
Concepción	4944	4690	4382	-5,1
Corral	7046	5562	4590	-21,1

Curanilahue	5528	4708	4466	-14,8
Florida	5052	3958	3796	-21,7
Hualqui	4688	4242	4002	-9,5
Laja	4720	3828	3490	-18,9
Los-Álamos	5534	4806	4834	-13,2
Los-Ángeles	4450	3754	3338	-15,6
Lota	5076	4566	4278	-10,1
Lumaco	4900	4570	3928	-6,7
Mulchén	4052	3732	3474	-7,9
Nacimiento	4516	3998	3746	-11,5
Negrete	4460	3412	3336	-23,5
Ninhue	3810	3544	3926	-7,0
Niquén	4284	3618	3478	-15,6
Pemuco	4570	3846	3710	-15,8
Pinto	5180	4896	5344	-5,5
Portezuelo	4642	4010	3996	-13,6
Quilaco	5334	4200	4826	-21,3
Quilleco	4102	3726	3474	-9,2
Quillón	4358	3694	3772	-15,2
Quirihue	3760	3702	3898	-1,5
Ranquíl	4462	4028	3846	-9,7
San Carlos	4166	3712	3528	-10,9
San Fabián	5432	4274	4086	-21,3
San Ignacio	4588	4056	3622	-11,6
San Nicolás	3664	3338	3732	-8,9
San Pedro de la Paz	4632	4626	3990	-0,1
San Rosendo	4558	3604	3454	-20,9
Santa Juan	4934	4672	3808	-5,3
Tirúa	4382	3966	3668	-9,5
Treguaco	4020	3610	3480	-10,2
Tucapel	4312	3928	3732	-8,9
Yumbel	4712	3812	3774	-19,1
Yungay	4312	3868	3634	-10,3
Coronel	4922	4616	4208	-6,2
Talcahuano	4402	4110	3750	-6,6
Lebu	4540	4148	4120	-8,6
Arauco	4938	4770	4562	-3,4
Angol	4408	4380	3678	-0,6
Cabrero	4142	3650	3460	-11,9
Cañete	4652	4222	3838	-9,2
Carahue	4810	4360	4122	-9,4
Collipulli	3880	3682	2988	-5,1
Contulmo	5264	4756	4418	-9,7
Cunco	4500	3682	3642	-18,2
Curacautín	6424	5012	4638	-22,0
Curarrehue	6740	6092	5544	-9,6
Ercilla	3838	3510	3296	-8,6
Freire	4906	4310	3944	-12,2
Galvarino	3830	3158	3080	-17,6
Gorbea	6656	4742	4414	-28,8

Lautaro	3800	3646	3048	-4,1
Loncoche	7122	5334	4882	-25,1
Lonquimay	4316	3502	3346	-18,9
Los-Sauces	4240	3618	3458	-14,7
Melipeuco	3702	3526	3220	-4,8
Nueva Imperial	3526	3092	2902	-12,3
Pitrufquén	5960	4698	4408	-21,2
Pucón	6928	5570	4624	-19,6
Purén	4776	4284	3492	-10,3
Renaico	4462	3754	3336	-15,9
Saavedra	4516	4328	4066	-4,2
San-Pablo	6856	5330	4344	-22,3
Teodoro-Schmidth	5772	4756	4470	-17,6
Toltén	5490	4494	4216	-18,1
Traiguén	4592	4178	3472	-9,0
Victoria	4286	3908	3642	-8,8
Villarrica	6396	4808	4362	-24,8
Curaco de Velez	7322	6766	7240	-7,6
Frutillar	5040	4004	3990	-20,6
Futrono	5858	4494	4238	-23,3
La-Unión	4350	3522	3484	-19,0
Lago-Ranco	5644	4380	4080	-22,4
Lanco	5912	4604	4344	-22,1
Los-Lagos	5622	4270	3934	-24,1
Máfil	5896	4694	4350	-20,4
Mariquina	6790	5320	4540	-21,7
Osorno	4514	3444	3570	-23,7
Paillaco	5148	3794	3928	-26,3
Panguipulli	6532	5406	4608	-17,2
Puerto-Octay	4630	4010	3726	-13,4
Puerto-Varas	6058	5018	4628	-17,2
Puqueldón	7322	6766	7240	-7,6
Purranque	7218	6458	5656	-10,5
Puyehue	4734	3898	3840	-17,7
Río-Bueno	4840	3626	3416	-25,1
Río-Negro	4582	3750	3644	-18,2
San Juan de la Costa	7164	6666	6040	-7,0
Valdivia	6990	5392	4930	-22,9
Cochamó	7564	7398	7446	-2,2
Queilén	7342	6900	7406	-6,0
Puerto-Montt	7562	6650	5586	-12,1

Tabla 7.5.2 Pérdidas de suelo por comuna

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
V	ALGARROBO	0-10	2901
		10-20	2091
		20-30	1346
		30-40	846
		40-70	1256
		70-100	543
		>100	428
	CABILDO	0-10	3641
		10-20	139
		20-30	122
		30-40	156
		40-70	1166
		70-100	1236
		>100	2097
	CALERA	0-10	8330
		10-20	86
		20-30	120
		30-40	163
		40-70	693
		70-100	525
		>100	106
	CALLE LARGA	0-10	4594
		10-20	973
		20-30	902
		30-40	836
		40-70	1979
		70-100	1396
		>100	923
	CARTAGENA	0-10	9912
		10-20	1117
		20-30	1178
		30-40	1202
		40-70	2783
		70-100	2052
		>100	3559
	CASABLANCA	0-10	54383
		10-20	5342
		20-30	4884
		30-40	4512
		40-70	11197
		70-100	7186
		>100	11430
	CATEMU	0-10	9984
10-20		845	
20-30		966	
30-40		1122	

		40-70	4397
		70-100	4585
		>100	8338
	CONCÓN	0-10	32276
		10-20	379
		20-30	401
		30-40	420
		40-70	930
		70-100	421
		>100	518
	EL QUISCO	0-10	204
		10-20	584
		20-30	207
		30-40	86
		40-70	76
		70-100	1
	EL TABO	0-10	703
		10-20	1184
		20-30	725
		30-40	478
		40-70	579
		70-100	163
		>100	73
	HIJUELAS	0-10	5017
		10-20	738
		20-30	698
		30-40	887
		40-70	3299
		70-100	2749
>100		6155	
LA CRUZ	0-10	1767	
	10-20	351	
	20-30	339	
	30-40	396	
	40-70	1208	
	70-100	800	
	>100	401	
LA LIGUA	0-10	6865	
	10-20	1537	
	20-30	1185	
	30-40	1184	
	40-70	3051	
	70-100	2293	
	>100	1150	
LIMACHE	0-10	15403	
	10-20	1291	
	20-30	1271	
	30-40	1172	
	40-70	2818	
	70-100	1913	
	>100	5919	

	LLAILLAY	0-10	12666
		10-20	1149
		20-30	1548
		30-40	1704
		40-70	4908
		70-100	3520
		>100	8214
	LOS ANDES	0-10	27563
		10-20	431
		20-30	249
		30-40	181
		40-70	335
		70-100	141
		>100	4
	MELIPILLA	0-10	28450
		10-20	6149
		20-30	4292
		30-40	3440
		40-70	8592
		70-100	8187
		>100	24989
	NOGALES	0-10	11056
		10-20	1285
		20-30	1249
		30-40	1468
		40-70	5493
		70-100	5090
		>100	5273
	OLMUÉ	0-10	6577
		10-20	397
		20-30	283
		30-40	282
		40-70	1056
		70-100	1353
		>100	12209
	PANQUEHUE	0-10	1281
		10-20	402
		20-30	390
		30-40	368
		40-70	1568
		70-100	1715
		>100	780
	PAPUDO	0-10	1777
		10-20	1410
		20-30	1125
		30-40	856
		40-70	1312
		70-100	108
		>100	1

	PICHIDEGUA	0-10	100698	
		10-20	1697	
		20-30	956	
		30-40	659	
		40-70	1571	
		70-100	1444	
		>100	4630	
	PUCHUNCAVÍ	0-10	5502	
		10-20	2028	
		20-30	1490	
		30-40	1507	
		40-70	3708	
		70-100	2607	
		>100	1037	
	PUTAENDO	0-10	11289	
		10-20	2098	
		20-30	2254	
		30-40	2379	
		40-70	6774	
		70-100	4000	
		>100	3095	
	QUILLOTA	0-10	11598	
		10-20	1282	
		20-30	1407	
		30-40	1379	
		40-70	2797	
		70-100	2276	
		>100	3508	
	QUILPUÉ	0-10	18548	
		10-20	810	
		20-30	1158	
		30-40	1345	
		40-70	4867	
		70-100	4397	
		>100	18195	
	QUINTERO	0-10	3295	
		10-20	1920	
		20-30	1019	
		30-40	648	
		40-70	969	
		70-100	446	
		>100	166	
	SAN ANTONIO	0-10	41082	
		10-20	3221	
		20-30	3196	
		30-40	2811	
		40-70	5193	
		70-100	2239	
		>100	1841	

SAN ESTEBAN	0-10	3619
	10-20	1164
	20-30	1078
	30-40	911
	40-70	1876
	70-100	406
	>100	73
	SAN FELIPE	0-10
10-20	816	
20-30	773	
30-40	580	
40-70	1490	
70-100	1427	
>100	2372	
SANTA MARÍA	0-10	1418
	10-20	808
	20-30	765
	30-40	577
	40-70	1326
	70-100	323
>100	195	
SANTO DOMINGO	0-10	33987
	10-20	3592
	20-30	3869
	30-40	3417
	40-70	6136
	70-100	2641
	>100	2313
VALPARAÍSO	0-10	27196
	10-20	1351
	20-30	2011
	30-40	1883
	40-70	3846
	70-100	1689
	>100	2562
VILLA ALEMANA	0-10	1336
	10-20	203
	20-30	333
	30-40	366
	40-70	1114
	70-100	841
	>100	1183
VIÑA DEL MAR	0-10	2721
	10-20	95
	20-30	188
	30-40	277
	40-70	998
	70-100	849
	>100	1866

	ZAPALLAR	0-10	11226
		10-20	2468
		20-30	2387
		30-40	2001
		40-70	3347
		70-100	1442
		>100	279

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
RM	ALHUÉ	0-10	22367
		10-20	1124
		20-30	1284
		30-40	1649
		40-70	6337
		70-100	7317
		>100	23512
	BUIN	0-10	1492
		10-20	1796
		20-30	684
		30-40	389
		40-70	511
		70-100	307
		>100	1028
	CALERA DE TANGO	0-10	110
		10-20	274
		20-30	70
		30-40	55
		40-70	188
		70-100	147
		>100	117
	CERRILLOS	0-10	4
		10-20	35
		20-30	14
		30-40	1
		40-70	11
		70-100	1
	COLINA	0-10	21783
		10-20	5080
		20-30	5101
		30-40	4413
		40-70	9009
		70-100	4301
		>100	2122
	CURACAVÍ	0-10	16266
		10-20	1045
		20-30	1117
		30-40	1142

		40-70	4520
		70-100	5375
		>100	19484
	EL BOSQUE	0-10	12
		10-20	10
		20-30	6
		30-40	2
		40-70	2
	EL MONTE	0-10	735
		10-20	521
		20-30	246
		30-40	188
		40-70	459
		70-100	477
		>100	1292
	HUECHURABA	0-10	1143
		10-20	120
		20-30	172
		30-40	282
		40-70	867
		70-100	284
		>100	31
	ISLA DE MAIPO	0-10	3189
		10-20	793
		20-30	317
		30-40	231
		40-70	583
		70-100	685
		>100	3122
	LA FLORIDA	0-10	1954
		10-20	92
		20-30	120
		30-40	132
		40-70	243
		70-100	141
		>100	837
	LA PINTANA	0-10	44
		10-20	140
		20-30	53
		30-40	19
		40-70	17
		70-100	2
		>100	1
	LA REINA	0-10	121
		10-20	1
		20-30	6
		30-40	11
		40-70	39
		70-100	43
		>100	76

LAMPA	0-10	8262
	10-20	858
	20-30	893
	30-40	900
	40-70	2088
	70-100	1733
	>100	10659
	LAS CONDES	0-10
	10-20	30
	20-30	50
	30-40	41
	40-70	154
	70-100	134
	>100	578
LO BARNECHEA	0-10	416
	10-20	57
	20-30	115
	30-40	145
	40-70	211
	70-100	134
	>100	24
MAIPÚ	0-10	848
	10-20	552
	20-30	229
	30-40	136
	40-70	284
	70-100	262
	>100	1775
MARÍA PINTO	0-10	6281
	10-20	1463
	20-30	1216
	30-40	1118
	40-70	3220
	70-100	2994
	>100	5023
PADRE HURTADO	0-10	172912
	10-20	321
	20-30	152
	30-40	100
	40-70	199
	70-100	217
	>100	1922
PAINE	0-10	15237
	10-20	2490
	20-30	1573
	30-40	1243
	40-70	3361
	70-100	3751
	>100	21104

PEÑAFLOR	0-10	180
	10-20	268
	20-30	103
	30-40	68
	40-70	130
	70-100	123
	>100	440
	PEÑALOLÉN	0-10
10-20	151	
20-30	114	
30-40	82	
40-70	171	
70-100	106	
>100	625	
PIRQUE	0-10	12682
	10-20	1385
	20-30	850
	30-40	647
	40-70	1571
	70-100	1354
	>100	5950
PUDAHUEL	0-10	2902
	10-20	474
	20-30	233
	30-40	153
	40-70	415
	70-100	527
	>100	5530
PUENTE ALTO	0-10	1670
	10-20	551
	20-30	448
	30-40	330
	40-70	543
	70-100	310
	>100	671
QUILICURA	0-10	120
	10-20	105
	20-30	143
	30-40	104
	40-70	168
	70-100	39
	>100	4
RENCA	0-10	78
	10-20	28
	20-30	31
	30-40	46
	40-70	127
	70-100	39

	RINCONADA	0-10	13378
		10-20	624
		20-30	828
		30-40	869
		40-70	2532
		70-100	1251
		>100	38
	SAN BERNARDO	0-10	810
		10-20	684
		20-30	283
		30-40	191
		40-70	492
		70-100	607
		>100	1302
	SAN JOSÉ DE MAIPO	0-10	52
		20-30	1
		30-40	4
		40-70	29
		70-100	29
		>100	156
	SAN PEDRO	0-10	16057
		10-20	5132
		20-30	5158
		30-40	4251
		40-70	8517
		70-100	4758
		>100	5783
	TALAGANTE	0-10	226
10-20		635	
20-30		196	
30-40		113	
40-70		260	
70-100		223	
>100		321	
TILTIL	0-10	17504	
	10-20	3679	
	20-30	3752	
	30-40	3324	
	40-70	6825	
	70-100	4073	
	>100	8673	
VITACURA	0-10	64	
	10-20	1	
	20-30	2	
	30-40	9	
	40-70	61	
	70-100	51	

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
VI	CHEPICA	0-10	13970
		10-20	1406
		20-30	900
		30-40	953
		40-70	3631
		70-100	3552
		>100	14871
	CHIMBARONGO	0-10	43932
		10-20	3126
		20-30	1510
		30-40	1003
		40-70	2557
		70-100	2580
		>100	9088
	CODEGUA	0-10	7062
		10-20	1274
		20-30	754
		30-40	543
		40-70	1121
		70-100	673
		>100	3258
	COINCO	0-10	933
		10-20	603
		20-30	359
		30-40	248
		40-70	502
		70-100	405
		>100	1190
	COLTAUCO	0-10	11872
		10-20	1181
		20-30	718
		30-40	591
		40-70	1675
		70-100	2090
		>100	5170
	DOÑIHUE	0-10	2438
		10-20	377
		20-30	323
		30-40	262
		40-70	771
		70-100	747
		>100	864
LA ESTRELLA	0-10	17275	
	10-20	2804	
	20-30	2994	
	30-40	2653	
	40-70	5423	
	70-100	2780	

		>100	3129
LAS CABRAS		0-10	48520
		10-20	2865
		20-30	2280
		30-40	2303
		40-70	7450
		70-100	7178
		>100	12294
LITUECHE		0-10	24608
		10-20	3479
		20-30	3911
		30-40	3644
		40-70	7933
		70-100	4407
		>100	6664
LOLOL		0-10	20621
		10-20	2217
		20-30	1705
		30-40	1666
		40-70	5147
		70-100	4658
		>100	13613
MACHALI		0-10	12098
		10-20	683
		20-30	574
		30-40	564
		40-70	1979
		70-100	2102
		>100	11372
MALLOA		0-10	11789
		10-20	508
		20-30	220
		30-40	195
		40-70	501
		70-100	391
		>100	1826
MARCHIHUE		0-10	11004
		10-20	5064
		20-30	3489
		30-40	2862
		40-70	6169
		70-100	3375
		>100	4041
MOSTAZAL		0-10	46290
		10-20	1703
		20-30	1097
		30-40	918
		40-70	2698
		70-100	2282
		>100	29303
NANCAGUA		0-10	1856
		10-20	411

		20-30	208
		30-40	155
		40-70	607
		70-100	668
		>100	1659
	NAVIDAD	0-10	12201
		10-20	472
		20-30	698
		30-40	840
		40-70	2469
		70-100	2394
		>100	8465
	OLIVAR	0-10	55596
		10-20	400
		20-30	157
		30-40	78
		40-70	85
		70-100	22
		>100	67
	PALMILLA	0-10	1993
		10-20	897
		20-30	380
		30-40	298
		40-70	685
		70-100	659
		>100	2869
	PAREDONES	0-10	25196
		10-20	890
		20-30	2000
		30-40	2928
		40-70	8852
		70-100	5560
		>100	5983
	PERALILLO	0-10	3149
		10-20	1807
		20-30	814
		30-40	544
		40-70	1266
		70-100	942
		>100	2414
	PEUMO	0-10	3908
		10-20	535
		20-30	223
		30-40	178
		40-70	614
		70-100	967
		>100	5074
	PICHILEMU	0-10	42933
		10-20	2409
		20-30	3842
		30-40	4248
		40-70	11099

		70-100	6735
		>100	9726
PLACILLA		0-10	47355
		10-20	852
		20-30	436
		30-40	338
		40-70	1029
		70-100	1160
		>100	3434
	PUMANQUE		0-10
		10-20	2020
		20-30	1793
		30-40	1782
		40-70	4933
		70-100	3629
		>100	6898
QUINTA DE TILCOCO			0-10
		10-20	509
		20-30	220
		30-40	121
		40-70	471
		70-100	405
		>100	1135
	RANCAGUA		0-10
		10-20	1393
		20-30	787
		30-40	607
		40-70	1651
		70-100	1567
		>100	5492
RENGO			0-10
		10-20	1481
		20-30	627
		30-40	309
		40-70	577
		70-100	340
		>100	935
	REQUINOA		0-10
		10-20	1738
		20-30	896
		30-40	718
		40-70	2505
		70-100	2783
		>100	8349
SAN FERNANDO			0-10
		10-20	2456
		20-30	1569
		30-40	1151
		40-70	2997
		70-100	2502
		>100	4545

	SAN VICENTE	0-10	15322
		10-20	1576
		20-30	791
		30-40	626
		40-70	1795
		70-100	1844
		>100	13927
	SANTA CRUZ	0-10	10414
		10-20	1389
		20-30	737
		30-40	606
		40-70	2339
		70-100	2474
		>100	10042

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
VII	CAUQUENES	0-10	82797
		10-20	15956
		20-30	14173
		30-40	11287
		40-70	22091
		70-100	11683
		>100	19793
	CHANCO	0-10	15623
		10-20	2771
		20-30	2548
		30-40	2307
		40-70	6434
		70-100	4495
		>100	6278
	COLBÚN	0-10	7572
		10-20	2476
		20-30	1362
		30-40	810
		40-70	1671
		70-100	1447
		>100	9927
	CONSTITUCIÓN	0-10	52314
		10-20	4177
		20-30	5713
		30-40	6617
		40-70	19616
		70-100	12851
		>100	20375
	CUREPTO	0-10	34803
		10-20	2277
		20-30	3308
		30-40	4171
		40-70	15084
		70-100	11689
		>100	21250
	CURICO	0-10	46551
		10-20	2997
		20-30	1632
		30-40	1078
		40-70	1995
		70-100	1524
		>100	12464
	EMPEDRADO	0-10	47324
		10-20	1146
		20-30	2002
		30-40	2762
		40-70	8421

		70-100	5885
		>100	11633
GRANEROS		0-10	1376
		10-20	670
		20-30	342
		30-40	246
		40-70	561
		70-100	610
		>100	2341
	HUALAÑE		0-10
		10-20	2257
		20-30	2482
		30-40	2858
		40-70	8646
		70-100	6279
		>100	11436
LICANTEN			0-10
		10-20	792
		20-30	1163
		30-40	1409
		40-70	4636
		70-100	2908
		>100	3764
	LINARES		0-10
		10-20	3939
		20-30	1879
		30-40	1053
		40-70	1798
		70-100	1419
		>100	13020
LONGAVI			0-10
		10-20	5743
		20-30	2451
		30-40	1312
		40-70	2014
		70-100	1350
		>100	5736
	MAULE		0-10
		10-20	1377
		20-30	734
		30-40	544
		40-70	1146
		70-100	810
		>100	1507
MOLINA			0-10
		10-20	3053
		20-30	1858
		30-40	1428
		40-70	2994
		70-100	2155
		>100	7558

	PARRAL	0-1	12732
		10-20	9302
		20-30	4704
		30-40	2624
		40-70	4028
		70-100	1908
		>100	5452
	PELARCO	0-10	9557
		10-20	3586
		20-30	2129
		30-40	1279
		40-70	2075
		70-100	1093
		>100	3275
	PELLUHUE	0-10	16689
		10-20	655
		20-30	1040
		30-40	1278
		40-70	4220
		70-100	3635
		>100	11008
	PENCAHUE	0-10	40775
		10-20	3709
		20-30	3758
		30-40	3886
		40-70	12461
		70-100	10526
		>100	20012
RAUCO	0-10	7041	
	10-20	871	
	20-30	808	
	30-40	824	
	40-70	2841	
	70-100	2531	
	>100	6599	
RETIRO	0-10	5143	
	10-20	9127	
	20-30	4262	
	30-40	2226	
	40-70	2525	
	70-100	830	
	>100	600	
RIO CLARO	0-10	8504	
	10-20	4696	
	20-30	2979	
	30-40	1918	
	40-70	2994	
	70-100	1372	
	>100	2503	
ROMERAL	0-10	9437	
	10-20	1718	
	20-30	1158	

		30-40	819
		40-70	1637
		70-100	1169
		>100	7960
	SAGRADA FAMILIA	0-10	16506
		10-20	2358
		20-30	1362
		30-40	1073
		40-70	3431
		70-100	4245
		>100	13434
	SAN CLEMENTE	0-10	97956
		10-20	5618
		20-30	3398
		30-40	2226
		40-70	4177
		70-100	2845
		>100	9254
	SAN JAVIER	0-10	39647
		10-20	7486
		20-30	6029
		30-40	5221
		40-70	13175
		70-100	9630
		>100	20274
	SAN RAFAEL	0-10	96692
		10-20	3226
		20-30	1635
		30-40	847
		40-70	1178
		70-100	788
		>100	1177
	TALCA	0-10	1318
		10-20	1649
		20-30	582
		30-40	305
		40-70	524
		70-100	490
		>100	946
	TENO	0-10	12165
		10-20	3995
		20-30	1953
		30-40	1226
		40-70	2465
		70-100	1985
		>100	9929
	VICHUQUEN	0-10	14456
		10-20	752
		20-30	1255
		30-40	1641
		40-70	6194
		70-100	4727

		>100	6290
	VILLA ALEGRE	0-10	221
		10-20	1320
		20-30	432
		30-40	160
		40-70	208
		70-100	95
		>100	51
	YERBAS BUENAS	0-10	312
		10-20	1678
		20-30	450
		30-40	165
		40-70	184
		70-100	132
		>100	391

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
VIII	ANTUCO	0-10	26849
		10-20	91
		20-30	199
		30-40	222
		40-70	868
		70-100	782
		>100	104893
	ARAUCO	0-10	51992
		10-20	1590
		20-30	1331
		30-40	1431
		40-70	6235
		70-100	7214
		>100	30026
	BULNES	0-10	7347
		10-20	4385
		20-30	2478
		30-40	1426
		40-70	1684
		70-100	472
		>100	350
	CABRERO	0-10	814
		10-20	2933
		20-30	1557
		30-40	873
		40-70	1236
		70-100	374
		>100	240
	CANETE	0-10	27602
		10-20	1966
		20-30	1472
		30-40	1159
		40-70	3039
		70-100	2810
		>100	27983
	CHIGUAYANTE	0-10	5236
		10-20	19
		20-30	17
		30-40	31
		40-70	191
		70-100	336
		>100	2333
CHILLAN	0-10	15582	
	10-20	4006	
	20-30	3072	
	30-40	2220	
	40-70	3909	

	70-100	1806
	>100	1562
CHILLAN VIEJO	0-10	183120
	10-20	2291
	20-30	2148
	30-40	1700
	40-70	2961
	70-100	1118
	>100	909
COBQUECURA	0-10	25545
	10-20	375
	20-30	674
	30-40	1099
	40-70	4433
	70-100	4511
	>100	19981
COELEMU	0-10	11507
	10-20	346
	20-30	586
	30-40	1095
	40-70	4825
	70-100	4022
	>100	6582
COIHUECO	0-10	25788
	10-20	2980
	20-30	2197
	30-40	1661
	40-70	3869
	70-100	3119
	>100	33583
CONCEPCION	0-10	11733
	10-20	124
	20-30	173
	30-40	231
	40-70	931
	70-100	1403
	>100	6487
CONTULMO	0-10	34201
	10-20	1520
	20-30	1337
	30-40	1205
	40-70	3993
	70-100	5163
	>100	37351
CORONEL	0-10	10745
	10-20	233
	20-30	275
	30-40	374
	40-70	1482
	70-100	1676
	>100	6409

	CURANILAHUE	0-10	35922
		10-20	869
		20-30	1417
		30-40	1692
		40-70	5551
		70-100	4477
		>100	39937
	EL CARMEN	0-10	18046
		10-20	704
		20-30	605
		30-40	530
		40-70	1437
		70-100	1095
		>100	17638
	FLORIDA	0-10	21106
		10-20	773
		20-30	1808
		30-40	2856
		40-70	9448
		70-100	6668
		>100	9445
	HUALQUI	0-10	21300
		10-20	282
		20-30	378
		30-40	595
		40-70	3054
		70-100	3913
		>100	16123
LAJA	0-10	5264	
	10-20	2256	
	20-30	2392	
	30-40	1948	
	40-70	3798	
	70-100	1545	
	>100	1208	
LOS ALAMOS	0-10	53462	
	10-20	1104	
	20-30	1028	
	30-40	994	
	40-70	2582	
	70-100	2408	
	>100	24027	
LOS ANGELES	0-10	16418	
	10-20	8651	
	20-30	6237	
	30-40	4073	
	40-70	5688	
	70-100	2309	
	>100	2810	
LOTA	0-10	4951	
	10-20	26	
	20-30	68	

		30-40	118
		40-70	876
		70-100	1153
		>100	4457
	MULCHEN	0-10	76842
		10-20	7861
		20-30	8689
		30-40	7586
		40-70	15244
		70-100	8520
		>100	34950
		NACIMIENTO	0-10
	10-20		656
	20-30		837
	30-40		1060
	40-70		4863
	70-100		6270
	>100		40147
	NEGRETE	0-10	966
		10-20	1481
		20-30	1000
		30-40	664
		40-70	956
		70-100	366
		>100	444
	NINHUE	0-10	8412
		10-20	3148
		20-30	2499
		30-40	2042
		40-70	3976
		70-100	1898
		>100	1873
	NIQUEN	0-10	3818
		10-20	4454
		20-30	2053
		30-40	1145
		40-70	1806
		70-100	968
		>100	1759
	PEMUCO	0-10	14147
		10-20	3592
		20-30	2879
		30-40	2058
		40-70	3172
		70-100	1185
		>100	1565
	PENCO	0-10	14117
		10-20	79
		20-30	161
		30-40	248
		40-70	947
		70-100	950

		>100	2698
PINTO		0-10	9165
		10-20	486
		20-30	581
		30-40	516
		40-70	1256
		70-100	834
		>100	17070
PORTEZUELO		0-10	16060
		10-20	575
		20-30	892
		30-40	1204
		40-70	3897
		70-100	2976
		>100	4848
QUILLECO		0-10	29750
		10-20	2150
		20-30	2542
		30-40	2410
		40-70	5233
		70-100	2970
		>100	20912
QUILLON		0-10	14766
		10-20	1325
		20-30	1601
		30-40	1809
		40-70	5911
		70-100	4055
		>100	5776
QUIRIHUE		0-10	19845
		10-20	1141
		20-30	1801
		30-40	2209
		40-70	7488
		70-100	6277
		>100	13394
RANQUIL		0-10	19762
		10-20	525
		20-30	1048
		30-40	1420
		40-70	3875
		70-100	2302
		>100	3264
SAN CARLOS		0-10	8617
		10-20	8651
		20-30	4686
		30-40	2931
		40-70	4468
		70-100	1829
		>100	2006
SAN FABIAN		0-10	6002
		10-20	225

		20-30	366
		30-40	414
		40-70	1276
		70-100	1089
		>100	4908
	SAN IGNACIO	0-10	2151
		10-20	1780
		20-30	1555
		30-40	1051
		40-70	1456
		70-100	484
		>100	331
	SAN NICOLAS	0-10	11565
		10-20	4762
		20-30	3352
		30-40	2227
		40-70	3315
		70-100	1360
		>100	1086
	SAN PEDRO DE LA PAZ	0-10	8902
		10-20	141
		20-30	164
		30-40	184
		40-70	716
		70-100	733
		>100	1802
	SAN ROSENDO	0-10	6632
10-20		76	
20-30		151	
30-40		218	
40-70		872	
70-100		855	
>100		2629	
SANTA BARBARA	0-10	73365	
	10-20	1636	
	20-30	1953	
	30-40	2038	
	40-70	5501	
	70-100	4132	
	>100	140789	
SANTA JUANA	0-10	31005	
	10-20	246	
	20-30	322	
	30-40	397	
	40-70	1793	
	70-100	2834	
	>100	36723	
TALCAHUANO	0-10	4550	
	10-20	419	
	20-30	360	
	30-40	327	
	40-70	759	

		70-100	501
		>100	1048
TIRUA		0-10	23246
		10-20	1179
		20-30	1807
		30-40	1990
		40-70	5483
		70-100	4450
		>100	16412
	TOME		0-10
		10-20	679
		20-30	1440
		30-40	2154
		40-70	6732
		70-100	4502
		>100	7720
TREGUACO			0-10
		10-20	242
		20-30	446
		30-40	761
		40-70	3391
		70-100	3299
		>100	7617
	TUCAPEL		0-10
		10-20	854
		20-30	904
		30-40	884
		40-70	2384
		70-100	1840
		>100	28995
YUMBEL			0-10
		10-20	1942
		20-30	2213
		30-40	2817
		40-70	8993
		70-100	6037
		>100	8136
	YUNGAY		0-10
		10-20	2360
		20-30	2024
		30-40	1626
		40-70	2827
		70-100	1443
		>100	44071

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
IX	ANGOL	0-10	28530
		10-20	11948
		20-30	8956
		30-40	7002
		40-70	13276
		70-100	6282
		>100	7766
	CARAHUE	0-10	14507
		10-20	19049
		20-30	12471
		30-40	6679
		40-70	7386
		70-100	2058
		>100	1401
	COLLIPULLI	0-10	15242
		10-20	5921
		20-30	4683
		30-40	3267
		40-70	5131
		70-100	2595
		>100	12306
	CUNCO	0-10	243185
		10-20	9447
		20-30	7284
		30-40	6957
		40-70	16646
		70-100	8122
		>100	21876
	CURACAUTIN	0-10	27510
		10-20	7983
		20-30	5218
		30-40	3700
		40-70	7156
		70-100	4711
		>100	34433
	CURARREHUE	0-10	10650
		10-20	1475
		20-30	1623
		30-40	1320
		40-70	2189
		70-100	850
		>100	6913
	ERCILLA	0-10	2175
		10-20	4220

		20-30	2665
		30-40	1415
		40-70	1093
		70-100	208
		>100	90
	FREIRE	0-10	978
		10-20	3277
		20-30	1232
		30-40	718
		40-70	1034
		70-100	397
		>100	229
	GALVARINO	0-10	8815
		10-20	8644
		20-30	5657
		30-40	3016
		40-70	2856
		70-100	593
		>100	285
	GORBEA	0-10	8541
		10-20	7495
		20-30	7239
		30-40	4518
		40-70	6028
		70-100	1689
		>100	1023
	LAUTARO	0-10	5690
		10-20	7709
		20-30	4400
30-40		2461	
40-70		3010	
70-100		1037	
>100		1489	
LONCOCHE	0-10	19744	
	10-20	8174	
	20-30	8938	
	30-40	6563	
	40-70	9243	
	70-100	2798	
	>100	1702	
LONQUIMAY	0-10	603	
	10-20	1	
	20-30	1	
	30-40	7	
	40-70	24	
	70-100	19	
	>100	349	
LOS SAUCES	0-10	12326	
	10-20	11162	
	20-30	7096	
	30-40	4259	
	40-70	6324	

		70-100	2559
		>100	2542
LUMACO		0-10	43065
		10-20	18114
		20-30	13702
		30-40	8198
		40-70	10274
		70-100	3336
		>100	2763
	MELIPEUCO		0-10
		10-20	2242
		20-30	2294
		30-40	2137
		40-70	5434
		70-100	3700
		>100	8033
NUEVA IMPERIAL			0-10
		10-20	14929
		20-30	6360
		30-40	2821
		40-70	2430
		70-100	507
		>100	231
	PADRE LAS CASAS		0-10
		10-20	2550
		20-30	1439
		30-40	808
		40-70	697
		70-100	70
		>100	13
PERQUENCO			0-10
		10-20	1680
		20-30	645
		30-40	278
		40-70	230
		70-100	49
		>100	26
	PITRUFQUEN		0-10
		10-20	3385
		20-30	2085
		30-40	1145
		40-70	1317
		70-100	403
		>100	340
PUCON			0-10
		10-20	7011
		20-30	6166
		30-40	5706
		40-70	14620
		70-100	8442
		>100	21947
	PUREN	0-10	11083

		10-20	4885
		20-30	4297
		30-40	3047
		40-70	4922
		70-100	1861
		>100	1775
	RENAICO	0-10	475
		10-20	2569
		20-30	745
		30-40	270
		40-70	194
		70-100	39
		>100	9
	SAAVEDRA	0-10	1283
		10-20	3931
		20-30	1843
		30-40	824
		40-70	664
		70-100	109
		>100	51
	TEMUCO	0-10	5414
		10-20	5931
		20-30	3545
		30-40	1810
		40-70	1890
		70-100	473
		>100	200
	TEODORO SCHMIDT	0-10	2430
		10-20	5809
		20-30	3603
		30-40	1811
		40-70	1850
		70-100	487
		>100	249
	TOLTEN	0-10	18117
		10-20	4025
		20-30	4945
		30-40	4453
		40-70	9402
		70-100	5492
		>100	8582
	TRAIGUEN	0-10	3635
		10-20	12098
		20-30	5620
		30-40	2633
		40-70	2293
		70-100	442
	>100	165	
	VICTORIA	0-10	3215
		10-20	3845
		20-30	1886
		30-40	1036

		40-70	1076
		70-100	222
		>100	86
	VILCUN	0-10	17815
		10-20	12991
		20-30	8711
		30-40	6150
		40-70	9335
		70-100	3394
		>100	3464
		VILLARRICA	0-10
	10-20		6176
	20-30		3960
	30-40		3108
	40-70		5463
	70-100		2258
	>100		3127

Región	Comuna	Pérdida de suelo (ton/ha año)	Área (ha)
X	ANCUD	0-10	13925
		10-20	2486
		20-30	1301
		30-40	745
		40-70	993
		70-100	556
		>100	1065
	CALBUCO	0-10	3283
		10-20	869
		20-30	295
		30-40	137
		40-70	172
		70-100	46
		>100	28
	CASTRO	0-10	690160
		10-20	776
		20-30	176
		30-40	79
		40-70	70
		70-100	26
		>100	37
	CHONCHI	0-10	2303
		10-20	2340
		20-30	1558
		30-40	1156
		40-70	1946
		70-100	927
	CORRAL	>100	1591
		0-10	37738
		10-20	5899
		20-30	6429
		30-40	5720
		40-70	10887
		70-100	4864
	CURACO DE VELEZ	>100	6296
		0-10	9260
		10-20	220
		20-30	24
		30-40	8
		40-70	9
		70-100	5
	DALCAHUE	>100	6
0-10		1326	
10-20		548	
		20-30	233

		30-40	154
		40-70	295
		70-100	185
		>100	599
	FRESIA	0-10	20572
		10-20	13205
		20-30	9632
		30-40	7157
		40-70	10437
		70-100	3536
		>100	3498
	FRUTILLAR	0-10	529
		10-20	2339
		20-30	915
		30-40	437
		40-70	435
		70-100	114
		>100	84
	FUTRONO	0-10	25439
		10-20	3248
		20-30	2316
		30-40	2217
		40-70	6629
		70-100	5523
		>100	32852
	LA UNION	0-10	47229
		10-20	18838
		20-30	16233
		30-40	11904
		40-70	18442
		70-100	6630
		>100	8546
	LAGO RANCO	0-10	27393
		10-20	4715
		20-30	3594
		30-40	2907
		40-70	7032
		70-100	5478
		>100	23857
	LANCO	0-10	9447
		10-20	3091
		20-30	4050
		30-40	3439
		40-70	5649
		70-100	2331
		>100	2679
	LLANQUIHUE	0-10	134
		10-20	584
		20-30	270
		30-40	153
		40-70	214
		70-100	59

		>100	35
LOS LAGOS		0-10	33716
		10-20	9316
		20-30	8555
		30-40	7752
		40-70	17094
		70-100	9036
		>100	26338
LOS MUERMOS		0-10	9662
		10-20	10481
		20-30	6397
		30-40	3915
		40-70	4660
		70-100	1287
		>100	997
MAFIL		0-10	4229
		10-20	5122
		20-30	4113
		30-40	2665
		40-70	3520
		70-100	1071
		>100	798
MAULLIN		0-10	719
		10-20	2496
		20-30	1111
		30-40	533
		40-70	553
		70-100	127
		>100	75
OSORNO		0-10	7933
		10-20	5162
		20-30	2746
		30-40	1559
		40-70	2001
		70-100	599
		>100	394
PAILLACO		0-10	4302
		10-20	7118
		20-30	4549
		30-40	2717
		40-70	2990
		70-100	753
		>100	425
PANGUIPULLI		0-10	31930
		10-20	7359
		20-30	5540
		30-40	4910
		40-70	12066
		70-100	9005
		>100	30444
PUERTO MONTT		0-10	306692
		10-20	2134

		20-30	1303
		30-40	922
		40-70	1560
		70-100	856
		>100	1240
	PUERTO OCTAY	0-10	17008
		10-20	6184
		20-30	3340
		30-40	2250
		40-70	4235
		70-100	3052
		>100	19405
	PUERTO VARAS	0-10	22987
		10-20	4887
		20-30	3409
		30-40	2680
		40-70	6580
		70-100	4779
		>100	23242
	PUQUELDON	0-10	8636
		10-20	24
		20-30	29
		30-40	18
		40-70	41
		70-100	18
		>100	14
	PURRANQUE	0-10	47177
		10-20	11655
		20-30	9974
		30-40	8004
		40-70	12340
		70-100	4038
		>100	3549
	PUYEHUE	0-10	16158
		10-20	3570
		20-30	1968
		30-40	1633
		40-70	4330
		70-100	3699
		>100	19371
	QUEILEN	0-10	34
		10-20	183
		20-30	41
		30-40	12
		40-70	21
		70-100	15
		>100	24
	QUELLON	0-10	7435
		10-20	4543
		20-30	3419
		30-40	2689
		40-70	5095

		70-100	2637
		>100	3594
	QUEMCHI	0-10	4011
		10-20	101
		20-30	83
		30-40	88
		40-70	138
		70-100	68
		>100	104
		QUILACO	0-10
	10-20		702
	20-30		1002
	30-40		1147
	40-70		3163
	70-100		2270
	>100		44595
	QUINCHAO		0-10
		10-20	35
		20-30	6
		30-40	2
		40-70	1
	RIO BUENO	0-10	12968
		10-20	8925
		20-30	4395
		30-40	2401
		40-70	3160
		70-100	1469
		>100	8275
	RIO NEGRO	0-10	10478
		10-20	10970
		20-30	7071
		30-40	4802
		40-70	6299
		70-100	1962
		>100	1621
	SAN JOSE DE LA MARIQUINA	0-10	31351
		10-20	5901
		20-30	6389
		30-40	5737
		40-70	13034
		70-100	8910
		>100	17099
	SAN JUAN DE LA COSTA	0-10	29689
		10-20	10263
		20-30	9870
		30-40	8875
		40-70	17170
		70-100	7104
		>100	7710
	SAN PABLO	0-10	9248
		10-20	4650
		20-30	3129

		30-40	2176
		40-70	3475
		70-100	1261
		>100	946
	VALDIVIA	0-10	1017910
		10-20	6898
		20-30	7370
		30-40	5942
		40-70	10294
		70-100	5239
		>100	8984

