

ciren
Centro de Información de Recursos Naturales

DETERMINACIÓN
DE LA EROSIÓN ACTUAL
Y POTENCIAL DE LOS SUELOS
DE CHILE

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO
INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO
OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS
CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL

InnovaChile
CORFO



**→ Determinación
de la erosión actual
y potencial de los
suelos de Chile**

INFORME FINAL

Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

Determinación de la erosión actual y
potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL - Diciembre 2010

Publicación N° 139

Registro de propiedad intelectual: 199.974

ISBN: 978-956-7153-91-6

Autores:

Juan Pablo Flores V.

Marión Espinosa T.

Eduardo Martínez H.

Gabriel Henríquez A.

Pablo Avendaño V.

Patricio Torres F.

Isaac Ahumada F.

Cartografía:

Marcelo Retamal G.

Balfredo Toledo H.

Luz María Marín A.

Editado por:

Juan Pablo Flores V.

Eduardo Martínez H.

Centro de Información de Recursos Naturales

Director Ejecutivo: Eugenio González Aguiló

Manuel Montt 1164, Providencia.

Fono (56-2) 200 89 00

www.ciren.cl

Santiago de Chile - 2010

Dedicado a Patricio Lara Greene.

Prólogo

Nuestro país, por su particular condición fisiográfica y sus características climáticas, está altamente expuesto a ser afectado en vastas áreas por el proceso de erosión hídrica. Los primeros testimonios de la pérdida suelo en Chile se remontan a los estudios de Claudio Gay, Benjamín Vicuña Mackenna, R.E Mc Lure y Federico Albert quienes informaron sobre la enorme fragilidad de los suelos de Chile y las consecuencias que las malas prácticas silvoagropecuarias tendrían para las futuras generaciones. Estudios contemporáneos, nos ratifican la misma situación preocupante de los niveles de erosión, lo que podría dificultar propósitos como el de convertir a Chile en potencia agroalimentaria.

Este es un gran desafío como país, que ya el año 1968 el Estado de Chile, asumía como una responsabilidad social y productiva, mediante lo que en la época constituía el Departamento de Conservación de Recursos Agrícolas (DICORA, actualmente DIPROREN), ya efectuaba campañas de acción directa entre los agricultores para detener los malos manejos y prácticas agrícolas no conservativas. Un gran avance en materias ambientales de protección del suelo lo dieron, por una parte, los programas de recuperación de suelos degradados (SIRSD), y por otra parte, el D.L. 701 de 1974 y la Ley 19.561 de 1998, con la forestación de grandes extensiones del territorio nacional. No obstante, los resultados del presente estudio son inquietantes y ponen de relieve la importancia de discutir el tema con mayor profundidad y promover políticas contundentes para frenar el actual y agresivo proceso de degradación en distintas zonas del país.

El informe que se presenta, aborda la problemática de la erosión y su cuantificación mediante tecnologías satelitales integradas a sistemas de información geográfica de recursos naturales. Esto permitió estudiar grandes extensiones a bajos costos operativos, con resultados altamente favorables y necesarios para la focalización del problema y la asignación de recursos financieros, administrativos y humanos de los programas de fomento de recuperación de suelos degradados.

El trabajo desarrollado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), realiza un aporte innovador en estas líneas de acción a nivel nacional. La gran cantidad de estudios y proyectos que requieren de nuestra información, ratifican la relevancia de esta temática para particulares y las instituciones del Ministerio de Agricultura de Chile (MINAGRI).

Para nuestro Centro de Información es muy grato presentar este informe, que resume toda la experiencia del proyecto «Determinación de la erosión actual y potencial del territorio de Chile», el que ha sido realizado gracias al financiamiento aportado por INNOVA-CHILE de CORFO y las instituciones asociadas del MINAGRI; Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). En sus distintos apartados se entrega la metodología de trabajo y los resultados a nivel regional, provincial y comunal del estado actual y potencial de los suelos. En este marco, se pretende aportar, a particulares y al Estado de Chile, una cartografía e información actualizada, confiable y precisa del recurso suelo.

Eugenio González Aguiló
Director Ejecutivo
Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.

Contenido

RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	21
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	25
ESTADO DEL ARTE	29
4.1. Degradación y erosión del suelo	29
4.2. Desertificación y erosión	30
4.3. Consecuencias de la erosión del suelo	30
4.4. Antecedentes sobre erosión en Chile	31
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	37
METODOLOGÍA	63
6.1. Erosión actual	63
6.1.1. Análisis preliminar (adquisición de información base)	64
6.1.2. Actualización y homogenización de base de datos espacial	68
6.1.3. Trabajo de terreno	68
6.1.4. Análisis final-Cartografía digital	76
6.1.5. Verificación de resultados	82
6.2. Riesgo de erosión potencial y actual	83
6.2.1. Ajuste y normalización de bases de datos	83
6.2.2. Modelo índice de riesgo de erosión potencial y actual	83
6.2.3. Verificación de resultados	110
RESULTADOS	115
7.1. Erosión actual	115
7.2. Riesgo de erosión potencial y actual	117
7.3. Resultados a nivel regional	121
BIBLIOGRAFÍA	157
ANEXOS	165
EQUIPO DE TRABAJO	285

Cuadros y figuras.

Figuras.

- Figura 1.** Costo potencial anual de pérdida de nutrientes (N,P,K) por efecto de la erosión en Chile.
- Figura 2.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Arica y Parinacota, IREN-1979.
- Figura 3.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Tarapacá, IREN-1979.
- Figura 4.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Antofagasta, IREN-1979.
- Figura 5.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Atacama, IREN-1979.
- Figura 6.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Coquimbo, IREN-1979.
- Figura 7.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Valparaíso, IREN-1979.
- Figura 8.** Mapa de nivel de erosión para la Región Metropolitana, IREN-1979.
- Figura 9.** Mapa de nivel de erosión para la Región de O'Higgins, IREN-1979.
- Figura 10.** Mapa de nivel de erosión para la Región del Maule, IREN-1979.
- Figura 11.** Mapa de nivel de erosión para la Región del Bío-Bío, IREN-1979.
- Figura 12.** Mapa de nivel de erosión para la Región de La Araucanía, IREN-1979.
- Figura 13.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Los Ríos, IREN-1979.
- Figura 14.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Los Lagos, IREN-1979.
- Figura 15.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Aysén, IREN-1979.
- Figura 16.** Mapa de nivel de erosión para la Región de Magallanes y Antártica Chilena, IREN-1979.
- Figura 17.** Diagrama metodológico del modelo satelital de erosión actual.
- Figura 18.** Línea base cartográfica de erosión actual (Datum PSAD 1956).
- Figura 19.** Cobertura espacial de estudios agrológicos (distribuidos entre las regiones de Atacama y Aysén), incluidos en análisis preliminar de la información base.
- Figura 20.** A) Imagen satelital correspondiente a área de muestreo. B) Coberturas de información componentes de área de muestreo (área número 13, I Región de Tarapacá). C) Cartografía final para área de muestreo, escala 1:50.000. D) Cartografía de transecto N°2 para regiones XV y I, con áreas de muestreo que lo componen.
- Figura 21.** Ficha de terreno para muestreo vegetacional, detallando análisis de cobertura y estado de la vegetación, entre otras variables registradas.
- Figura 22.** Ficha de sitios de muestreo para descripción de suelo y determinación de clases de erosión, detallando además registro y caracterización de propiedades relevantes para el estudio.
- Figura 23.** Clasificación de erosión de suelo, caso erosión nula o sin erosión.
- Figura 24.** Clasificación de erosión de suelo, caso erosión ligera.
- Figura 25.** Clasificación de erosión de suelo, caso erosión moderada.
- Figura 26.** Clasificación de erosión de suelo, caso erosión severa.
- Figura 27.** Clasificación de erosión de suelo, caso erosión muy severa.
- Figura 28.** Clasificación de erosión de suelo, caso erosión no aparente.
- Figura 29.** Clasificación de erosión actual, sector Santa Laura, VII Región del Maule
- Figura 30.** Clasificación de erosión de suelo, caso dunas interiores o continentales.
- Figura 31.** Clasificación de erosión de suelo, caso dunas litorales.
- Figura 32.** Índice de brillo, VII Región. Tonos claros corresponden a suelos desnudos y zonas de mayor erosión actual.
- Figura 33.** Índice de arcilla, VII Región del Maule. Tonos claros representan mayor cobertura vegetal.
- Figura 34.** Índice SAVI, VII Región del Maule. Tonos claros representan mayor cobertura vegetal.
- Figura 35.** Índice SAVI invertido, VII Región del Maule. Tonos claros representan menor cobertura vegetal.
- Figura 36.** Índice de rojo, VII Región del Maule. Tonos claros representan mayor cobertura vegetal.
- Figura 37.** **a**, Índice de erosión, composición falso color 2,1,3 para análisis visual de erosión actual. **b**, Imagen Landsat 5 TM, composición 4,3,2, correspondiente a la zona andina de la VI Región de O'Higgins.
- Figura 38.** Ficha de validación de terreno, para erosión actual.
- Figura 39.** Diagrama metodológico del modelo de riesgo de erosión potencial (IREPOT).
- Figura 40.** Cartografía de microcuencas generadas en el programa TNTmips, caso V Región de Valparaíso.
- Figura 41.** Microcuencas; Índice de riesgo por coeficiente orográfico; Índice de riesgo por pendiente; Índice de riesgo por densidad de drenes, para la IX Región de La Araucanía.

- Figura 42.** Índice de agresividad escurrimiento para la VI Región de O'Higgins.
- Figura 43.** Triángulo textural y clases texturales (United States Department of Agriculture, USDA)
- Figura 44.** Índice de erodabilidad de suelo para la V Región de Valparaíso.
- Figura 45.** Distribución y fecha de la cobertura de imágenes satelitales (path row).
- Figura 46.** Índice de desprotección vegetal para la VII Región del Maule
- Figura 47.** Distribución espacial de las estaciones pluviométricas pertenecientes a la D.G.A.-Chile, utilizadas en este estudio.
- Figura 48.** Estaciones meteorológicas con datos faltantes. Color naranja indica estaciones con datos faltantes. Color verde indica celda sin datos de precipitación mensual. Círculos rojos indica años eliminados en la serie temporal por tener menos de seis datos.
- Figura 49.** Índice de agresividad climática para la XI Región de Aysén.
- Figura 50.** Índice de riesgo topoclimático para la Región Metropolitana.
- Figura 51.** Índice de riesgo físico para la IV Región de Coquimbo.
- Figura 52a.** Guía de validación de terreno modelo IREPOT para la obtención del riesgo de erosión potencial y actual.
- Figura 52b.** Guía de validación de terreno modelo IREPOT para la obtención del riesgo de erosión potencial y actual (continuación).
- Figura 53.** Porcentaje de superficie de suelos erosionados a nivel país.
- Figura 54.** Porcentaje de superficie regional afectada por erosión moderada, severa y muy severa.
- Figura 55.** Riesgo de Erosión Potencial a Nivel Nacional.
- Figura 56.** Riesgo de Erosión Actual a Nivel Nacional.
- Figura 57.** Porcentaje de superficie de suelos con riesgo de erosión actual (izquierda) y potencial (derecha), a nivel país.
- Figura 58.** Erosión actual para la XV Región de Arica y Parinacota.
- Figura 59.** Riesgo de erosión potencial para la XV Región de Arica y Parinacota.
- Figura 60.** Riesgo de erosión actual para la XV Región de Arica y Parinacota.
- Figura 61.** Erosión actual para la I Región de Tarapacá
- Figura 62.** Riesgo de erosión potencial para la I Región de Tarapacá
- Figura 63.** Riesgo de erosión actual para la I Región de Tarapacá.
- Figura 64.** Erosión actual para la II Región de Antofagasta.
- Figura 65.** Riesgo de erosión potencial para la II Región de Antofagasta.
- Figura 66.** Riesgo de erosión actual para la II Región de Antofagasta.
- Figura 67.** Erosión actual para la III Región de Atacama.
- Figura 68.** Riesgo de erosión potencial para la III Región de Atacama.
- Figura 69.** Riesgo de erosión actual para la III Región Atacama.
- Figura 70.** Erosión actual para la IV Región de Coquimbo.
- Figura 71.** Riesgo de erosión potencial para la IV Región de Coquimbo.
- Figura 72.** Riesgo de erosión actual para la IV región de Coquimbo.
- Figura 73.** Erosión actual para la V Región de Valparaíso.
- Figura 74.** Riesgo de erosión potencial para la V Región de Valparaíso.
- Figura 75.** Riesgo de erosión actual para la V Región de Valparaíso.
- Figura 76.** Erosión actual para la Región Metropolitana.
- Figura 77.** Riesgo de erosión potencial para la Región Metropolitana.
- Figura 78.** Riesgo de erosión actual para la Región Metropolitana.
- Figura 79.** Erosión actual VI Región de O`Higgins.
- Figura 80.** Riesgo de erosión potencial VI Región de O`Higgins.
- Figura 81.** Riesgo de erosión actual para la VI Región de O`Higgins.
- Figura 82.** Erosión actual para la VII Región del Maule.
- Figura 83.** Riesgo de erosión potencial para la VII Región del Maule.
- Figura 84.** Riesgo de erosión actual para la VII Región del Maule.
- Figura 85.** Erosión actual para la VIII Región del Bío-Bío
- Figura 86.** Riesgo de erosión potencial para la VIII Región del Bío-Bío
- Figura 87.** Riesgo de erosión actual para la VIII Región del Bío-Bío
- Figura 88.** Erosión actual para la IX Región de La Araucanía.

- Figura 89.** Riesgo de erosión potencial para la IX Región de La Araucanía.
- Figura 90.** Riesgo de erosión actual para la IX Región de La Araucanía.
- Figura 91.** Erosión actual para la XIV Región de Los Ríos.
- Figura 92.** Riesgo de erosión potencial para la XIV Región de Los Ríos.
- Figura 93.** Riesgo de erosión actual para la XIV Región de Los Ríos.
- Figura 94.** Erosión actual para la X Región de Los Lagos.
- Figura 95.** Riesgo de erosión potencial para la X Región de Los Lagos.
- Figura 96.** Riesgo de erosión actual para la X Región de Los Lagos.
- Figura 97.** Erosión actual para la XI Región de Aysén.
- Figura 98.** Riesgo de erosión potencial para la XI Región de Aysén.
- Figura 99.** Riesgo de erosión actual para la XI Región de Aysén.
- Figura 100.** Erosión actual para la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena.
- Figura 101.** Riesgo de erosión potencial para la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena.
- Figura 102.** Riesgo de erosión actual para la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Cuadros.

- Cuadro 1.** Superficie afectada por erosión en Chile en distintos grados (hectáreas), 1957.
- Cuadro 2.** Superficie afectada por erosión en Chile en distintos grados (hectáreas), 1979.
- Cuadro 3.** Porcentaje de superficie afectada por erosión (%), 1979.
- Cuadro 4.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XV Región.
- Cuadro 5.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), I Región.
- Cuadro 6.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), II Región.
- Cuadro 7.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), III Región.
- Cuadro 8.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), IV Región.
- Cuadro 9.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), V Región.
- Cuadro 10.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), Región Metropolitana.
- Cuadro 11.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), VI Región.
- Cuadro 12.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), VII Región.
- Cuadro 13.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), VIII Región.
- Cuadro 14.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), IX Región.
- Cuadro 15.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XIV Región.
- Cuadro 16.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), X Región.
- Cuadro 17.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XI Región.
- Cuadro 18.** Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XII Región.
- Cuadro 19.** Estudios agrológicos utilizados en área de estudio.
- Cuadro 20.** Fecha de campaña de terreno y número de áreas de muestreo por región.
- Cuadro 21.** Caracterización de bandas espectrales y su aplicación.
- Cuadro 22.** Categorías de riesgo de erosión utilizadas en el modelo IREPOT.
- Cuadro 23.** Clasificación de rangos de riesgo de erosión por densidad de drenaje.
- Cuadro 24.** Clasificación de rangos de riesgos de erosión por pendientes.
- Cuadro 25.** Clasificación de rangos de riesgo de erosión por coeficiente orográfico.
- Cuadro 26.** Clasificación de riesgo de erosión por clases texturales según contenido decreciente de arcilla.
- Cuadro 27.** Clasificación de riesgo de erosión por contenido de materia orgánica del suelo.
- Cuadro 28.** Clases de permeabilidad según estudios agrológicos de CIREN.
- Cuadro 29.** Clasificación de riesgo de erosión, según permeabilidad y susceptibilidad al escurrimiento superficial.
- Cuadro 30.** Permeabilidad del suelo asociado a diferentes clases texturales.
- Cuadro 31.** Clasificación de la profundidad de suelo, según estudio agrológico (CIREN).
- Cuadro 32.** Clasificación de la profundidad del suelo para la base de datos de suelos FAO-SOTERLAC.
- Cuadro 33.** Clasificación de riesgo de erosión por profundidad de suelo, según estudio agrológico.
- Cuadro 34.** Clasificación de riesgo de erosión por profundidad de suelo, según base de datos SOTERLAC.
- Cuadro 35.** Clasificación de riesgo de erosión según tipología de uso del suelo.

- Cuadro 36.** Estaciones pluviométricas activas e inactivas utilizadas en la obtención de los índices de agresividad climática.
- Cuadro 37.** Clasificación de riesgo de erosión, según índice de agresividad climática (IFM).
- Cuadro 38.** Superficie de erosión actual (en miles de hectáreas) por región.
- Cuadro 39.** Superficie de suelos y el riesgo de erosión potencial (en miles de hectáreas), según clasificación de IREPOT.
- Cuadro 40.** Superficie de suelos y el riesgo de erosión actual (en miles de hectáreas), según clasificación de IREPOT.

ANEXOS

ANEXO 1: Documentación adicional.

- a) Descripción de los códigos para describir los sitios de muestreo en terreno.
- b) Ficha tipo de terreno para vegetación.
- c) Descripción del uso de la tierra (tipos vegetacionales).
- d) Ficha tipo de terreno para registrar erosión.
- e) Ficha descripción de suelos.

ANEXO 2: Áreas de muestreo y validación.

- Figura 1.** Carta Nº 1 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Arica y Parinacota.
- Figura 2.** Carta Nº 19 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Tarapacá.
- Figura 3.** Carta Nº 4 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Antofagasta.
- Figura 4.** Carta Nº 4 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Atacama.
- Figura 5.** Carta Nº 15 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Coquimbo.
- Figura 6.** Carta Nº 5 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Valparaíso.
- Figura 7.** Carta Nº 10 de las áreas de muestreo y validación para la Región Metropolitana.
- Figura 8.** Carta Nº 6 de las áreas de muestreo y validación para la Región de O'Higgins.
- Figura 9.** Carta Nº 20 de las áreas de muestreo y validación para la Región del Maule.
- Figura 10.** Carta Nº 30 de las áreas de muestreo y validación para la Región del Bío-Bío.
- Figura 11.** Carta Nº 1 de las áreas de muestreo y validación para la Región de La Araucanía.
- Figura 12.** Carta Nº 25 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Los Ríos.
- Figura 13.** Carta Nº 21 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Los Lagos.
- Figura 14.** Carta Nº 6 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Aysén.
- Figura 15.** Carta Nº 18 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

ANEXO 3: MAPAS. Resultados de erosión actual por región.

- Figura 1.** Mapa de erosión actual para la Región de Arica y Parinacota.
- Figura 2.** Mapa de erosión actual para la Región de Tarapacá.
- Figura 3.** Mapa de erosión actual para la Región de Antofagasta.
- Figura 4.** Mapa de erosión actual para la Región de Atacama.
- Figura 5.** Mapa de erosión actual para la Región de Coquimbo.
- Figura 6.** Mapa de erosión actual para la Región de Valparaíso.
- Figura 7.** Mapa de erosión actual para la Región Metropolitana.
- Figura 8.** Mapa de erosión actual para la Región de O'Higgins.
- Figura 9.** Mapa de erosión actual para la Región del Maule.
- Figura 10.** Mapa de erosión actual para la Región del Bío-Bío.

- Figura 11.** Mapa de erosión actual para la Región de La Araucanía.
- Figura 12.** Mapa de erosión actual para la Región de Los Ríos.
- Figura 13.** Mapa de erosión actual para la Región de Los Lagos.
- Figura 14.** Mapa de erosión actual para la Región de Aysén.
- Figura 15.** Mapa de erosión actual par la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

ANEXO 4: MAPAS. Resultados de riesgo de erosión potencial y actual por región.

- Figura 1.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Arica y Parinacota.
- Figura 2.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Arica y Parinacota.
- Figura 3.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Tarapacá.
- Figura 4.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Tarapacá.
- Figura 5.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Antofagasta.
- Figura 6.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Antofagasta.
- Figura 7.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Atacama.
- Figura 8.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Atacama.
- Figura 9.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Coquimbo.
- Figura 10.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Coquimbo.
- Figura 11.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Valparaíso.
- Figura 12.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Valparaíso.
- Figura 13.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región Metropolitana.
- Figura 14.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región Metropolitana.
- Figura 15.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de O'Higgins.
- Figura 16.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de O'Higgins.
- Figura 17.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región del Maule.
- Figura 18.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región del Maule.
- Figura 19.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región del Bío-Bío.
- Figura 20.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región del Bío-Bío.
- Figura 21.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de La Araucanía.
- Figura 22.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de La Araucanía.
- Figura 23.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Los Ríos.
- Figura 24.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Los Ríos.
- Figura 25.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Los Lagos.
- Figura 26.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Los Lagos.
- Figura 27.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Aysén.
- Figura 28.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Aysén.
- Figura 29.** Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Magallanes y Antártica Chilena.
- Figura 30.** Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Magallanes y antártica Chilena.

ANEXO 5: ESTADÍSTICAS. Resultados de erosión actual y riesgo de erosión potencial y actual.

EROSIÓN ACTUAL

- Cuadro 1.** Superficie de erosión actual (en miles de hectáreas) por región.
- Cuadro 2.** Superficie de erosión actual (%) por región.
- Cuadro 3.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Arica y Parinacota.
- Cuadro 4.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Tarapacá.
- Cuadro 5.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Antofagasta.
- Cuadro 6.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Atacama.
- Cuadro 7.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Coquimbo.
- Cuadro 8.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Valparaíso.
- Cuadro 9.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región Metropolitana.
- Cuadro 10.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

- Cuadro 11.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región del Maule.
- Cuadro 12.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región del Bío Bío.
- Cuadro 13.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de La Araucanía.
- Cuadro 14.** Superficie de erosión (miles de ha), según categoría de erosión, Región de Los Ríos.
- Cuadro 15.** Superficie de erosión (miles de ha), según categoría de erosión, Región de Los Lagos.
- Cuadro 16.** Superficie de erosión (miles de ha), según categoría de erosión, Región de Aysén.
- Cuadro 17.** Superficie de erosión (miles de ha), según categoría de erosión, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL

- Cuadro 18.** Superficie de riesgo de erosión actual (en miles de hectáreas) por región.
- Cuadro 19.** Superficie de riesgo de erosión actual (%) por región.
- Cuadro 20.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Arica y Parinacota.
- Cuadro 21.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Tarapacá.
- Cuadro 22.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Antofagasta.
- Cuadro 23.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Atacama.
- Cuadro 24.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Coquimbo.
- Cuadro 25.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Valparaíso.
- Cuadro 26.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región Metropolitana.
- Cuadro 27.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región del Libertador Bernardo O'Higgins
- Cuadro 28.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región del Maule.
- Cuadro 29.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región del Bío Bío.
- Cuadro 30.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de La Araucanía.
- Cuadro 31.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Los Ríos.
- Cuadro 32.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Los Lagos.
- Cuadro 33.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Aysén.
- Cuadro 34.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL

- Cuadro 35.** Superficie de erosión potencial (en miles de hectáreas) por región.
- Cuadro 36.** Superficie de riesgo de erosión potencial (%) por región.
- Cuadro 37.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Arica y Parinacota.
- Cuadro 38.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Tarapacá.
- Cuadro 39.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Antofagasta.
- Cuadro 40.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Atacama.
- Cuadro 41.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Coquimbo.
- Cuadro 42.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Valparaíso.
- Cuadro 43.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región Metropolitana.
- Cuadro 44.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región del Libertador Bernardo O'Higgins.
- Cuadro 45.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región del Maule.
- Cuadro 46.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región del Bío Bío.
- Cuadro 47.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de La Araucanía.
- Cuadro 48.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Los Ríos.
- Cuadro 49.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Los Lagos.
- Cuadro 50.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Aysén.
- Cuadro 51.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 1. RESUMEN





1. Resumen

El manejo de información actualizada acerca de los procesos de erosión en el país es necesario para identificar áreas de suelos degradados, permitiendo al Estado y a los particulares diseñar planes de conservación y recuperación de suelos. Este estudio estima la erosión actual y potencial del territorio de Chile mediante la aplicación de dos modelos cualitativos, usando técnicas de geomática, teledetección y SIG. El estudio cubre un área estimada de 75 millones de hectáreas y tiene dos escalas de trabajo dependiendo de la disponibilidad de información de cada región, nivel semidetallado 1:50.000 en sectores silvoagropecuarios entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos y escala generalizada 1:250.000 en las regiones extremas, islas y archipiélagos y la Cordillera de los Andes.

En este informe se presentan los resultados del proyecto "Determinación de erosión actual y potencial de Chile" y a nivel regional, provincial y comunal. El proyecto presenta 3 productos cartográficos, a saber; 1) la cartografía nacional de erosión actual, 2) la cartografía de erosión potencial y 3) una cartografía del riesgo de erosión actual. Esta última capa de información resulta de la aplicación del modelo de erosión potencial conjuntamente con la cobertura de uso del suelo, de tal manera que resulta utilitaria para estimar la erosión actual del suelo en aquellas zonas clasificadas con clase de erosión no aparente.

A nivel nacional, se puede observar que la mayor cantidad de suelos erosionados aumentan de sur a norte. Una superficie de 36,8 millones de hectáreas, equivalentes al 49,1% del territorio nacional presenta algún grado de erosión. Los sectores con mayores problemas de erosión actual lo lideran las regiones de Coquimbo, con el 84% de sus suelos erosionados; Valparaíso, con 57%, y O'Higgins con el 52% de sus suelos. Los resultados de riesgo de erosión actual severo y muy severo, indican que las regiones con mayores índices son Coquimbo (65,3%), Valparaíso (38,1%) y O'Higgins (37,6%), respecto de la superficie de suelos de cada región. La región de Coquimbo tiene la mayor superficie de riesgo de erosión actual (2,4 millones de hectáreas), en estas categorías. Los mayores índices de riesgo de erosión potencial severo y muy severo son las regiones de Valparaíso (75,8%), Aysén (73,9%) y Coquimbo (72,1%), respecto de la superficie de suelos de cada región. La región de Aysén (4,97 millones de hectáreas) posee la mayor superficie de riesgo de erosión potencial. Como principales factores ambientales responsables de los resultados obtenidos se tienen a la acción humana (secano costero e interior de las regiones entre IV y X), los procesos geológicos intrínsecos del paisaje (Cordillera de los Andes) y los indicadores de agresividad climática, la relación vegetación-suelo y la geomorfología de cuencas que afectan significativamente las características de escorrentía.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 2. INTRODUCCIÓN





2. Introducción

La erosión de los suelos, en Chile, constituye en la actualidad uno de los problemas ambientales más significativos del sector silvoagropecuario (Araneda et al, 1999; Bonilla et al, 2010), especialmente porque el recurso suelo resulta ser no renovable a escala humana y es altamente vulnerable a actuaciones antrópicas y condiciones de variabilidad climática y cambio climático global (Yoma, 2003). Sumado a ello, se deben considerar las importantes exigencias ambientales de los mercados internacionales en la producción de recursos naturales y los actuales desafíos del país en el campo del manejo sustentable, sujeto a la "Convención Internacional de Lucha contra la desertificación" de las Naciones Unidas (Pizarro et al, 2008).

El abordaje de esta problemática demanda una cuantificación actual y potencial de la erosión en Chile, pero los estudios de degradación de recursos naturales, erosión y fragilidad existentes en el país son escasos o se presentan a escalas generalizadas, y los estudios de mayor detalle son muy localizados por el alto costo que ello implica.

Durante las recientes décadas, los grandes avances en desarrollo de modelos empíricos, conceptuales y físicos (Merritt et al., 2003; Saavedra, 2005) que utilizan, en la mayoría de ellos, datos obtenidos de sensores remotos, integrados en sistemas de información geográfica (SIG), permiten obtener nuevas herramientas de gestión de recursos naturales (Datta y Schack-Kirchner, 2010), beneficiando con ello a las ciencias del suelo, al cubrir amplias extensiones a menores costos).

En el año 2006, el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), todas ellas pertenecientes al Ministerio de Agricultura de Chile, se unen para elaborar y desarrollar el presente estudio, que tiene el objetivo de elaborar la cartografía de erosión potencial y actual de suelos a nivel semidetallado 1:50.000 y generalizado a escala 1:250.000 en todo el país, utilizando técnicas de geomática, teledetección y SIG.

En este marco, el proyecto "Determinación de la erosión actual y potencial de Chile" fue seleccionado en el Concurso nacional de proyectos de innovación precompetitiva e interés público 2006 de INNOVA de CORFO, aprobado según convenio subsidio CORFO-CIREN, por resolución exenta N° 113 del 08 de Junio del 2007 y con fecha 10.07.2007 de toma de razón de la Contraloría General de la República.

La cartografía temática de suelos desarrollada por CIREN es básica para identificar áreas degradadas y/o erosionadas. Ésta se construyó en base a la información georreferenciada de las imágenes Landsat 5 TM y las bases de datos edafoclimáticas del Ministerio de Agricultura. Esta información permite al Gobierno de Chile y a los particulares dirigir y diseñar planes de conservación y recuperación de suelos degradados en el territorio nacional.

El presente informe presenta el desarrollo metodológico y los resultados y estadísticas finales, a nivel regional, provincial y comunal del proyecto "Determinación de la erosión actual y potencial del territorio de Chile".

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO





3. Objetivos del Estudio

Ante la necesidad de proteger el recursos suelo, el Estado de Chile impulsa y fomenta programas de **forestación de predios rurales con suelos de aptitud preferentemente forestal, erosionados y frágiles y sistemas de incentivos para la recuperación de suelos degradados**, uno de cuyos programas corresponde a planes de conservación por problemas de erosión o de susceptibilidad a la erosión de los suelos. Por una parte el sector forestal requiere de información de erosión y susceptibilidad a la erosión de los suelos que permita a las autoridades del ámbito forestal y organismos relacionados, centralizar su acción referente a la aplicación de su legislación vigente sobre Fomento Forestal y el seguimiento de su aplicación de acuerdo a la reglamentación general del respectivo cuerpo legal. En relación a la susceptibilidad a la erosión, los estudios técnicos de calificación de terrenos de aptitud preferentemente forestal (APF) cuando se trate de suelos frágiles, deben considerar la información de susceptibilidad a la erosión certificada por los organismos competentes. En este sentido, las autoridades competentes requieren contar con antecedentes técnicos que permitan localizar y cuantificar las clases de erosión presentes en los suelos de aptitud forestal y los suelos frágiles. Por otra parte el sector agrícola, el Servicio Agrícola y Ganadero y el Instituto de Desarrollo Agropecuario, requieren de información más detallada de las pérdidas de suelos originadas por la erosión e identificar suelos frágiles propensos a su pérdida, para desarrollar planes de conservación del recurso suelo.

En este contexto, la información actualizada de erosión es básica para identificar las áreas con problema de pérdida de suelos y su grado de deterioro, permitiendo al Estado y a los particulares diseñar planes de conservación de suelos y de recuperación a nivel comunal, provincial o regional.

Objetivo General del Proyecto

Generar cartografía de erosión actual y potencial de suelos a nivel semidetallado 1:50.000 y/o generalizado a escala 1:250.000 en todo el país, cubriendo un área estimada de 75 millones de hectáreas.

Objetivos Específicos

- Generar la cartografía de erosión actual en todo el país a escala 1:50.000 o 1:250.000, mediante técnicas de geomática, teledetección y SIG.
- Elaborar cartografía para todo el país de riesgo de erosión potencial y actual a escala 1:50.000 o 1:250.000, utilizando la metodología desarrollada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).
- Preparar bases de datos con la información de erosión y susceptibilidad a la erosión.
- Transferir los datos a las instituciones asociadas para operar y controlar la bonificación de suelos degradados y la forestación, según la ley 19.561 y Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados (SIRSD).

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 4. ESTADO DEL ARTE





4. Estado del Arte

4.1 Degradación y erosión del suelo

La erosión de la superficie terrestre corresponde a un proceso geomorfológico dinámico gradual que, junto a otros procesos denudativos (meteorización y remoción en masa) actúa permanentemente sobre el relieve terrestre, de tal forma de allanar las superficies hasta una condición de equilibrio estático. Conceptualmente el término erosión, se aplica en general tanto a nivel de paisajes, lechos de ríos, rocas y suelos. En el contexto del presente documento, se entenderá erosión en relación al suelo. Según Soil Survey Division Staff (1993), la erosión es el desprendimiento y movimiento de los materiales del suelo desde un lugar a otro. La erosión se produce cuando la fuerza de los determinados agentes externos, como el agua o el viento, es superior a las fuerzas de cohesión que unen las partículas de suelos en agregados o terrones, los cuales son disgregados y transportados por dichos agentes u otros, produciéndose la desaparición parcial o total del horizonte superficial o incluso de todo el suelo o sustrato (Solé y Cantón, 2005).

Cuando se hace referencia a la erosión acelerada, el proceso erosivo adquiere una connotación negativa y se enmarca como una de las causas de la degradación del suelo. La degradación del suelo significa el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. La FAO (1979) definió la degradación del suelo como aquel proceso que disminuye su capacidad real y/o potencial para producir bienes o prestar servicios. En términos generales la degradación del suelo provoca alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva (Wildner y Veiga, 1994). Las tierras agrícolas se vuelven gradualmente menos productivas por cuatro razones principales (Bertoni y Lombardi Neto, 1985): la degradación de la estructura del suelo; la disminución de la materia orgánica; la pérdida de suelo; y la pérdida de nutrientes. Estas razones son efectos producidos básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo y por la acción de la erosión acelerada.

La degradación del suelo aún permanece como un aspecto importante del siglo 21, debido al impacto adverso sobre la productividad agrícola, el medio ambiente y su efecto en la seguridad alimentaria y la calidad de vida (Eswaran *et al.*, 2001). Esto ocurre por la fuerte interrelación existente entre la erosión, la sostenibilidad de las poblaciones y el desarrollo socioeconómico (Lal, 1998).

En Chile la degradación de los suelos está explicada en gran medida por la erosión. Pérez y González (2001) señalan que en Chile la erosión atribuible a la intervención del hombre es un proceso grave, acelerado y casi irreversible producto de un afán, a corto plazo, de obtener mejor rentabilidad a través del uso de tecnologías y prácticas silvoagropecuarias inadecuadas en relación a la capacidad de uso del suelo. La erosión existente en Chile está estrechamente ligada a la fragilidad de los ecosistemas. Entre los factores naturales que inciden en el deterioro, destaca la topografía montañosa que se extiende en la mayor parte del territorio nacional (Lagos *et al.*, 1994) y la elevada erosividad dada por la distribución irregular y concentrada de las precipitaciones en la zona centro sur de Chile (Ellies, 2000, Pizarro *et al.*, 2005).

La consecuencia principal de la degradación del suelo es una reducción substancial de la productividad de la tierra. Los principales factores son:

- Erosión acelerada por agua y viento.
- Acidificación
- Salinidad y alcalinidad del suelo.
- Pérdida de materia orgánica y destrucción de la estructura del suelo.

La presión antrópica también opera a través de otros mecanismos. Prácticas agrícolas inapropiadas, por ejemplo, ocurren sólo bajo limitantes tales como la saturación de las tierras arables por urbanización, lo cual conlleva al

establecimiento de los cultivos en suelos muy delgados y/o muy inclinados. La labranza intensiva de estos suelos, junto a técnicas de riego ineficientes también aumenta la degradación del suelo. La degradación severa afecta una porción significativa de las tierras arables, disminuyendo la riqueza y el desarrollo económico de las naciones.

4.2 Desertificación y erosión

La desertificación corresponde a la degradación de tierras que ocurre en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, siendo este proceso el resultado de la interacción de diferentes y complejos factores derivados de las actividades humanas y las variaciones climáticas (Morales y Parada, 2005). En zonas áridas y semiáridas, desertificación y erosión antrópica son fenómenos ligados a condiciones climáticas específicas secas, generados por actividades humanas inadecuadas en los geosistemas. Ambos procesos se manifiestan por una degradación del suelo, vegetación y agua, en muchos casos irreversible. Además, comprometen el potencial biológico y el desarrollo sostenible (López-Bermúdez, 1998). Las principales causas de la desertificación en Chile corresponden a la deforestación para el uso agropecuario, los incendios forestales, el sobrepastoreo, el uso agrícola de suelos forestales y entre otras al uso inapropiado del riego. Los suelos afectados por la desertificación en Chile son 47,3 millones de hectáreas lo que representa un 62% del territorio nacional y alrededor del 75% de los suelos productivos del país, según el Programa de Acción Contra la Desertificación (Soto, 1997).

4.3 Consecuencias de la erosión del suelo

La erosión es uno de los fenómenos más graves que afectan al hombre en la actualidad, debido a que disminuye considerablemente la fertilidad del recurso suelo, alterando, entre otros, la producción agrícola, el desarrollo forestal y a las comunidades biológicas asociadas a los bosques. En Chile hay serios problemas de erosión; sólo en la hoya hidrográfica del Bío-Bío se estima que el 48% de su superficie presenta severos daños producto de erosión hídrica (Peña y Carrasco, 1992). Esto hace imperativo conocer la magnitud del daño, e identificar aquellas áreas susceptibles de ser erosionadas, para establecer oportunos planes de control erosivo y de gestión en el uso del suelo a fin de evitar su pérdida (Araneda *et al.*, 1999).

Los impactos de la erosión del suelo sobre la productividad se asocian a la disminución en la calidad de las tierras en los sitios donde ocurre el fenómeno, así como también ocurre un efecto compensatorio en los suelos donde los sedimentos son depositados. Los impactos de la erosión *in situ* sobre la productividad se advierten fácilmente debido al uso adicional de insumos agropecuarios (Eswaran *et al.*, 2001). Por otro lado la adopción de nuevas tecnologías y la liberación de nuevas variedades de cultivos ocultan los efectos directos de la erosión sobre la productividad del suelo. Numerosos estudios evalúan la disminución de carbono orgánico asociadas a las pérdidas de suelos (Kimble *et al.*, 2001; Lal, 2001; Lal, 2003; Berhe *et al.*, 2007; Nadeau *et al.*, 2010). El carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos (Bauer y Black, 1994; Sánchez *et al.*, 2004; Martínez, 2008). Adicionalmente, Pimentel y Kounang (1998), señalan que la erosión reduce la productividad de los suelos debido a pérdidas de agua, nutrientes, biota y profundidad del suelo.

En el estudio de Pérez y González (2001) denominado "*Diagnóstico de sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país*" se estima el costo económico anual por concepto de pérdidas de nutrientes (NPK) por erosión (Figura 1). El nivel de pérdidas anuales de la IV a la IX Región asciende a MM \$4.938, lo que representa el 52% del costo a nivel nacional. En esta sección un 65% se concentra en la macrozona denominada "Secano/Costa". Le sigue en magnitud de daño económico la precordillera andina con un 29%, en tanto que el "Valle Central" representa sólo un 6% de las pérdidas. Por otro lado, en la macrozona de la X a XII Regiones (48% del costo total), destacan en orden de importancia las zonas geográficas ganaderas de Magallanes y Tierra del Fuego

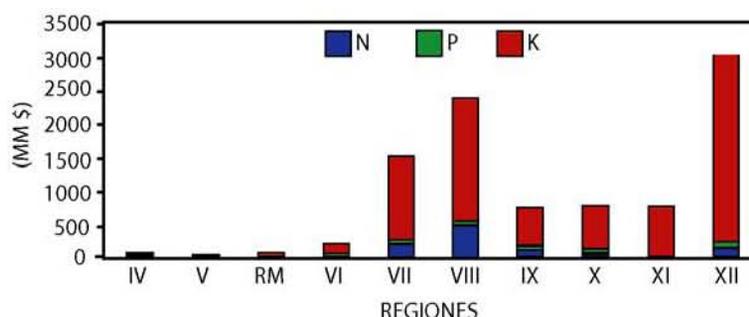


Figura 1. Costo potencial anual de pérdida de nutrientes (N,P,K) por efecto de la erosión en Chile (Fuente: Pérez y González, 2001).

La erosión también produce daños en las estructuras viales, ya que los sedimentos perdidos del suelo sepultan y cortan caminos y puentes, siendo esta situación un problema habitual en los inviernos de Chile (Ellies, 2000).

Finalmente, la erosión de los suelos tiene una relación directa con los niveles de pobreza rural (Pérez y González, 2001; Pizarro et al, 2004; Universidad de Chile, 2008).

4.4 Antecedentes sobre erosión en Chile

Desde el año 1945 en Chile, la situación de la erosión de los suelos era preocupante para el Estado de Chile, es así como, se destinaban recursos financieros y humanos en campañas de acción directa entre los agricultores para detener las malas prácticas agrícolas que generan procesos erosivos.

En décadas posteriores, en Chile se analizaba el problema de la erosión causado por la intervención humana, fundamentalmente en lo relacionado con prácticas agrícolas inadecuadas. Elizalde (1970) da cuenta del perjuicio sobre la fertilidad del suelo y la alteración del equilibrio ecológico que algunas prácticas realizadas en la época provocaban, derivando en el problema de la erosión como consecuencia posterior. El mismo autor, muestra datos provenientes de un estudio llevado a cabo en el año 1957 por el ex Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales (DECARAF), detallados en el texto "La Agricultura Chilena en el Quinquenio 1951-56". En ellos, se da cuenta de la proporción de suelo categorizado bajo alguna clase de erosión respecto de la superficie agrícola de la época, y respecto del total de superficie evaluada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie afectada por erosión en Chile en distintos grados (hectáreas), 1957.

CLASES DE EROSIÓN	MILES DE HA	% SOBRE SUPERFICIE AGRÍCOLA	% SOBRE SUPERFICIE TERRITORIAL
Erosión ligera o sin erosión	5.360	17,4	7,2
Erosión ligera dominante	9.425	30,5	12,7
Erosión moderada	825	2,7	1,1
Erosión moderada o severa	3.260	10,5	4,4
TOTAL DEL PAÍS	18.870	60,1	25,4

Destaca el hecho que en dicha época existían 18.870.000 hectáreas en alguna categoría de erosión, representando el 76% de la superficie agrícola (25.000.000 hectáreas) y el 25% de la superficie territorial (75.694.000 hectáreas), cifras que ya mostraban la urgencia de disponer de recursos financieros y humanos constantes para combatir los efectos del prolongado uso inadecuado del suelo, en especial sobre los cuatro millones de ha de suelos categorizados bajo las clases de erosión moderada o severa.

En el estudio de IREN (1979), denominado "Fragilidad de los Ecosistemas de Chile", se informan aproximadamente 35 millones de hectáreas a nivel nacional bajo una situación de degradación. Sin embargo, dicho estudio no es

comparable en forma metodológica con el presente proyecto, debido fundamentalmente a la escala de trabajo (1:500.000) y no fueron considerados los sectores de archipiélagos ni ciertas áreas de la cordillera andina.

La metodología empleada en el proyecto IREN (1979) se basó en la interpretación de imágenes Landsat, sensor Multispectral Scanner System (MSS) en formato de diapositivas transparentes que se analizaron a través de un visor multispectral I2S en sus bandas del azul, verde, rojo e infrarrojo del espectro electromagnético, detectando y delimitando unidades homogéneas desde el punto de vista de los descriptores de uso actual, nivel de cobertura vegetal y nivel de erosión. El estudio para la clasificación de los niveles de erosión, en cada uno de los ecosistemas naturales detectados y delimitados, se efectuó a través de correlaciones entre geoforma y rangos de erosión. Sobre esta base, el estudio determinó cuatro niveles de erosión (muy grave, grave, moderada, leve) y se determinó que el 46 % del territorio se encontraba erosionado en sus distintos niveles de ocurrencia (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 2. Superficie afectada por erosión en Chile en distintos grados (hectáreas), 1979.

CATEGORÍAS DE EROSIÓN (hectáreas)					
REGIONES	MUY GRAVE	GRAVE	MODERADA	LEVE	TOTAL
I	38.750	1.027.375	1.116.075	356.768	2.538.968
II		1.435.200	1.120.135	126.250	2.681.585
III	1.056.250	152.250	809.250	630.375	2.648.125
IV		654.260	1.425.690	1.370.610	3.459.560
V	51.100	231.795	146.825	463.950	893.670
VI	198.377	544.429	210.624	19.918	973.348
VII	152.409	662.371	686.598	36.645	1.538.023
VIII	175.680	818.494	1.167.531	200.442	2.362.147
IX	65.841	809.396	1.533.320	69.537	2.478.094
X	401.964	593.373	1.655.914	2.194.865	4.846.116
XI	145.250	909.875	2.179.500	1.389.875	4.624.500
XII		900.000	3.463.500	524.250	4.887.750
RM	95.225	387.790	58.752	17.100	558.867
TOTAL	2.380.846	9.126.608	15.573.714	7.409.585	34.490.753

Por su parte, la Universidad Austral de Chile (1992) desarrolló un modelo de fragilidad para terrenos forestales y CIREN (1997), le incorporó y calibró nuevas variables. El modelo postula que la determinación de la susceptibilidad a la erosión, o susceptibilidad a sufrir erosión que tiene el suelo, corresponde al supuesto de despojar de cubierta vegetal a una superficie de suelo en pendiente, dejándolo sujeto a la acción de factores físicos, que en su acción causan deterioro a las propiedades del suelo. El modelo consiste en la construcción de índices numéricos que se derivan a partir de valores absolutos de las clases de valoración de 0 a 10 de variables físicas. La selección de variables se basa en las experiencias de los modelos FAO y USLE, y considera aspectos tales como: mapas de pendiente, precipitación, especialmente su intensidad en 24 horas, textura, estructura, profundidad efectiva, rocosidad, pedregosidad, drenaje y erosión.

En el ámbito agropecuario, el Ministerio de Agricultura implementó en el año 1996, el programa "Bonificación al establecimiento y mejoramiento de praderas", que en 1997 fue reemplazado por el Plan para la recuperación de la productividad de los suelos. En el año 1998 ambas iniciativas derivan en el Programa de Recuperación de Suelos Degradados, hoy "Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados", (SIRSD), que es parte del compromiso del Ministerio de Agricultura en relación a la conservación de recursos naturales renovables. El propósito que persigue la autoridad con el programa es detener o revertir los procesos de degradación del suelo y, por esta vía, contribuir a la conservación de los recursos naturales del país y al mejoramiento de los activos productivos de los agricultores.

**Cuadro 3.** Porcentaje de superficie afectada por erosión (%), 1979.

CATEGORÍAS DE EROSIÓN (%)				
REGIONES	MUY GRAVE	GRAVE	MODERADA	LEVE
I	1,5	40,5	44	14
II	0,0	53,5	41,8	4,7
III	39,9	5,7	30,6	23,8
IV	0,0	18,9	41,2	39,9
V	5,7	25,9	16,4	51,9
VI	20,4	55,9	21,6	2,1
VII	9,9	43,1	44,6	2,4
VIII	7,4	34,7	49,4	8,5
IX	2,6	32,7	61,9	2,8
X	8,3	12,2	34,2	45,3
XI	3,1	19,7	47,1	30,1
XII	0,0	18,4	70,9	10,7
RM	17,0	69,4	10,5	3,1
TOTAL	6,9	26,5	45,1	21,5

Por otra parte, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), desde el año 1996, han desarrollado estudios localizados de erosión potencial, con la finalidad de apoyar la planificación de programas específicos como el PRODECOP-SECANO y la focalización de créditos en las comunas de mayor pobreza y deterioro físico. En este contexto, el SAG, para el proyecto PRODECOP de INDAP, aplicó en conjunto con el (BRGM) de Francia y mediante consultorías externas (Castro, 2001), una metodología basada en teledetección, para cuantificar y ubicar las zonas de erosión potencial en ocho zonas del secano costero, correspondientes a comunas pobres de Chile central. Los estudios se centraron en la evaluación a nivel predial de la sensibilidad a la erosión por teledetección multitemporal y SIG, se utilizaron datos bases altimétricos a escala 1:10.000 y ortofotos a la misma escala, además de datos satelitales, priorizándose de esta manera los programas de desarrollo agrícola (PDA) en los predios de mayor deterioro. Dentro de este contexto, el Fondo de Desarrollo e Innovación FDI, aprobó el proyecto denominado "Zonificación de áreas potenciales para la aplicación del programa de recuperación de suelos degradados VII a X regiones" que fue ejecutado por CIREN en conjunto con el Ministerio de Agricultura y cuyos principales productos fueron archivos gráficos y descriptivos de la zonificación de los cuatro subprogramas (fertilización fosfatada, enmiendas, praderas, conservación de suelos) en sectores agropecuarios representados a una escala 1:20.000. Este estudio no consideró los suelos de aptitud forestal. El año 2006 CIREN llevó a cabo el estudio de zonificación de erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de las regiones VI y VII, que planteó zonificar la erosión y susceptibilidad a la erosión de suelos a nivel semidetallado (1:50.000) para el secano costero de las regiones VI y VII y detallada (1:10.000) para las zonas de pequeños propietarios de las comunas de Curepto y Paredones, en el marco de los requerimientos del nuevo estatuto de fomento forestal chileno y de los requerimientos del Ministerio de Agricultura. Asimismo, se repitió la experiencia, metodológica para la V Región de Valparaíso mediante el proyecto denominado "Determinación de erosión actual y fragilidad de suelos en la V Región utilizando datos satelitales y SIG", donde se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 TM y Quickbird. Estos estudios ratificaron la preocupante situación de los suelos agropecuarios, en cuanto a su degradación antrópica. Parte del desarrollo metodológico de los proyectos anteriormente mencionados, se utilizó como base para la metodología que se plantea en el presente documento.

En este marco, el presente estudio (2007-2010), utiliza técnicas de geomática y teledetección y la información temática disponible en CIREN con datos satelitales (Landsat 5), para estudiar y analizar todo el territorio nacional, y se presentan los resultados de: 1) la cartografía nacional de erosión actual, 2) la cartografía de erosión potencial y 3) una cartografía del riesgo de erosión actual.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile
INFORME FINAL Diciembre 2010
Centro de Información de Recursos Naturales

→ 5. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO





5. Antecedentes del Área de Estudio

XV Región de Arica y Parinacota

La Región de Arica y Parinacota se ubica en el extremo norte del país y limita en esa dirección con la República del Perú, al sur con la I Región de Tarapacá, al este con la República de Bolivia y al oeste con el Océano Pacífico. En esta región predomina el clima desértico, con algunas variaciones de mar a cordillera, destacando el clima desértico costero con alta nubosidad, clima desértico normal y el clima de estepa de altura. En esta región se presentan cuatro de las grandes formas básicas que estructuran el relieve chileno, que son: Farellón Costero, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes.

Los suelos de la Región de Arica y Parinacota son conocidos principalmente como suelos de desiertos; i) Entisoles, que se localizan en los lomajes de la cordillera de la costa. Son suelos de gran variabilidad en textura, pedregosidad, profundidad, color y grado de desarrollo, marcadamente coluviales y esqueléticos-francos en todo el perfil. ii) Aridisoles, localizados principalmente en la Depresión Intermedia y el piedmont, son suelos poco evolucionados, derivados de sedimentos gruesos, diferenciándose según se ubiquen en las pampas no salinas donde en algunos casos es posible encontrar con horizontes cámbico, cálcico y petrocálcico. La pampa presenta zonas con altas concentraciones salinas. En los valles los suelos son de origen aluvial, de texturas gruesas y con diferentes grados de salinización y sodificación. iii) Histosoles, suelos derivados de materiales vegetales o minerales, predominan en el Altiplano a 3.000 m. de altura, conocidos como bofedales (Universidad de Chile, 2008).

La XV Región tiene una marcada segregación en función de la altitud y, por consiguiente, del clima (disminución de la aridez y aumento de las bajas temperaturas). Ello permite observar una sucesión regular de pisos de vegetación nítidamente ligadas a una franja altitudinal y a la macroexpresión correspondiente (CORFO, 1982). En la costa, debido a la influencia oceánica, predominan las hierbas y los pastos de carácter efímero que crecen en los periodos de mayor humedad. En la pampa intermedia del desierto no existe presencia de vegetación debido a la ausencia total de lluvias, a excepción de pequeñas áreas con influencia litoral donde se observa algunas cactáceas (BCN, 2010). Únicamente las zonas con un grado de artificialización alto hacen excepción a esta regla como el caso de la Pampa del Tamarugal y de los valles transversales cultivados (CORFO, 1982). La zona altiplánica, presenta un tapiz vegetal denso con plantas pequeñas, las cuales en conjunción con un ambiente salino, provocan condiciones ecosistémicas frágiles y muy singulares (BCN, 2010).

El uso del suelo es mayoritariamente está compuesto por praderas y matorrales y áreas desprovistas de vegetación (cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XV Región.

USO	Superficie	
	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	8.925,1	0,15
Terrenos agrícolas	29.341,2	0,49
Praderas y matorrales	1.877.313,4	31,46
Bosques	34.274,9	0,57
Humedales	46.096,2	0,77
Áreas desprovistas de vegetación	3.952.255,9	66,24
Nieves y glaciares	5.474,9	0,09
Aguas continentales	3.712,6	0,06
Áreas no reconocidas*	9.381,5	0,16
TOTAL	5.966.775,7	100,00

* Cifras hacen referencia a Región de Tarapacá, previa creación de Región de Arica y Parinacota.
Fuente: PROYECTO CONAF-CONAMA-BIRF. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. 1999.

En la región de Arica-Parinacota el grado de desertificación es grave (76,7 %). Sin embargo, esta cifra se funda en apreciaciones de expertos y gran parte de la desertificación es causada principalmente por lo que se denomina “desertificación geológica”. El estudio de erosión de 1979 (cuadro 2 y figura 2) revela que existe una superficie de 2,54 millones de hectáreas en cualquier grado de erosión, que correspondiente al 43% de la superficie entre la región XV y I. Sin embargo, el área de extrema fragilidad alcanza los 1,17 millones de hectáreas, que corresponde al 46% del área de estudio (recuerde que estas cifras considera la superficie de la Región de Tarapacá).

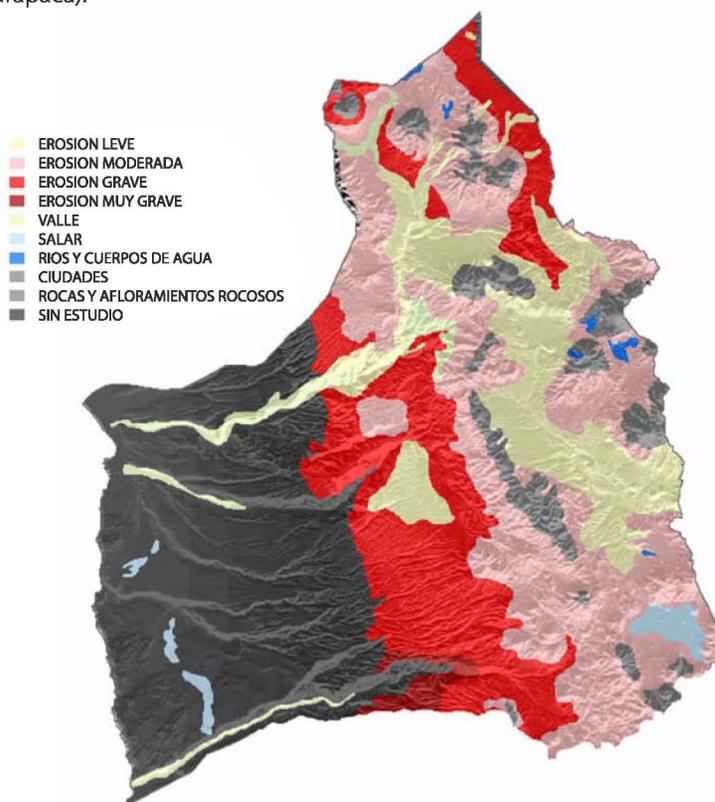


Figura 2. Mapa de nivel de erosión para la Región de Arica y Parinacota, IREN-1979.

I Región de Tarapacá

La región de Tarapacá limita al norte con la Región de Arica-Parinacota, al este con la República de Bolivia y al oeste con el Océano Pacífico, y se ubica entre los 18°56' y 21°38' de latitud sur. Tiene una superficie de 4,22 millones de hectáreas, equivalentes al 5,6% del territorio nacional (BCN, 2010). Predomina el clima desértico, con algunas variaciones de mar a cordillera, destacando el clima desértico costero con alta nubosidad, clima desértico normal y el clima de estepa de altura. El relieve está representado por un farellón costero, la cordillera de la costa, depresión intermedia y la cordillera de los Andes. Los suelos de la Región de Tarapacá son conocidos principalmente como suelos de desiertos, a saber, Entisoles, Aridisoles y Histosoles. (Universidad de Chile, 2008).

En cuanto a la vegetación predominan las hierbas y los pastos de carácter efímero que crecen en los periodos de mayor humedad en la costa nortina. En la pampa intermedia del desierto no existe presencia de vegetación debido a la ausencia total de lluvias, a excepción de pequeñas áreas donde la influencia litoral se hace sentir, pudiéndose observar algunas cactáceas (BCN, 2010). Únicamente las zonas con un grado de artificialización alto hacen excepción a esta regla como el caso de la Pampa del Tamarugal y de los valles transversales cultivados (CORFO, 1982).



El altiplano chileno, está representado por un ecosistema de alta fragilidad compuesto por bodefales y un piso vegetacional denso con plantas y hierbas bajas.

El uso del suelo es mayoritariamente está compuesto por praderas y matorrales y áreas desprovistas de vegetación (cuadro 5)

Cuadro 5. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), I Región

USO	Superficie	
	(ha)	%
Áreas urbanas e Industriales	8.925,1	0,15
Terrenos agrícolas	29.341,2	0,49
Praderas y matorrales	1.877.313,4	31,46
Bosques	34.274,9	0,57
Humedales	46.096,2	0,77
Áreas desprovistas de vegetación	3.952.255,9	66,24
Nieves y glaciares	5.474,9	0,09
Aguas continentales	3.712,6	0,06
Áreas no reconocidas*	9.381,5	0,16
TOTAL	5.966.775,7	100,00

* Cifras hacen referencia a Región de Tarapacá, previa creación de Región de Arica y Parícuta.
 Fuente: PROYECTO CONAF-CONAMA-BIRF. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. 1999.

En la región de Tarapacá el grado de desertificación es grave (88,1%). Sin embargo, gran parte de la desertificación es causada principalmente por lo que se denomina "desertificación geológica". El estudio de erosión 1979 (cuadro 2 y figura 3).

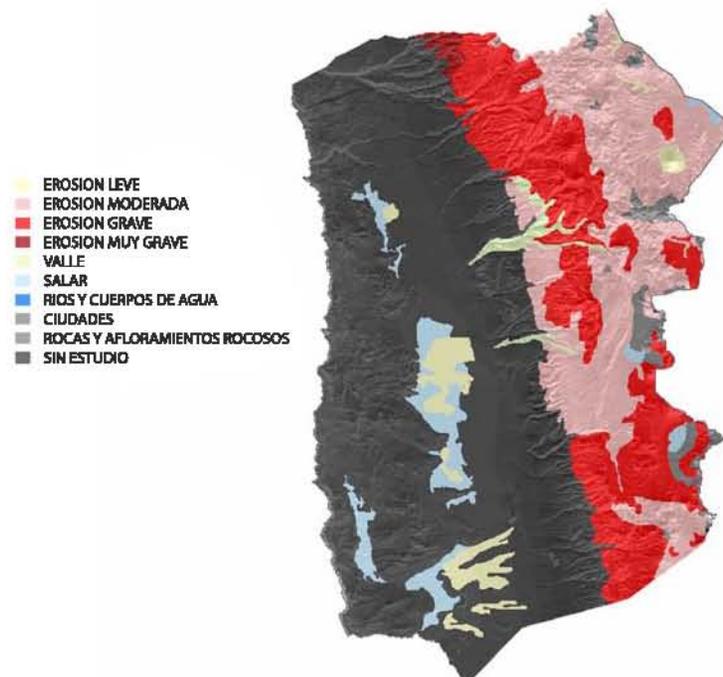


Figura 3. Mapa de nivel de erosión para la Región de Tarapacá, IREN-1979.

II Región de Antofagasta

La Región de Antofagasta se ubica entre los 21°28' hasta aproximadamente los 25°40' de latitud sur, posee una superficie de 12,6 millones de hectáreas y tiene una marcada aridez. El desierto se manifiesta plenamente hacia la zona intermedia, donde la influencia marítima, propia del relieve, pierde importancia. La situación de extrema aridez en la Depresión Intermedia y la escasa vegetación existente definen un paisaje natural conocido como Desierto de Atacama. Se destaca la presencia de un clima desértico costero con alta nubosidad, clima desértico normal y el clima de estepa de altura. Las características del relieve se muestran en sentido norte-sur, del mismo modo que en todo el territorio nacional. Las principales fisonomías de esta región son la presencia de planicies litorales, fundamentalmente en la península de Mejillones (INE, 2010). Existe la presencia de una gran cuenca altiplánica donde se localiza el salar de Atacama que divide la Cordillera de los Andes (BCN, 2010). El relieve está conformado por planicie litoral o costera, cordillera de la costa, depresión intermedia y cordillera de Los Andes.

Los suelos de la Región de Antofagasta son suelos de desiertos. En la cordillera de la costa hay presencia de entisoles de gran variabilidad en textura, pedregosidad, profundidad, color y grado de desarrollo, marcadamente coluviales y esqueléticos-francos en todo el perfil. Mientras que en la Depresión intermedia predominan suelos poco evolucionados (aridisoles). La pampa presenta zonas con altas concentraciones salinas. Y en los valles los suelos son de origen aluvial, de texturas gruesas y con diferentes grados de salinización y sodificación. Finalmente, en el Altiplano predominan los suelos derivados (histosoles) de materiales vegetales o bofedales (Universidad de Chile, 2008).

La vegetación de la región de Antofagasta es muy escasa y se manifiesta en forma plena de matorrales abiertos y espinosos, llaretales, cactus, hierbas y sub-arbustos y plantas xerófitas.

La II región mantiene una agricultura incipiente, por lo que el uso mayoritario del suelo está compuesto por praderas y matorrales y áreas desprovistas de vegetación (cuadro 6).

Cuadro 6. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), II Región.

USO	Superficie	
	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	3.583,1	0,0
Terrenos agrícolas	3.700,5	0,0
Praderas y matorrales	1.813.735,5	14,3
Bosques	3411,2	0,0
Humedales	49.467,2	0,4
Áreas desprovistas de vegetación	10.837.251,7	85,2
Nieves y glaciares	-	-
Aguas continentales	11.039,1	0,1
Áreas no reconocidas*	-	0,0
TOTAL	12.722.188,3	100

Fuente: PROYECTO CONAF-CONAMA-BIRF. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. 1999.

En la región de Antofagasta el grado de desertificación es muy grave (86,8%). Sin embargo, gran parte de la desertificación es causada principalmente por agente geológico o natural. El estudio de erosión 1979 revela que existe una superficie de 2,68 millones de hectáreas correspondiente al 7,8% de la erosión total país (cuadro 2 y figura 4). Asimismo, revela que existe una superficie de 1,49 millones de hectáreas considerada de alta fragilidad, que corresponde a un 55% del área de estudio.

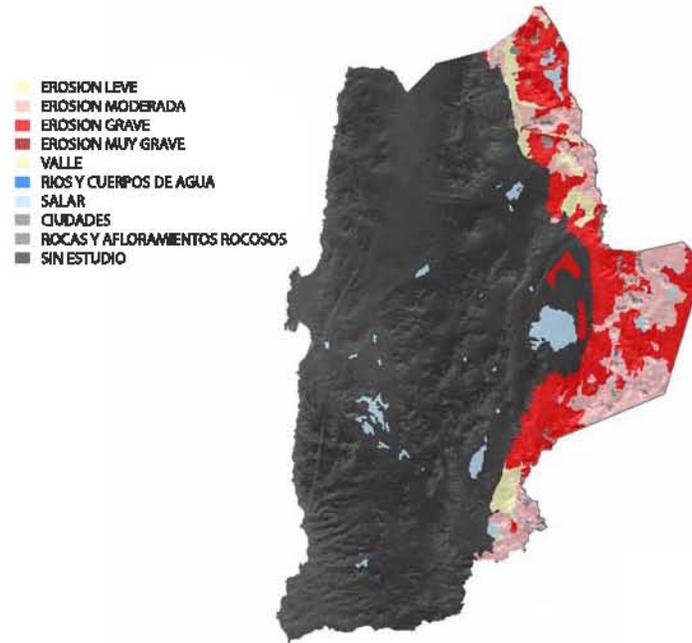


Figura 4. Mapa de nivel de erosión para la Región de Antofagasta, IREN-1979.

III Región de Atacama

La Región de Atacama de 7,57 millones de hectáreas se ubica entre los 25°17' y 29°11' de latitud Sur, entre los 68° 17' de longitud Oeste y el Océano Pacífico, posee un clima transicional entre desértico y semi-árido, y las condiciones hidrográficas que permiten una vegetación más abundante que las regiones al norte de ésta (BCN, 2010). En esta región es posible distinguir las siguientes formas de relieve: Planicies Litorales, Cordillera de la Costa, Pampa Ondulada o Austral, Pampa Transicional y Cordillera de los Andes (1). De acuerdo con Ulloa y Ortiz de Zárate (1989), en esta región es factible distinguir cuatro tipos de clima en sentido longitudinal, vale decir de Oeste a Este, según clasificación taxonómica por Köppen, el cual se sustenta en las características de precipitación y temperaturas (Allaby 2002): Desértico Costero con Nubosidad Abundante, Desértico Transicional, Desértico Frío de Montaña y Tundra de Alta Montaña.

Sobre la base de las unidades cartográficas identificadas por Luzio y Alcayaga (1992), pueden distinguirse, los suelos de los órdenes Aridisoles (suelos poco evolucionados debido a la aridez, en regiones interiores), Entisoles (suelos recientes con poca evolución, preferentemente situados en la costa) e Histosoles (suelos derivados de tejidos vegetales en sectores andinos y altiplánicos).

La Región de Atacama presenta una alta variabilidad espacial de su vegetación, asociada tanto a sus condiciones climáticas como a sus características topográficas (Ulloa y Ortiz de Zárate 1989, Gajardo 1994 (Gajardo, 1994; Luebert y Pliscoff, 2006; Squeo, 2008). En la costa norte se caracteriza por la existencia de especies adaptadas a condiciones semidesérticas, como algunas cactáceas, arbustos y abundantes hierbas. Hacia el sur las características vegetacionales corresponden al paisaje de matorral costero de arbustos (BCN, 2010). Según la clasificación planteada por Gajardo (1994), 12 formaciones vegetales se encuentran en la región de Atacama, de las cuales 9 corresponden a desierto (2 desiertos costeros, 1 desierto montañoso, 2 desiertos floridos, 1 desierto interior, 1 desierto alto andino y 2 desiertos esteparios), 2 son estepas (desértica y alto andina) y, finalmente un área muy restringida sin vegetación en la alta cordillera. A continuación, se muestra (cuadro 7) el tipo de uso del suelo, para la región de Atacama.

Cuadro 7. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), III Región.

USO	Superficie	
	(Ha)	%
Áreas urbanas e industriales	1.440,4	0,0
Terrenos agrícolas	45.908,0	0,6
Praderas y matorrales	3.113.810,8	40,9
Bosques	0,0	0,0
Humedales	7.303,3	0,1
Áreas desprovistas de vegetación	4.438.795,2	58,3
Nieves y glaciares	0,0	0,0
Aguas continentales	7.666,6	0,1
Áreas no reconocidas	0,0	0,0
TOTAL	7.614.924,3	100,0

Fuente: Proyecto CONAF-CONAMA-BIRF. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. 1999.

En la región de Atacama el grado de desertificación es muy grave. Según, Soto (1997), de las 9 comunas analizadas un 22,2% y 77,8% tienen una categoría grave y moderada, respectivamente. Sin embargo, al igual que las regiones nortinas, la desertificación es causada principalmente por agentes geológicos. El estudio de erosión 1979 revela que existe una superficie de 2,57 millones de hectáreas considerada de alta fragilidad, que corresponde a un 97% del área de estudio.

El cuadro 2 y figura 5 muestra los niveles de erosión para la Región de Atacama.

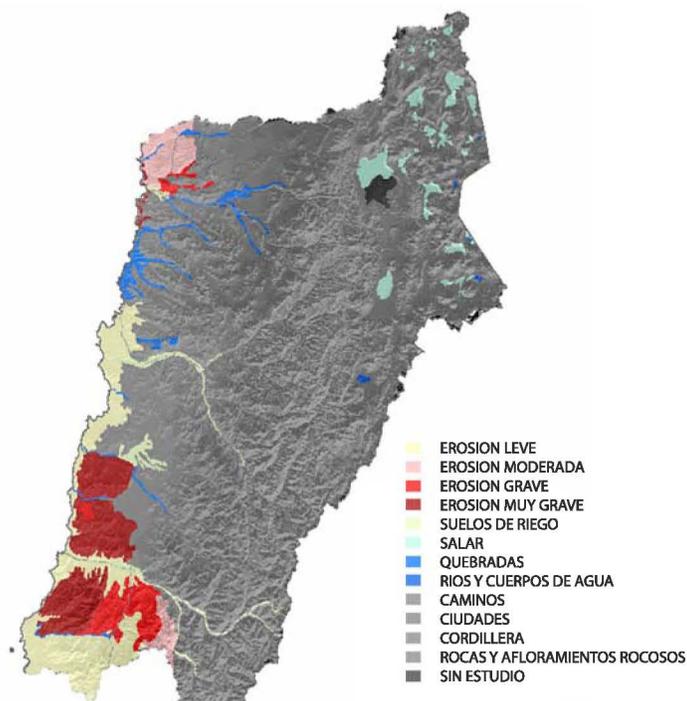


Figura 5. Mapa de nivel de erosión para la Región de Atacama, IREN-1979.



IV Región de Coquimbo

La IV Región de Coquimbo con una superficie de 4,05 millones de hectáreas, se sitúa en entre los 29°02' y 32°16' de latitud Sur y desde los 69° 49' de longitud hasta el Océano Pacífico. Esta región presenta un relieve que mantiene las condiciones de la tercera región y se distinguen claramente, cuatro unidades morfológicas: Planicies Litorales, Cordones Transversales, Encadenamiento Andino Principal y Llanos de Sedimentación Fluvial (BCN, 2010). Las Cordilleras de los Andes y de la Costa se juntan en un imponente complejo montañoso que todo lo cubre mediante cordones que surcan transversalmente el territorio, al occidente de los cuales se desarrollan grandes planicies que remontan paulatinamente hacia el interior (INE, 2010).

El clima deja de ser desértico para entrar a un clima semiárido lo que permite una variada vegetación. La región de Coquimbo presenta diversos climas como el estepárico costero o nuboso, de estepa cálido y templado frío de altura. Es una región de transición ya que se encuentra entre las zonas desérticas y templada mediterránea (BCN, 2010). Las características del relieve y orografía permiten el desarrollo de una importante red hidrográfica. En el paisaje regional, definido por el curso de tres grandes hoyas hidrográficas que cortan transversalmente su territorio (Elqui, Limarí, Choapa).

Los suelos presentes en la IV región son principalmente aridisoles (en los valles interiores) y entisoles (en la zona costera). En el sector norte de esta zona, los suelos presentan un horizonte petrocálcico (rico en carbonatos) en el primer metro de profundidad. En la precordillera, cordillera y sectores altos predominan los entisoles y aridisoles, que son de materiales gruesos y escasos en desarrollo. En la costa sur de la región (Los Vilos), el suelo es granítico, son alfisoles (con un buen grado de evolución) e inceptisoles (con desarrollo incipiente).

La vegetación que presenta la región se conoce como estepa arbustiva abierta con predominio de la especie espino (acacia caven). Estas características varían por factores climáticos y topográficos. En las planicies litorales hay presencia de un matorral arbustivo costero poco denso con especies como cactáceas, espinos, y un tapiz herbáceo. Al interior de la región, específicamente al norte de La Serena, se presenta una estepa abierta de acacia caven, baja, dispersa y asociadas a cactáceas y hierbas anuales. Hacia el sur aparecen especies mesófilas como boldo, peumo, chañar, molle y algarrobo. En los cordones montañosos se presenta un matorral abierto andino (entre los 1.000 y 2.000 msnm). De características bajas, cubierta de hierbas y arbustos muy dispersos con especies como el guayacán y baccharis. Por sobre los 2.000 metros se presentan especies xerófitas adaptadas especialmente a climas de altura como festucas, stipas y arbustos pequeños (BCN, 2010).

Según cifras proporcionadas por la actualización del catastro de uso del suelo y vegetación, (CONAF, 2002) se detalla la superficie por tipo de uso del suelo obtenida para la región (cuadro 8):

Cuadro 8. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), IV Región.

USO	Superficie	
	(Ha)	%
Áreas urbanas e industriales	14.437,4	0,4
Terrenos agrícolas	132.154,4	3,3
Praderas y matorrales	3.112.391,6	76,8
Bosques	34.317,4	0,8
Humedales	15.557,4	0,4
Áreas desprovistas de vegetación	741.593,4	18,3
Cuerpos de agua o aguas Continentales	4.665,9	0,1
TOTAL	4.055.107,6	100,0

La Región de Coquimbo posee un nivel acentuado de desertificación (92% de la superficie regional). A nivel comunal, La Higuera, Illapel y Ovalle tienen sobre el 70% de su superficie desertificada. La Serena, Río Hurtado y Paihuano con poco más de la mitad de su territorio afectado por este fenómeno. En esta región se aprecia con mayor claridad la transición de erosión antrópica y geológica. El estudio de erosión del año 1979 (cuadro 2 y figura 6) revela que existe una superficie de 3,46 millones de hectáreas con algún grado de erosión. Asimismo, indica que 2,94 millones de hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 85% del área de estudio.

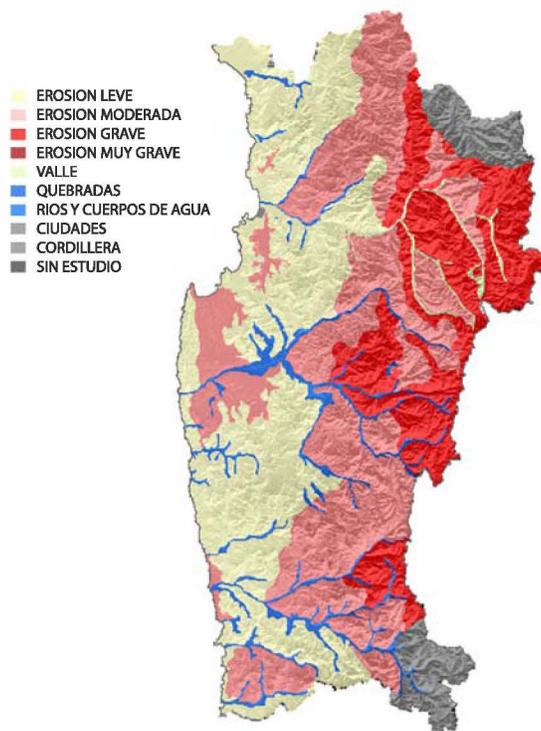


Figura 6. Mapa de nivel de erosión para la Región de Coquimbo, IREN-1979.

V Región de Valparaíso

La Región de Valparaíso cuya superficie es de 1,6 millones de hectáreas, se sitúa entre los 32°02' y 33°57' de latitud sur y entre los meridianos 70° y 72° longitud oeste. De esta superficie, 39, 5 mil hectáreas corresponden a territorio insular compuesto por las islas de Pascua, Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio, y el Archipiélago Juan Fernández compuesto por las islas Alejandro Selkirk, Robinson Crusoe y Santa Clara (BCN, 2010). Su territorio orográfico es complejo, compuesto por unidades morfológicas de planicies litorales fluviales y marinas y un área montañosa interior, donde las Cordilleras de la Costa y de los Andes se imbrican desde el punto de vista del relieve. La Depresión Intermedia se presenta en forma de cuencas o de corredores longitudinales en el sentido Norte-Sur, no conformando un rasgo orográfico continuo (INE, 2010). Desde el punto de vista climático, la Región de Valparaíso presenta un clima templado mediterráneo, pero con situaciones opuestas dentro de la región, puesto que hacia el norte del río Aconcagua se presenta la semiaridez, en el litoral, es más húmedo o mediterráneo costero, mientras que en la cordillera, se presenta el frío de altura (BCN, 2010).

Las formaciones vegetacionales que se desarrollan en la V Región de Valparaíso se caracterizan por la estepa de arbustos espinosos. En los sectores más soleados, se encuentran arbustos como el guayacán, algarrobo, quillay, molle y otros asociados al espino. En la zona costera se puede encontrar especies como el peumo, boldos y maitenes, junto a hierbas y gramíneas. En las áreas más húmedas como fondos de quebradas se pueden encontrar litres, quilas, pataguas. Sobre los 400 y 1.000 msnm, existe el denominado bosque esclerófilo, formado por especies arbóreas como quillay, litre, molle, belloto, boldo y peumo. (BCN, 2010). En los cerros La Campana y El Roble se desarrollan comunidades formadas por bosques de robles (*Nothofagus obliqua*) entre los 800 y 900 m de altura. Otra especie importante es la palma chilena que se encuentra en diferentes áreas, en pequeñas comunidades, en la Cordillera de la Costa. En la zona cordillerana, predomina la estepa arbustiva subandina y la estepa andina de altura y achaparrada.



Los suelos de la quinta región predominan los alfisoles (sectores costeros) con buen grado de evolución. En la vertiente poniente de la Cordillera de la Costa estos suelos se han desarrollado directamente a partir de roca granítica, presentando un fuerte incremento del contenido de arcilla en profundidad. Inceptisoles (preferentemente en la costa) de desarrollo incipiente que forman inclusiones en toda la región, generalmente son derivados de terrazas marinas altas y de relieve plano a ligeramente inclinado, de colores pardo rojizos. Y Mollisoles (valle central) Suelos aluviales, en la zona que comprende a la región de Valparaíso alcanzan un desarrollo moderado. Cabe mencionar que sobre estos suelos se desarrolla la mayor parte de la agricultura de riego de la zona.

Se detalla la superficie (cuadro 9) por tipo de uso del suelo (CONAF, 2002) obtenida para la región al 2000:

Cuadro 9. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), V Región.

Usos del suelo	Superficie 1995		Superficie 2000	
	(ha)	%	(ha)	%
Áreas urbanas e Industriales	29.876,1	1,9	33.808,5	2,1
Terrenos agrícolas	186.204,8	11,6	190.434,0	11,9
Praderas y matorrales	887.815,0	55,4	872.942,7	54,4
Bosques	164.292,9	10,2	170.881,9	10,7
Humedales	5.874,4	0,37	5.855,5	0,37
Áreas desprovistas de vegetación	222.395	13,9	222.341,2	13,9
Cuerpos de agua o aguas Continentales	102.331,2	6,4	102.341,0	6,4
TOTAL	1.603.996,1	100,0	1.603.996,1	100,0

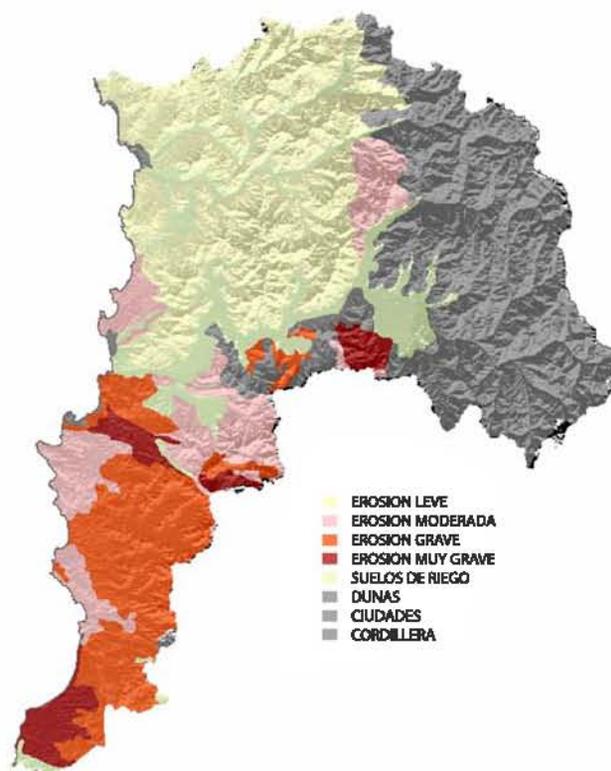


Figura 7. Mapa de nivel de erosión para la Región de Valparaíso, IREN-1979.

Los problemas más serios de desertificación, tanto de origen geológico como antrópica, se observan en la zona central de Chile, particularmente, en el secano costero e interior de las regiones V a la X, donde los procesos de deforestación, cambio de uso de suelos, incendios y sobreexplotación de recursos, entre otros, se manifiestan con mayor claridad en el paisaje. El estudio de erosión 1979 (cuadro 2 y figura 7) revela que existe una superficie de 0,89 millones de hectáreas con algún grado de erosión. Asimismo, indica que 274 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 30% del área de estudio.

Región Metropolitana

La Región Metropolitana se ubica entre los 32°55' y 34°19' de latitud sur, y entre los 69°47' y 71°43' longitud oeste y posee una superficie de 1,54 millones de hectáreas. Esta región presenta un relieve (de oriente a poniente) compuesto por la Cordillera de los Andes, la Cuenca de Santiago y la Cordillera de la Costa. Las principales características climáticas que presenta la Región Metropolitana corresponden al tipo "mediterráneo", de estación seca larga y con un invierno lluvioso. La temperatura media anual es de 13,9°C, en tanto que el mes más cálido corresponde al mes de enero, alcanzando una temperatura de 22,1°C, y el mes más frío corresponde al mes de julio con 7,7°C (BCN, 2010).

Los suelos de la Región Metropolitana están caracterizados por los órdenes alfisoles de climas húmedos y subhúmedos con un porcentaje de saturación de bases mayor al 35% y horizonte argílico. Entisoles de minerales recientes con muy escaso desarrollo. Inceptisoles de desarrollo incipiente con horizontes de leve desarrollo (horizonte cámbico) y que contienen minerales fáciles de alterar. Mollisoles que se encuentran principalmente en el valle central de la R.M., con un epipedón móllico y un porcentaje de saturación de bases > 50%. Muchos de ellos son de alta productividad. Vertisoles de relieves planos y con un régimen hídrico de difícil manejo y presentes en la Provincia de Chacabuco, al norte de la comuna de Lampa. Y misceláneos de diferentes naturalezas. Es decir, sectores en los que no hay suelo o bien es incipiente (CIREN-CORFO, 1996).

El paisaje vegetacional de esta zona ha sido altamente alterado y se caracteriza por ser predominantemente de cordillera (matorral esclerófilo y estepa arbustiva). En los valles y cuencas se desarrolla la vegetación esclerófila.

El cambio de uso del suelo (cuadro 10) provocado preferentemente por la extensión urbana ha sido notable en las últimas décadas y se pone énfasis en el consumo de suelo agrícola debido a su importancia económica, y también a su mayor escasez en el contexto del territorio nacional (CONAF, 2003).

Cuadro 10. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), Región Metropolitana.

Usos del suelo	Superficie 1995		Superficie 2000	
	(ha)	%	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	65.597,5	4,23	83.844,8	5,41
Terrenos agrícolas	252.192,0	16,26	245.989,8	15,86
Praderas y matorrales	728.151,1	46,15	715.174,5	46,11
Bosques	110.910,8	7,15	112.023,9	7,22
Humedales	6.758,2	0,44	6.578,8	0,42
Áreas desprovistas de vegetación	374.646,9	24,14	374.022,8	24,12
Nieves y glaciares	8.636,4	0,56	8.636,4	0,56
Cuerpos de aguas	4.253,9	0,27	4.693,8	0,30
Áreas no reconocidas	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	1.550.964,8	100,0	1.550.964,8	100,0

La desertificación ha avanzado notablemente en ambas vertientes de la Cordillera de la Costa, conocidas como secano costero y secano interior, donde este fenómeno está asociado directamente con los procesos erosivos de los suelos. El porcentaje de desertificación supera el 50% la condición grave y moderada. Así, los problemas más significativos de desertificación, se observan, particularmente para la costa y en la precordillera andina, donde los procesos de deforestación, cambio de uso de suelos, incendios y sobreexplotación de recursos, entre otros, se manifiestan con mayor claridad en el paisaje. El estudio de erosión de 1979 (cuadro 2 y figura 8) revela que existe una superficie de 0,56 millones de hectáreas con algún grado de erosión. Asimismo, indica que 408 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 73% del área de estudio.

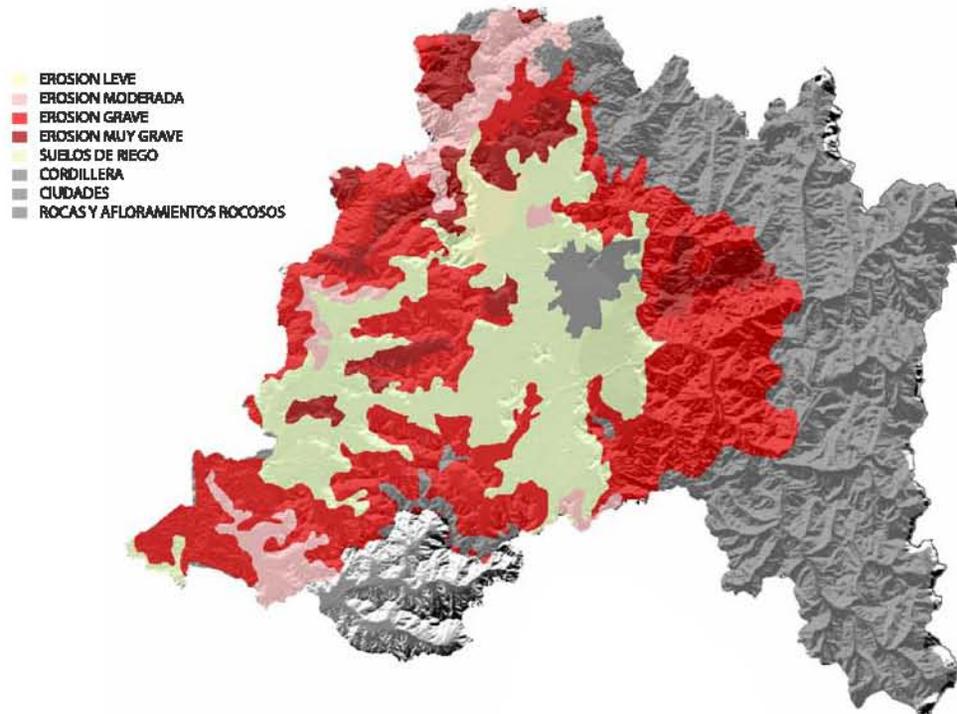


Figura 8. Mapa de nivel de erosión para la Región Metropolitana, IREN-1979.
Comuna de Alhué, pertenecía a la Región de O'Higgins (INE, 1977)

VI Región de O'Higgins

La Región del Libertador Bernardo O'Higgins se localiza aproximadamente entre los 34° y los 35° de latitud sur y entre los 70°02' de longitud Oeste y el Océano Pacífico. Posee una superficie de 1,63 millones de hectáreas. Se destaca el relieve de la Cordillera de los Andes, Depresión intermedia, Cordillera de la Costa y Planicies Litorales. El clima predominante corresponde al clima templado mediterráneo, el cual presenta variaciones de oeste a este por influencia de algunos factores tales como cercanía al mar, continentalidad y la altitud. En la costa se presenta nuboso, mientras que hacia el interior debido a la sequedad experimenta fuertes contrastes térmicos. Las precipitaciones son mayores en la costa y en la Cordillera de los Andes, debido al relieve que no deja entrada a los vientos húmedos oceánicos (BCN, 2010). En el litoral, que recibe la influencia oceánica predomina el clima templado nuboso, caracterizado por una mayor humedad y abundante nubosidad. En el sector de la depresión intermedia predomina un clima templado de tipo mediterráneo cálido con una estación seca de seis meses y un invierno lluvioso. A medida que se asciende por la cordillera, las temperaturas descienden bajo los cero grados en los meses de invierno. Sobre los 3.500 metros de altura se pasa al clima frío de altura con predominio de nieves eternas (INE, 2010). Las precipitaciones alcanzan cifras cercanas a los 823,5 mm., casi el doble de las registradas en Valparaíso. La temperatura media anual alcanza a los 12,6° C, y la amplitud térmica anual es de 4,8° C y la diaria de 6,4° C.

Las condiciones climáticas y morfológicas permiten en la depresión intermedia el desarrollo de una vegetación arbustiva de espinos, mientras que en los sectores de la Cordillera de la Costa y de los Andes debido a la mayor humedad, se desarrolla un bosque esclerófilo de boldos y peumos, dando paso sobre los 1.400 msnm a bosques de robles (*Nothofagus obliqua*). El matorral esclerófilo y la estepa de espino han sido intensamente explotados para la fabricación de carbón. El bosque nativo de robles, también ha sido intervenido por la mano humana, siendo reemplazado por especies exóticas tales como el pino, álamos y eucaliptos, para la producción forestal (BCN, 2010).

Los suelos de la región de O'Higgins predominan (CIREN-CORFO, 1996) un régimen de suelos xérico y el régimen de temperatura térmica y están conformados preferentemente, por alfisoles (minerales generalmente húmedos de alta saturación de bases. Tienen problemas de drenaje debido a su alto contenido arcilloso y poco material orgánico), mollisoles (excelentes suelos agrícolas. Tienen una buena estructura granular o migajosa con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje), vertisoles (pesados y arcillosos de clima subhúmedo a árido pero siempre con un período húmedo que satura el suelo. Las temperaturas varían de cálidas a templadas y son capaces de provocar evapotranspiración), inceptisoles (húmedos, incipientes, poco evolucionados y con cierta acumulación de materia orgánica) y andisoles (desarrollados a partir de cenizas volcánicas).

El aumento de áreas urbanas (cuadro 11) ocurrió en la región a expensas de los terrenos de uso agrícola 87% del crecimiento de la clase de uso, seguida muy lejos de la categoría praderas y matorrales 11%, los otros usos que fueron destinados a áreas urbanas son significativamente menores (CONAF, 2002).

Cuadro 11. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), VI Región.

Usos del suelo	Superficie 1995		Superficie 2000	
	(ha)	%	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	15.588,0	0,95	17.770,9	1,09
Terrenos agrícolas	422.853,4	25,88	423.782,7	25,94
Praderas y matorrales	631.426,5	38,65	627.355,6	38,4
Bosques	235.507,8	14,41	237.986,6	14,57
Humedales	4.510,5	0,28	4.342,1	0,27
Áreas desprovistas de vegetación	303.687,1	18,59	301.694,8	18,47
Nieves y glaciares	11.266,8	0,69	11.262,3	0,69
Cuerpos de agua o aguas continentales	8.971,2	0,55	9.636,3	0,59
TOTAL	1.633.811,3	100,0	1.633.811,3	100,00

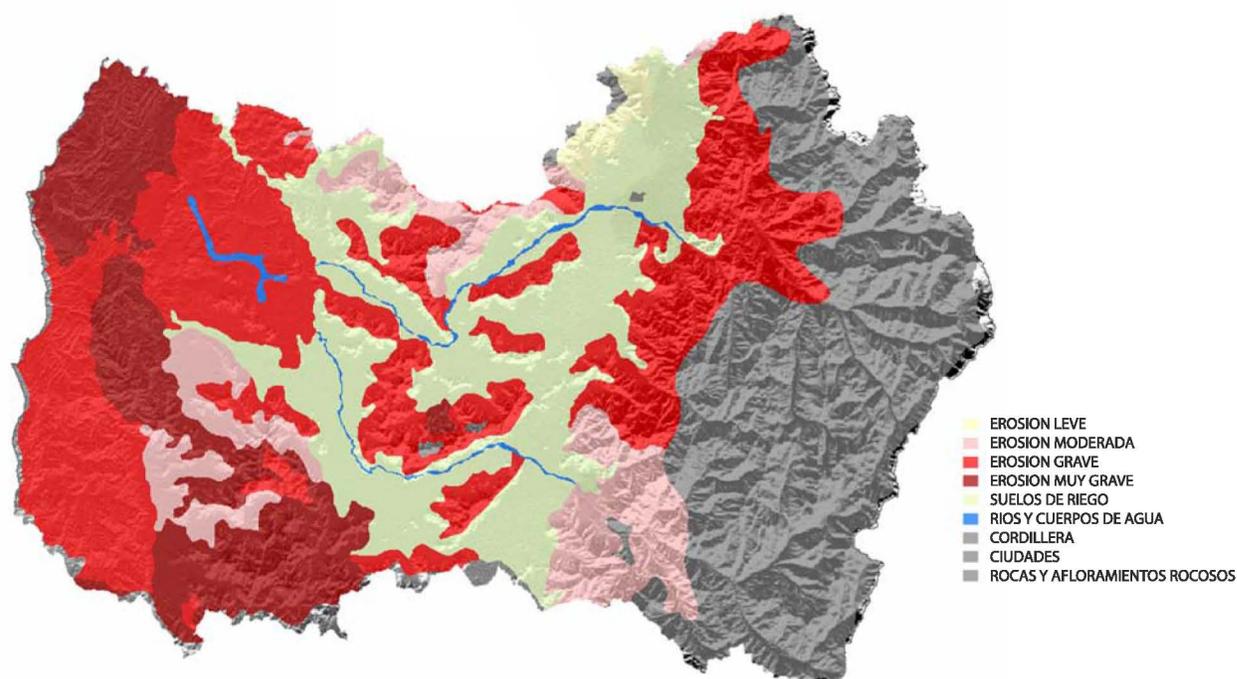


Figura 9. Mapa de nivel de erosión para la Región de O'Higgins, IREN-1979. Comuna de Alhué, pertenecía a la Región de O'Higgins (INE, 1977).



El estudio de erosión 1979 (cuadro 2 y figura 9) revela que existe una superficie de 0,89 millones de hectáreas con algún grado de erosión. Asimismo, indica que 289 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 29,7% del área de estudio.

VII Región del Maule

La Región del Maule se ubica entre el 34°41' y 36°33' de latitud sur. Posee una superficie de 3,03 millones de hectáreas y presenta los cinco relieves tradicionales del país con un clima mediterráneo cálido y subhúmedo, con diferencias en sentido Norte-Sur, es una estación seca de seis meses en el Norte, a cuatro meses en el Sur. La temperatura media es de 19°C y con extremas de 30°C, durante el período de verano; en cambio en invierno las temperaturas mínimas medias son de 7°C. Es así como en la comuna de Constitución las precipitaciones alcanzan un promedio de 990 mm anuales, en la comuna de Talca 716 mm y en el sector andino sobre 2.000 mm anuales (INE, 2010).

Por las características que presenta la región, la vegetación dominante es una configuración de bosque nativo en distinto grado de desarrollo y composición y plantaciones forestales. Hacia la Cordillera de la Costa en el margen oriental domina la estepa de "acacia caven" o espino y matorral esclerófilo (Quillay, Litre, Boldo y Peumo) en los sectores más húmedos. En los sectores de la precordillera de los Andes se desarrolla el bosque esclerófilo (maitén, quila, quillay, peumo y boldo) que se ubica entre los 400 y 600 metros de altura. Sobre los 600 msnm se encuentran los bosques de Nothofagus, en sectores de mayor humedad, denominado "bosque maulino" con especies como roble maulino, canelo, lingue, olivillo y coigüe. Entre los 800 y 1.000 metros se desarrolla el bosque de Nothofagus asociado con canelo, olivillo y mañío. Sobre los 1.200 metros, en la Cordillera de Los Andes, se ubica el bosque de robles (Nothofagus obliqua). Por sobre los 2.000 metros se localizan cedros o cipreses de la cordillera. Por sobre estas especies aparece la estepa andina de arbustos bajos y gramíneas (BCN, 2010).

Los suelos de la Región del Maule al igual que la Región de O'Higgins están conformados principalmente por alfisoles, molisoles, vertisoles, inceptisoles y andisoles.

De acuerdo a cifras del catastro vegetacional de CONAF ejecutado el año 1999, la superficie regional por tipo de uso es la que se detalla a continuación (cuadro 12).

Cuadro 12. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), VII Región.

Uso del suelo	Superficie 1993	
	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	11.678,8	0,4
Terrenos agrícolas	710.439,9	23,4
Praderas y matorrales	820.293,7	27,0
Bosques	795.957,6	26,2
Humedales	8.406,1	0,3
Áreas desprovistas de vegetación	566.198,0	18,7
Nieves y glaciares	65.156,6	2,1
Aguas continentales	28.723,8	0,9
Áreas no reconocidas	28.738,6	0,9
TOTAL	3.035.593,1	100,0

Los problemas más serios de desertificación, se observan en el secano costero e interior de la región, con activos procesos de deforestación, cambio de uso de suelos, incendios y sobreexplotación de recursos, entre otros. El estudio de erosión del año 1979 (cuadro 2 y figura 10) revela que existe una superficie de 1,54 millones de hectáreas con algún grado de erosión. Asimismo, indica que 448 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 29% del área de estudio.

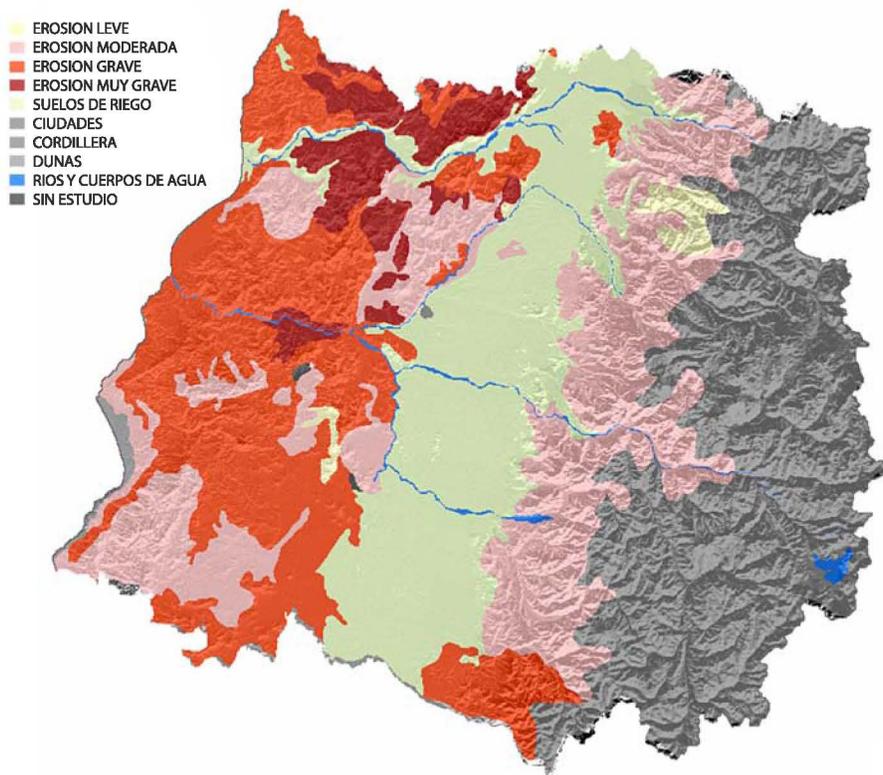


Figura 10. Mapa de nivel de erosión para la Región del Maule, IREN-1979.

VIII Región del Bío-Bío

La Región del Bío-Bío se localiza en el límite sur de la zona central específicamente entre los 36°00' y 38°30' de latitud sur. Posee una superficie de 3,71 millones de hectáreas que corresponde al 4,2% del territorio nacional, excluido la Antártica Chilena. Desde el punto de vista morfológico se distinguen las unidades tradicionales del relieve chileno como lo son la Cordillera de los Andes, depresión intermedia, Cordillera de la Costa y planicies litorales. El clima de la región marca la transición entre los climas templados secos de la zona central de Chile y los climas templados lluviosos que se desarrollan inmediatamente al sur del río Bío- Bío (BCN, 2010). La presencia de tres climas templados varía según su posición en la región.

En la costa de la Octava Región se presentan suelos derivados de terrazas marinas y de relieve plano a ligeramente inclinado de colores pardo rojizos asociados a otros con menor evolución. En tanto, están los suelos del orden Ultisoles los que se encuentran en sus últimos estados de evolución y están en las serranías interiores entre Los Ángeles y Loncoche y en el sector costero frente a la isla Moche. En las partes altas de la Cordillera de la Costa son delgados y presentan problemas de drenaje. En la parte oriental son de colores rojos y pardos rojizos, moderadamente profundos y con elevado contenido de arcilla. En los valles interiores se presentan suelos aluviales que pertenecen a los órdenes Alfisoles, Mollisoles y Entisoles, con predominio de los primeros. En la zona que corresponde entre Los Ángeles y Malleco los Entisoles son aluviales de desarrollo moderado junto a suelos de texturas gruesas formados a partir de arenas gruesas basálticas. Presentan una rápida permeabilidad aun cuando hay sectores que muestran un nivel freático alto. También se encuentran los suelos de la Cordillera de los Andes centrales que se caracterizan porque han derivado de materiales volcánicos vítreos y de texturas gruesas y están ubicados en los sectores de más fuerte relieve de la Cordillera de los Andes. La presencia de suelos de origen volcánico (trumaos), los que son pertenecientes a los órdenes Andisoles e Histosoles, se encuentran en la precordillera frente a Los Ángeles y hasta Temuco (CIREN-CORFO, 1996).



A continuación, el cuadro 13, presenta el uso del suelo (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999) de la región del Bío-Bío:

Cuadro 13. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), VIII Región

Uso del suelo	Superficie	
	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	24.915,4	0,7
Terrenos agrícolas	1.009.974,5	27,2
Praderas y matorrales	605.252,6	16,3
Bosques	1.763.922,0	47,6
Humedales	10.631,9	0,3
Áreas desprovistas de vegetación	110.427,8	3,0
Nieves y glaciares	127.974,2	3,5
Aguas continentales	48.332,9	1,3
Áreas no reconocidas	7.234,1	0,2
TOTAL	3.708.665,4	100,0

Esta región de carácter transicional, en su extremo norte, permiten la existencia de árboles como el espino, asociado con boldo, peumo y quillay. Y hacia el sur se encuentra el bosque "esclerófilo", donde es posible apreciar el cambio que se ha producido en la vegetación natural por las plantaciones forestales de pinos y por cultivos agrícolas. En el Sur del río "Bío-Bío" se encuentra el bosque templado "higromórfico", principalmente en la Cordillera de la Costa y en la Precordillera andina, acompañado por un denso sotobosque y especies menores como el copihue, quila y ulmo (BCN, 2010). En la cordillera de Nahuelbuta se encuentra el bosque de Araucarias asociados con especies como coigüe, lenga y ñirre.

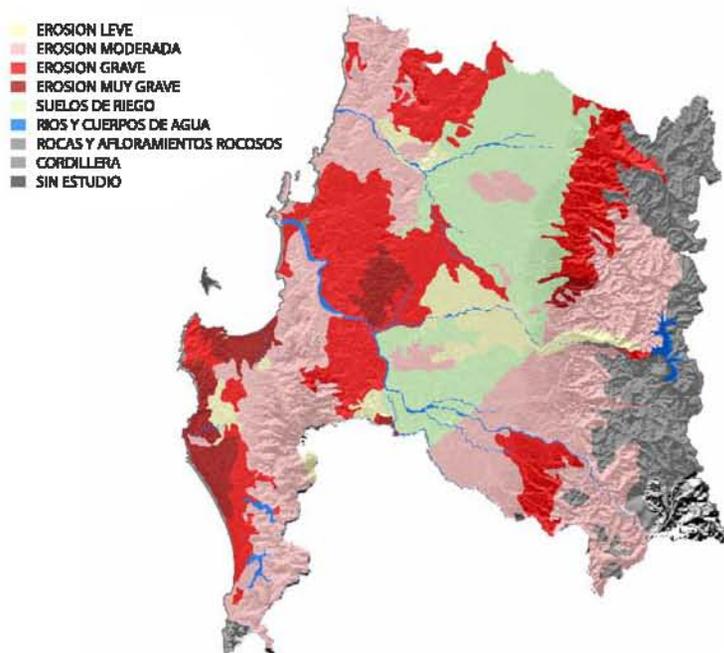


Figura 11. Mapa de nivel de erosión para la Región del Bío-Bío, IREN-1979.

El estudio de erosión 1979 (cuadro 2 y figura 11) revela que existe una superficie de 2,36 millones de hectáreas con algún grado de erosión que representa un 66% de la región. Asimismo, indica que 128 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 5% del área de estudio.

IX Región de La Araucanía

La Región de La Araucanía se ubica entre 37°35' y los 39°37' de latitud sur, desde el límite con Argentina hasta el Océano Pacífico. Las características físicas de la región están dadas por las mismas unidades de relieve que la Octava Región. El clima presenta características de zona de transición entre los climas de tipo mediterráneo con degradación húmeda y los climas templados-lluviosos con influencia oceánica. El relieve determina que los elementos del clima sean cambiantes, tanto en sentido transversal como longitudinal, hecho que puede apreciarse en la cantidad y distribución de las precipitaciones (INE, 2010). La pluviometría anual en la región alcanza a 1.250 mm., concentrada en los meses de invierno, siendo enero y febrero los meses más secos (31 y 43 mm.). La amplitud térmica se acentúa hacia el interior de la región, y es frecuente que haya heladas durante el periodo de invierno. En la Cordillera de los Andes predomina el clima frío de altura, caracterizado por las bajas temperaturas precipitaciones de 3.000 mm anuales (BCN, 2010).

Hay variados tipos de suelos en la Región de La Araucanía. Los suelos del orden Ultisoles ubicados en las serranías interiores y en el sector costero de la región. En las partes altas de la Cordillera de la Costa son delgados y con problemas de drenaje. En la parte oriental son moderadamente profundos y con elevado contenido de arcilla. En los valles interiores se presentan los órdenes de suelos aluviales Alfisoles, Mollisoles y Entisoles. Los suelos de la Cordillera de los Andes de origen volcánico (trumaos), se encuentran en la precordillera frente a Los Ángeles y hasta Temuco (CIREN-CORFO, 1996).

En esta región, existe una vegetación higrófila de bosques relativamente densos preferentemente en las Cordilleras de los Andes y de la Costa. Tras la Cordillera de Nahuelbuta, predomina el bosque esclerófilo pero que actualmente ha sido reemplazado en parte por cultivos agrícolas, praderas artificiales y plantaciones forestales. En el litoral predomina el matorral costero (olivillo, canelo, maqui y copihue). En la precordillera y cordillera andina, hay presencia de especies coníferas (araucaria) en bosques puros y/o asociado con otros árboles (mañío, el ñirre, la lenga, el coigüe y el raulí). En los sectores más húmedos, existen olivillos, canelos y ulmos, y a mayor altura (sobre los 1200 m.) el roble es reemplazado por alerces, lengas, coigües, mañíos y cedros (GOREARAUCANIA, 2010)-

Cuadro 14. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), IX Región

Usos del suelo	Superficie 1993		Superficie 2007	
	(ha)	%	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	11.049,1	0,4	13.696,9	0,4
Terrenos agrícolas	932.431,8	29,1	815.602,2	25,4
Praderas y matorrales	675.153,9	21,2	611.685,5	19,2
Bosques	1.369.494,3	43,0	1.584.934,4	48,7
Humedales	27.717,4	0,9	26.507,3	0,8
Áreas desprovistas de vegetación	78.740,9	2,5	78.047,2	2,5
Nieves y glaciares	31.032,4	1,0	30.896,6	1,0
Cuerpos de agua o aguas continentales	55.405,3	1,7	56.018,2	1,8
Áreas no reconocidas	39,1	0,0	34,9	0,0
TOTAL	3.181.424,2	100,0	3.181.424,2	100,0

Por su clima y condiciones de suelo, la principal actividad económica de la Araucanía es la agropecuaria-silvícola, donde se destacan los cultivos tradicionales, la ganadería y la producción forestal, rubros en los que ocupa un lugar preponderante en el país. A continuación (cuadro 14), se muestra la superficie regional por tipo de uso (CONAF, 2007). Se observa algunos procesos de desertificación antrópica en el secano costero e interior de la región. Sin embargo, la desertificación grave disminuye y aumenta la categoría moderada y leve, lo que se explica por el incremento en las precipitaciones. El estudio de erosión de 1979 (cuadro 2 y figura 12) revela que existe una superficie de 2,48 millones de hectáreas con algún grado de erosión, que representa el 76% de la región. Asimismo, indica que 494 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 20% del área de estudio.

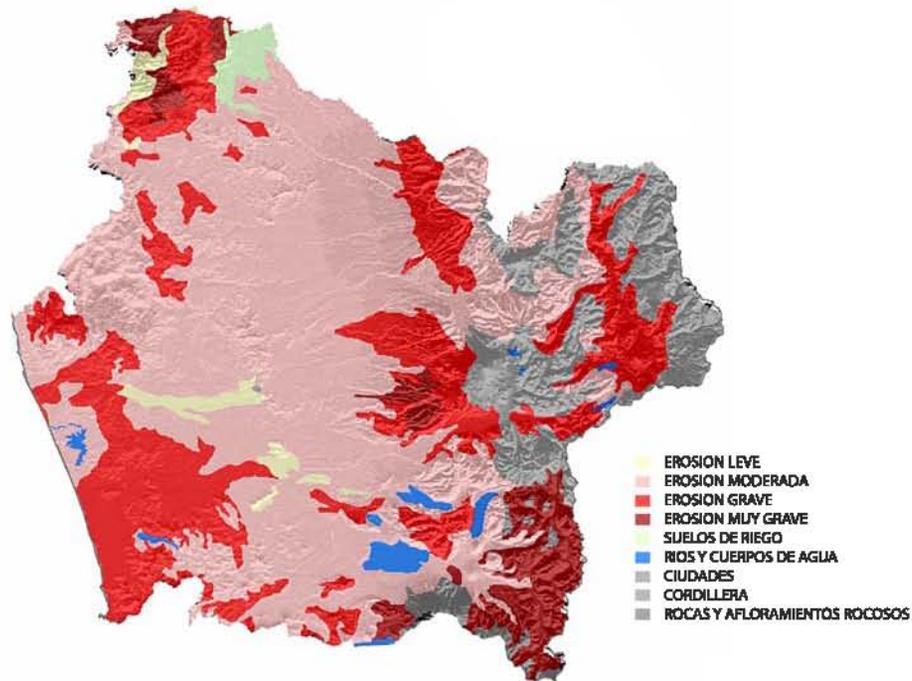


Figura 12. Mapa de nivel de erosión para la Región de La Araucanía, IREN-1979.

XIV Región de Los Ríos

La región se ubica entre los 39°15' y los 40°33' de latitud sur, y desde el límite con la República Argentina hasta el Océano Pacífico. Las características predominantes del relieve de la región de los Ríos están en función de las formas glaciales heredadas, estos son: la frecuencia de cuerpos lacustres y los relieves de construcción volcánica, teniendo presente que la actividad sísmica, ha jugado un importante papel. Las unidades del relieve se alternan, entre la Cordillera de Los Andes y de la Costa por una pequeña depresión intermedia. Una gran cantidad de procesos y formas orográficas (BCN, 2010). Los diferentes agentes que actuaron en el pasado, especialmente los hielos y la actividad volcánica, originaron la mayoría de las formas que encontramos en la actualidad. Es por esta razón que hoy la región se encuentra dividida en dos sectores diferentes. El clima que presenta esta región es templado oceánico o lluvioso. Las temperaturas promedio son de 11,9°C en Valdivia. La causa de ello es la influencia oceánica y fluvial que ayuda a mantener la uniformidad térmica, de manera que los promedios mensuales no desciende bajo los 6°C en gran parte de la Región (INE, 2010). Desde el punto de vista hidrográfico, esta región se distingue por la presencia de una gran cantidad de ríos cuyas características generales son las suaves pendientes.

Los suelos de la costa de la Región de los Ríos están representados por suelos en su último estado de evolución (ultisoles), y que su agricultura es imposible sin el uso de fertilizantes. En la Depresión Intermedia, predominan los suelos de materiales volcánicos, y ocupan posiciones de lomajes suaves y terrazas y se asocian con otros suelos de altos contenidos de arcilla. Y en la Cordillera y pre Cordillera de los Andes, los suelos son desarrollados (andisoles e Histosoles) a partir de materiales volcánicos de diferente granulometría y suelos en lomajes con relieve fuerte pero no escarpado, trumaos desarrollados a partir de texturas más finas. Son suelos profundos con buen drenaje y alto contenido en materia orgánica.

La vegetación está dada principalmente por el bosque lluvioso y la selva valdiviana (BCN, 2010). Se presenta una cubierta vegetal de bosques higromórfica, de gran variedad de especies, agrupadas en formaciones puras o mixtas. Entre las primeras se encuentran los bosques de alerce y lenga; entre las segundas, varias comunidades cuya composición varía con la posición

topográfica, el suelo y el clima. Las excepciones a este cuadro aparecen en áreas discontinuas aledañas a la frontera, donde se desarrollan formaciones semidesérticas andinas de gramíneas (INE, 2010).

Al igual que en la Araucanía, la fisonomía de la región ha cambiado debido al uso agrícola y ganadero que ha primado en los últimos años (CONAF, 2008). El espacio que hoy presenta ha sido conseguido a costa de la quema o roce de vegetación nativa, poniendo en peligro la flora y fauna de la región. En su reemplazo se han sembrado praderas aptas para ganado (BCN, 2010).

A continuación, el cuadro 15 presenta el uso del suelo (CONAF, 2008) de la Región de Los Ríos:

Cuadro 15. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XIV Región.

Usos del suelo	Superficie 1998		Superficie 2006	
	(ha)	%	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	4.780,7	0,3	5.745,9	0,3
Terrenos agrícolas	16.357,3	0,9	16.275,9	0,9
Praderas y matorrales	577.252,5	31,4	532.028,9	28,9
Bosques	1.051.254,4	57,4	1.097.955,5	59,7
Humedales	15.281,5	0,8	14.722,1	0,8
Áreas desprovistas de vegetación	55.052,5	3,0	53.327,1	2,9
Nieves y glaciares	11.192,9	0,6	11.192,9	0,6
Cuerpos de agua o aguas continentales	109.141,5	5,9	109.064,9	5,9
Áreas no reconocidas	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL	1.840.313,2	100,0	1.840.313,2	100,0

De igual forma que en la Región de la Araucanía los problemas de desertificación en el sector costero se ven disminuido por efecto de precipitaciones anuales más abundantes. El estudio de erosión del año 1979 (cuadro 2 y figura 13) muestra los resultados conjuntamente de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

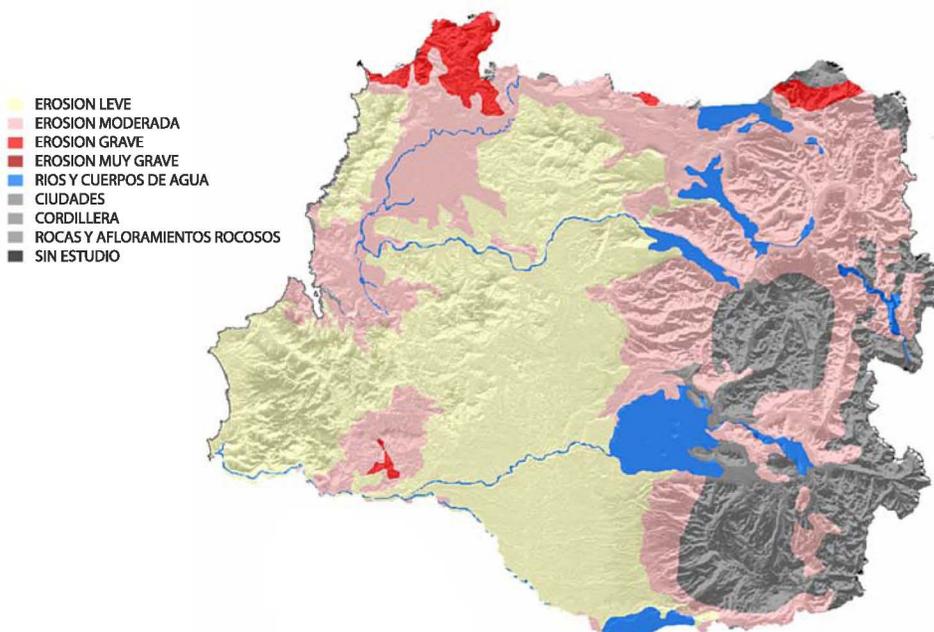


Figura 13. Mapa de nivel de erosión para la Región de Los Ríos, IREN-1979.



X Región de Los Lagos

La región se sitúa entre los 40°15' y los 44°14' de latitud sur, y desde el límite con la República Argentina hasta el Océano Pacífico. Posee una superficie de 4,83 millones de hectáreas. Las características del relieve de la X Región presentan una gran cantidad de procesos y formas orográficas (INE, 2010). Es posible distinguir dos grandes sectores, separados por el Canal de Chacao. El sector norte, que corresponde a las provincias de Osorno y Llanquihue, se caracteriza por el predominio de la depresión intermedia, ubicada entre la Cordillera de la Costa y Cordillera de los Andes. En el sector sur, dicha depresión se encuentra sumergida en el mar, dando origen a gran cantidad de islas, fiordos y canales que conforman el Archipiélago de Chiloé, donde la Cordillera de la Costa se presenta bajo la forma de lomajes suaves que caracterizan el paisaje de esta provincia. Palena, la más austral de las provincias de la Región, está conformada básicamente por la Cordillera de los Andes. El clima es templado lluvioso, las temperaturas varían en rangos moderados, suavizadas por la presencia de grandes masas de agua; los índices de pluviometría aumentan de mar a cordillera, con valores que oscilan, según la zona, entre los 1.600 mm/año a 2.500 mm/año, con precipitaciones durante casi todo el año (SUBDERE, 2010).

Los suelos de la Región de Los Lagos mantienen en el sector norte, las mismas características que en la Novena Región, es decir, en el litoral y Cordillera de la Costa predominan los suelos de praderas costeras y los suelos pardos rojizos que, debido a la mayor humedad y precipitaciones existentes en esta zona presenta una tonalidad más oscura. En el Valle Longitudinal y Precordillera se desarrollan los suelos trumaos, de color pardo oscuro. Estos suelos poseen gran fertilidad y constituyen el principal recurso agropecuario de la región. En la sección intermedia y sur de la región (Osorno, Llanquihue y Chiloé) se desarrollan los suelos pardo-podzólicos o ultisoles, que son suelos formados bajo condiciones de clima templado lluvioso, con abundante vegetación; son de color oscuro debido a la gran cantidad de materia orgánica que posee su horizonte superficial. Son suelos que han evolucionado sobre sedimentos glacio-fluvio-volcánicos. Su fertilidad y rendimiento agrícola es menor que el de los suelos de la zona central del país, debido a que el exceso de humedad y precipitaciones altera sus propiedades; son suelos muy lavados.

El cuadro 16, presenta la tipología del uso del suelo (CONAF, 2008) de la región de Los Lagos:

Cuadro 16. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), X Región.

Usos del suelo	Superficie	
	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	13.159,7	0,2
Terrenos agrícolas	17.763,2	0,3
Praderas y matorrales	1.783.155,5	26,7
Bosques	3.820.502,1	57,2
Humedales	74.541,9	1,1
Áreas desprovistas de vegetación	234.081,3	3,5
Nieves y glaciares	372.020,5	5,6
Cuerpos de agua o aguas Continentales	329.498,0	4,9
Áreas no reconocidas	36.171,2	0,5
TOTAL	6.680.893,4	100,0

* considera región de los Ríos, superficie 1.840.313,2 ha

Dadas las condiciones climáticas en la región, la vegetación dominante es el bosque templado lluvioso y la selva valdiviana. El bosque templado lluvioso se distribuye hacia la Cordillera de los Andes y cuenta con especies, principalmente, roble, raulí, coigüe, ciprés, lenga y alerce (BCN, 2010). Se presenta una cubierta vegetal de bosques higromórfica, de gran variedad de especies, agrupadas en formaciones puras o mixtas. Existen áreas discontinuas aledañas a la frontera, con formaciones semidesérticas andinas de gramíneas hasta la latitud del Golfo de Ancud y una estepa herbácea trasandina en Futaleufú y Palena. Estas formaciones han sido, en parte, intervenidas por el hombre para la extracción de productos forestales y habilitación de terrenos para el uso agropecuario. (INE, 2010).

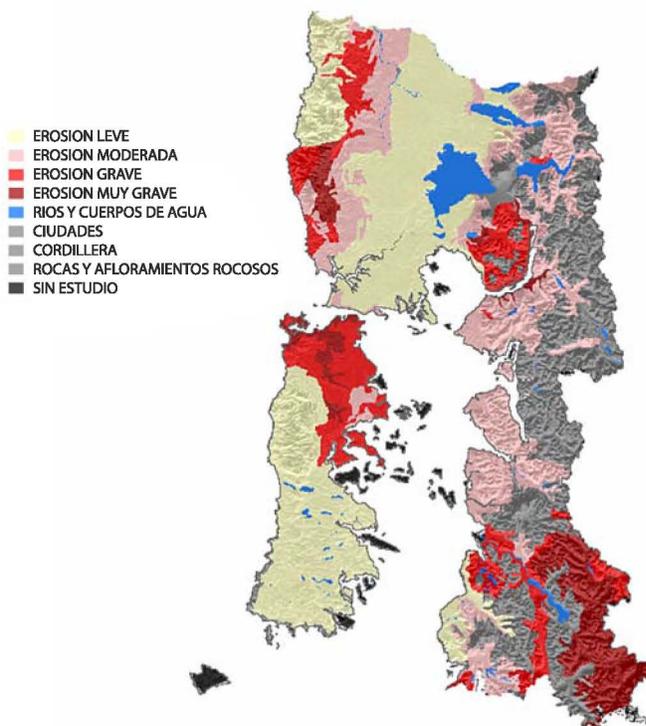


Figura 14. Mapa de nivel de erosión para la Región de Los Lagos, IREN-1979.

La desertificación es menos aguda que las regiones del norte debido a una menor presión medioambiental, clima más lluvioso, menores riesgos de incendios forestales, entre otras razones. El estudio de erosión del año 1979 (cuadro 2 y figura 14) muestra los resultados conjuntamente de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

XI Región de Aysén

La región se localiza entre los 43°38' por el norte y 49°16' por el sur, y desde los 71°06' oeste hasta las aguas territoriales del Océano Pacífico. Esta región tiene una superficie de 10,75 millones de hectáreas, que corresponde al 14,2% de Chile continental e insular. La configuración de su relieve es muy singular, ya que se caracteriza por la ausencia del valle longitudinal y es reemplazado por gran cantidad de canales marítimos y fiordos. Tiene un clima frío oceánico el cual favorece la formación de vegetación boscosa de especies singulares. Los principales ríos que conforman su hidrografía son los ríos Palena, Backer, Aysén, Bravo y Pascua (BCN, 2010).

El clima que caracteriza a la Región de Aysén es el clima frío oceánico de bajas temperaturas, con abundantes precipitaciones, fuertes vientos y mucha humedad. Las características del relieve provocan una diferencia de climas en el sector oriental, formado por islas y archipiélagos, y en el sector oriental de la Cordillera Patagónica (BCN, 2010).

La Región de Aysén está inserta en la macrozona conocida como Patagonia, compartida por Chile y Argentina. Los suelos de esta zona del país no han sido bien estudiados, la mayor parte se localizan en un régimen de lluvias abundantes todo el año. Se supone la dominancia de suelos Histosoles asociados a suelos Spodosoles, derivados de cenizas. En la Patagonia, con un régimen de humedad árido, se originarían suelos Aridisoles con inclusiones de Mollisoles (Universidad de Chile, 2008). En Aysén, se distinguen cuatro zonas agroecológicas. La zona húmeda de la Patagonia se compone de suelos derivados de cenizas volcánicas, fuertemente ácidos y susceptibles a la erosión por su condición de suelos depositacionales. La zona intermedia lo componen suelos derivados de cenizas volcánicas



recientes, con deficiencias de azufre y fósforo. Éstos son profundos, libres de pedregosidad, de textura franco arenosa y susceptibles a la erosión eólica e hídrica. Habitualmente son ligeramente ácidos, salvo en sectores más húmedos, como los denominados mallines. Mientras que la zona de estepa, los suelos son delgados, arenosos a arcillosos (en sectores más húmedos), susceptibles a la erosión, tienen pedregosidad abundante y su fertilidad es habitualmente baja. Finalmente, la zona de microclima, los suelos son habitualmente arcillosos, con influencia de cenizas volcánicas recientes y son relativamente delgados y requieren de riego y fertilización (INIA, 2010).

La vegetación de esta región presenta Bosque Litoral Perennifolio, con una vegetación densa y rica en especie, en la cual pueden diferenciarse hasta tres estratos (arbóreo, sotobosque y herbáceo). El Bosque Trasandino Caducifolio conformado por un monte de lenga, salvo en las transiciones donde se mezcla con el ñirre y el coihue. El estrato intermedio se compone de arbustos como el calafate y el maitencillo. Y el Bioma Herbáceo Estepario que está representado por formación xerófila de plantas herbáceas perennes y arbustos dispersos (INE, 2010).

De acuerdo a cifras del catastro vegetacional (1999), la superficie regional por tipo de uso (cuadro 17) es la que se detalla:

Cuadro 17. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XI Región.

Uso del suelo	Superficie	
	(Ha)	%
Áreas urbanas e industriales	2.222,1	0,0
Terrenos agrícolas	3.378,5	0,0
Praderas y matorrales	1.299.881,2	12,2
Bosques	4.823.555,2	45,1
Humedales	1.146.666,7	10,7
Áreas desprovistas de vegetación	1.182.172,4	11,1
Nieves y glaciares	1.811.868,2	16,9
Aguas continentales	392.025,5	3,7
Áreas no reconocidas	36.599,0	0,3
TOTAL	10.698.182,7	100,0

La Región de Aysén presenta desertificación en la Patagonia Chilena (Diagonal Desértica) producto de bajas precipitaciones anuales y deforestación masiva originada en los grandes incendios que afectaron amplios territorios de Aysén y de Magallanes antaño cubiertos por bosques de lengas y coihues (Universidad de Chile, 2008). En Aysén, el 84,6 % de la superficie estudiada presenta desertificación grave a moderada. El estudio de erosión 1979 (cuadro 2 y figura 15) revela que existe una superficie de 4,62 millones de hectáreas con algún grado de erosión, que representa el 45% de la región. Asimismo, indica que 506 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 11% del área de estudio.

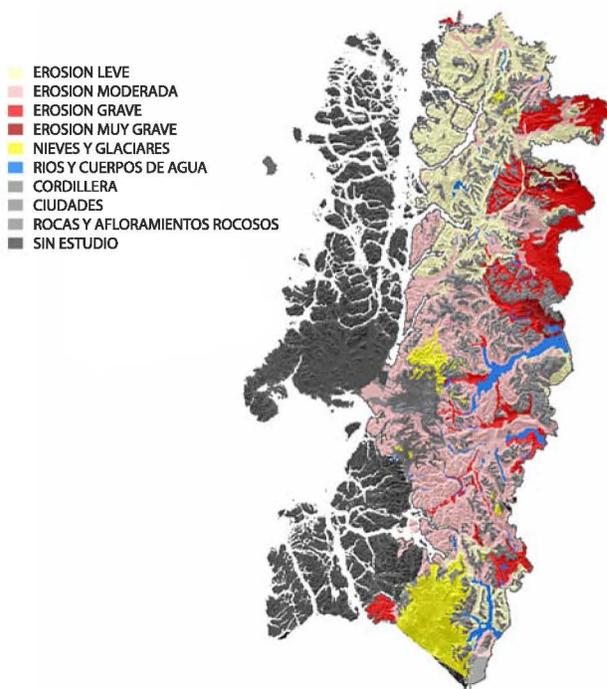


Figura 15. Mapa de nivel de erosión para la Región de Aysén, IREN-1979.

XII Región de Magallanes y Antártica Chilena

La Región de Magallanes se ubica en el extremo sur del territorio nacional. Abarca los territorios sudamericano y antártico. Su sector sudamericano se localiza en la parte sudoccidental del continente desde los 48°36' a los 56°30' de latitud sur y entre los meridianos 66°25' y 75°40' de longitud oeste. Posee una superficie continental de 13,2 millones de hectáreas. A su vez el área sudamericana representa el 6,57% de la superficie nacional. Conformar una situación topográfica irregular por el gran número de islas, archipiélagos, penínsulas, canales y fiordos, que corre en torno a un eje en dirección norte-sureste con un ancho variable, que alcanza su máxima expresión entre Punta Dungenes en el extremo oriental del estrecho de Magallanes y grupo Evangelistas en el Pacífico. Las dos fajas longitudinales características del resto del país, la Cordillera de la Costa y la depresión intermedia, desaparecen en la Península de Taitao y en las profundidades del Golfo de Penas, respectivamente. Las unidades de relieve de la Región de Magallanes son, de oriente a poniente: Patagonia Oriental o Transandina, Cordillera de los Andes Patagónicos; Cordillera Occidental Archipiélica (BCN, 2010). Su diversidad climática se refleja en las bajas temperaturas y fuertes vientos durante todo el año. En el sector insular predomina el clima templado frío, mientras que las planicies patagónicas orientales presentan un clima estepario frío; en los Campos de Hielo y las cordilleras Sarmiento de Gamboa y Darwin predomina el clima polar. En rigor, se pueden diferenciar 5 tipos climáticos; clima templado frío de costa occidental con un máximo invernal de lluvias, clima trasandino con degeneración esteparia, clima de hielo por efecto de altura, clima de estepa fría, clima de tundra (DMC, 2010).

La región tiene varios tipos de suelos dependiendo de la formación geológica, tiempo cronológico, pluviometría, topografía y temperatura. Aún cuando, no han sido bien estudiados, hay presencia de suelos de orden Histosoles asociados a suelos Spodosoles, derivados de cenizas. En la Patagonia, con un régimen de humedad árido, se originarían suelos Aridisoles con inclusiones de Mollisoles (Universidad de Chile, 2008). A continuación, se detalla el tipo de uso (CONAF, 2006) del uso para la región de Magallanes (cuadro 18).



Cuadro 18. Superficie regional por tipo de uso del suelo (hectáreas y porcentaje), XII Región.

Usos del suelo	Superficie 1996		Superficie 2005	
	(ha)	%	(ha)	%
Áreas urbanas e industriales	2.711,3	0,0	4.669,3	0,0
Terrenos agrícolas	11,6	0,0	11,6	0,0
Praderas y matorrales	3.064.489,0	23,2	3.060.016,9	23,2
Bosques	2.673.796,8	20,3	2.671.780,2	20,3
Humedales	3.236.730,4	24,5	3.236.724,0	24,5
Áreas desprovistas de vegetación	1.786.169,4	13,5	1.791.020,6	13,6
Nieves y glaciares	1.795.365,1	13,6	1.795.265,1	13,6
Cuerpos de agua o aguas continentales	354.953,1	2,7	354.949,0	2,7
Áreas no reconocidas	274.126,0	2,1	273.816,0	2,1
TOTAL	13.188.352,7	100,0	13.188.352,7	100,0

La vegetación está influenciada por las extremas condiciones edafoclimáticas de la zona austral del país, destacando el Bosque perennifolio en el sector occidental, de clima frío y lluvioso, el Bosque perennifolio y turbales hacia el sector sur, con fuertes limitantes para el desarrollo de la vegetación, el Bosque caducifolio, que se extiende de las mesetas andinas hasta el límite de la estepa oriental y una zona esteparia de clima semiárido y frío.

La región de Magallanes presenta una situación de desertificación preocupante en la producto de bajas precipitaciones anuales y deforestación masiva originada en los grandes incendios que afectaron amplios territorios de Aysén y de Magallanes (Universidad de Chile, 2008). En Magallanes, el 91,4% de la superficie estudiada presenta desertificación grave a moderada. El estudio de erosión 1979 (cuadro 2 y figura 16) revela que existe una superficie de 4,89 millones de hectáreas con algún grado de erosión, que representa el 37% de la región. Asimismo, indica que 422 mil hectáreas son consideradas de alta fragilidad, que corresponde a un 9% del área de estudio.

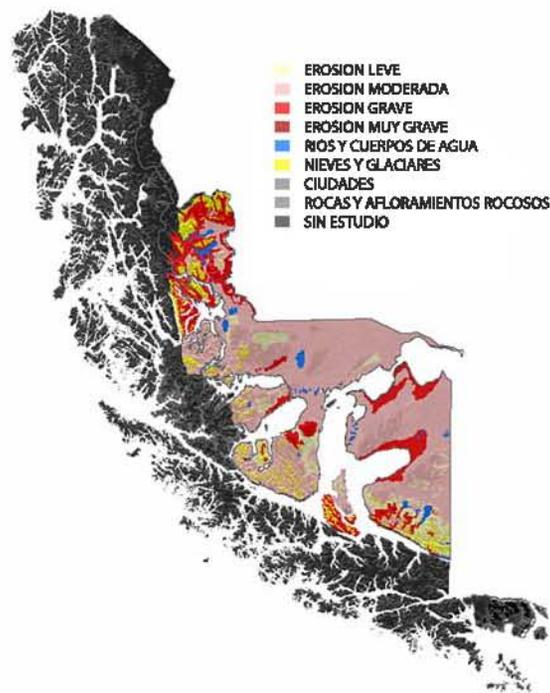


Figura 16. Mapa de nivel de erosión para la Región de Magallanes y Antártica Chilena, IREN-1979.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 6. METODOLOGÍA





6. Metodología

El área de estudio para la determinación de la erosión actual y potencial corresponde al territorio continental chileno, aproximadamente 75 millones de hectáreas.

El estudio se desarrolló en tres fases:

- 1) la cartografía nacional de erosión actual, que representa el resultado actual de procesos erosivos históricos que es posible observar mediante imágenes satelitales.
- 2) la cartografía de erosión potencial (fragilidad del suelo), que se basa en el supuesto que la potencialidad de erosión es independiente del uso y manejo actual del suelo. En otras palabras, las pérdidas, arrastre o transporte de partículas del suelo son las que tendrían lugar en caso de no existir vegetación alguna, esas pérdidas son las máximas o potenciales.
- 3) una cartografía del riesgo de erosión actual. Esta última capa de información resulta de la aplicación del modelo de erosión potencial conjuntamente con la cobertura de uso del suelo, y da cuenta de la tasa de pérdida de suelos bajo las condiciones actuales de suelo, topografía, clima y uso del suelo. Esta cobertura resulta utilitaria para estimar la erosión actual del suelo en aquellas zonas clasificadas con clase de erosión no aparente, teniendo en consideración que el modelo responde a procesos de erosión hídrica, por lo cual subestima procesos de erosión eólica y no considera erosión glacial e hidráulica (de ríos).

6.1 Erosión actual.

Parte del desarrollo metodológico de este proyecto se basó en la metodología de los estudios “Zonificación de erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de las regiones VI y VII” y “Zonificación de áreas potenciales para la aplicación del programa de recuperación de suelos degradados” desarrollados por CIREN.

La base metodológica consistió en el análisis interpretativo visual de imágenes satelitales Landsat TM 5, datos de estudios agrológicos, curvas de nivel, e índices espectrales confrontadas con las observaciones tomadas en las campañas de terreno en todas las regiones de Chile. Tales capas de información se integraron mediante SIG, complementada con técnicas de Geomática (figura 17).

En la metodología se distinguen cuatro etapas:

1. Análisis preliminar (adquisición de información base).
2. Actualización y homogenización de base de datos.
3. Trabajo en terreno.
4. Análisis final – cartografía digital.

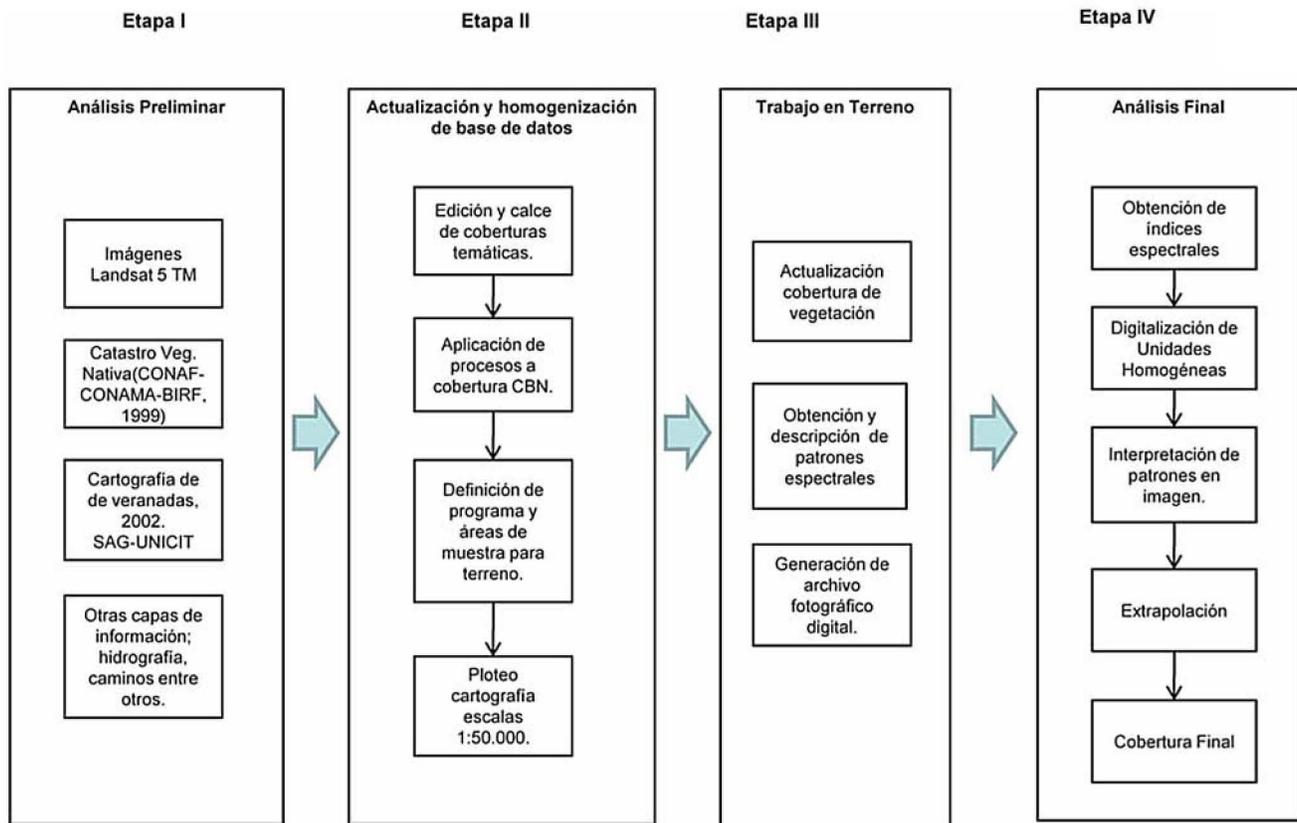


Figura 17. Diagrama metodológico del modelo satelital de erosión actual.

6.1.1 Análisis preliminar (adquisición de información base).

Esta primera etapa se inició con la recopilación de la información base, temática y cartográfica existente, en formato digital, para las diferentes zonas de estudio de la región.

La información recopilada se detalla a continuación:

- Mosaico de imágenes Landsat 5 sensor Thematic Mapper, 30 metros de resolución (disponible para todas las regiones del país). El área fue cubierta por imágenes (adquiridas y de archivo) de los años 2001 a 2008 (figura 18).
- Hidrografía, incluye ríos, cuerpos de agua, esteros, quebradas, etc. (Disponible para todas las regiones del país).
- Curvas de nivel espaciadas cada 50 metros, cartografía escala 1:50.000 del IGM (disponible para todas las regiones del país).
- Caminos, información base del Instituto Geográfico Militar (IGM), (disponible para todas las regiones del país).
- Límites administrativos, información base del Instituto Geográfico Militar (IGM), (disponible para todas las regiones del país).
- Estudios agrológicos regionales. Publicaciones CIREN. (figura 19 y cuadro 19).
- Mapas digitalizados desde el Centro de documentación CIREN, que contienen indicadores de erosión y fragilidad. Información de suelos a nivel de *fases de series*; profundidad, topografía, pedregosidad superficial, drenaje, erosión, posición, entre otras.
- Catastro de la vegetación nativa de Chile, (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999) y sus actualizaciones.

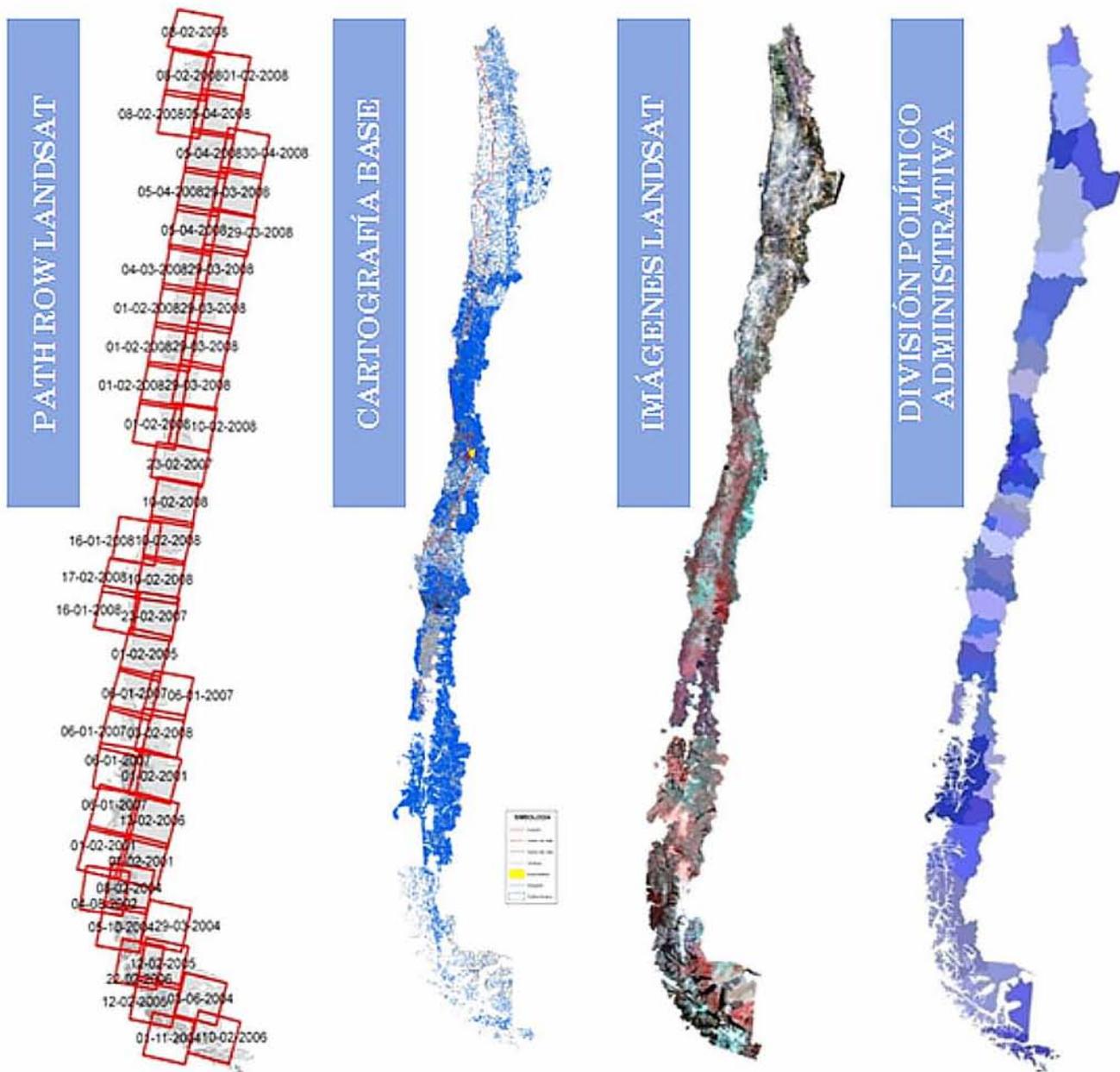


Figura 18. Línea base cartográfica de erosión actual (Datum PSAD 1956).

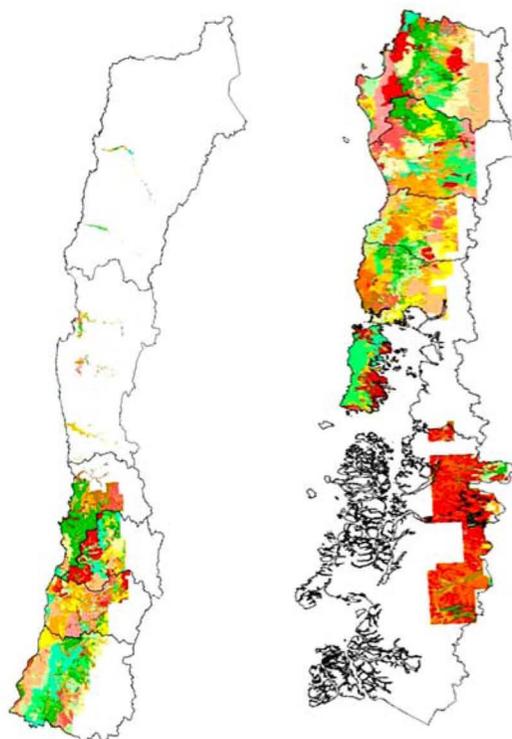


Figura 19. Cobertura espacial de estudios agrológicos (distribuidos entre las regiones de Atacama y Aysén), incluidos en análisis preliminar de la información base.

Cuadro 19. Estudios agrológicos utilizados en área de estudio.

REGIÓN	NOMBRE PUBLICACIÓN	AÑO	ESCALA
III de Atacama	Estudio agrológico Valle del Copiapó y Valle del Huasco. Proyecto alternativas productivas agrícolas de alto valor en la III región, 2005-2007.	2007	Valles 1:20.000
IV de Coquimbo	Estudio agrológico, IV Región. Publicación CIREN N°129. Proyecto Alternativas Frutícolas de la IV Región, 2004-2006.	2005	Valles 1:20.000
Metropolitana	Estudio agrológico, Región Metropolitana, Tomo 1 y 2. Publicación CIREN N°115.	1996	Valles 1:50.000 Cerros 1:100.000
V de Valparaíso	Estudio agrológico, V Región, Tomo 1 y 2. Publicación CIREN N°116.	1997	Valles 1:20.000 y 1:50.000 Cerros 1:100.000
VI del Libertador Bernardo O'Higgins	Estudio agrológico, VI Región, Tomo 1 y 2. Reedición 2002. Publicación CIREN N°114.	1996	Valles 1:20.000 y 1:50.000 Cerros 1:100.000
VII del Maule	Estudio agrológico, VII Región, Tomo 1 y 2. Publicación CIREN N°117.	1997	Valles 1:20.000 y 1:50.000 Cerros 1:100.000
VIII del Bío-Bío	Estudio agrológico, VIII Región, Tomo 1 y 2. Publicación CIREN N°121.	1999	Valles 1:20.000 y 1:50.000 Cerros 1:100.000
IX de la Araucanía	Estudio agrológico, IX Región. Publicación CIREN N°122.	Reedición 2002	Valle Malleco 1:100.000
XIV-X de los Ríos y Los Lagos	Estudio agrológico, X Región. Provincia de Valdivia, Osorno, Llanquihue e isla grande de Chiloé. Publicación CIREN N°123.	Reedición 2003	Valles 1:50.000 Cerros 1:100.000
XI de Aysén	Estudio agrológico, XI Región (sólo zonas agrícolas).	2005	Valles 1:60.000 y 1:100.000 Cerros 1:250.000 y 1:500.000



Adicionalmente, se trabajó con la siguiente información de apoyo:

- Cartografía de vegetación de veranadas (Estudio SAG – UCINF).

REGIONES I Y XV

Reconocimiento generalizado de suelos (1: 500.000). Se utilizó como material de apoyo referencial y no como capa de información digitalizada.

Reconocimiento de suelos y uso actual de agricultura localizada (1:20.000), incluye al Valle de Lluta, Valle de Azapa, Valle de Camarones. Análisis de los ecosistemas de la I Región de Chile. Sociedad Agrícola CORFO Ltda. y Universidad de Chile. 1982. Génesis y propiedades de algunos suelos del altiplano de Chile. Luzio, W., Norambuena, P., Casanova, M., Vera, W.

REGIÓN V

Apoyo al sistema de incentivos de recuperación de suelos degradados (SIRSD) del Ministerio de Agricultura. 2005-2006. Informe de proyecto, información digitalizada.

Determinación y evaluación de la fragilidad de laderas en cuencas de la V Región. (2004-2006). Informe de proyecto, información digitalizada.

Determinación de la erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de la V Región. (2006-2008). Informe de proyecto, información digitalizada.

REGIÓN VI

Zonificación de la erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de las regiones VI y VII. (2003-2006). Informe de proyecto, información digitalizada.

SAG – UNICYT. 2002. Cartografía de la vegetación de veranadas entre la VI y IX regiones de Chile y determinación de la capacidad de carga. Proyecto Fondo SAG - 2002.

REGIÓN VII

Zonificación de áreas potenciales de suelos para la aplicación del programa de recuperación de suelos degradados, CIREN. 1999. Informe de proyecto, información digitalizada.

Zonificación de la erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de las regiones VI y VII. (2003-2006). Informe de proyecto, información digitalizada.

SAG – UNICYT. 2002. Cartografía de la vegetación de veranadas entre la VI y IX regiones de Chile y determinación de la capacidad de carga. Proyecto Fondo SAG - 2002.

REGIÓN VIII

Modelo de zonificación de distritos de conservación. (2004-2006). Estudio de suelos en 12.000 hectáreas, microcuencas de las comunas de Yungay y Ninhue, escala 1:10.000. Informe de proyecto, información digitalizada.

REGIÓN IX

Zonificación de áreas potenciales de suelos para la aplicación del programa de recuperación de suelos degradados, CIREN. 1999. Informe de proyecto, información digitalizada.

SAG – UNICYT. 2002. Cartografía de la vegetación de veranadas entre la VI y IX regiones de Chile y determinación de la capacidad de carga. Proyecto Fondo SAG - 2002.

REGIÓN XII

“El pastizal de Tierra del Fuego”. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para la determinación de tendencia”. Proyecto FNDR – SAG XII Región de Magallanes y Antártica Chilena: “Protección y recuperación de pastizales XII Región” BIP N° 20105466-0. Junio 2003.

Toda la información digital espacial de la cobertura de erosión actual se trabajó en el dato geodésico Datum Provisional Sudamericano 1956, y el dato cartográfico está en Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) referida al Huso 19.

6.1.2 Actualización y homogenización de base de datos espacial.

Una vez obtenidas las capas de información se procedió al ajuste, corrección, reproyección de dichas capas, realizando el calce de todos los elementos temáticos y cartográficos disponibles.

La información temática de suelo y vegetación fue compilada a la escala 1:50.000, utilizando como base la data satelital Landsat 5 TM de cada región. La cartografía de suelo está asociada a los atributos básicos de las series de suelo y sus variaciones, como textura, profundidad, pendiente, rocosidad, drenaje externo e interno lo cual implica considerar la coherencia entre dos variaciones al momento de editar. Este es un proceso interpretativo e interactivo que requiere de conocimiento técnico de suelo, de manejo de las herramientas de software y del conocimiento del área de estudio. En lo referente a la cobertura vegetal, se revisaron las distintas clases de uso y vegetación existentes en el Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Se separaron las coberturas vegetacionales y se efectuó una reinterpretación de los polígonos existentes en dicha capa de información espacial.

Para la generación de la cobertura preliminar de erosión, se procedió a la confección total de polígonos de tipo vectorial de acuerdo a los patrones de respuesta de la vegetación que presenta la imagen, así como a elementos de apoyo tales como capas de información referidas a cartografía de base u otras complementarias de tipo temática para dicho análisis. Se procedió a la revisión exhaustiva de la base de datos de uso del suelo así como a la actualización y homogenización de la misma.

A partir de la información disponible, se generó las coberturas de vegetación y erosión preliminar.

6.1.3 Trabajo en terreno

Previo al trabajo de terreno, en gabinete se determinaron áreas con sitios de muestreo dentro de las mismas. Dado que ya existía información actualizada levantada para parte de la V, VI y VII regiones, en los proyectos "Determinación de erosión actual y fragilidad de suelos en la V Región utilizando Datos Satelitales y SIG" (CIREN, 2009), "Zonificación de erosión y fragilidad de los suelos del secano costero de las regiones VI y VII" (CIREN, 2006) y el estudio de veranadas (SAG), estas áreas no fueron prospectadas en el presente estudio.

Las áreas de muestreos (anexo 1) se definieron como superficies del territorio regional, que contienen la mayor diversidad de patrones espectrales posible, son observables claramente en un mapa regional y es posible plotearlas en una carta de terreno a escala 1:50.000 (figura 20).

Los sitios de muestreo se definieron como puntos dentro de estas áreas, en superficies cuyo patrón espectral es homogéneo. El propósito de esta actividad es generar a posteriori polígonos de erosión a partir de la información levantada en los sitios de muestreo. Cada polígono de erosión constituye una unidad cartográfica homogénea (UCH).

Los criterios para la determinación de las áreas y sitios de muestreo se basaron en:

- I. Representatividad de las áreas de muestreo dentro de la región de manera de abarcar cada unidad fisiográfica (i.e. cordilleras, depresión intermedia, planicies litorales), así como la accesibilidad al sitio según la red caminera.
- II. Geomorfología dominante (i.e. terrazas aluviales, pie de monte, cuencas de relleno, etc.).
- III. Áreas con patrones espectrales confusos que en laboratorio pudieran interpretarse como altamente susceptibles a erosión.
- IV. Áreas de chequeo, que incluían la verificación y actualización de las diferentes clases de uso del suelo definidas por el Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile; y/o verificación de las propiedades de suelo relevantes como la clase textural y la profundidad.

Con el fin de hacer más eficiente el trabajo en terreno, se definieron transectos entre cada una de las áreas para llegar a cada uno de los puntos definidos, sean estos puntos directos o indirectos (observación).



Una vez determinados las áreas y sitios de muestreo se ploteó la cartografía de terreno, que consistía en:

- Un mapa regional.
- Un mapa de cada área de muestreo a escala 1:50.000 que incluía información vegetacional extraída de las bases de datos del catastro del bosque nativo de CONAF. Esta imagen se construyó como una combinación de capas de información cuyo fondo fue la imagen satelital en composición infrarrojo convencional (4, 3, 2 RGB).
- Cartografía de pendientes, curvas de nivel, cartografía de exposición y cálculo de distancias de caminos, hidrografía (ríos, cuerpos de agua, esteros y quebradas) y límites administrativos.
- Imagen rasterizada con el índice de erosión de suelo determinado previamente en laboratorio.
- Un mapa con las clases de erosión extraídos de los estudios de suelo agrológicos (Regiones III hasta la XI.). En las regiones XV, I, II se utilizó un mapa con información obtenida del estudio "*Inventario de recursos naturales por método de percepción del satélite Landsat*" de IREN (1976).
- Cartillas de terreno para el levantamiento y actualización de los datos vegetacionales, de suelo y erosión (anexo 2 a, b, c, d y e).
- Tabla de observaciones con las claves para el llenado de las cartillas de terreno con los datos del levantamiento vegetacional, suelo y las clases de erosión.
- Materiales de terreno para la descripción del suelo (palas, cuchillo, tabla de colores, barrenos), clinómetro, GPS y cámara fotográfica.

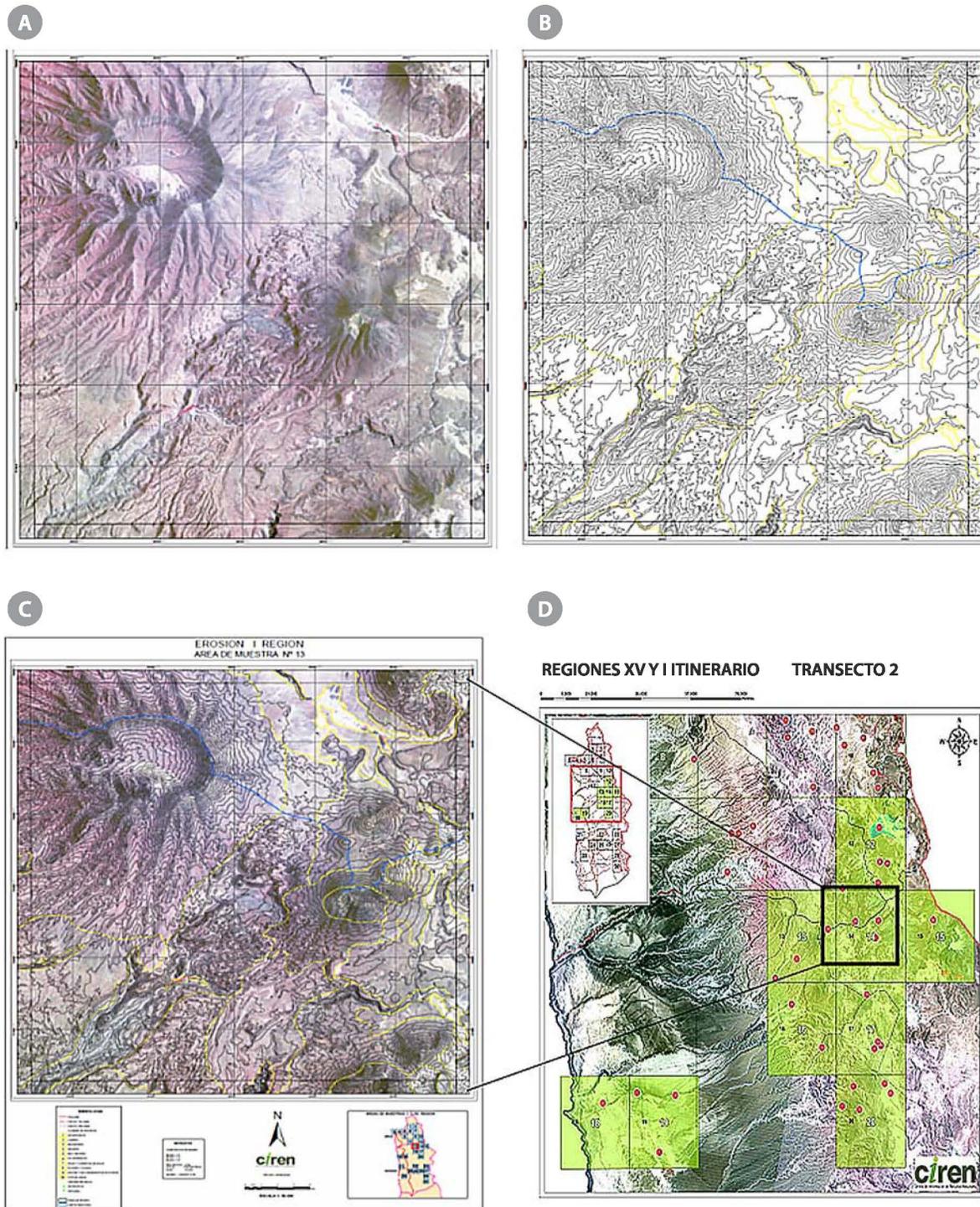


Figura 20. A) Imagen satelital correspondiente a área de muestreo; B) Coberturas de información componentes de área de muestreo (área número 13, I Región de Tarapacá); C) Cartografía final para área de muestreo, plotada a escala 1:50.000; D) Cartografía de transecto N°2 para regiones XV y I, con áreas de muestreo que lo componen.



A nivel nacional fueron seleccionadas 300 áreas de muestreo para la obtención y descripción de UCH's y actualización de la vegetación. La información por regiones se muestra en el Cuadro 20.

Cada cuadrilla de terreno estaba formada, al menos, por dos profesionales temáticos especialistas en descripción de suelos y vegetación. Los sitios muestreados para erosión se posicionaron espacialmente mediante GPS.

Cuadro 20. Fecha de campaña de terreno y número de áreas de muestreo por región.

REGIÓN	NºÁREAS MUESTREO	FECHA TERRENO
XV Región de Arica y Parinacota	12	Julio 2009
I Región de Tarapacá	18	Julio 2009
II Región de Antofagasta	30	Julio 2009
III Región de Atacama	30	Nov. –Dic.2008
IV Región de Coquimbo	26	Julio 2008
V Región de Valparaíso	11	Julio 2008
VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins	12	Junio – Julio 2008
VII Región Del Maule	20	Diciembre 2008
VIII Región del Bío-Bío	33	Enero – Febrero 2009
IX Región de la Araucanía	22	Febrero 2009
XIV Región de Los Ríos	13	Febrero 2008
Región de Los Lagos	14	Febrero 2008
XI Región de Aysén	20	Nov. –Dic. 2008
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	21	Febrero 2008
Región Metropolitana	18	Noviembre 2008
TOTAL	300	

Descripción de la vegetación

En el sitio de muestreo se realizó una o más observaciones para describir la vegetación según las clases de uso definidas en el Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile de CONAF y su correspondiente densidad de cobertura (anexo 2 b y c). Cada sitio de muestreo incluyó un análisis de identificación de las formaciones vegetacionales más representativas de la unidad, ya sea para vegetales leñosos (árboles) o arbustivos, como también para herbáceas. Además, se determinó el grado de estratificación vertical, según la altura de los ejemplares y los porcentajes de cobertura en el sitio (figura 21, anexo 2 b y c).

Descripción del suelo y determinación de la clase de erosión

Cada sitio de muestreo (anexo 2 d y e) incluye la descripción de los siguientes parámetros del paisaje y del suelo:

- Posición topográfica de la unidad (baja o media ladera, en cumbre o en ladera escarpada, en terrazas o lomajes, entre otras).
- Exposición de la ladera.
- Pendiente de la unidad en porcentaje.
- Altitud, medida en metros (m.s.n.m).
- Drenaje del suelo (bueno, moderado o malo).
- Profundidad del suelo (horizontes A y B), en centímetros.
- Grado de intervención de la unidad (antrópica o natural)

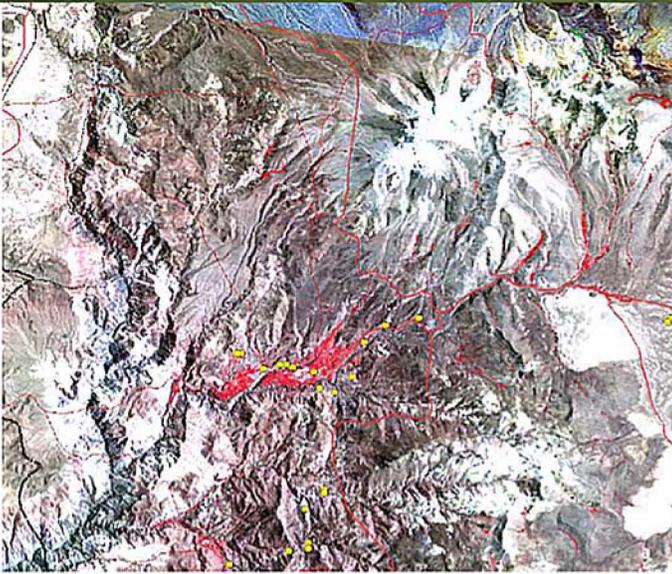
FICHA DE MUESTREO VEGETACIONAL REGIONES I Y XV										
MUESTRA :1			PUNTO GPS: 283			FECHA JULIO 2009.				18
										
										
COORDENADA UTM		ESTE		NORTE		ALTITUD				
		445618		7990141		4075				
ESPECIES		1		2		3				
Arbustos					Coiron					
FORMACION VEGETAL m	SUCULENTA		CACTACEA		ARBUSTO		HERBACEA		ARBOL	
	0-0.25	>0.25	0-0.5	>0.5	0-0.5	>0.5	0-0.5	>0.5	0-1	>1
PENDIENTE (%)	0-1	1-3	3-8	8-15	15-25	25-45	45-90			
EXPOSICION	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	S/N	
Observaciones:										
Putre										

Figura 21. Ficha de terreno para muestreo vegetacional, detallando análisis de cobertura y estado de la vegetación, entre otras variables registradas.

Se determinaron clases de erosión y algunos parámetros de suelo, documentados en la ficha de terreno en base a las especificaciones de los Estudios agrológicos de CIREN y boletines técnicos de CONAF y SAG (figura 22, anexo 2 d y e). Las clases de erosión definidas fueron:

- 1) Sin erosión
- 2) Erosión ligera.
- 3) Erosión moderada.
- 4) Erosión severa.
- 5) Erosión muy severa.
- 6) No aparente

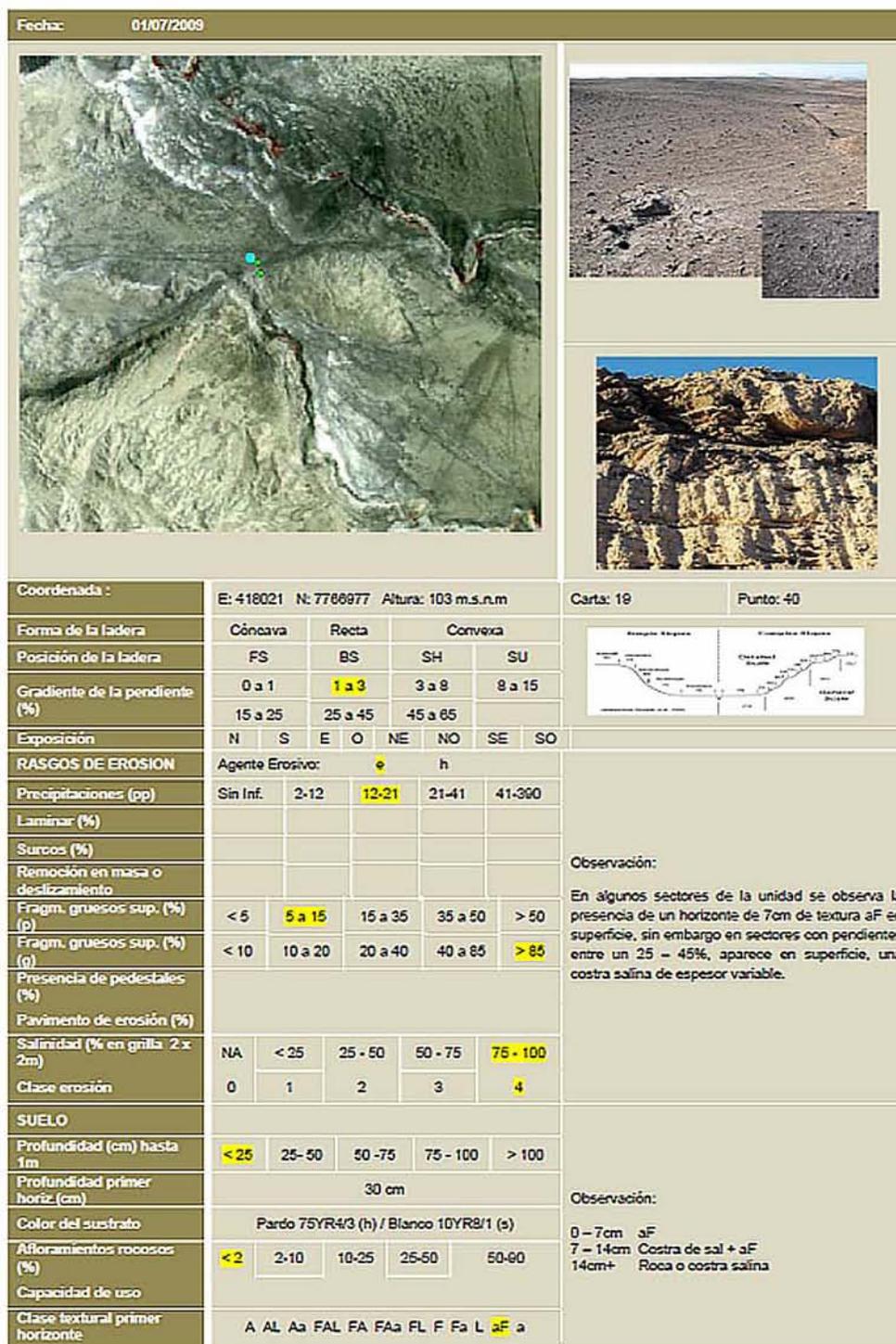


Figura 22. Ficha de sitios de muestreo para descripción de suelo y determinación de clases de erosión, detallando además registro y caracterización de propiedades relevantes para el estudio.

La **erosión nula o sin erosión** se define como una superficie de suelo no presenta alteraciones o signos de pérdidas de suelo o se encuentra protegido de las fuerzas erosivas, como la lluvia, viento o gravedad, por algún tipo de cubierta vegetal, corresponde en términos generales a suelos planiformes o depositacionales (figura 23).



Figura 23. Clasificación de erosión de suelo, caso erosión nula o sin erosión.

La **erosión ligera** corresponde a un suelo ligeramente inclinado u ondulado o con cobertura de vegetación nativa semidensa (mayor a 50% y menor a 75), que se encuentra levemente alterado el espesor y carácter del horizonte. En la mayor parte de los casos el manejo de estos suelos no es diferente a los suelos no erosionados (figura 24).



Figura 24. Clasificación de erosión de suelo, caso erosión ligera.

La **erosión moderada** se define como un suelo que tiene clara presencia del subsuelo en al menos el 30% de la superficie de la unidad en estudio (Unidad cartográfica homogénea, UCH). Existe presencia de pedestales o pavimentos de erosión en al menos el 30% de la superficie. El suelo original se ha perdido entre 40 a 60%. Existe presencia ocasional de surcos o canalículos (figura 25).



Figura 25. Clasificación de erosión de suelo, caso erosión moderada.

La **erosión severa** corresponde a un suelo que presenta ocasionalmente surcos y cárcavas. La unidad presenta entre un 30 a 60% de la superficie con el subsuelo visible, con pedestales o pavimentos. La pérdida de suelo es del orden del 60 a 80%. Hay presencia de zanjas con un distanciamiento medio de 10 a 20 metros (figura 26).



Figura 26. Clasificación de erosión de suelo, caso erosión severa.



La **erosión muy severa** corresponde a unidades de suelo no apropiadas para cultivos por cuanto se ha destruido el suelo en más de un 60% de la superficie. El subsuelo se presenta a la vista y el material de origen en más de un 60% de la superficie. Existe una presencia de pedestales o pavimento en más del 60% de la superficie. Existe una pérdida del suelo superior al 80% del suelo original. Presencia de cárcavas con distanciamiento medio entre 5 a 10 metros (figura 27).



Figura 27. Clasificación de erosión de suelo, caso erosión muy severa.

La **erosión no aparente** corresponde a sectores que se encuentran protegido por algún tipo de cubierta vegetal de densidad mayor a 75% o su uso está sujeto a buenas prácticas de manejo (figura 28).



Figura 28. Clasificación de erosión de suelo, caso erosión no aparente.

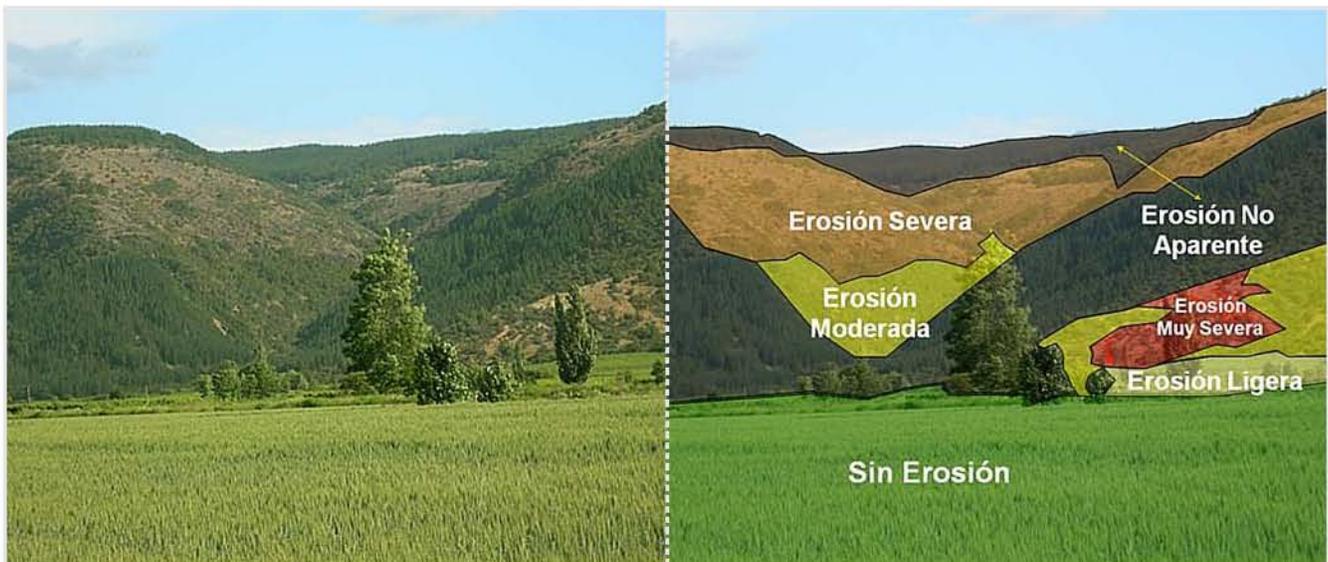


Figura 29. Clasificación de erosión actual, sector Santa Laura, VII Región del Maule

Adicionalmente, se considera las siguientes categorías;

MD/1 o **Dunas interiores o continentales**, corresponde a terrenos arenosos, de topografía ondulada, que han sido estabilizados o mantienen una cubierta herbácea pobre. No tienen contacto con playas marítimas y están casi siempre ubicadas al interior del territorio. Frecuentemente presentan algún tipo de vegetación, aunque no puede hablarse de utilización agrícola o ganadera. En aquellos casos en que se observó algún uso agrícola o ganadero no se levantó como duna (figura 30).



Figura 30. Clasificación de erosión de suelo, caso dunas interiores o continentales.

MD/2 o **Dunas litorales**, corresponde a terrenos litorales, constituidos por arenas sueltas de tipo andesítico-basáltico, sin vegetación y de topografía ondulada (figura 31).



Figura 31. Clasificación de erosión de suelo, caso dunas litorales.

Se consideraron otros usos que no fueron evaluados bajo una clase de erosión por no corresponder a suelo. Estos se consideraron solo en el caso de que sus superficies fuesen significativas o la propia clase fuese significativa:

- Ríos y Cuerpos de agua
- Playas y Dunas
- Rocas y afloramientos rocosos
- Otros usos (Áridos, Ciudades, Pueblos, Islas, Material volcánico, Minería, Nieve, Nubes, Relave, Relleno, Salares, Vertedero)
- Áreas sin estudio

Para el territorio comprendido entre las regiones XV y IV, las unidades cartográficas homogéneas fueron categorizadas adicionalmente según el origen de la erosión, esto es, si obedece a causas naturales o a intervención humana (erosión "antrópica"). Se ponderó como principal factor determinante de una unidad cartográfica bajo la clasificación de erosión "antrópica", a la presencia de vegetación asociada a ganado caprino. Este tipo de ganado constituye en el Norte Chico, desde ya varias décadas, una de las mayores problemáticas económico – sociales en la región, considerándose un agente directo de erosión de los suelos.

6.1.4 Análisis final – cartografía digital

A partir de los datos obtenidos en terreno para cada unidad cartográfica homogénea de muestreo, los cuales fueron espacialmente ubicados y digitalizados (cartografía de puntos), se procedió al trabajo de elaboración de la cobertura de erosión actual, utilizando la técnica de extrapolación, que consistió básicamente en asignar la información proveniente de las unidades cartográfica de terreno a aquellas que no fueron muestreadas, utilizando patrones visuales de la imagen satelital (color, textura), características de la topografía,



posición de la ladera, exposición y pendientes según categorías previamente establecidas, descripción de suelo, uso actual y vegetación nativa, hidrología, entre otros.

La metodología incluyó la incorporación de índices espectrales derivados de data satelital, para la determinación de la erosión actual. Para el análisis de los suelos existen una serie de indicadores espectrales, que tienen como finalidad el realzar los distintos tipos de suelo, composición y estado actual. Tales índices constituyen una capa de discriminación de las unidades de suelo. Se elaboraron índices espectrales, a partir de imágenes Landsat 5 TM como el Índice de arcilla, el Índice de rojo, el Índice de vegetación ajustada al suelo SAVI y el Índice de Brillo.

A partir de la extrapolación, se discriminó los sectores de exclusión para el análisis de la erosión actual. Estas áreas de exclusión denominadas como "erosión no aparente", corresponden a aquellas zonas las cuales presentan formaciones vegetales arbóreas de recubrimiento o cobertura densa. Se definieron además zonas excluidas definidas como áreas sobre el límite de vegetación, suelos desnudos, turbales, afloramientos rocosos, nieves, glaciares, cuerpos de agua, entre otros, generando así una zona de exclusión para el proceso de generación de las categorías de erosión actual.

Clasificación digital de erosión.

Para el análisis de los suelos mediante percepción remota se utilizaron una serie de indicadores espectrales. En Chile, el estudio realizado por Pouget *et al.* (1996) en la Región de Coquimbo, determinó las variaciones del color del suelo, en especial la claridad y el índice de rojo de Munsell y la relación de estos cambios con el efecto potencial de la erosión laminar sobre las características pedológicas del horizonte de superficie, en concordancia con los efectos combinados entre las modificaciones de la materia orgánica, contenidos de óxidos de fierro y de la proporción de minerales primarios como arena, cuarzo, feldspatos y mica. En relación a las variables de suelo, el mismo autor determinó la eficacia de la información espectral obtenida de satélites como el SPOT y LANDSAT para modelar dichas variables.

Una vez georeferenciadas las imágenes satelitales LANDSAT 5 del sensor Thematic Mapper (TM) y construido el mosaico para el área de estudio, se procedió al análisis visual de las imágenes en composición infrarrojo-color convencional (bandas 4-3-2 RGB), apoyadas con índices espectrales y datos de terreno. Con esta composición es muy fácil distinguir rocas de vegetación.

Índices espectrales.

El sensor TM detecta las bandas espectrales de 1 a 7 (Cuadro 6). Las bandas 1 a 4 corresponden a las longitudes de onda de 0,5 - 1,1µm. La banda 6 (10,4 - 12,5 µm) corresponde a la energía del IR reflejado. La banda espectral de 2,1 - 2,4 µm tiene importancia en el estudio geológico. Las características generales de cada banda espectral se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 21. Caracterización de bandas espectrales y su aplicación.

BANDA	LONGITUD DE ONDA EN µM	CARACTERÍSTICAS
1	0,45 – 0,52	Azul-verde. Penetración máxima por agua, adecuada para la batimetría, adecuada para distinguir suelo y vegetación.
2	0,52 – 0,60	Verde. Delinea la reflectancia de la vegetación.
3	0,63 – 0,69	Rojo. Delinea una banda de absorción de clorofila, importante para distinguir tipos de vegetación.
4	0,76 – 0,90	IR reflejado. Adecuada para determinar el contenido en biomasa y para el mapeo de líneas de ribera.
5	1,55 – 1,75	IR reflejado. Indica el contenido en agua en suelos y vegetación, penetra por nubes delgadas, presenta distintos tipos de vegetación en contrastes diferentes.
6	10,4 – 12,5	TR térmico. Imágenes nocturnas son adecuadas para un mapeo térmico y para estimar el contenido de agua en suelos.
7	2,08 – 2,35	IR reflejado, coincide con una banda de absorción causada por iones hidroxilos en minerales.

La combinación óptima de bandas es determinada por el terreno, el clima y el objetivo de la interpretación en cada caso particular.

Se generaron los índices espectrales de brillo (IB), índice de arcilla, Índice de rojo (IR), Índice de vegetación ajustada SAVI y SAVI invertido (figuras 32, 33, 34, 35 y 36) a partir de las imágenes Landsat 5 TM disponibles. El uso del índice SAVI invertido tiene por finalidad que al desplegar los tres índices espectrales queden en una relación directa con los porcentajes de suelos desnudos.

a) Índice de brillo (IB).

El Índice de brillo (IB) entrega valores correlacionados en forma directa con el porcentaje de suelo descubierto al interior de las celdas. En general se cumple que a mayor suelo descubierto y erosionado mayor es el nivel digital (ND) de la imagen. El índice de brillo ha sido utilizado por diferentes autores para discriminar suelo descubierto y las variaciones espaciales de éste (Castro *et al.*, 2000; Álvarez y Lira, 1995). El IB se calcula según la ecuación 1:

$$IB = \frac{\sqrt[2]{B_a^2 + B_v^2 + B_r^2}}{3} \quad (1)$$

Donde B_a , B_v y B_r corresponden a las bandas del azul, verde y rojo respectivamente.

b) Índice de rojo (IR)

El Índice de rojo se relaciona de manera similar al IB, de manera que a un mayor nivel digital mayor superficie de suelos descubiertos. El IR se calcula según la ecuación 2:

$$IR = \frac{B_r^2}{B_a B_v^3} 1000 \quad (2)$$

Donde B_a , B_v y B_r corresponden a las bandas del azul, verde y rojo respectivamente.

c) Índice de vegetación ajustada al suelo (SAVI)

El SAVI corresponde a un índice vegetación que se adapta bien a las zonas áridas y semiáridas, asignando una relación directa entre los niveles digitales y la cobertura del suelo, es decir, a mayor ND mayor suelo cubierto. El cálculo de una imagen con los valores inversos del SAVI (SAVI invertido), implica que los niveles digitales altos (máximo 255) se relacionan directamente con ausencia de vegetación (presencia de mayor suelo desnudo, rocas o dunas, según sea el caso) y los ND bajos corresponden a los mayores porcentajes de cobertura del suelo. El índice SAVI se obtiene mediante la siguiente ecuación 3:

$$SAVI = \frac{NIR - B_r}{NIR + B_r + L} (1 + L) \quad (3)$$

Donde, NIR corresponde a la banda del Infrarrojo cercano (Near-Infrared), B_r es la banda espectral del rojo y "L" corresponde a un factor de corrección, cuyo valor para zonas catalogadas como áridas o semiáridas es 1, aplicándose entre las regiones XV y IV. Desde la Región de Valparaíso hacia el sur se usó un valor de 0,5.

d) Índice de arcilla (IA)

Otro índice utilizado fue el índice de arcilla (IA), como expresa la ecuación 4,

$$IA = \frac{B_5}{B_7} \quad (4)$$

Donde B_5 y B_7 corresponden a las quinta ($1,55 - 1,75 \mu m$) y séptima ($2,08 - 2,35 \mu m$) banda del sensor thematic mapper. Los valores resultantes indican que suelos con mayor contenido de arcilla corresponden a valores digitales más altos, sin embargo, tal hecho es inverso al porcentaje de suelo descubierto al interior de la celda, por ello se aplicó a dicho resultado la "inversión del brillo" entregando valores con una tendencia concordante con el porcentaje de suelo descubierto. De esta manera, los índices espectrales quedan en una relación directa con el porcentaje de suelo desnudo y deterioro que presentan en la actualidad.

Se agruparon los índices en los canales 1, 2 y 3 correspondientes a SAVI invertido – IB – IR respectivamente. Posteriormente, se visualizó la composición RGB 2, 1, 3 (figura 37), visualizándose las unidades erosionadas en distintas intensidades de color amarillo, correspondiendo a los colores amarillos más intensos los suelos con erosión severa y muy severa. Los colores cian, verdes, azules corresponden a suelos sin erosión o erosión no aparente, situación que se relaciona con suelos planos a ligeramente ondulados con coberturas de vegetación sobre el 50%.

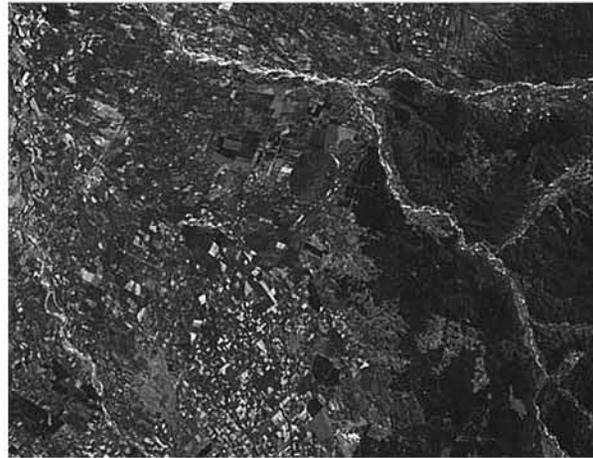


Figura 32. Índice de brillo, VII Región. Tonos claros corresponden a suelos desnudos y zonas de mayor erosión actual.

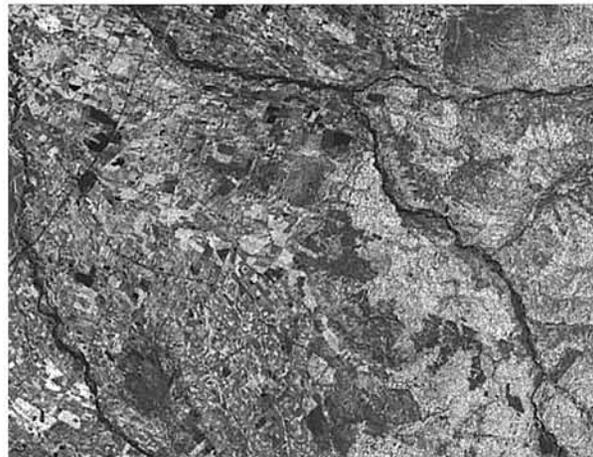


Figura 33. Índice de arcilla, VII Región del Maule. Tonos claros representan mayor cobertura vegetal.



Figura 34. Índice SAVI, VII Región del Maule. Tonos claros representan mayor cobertura vegetal.



Figura 35. Índice SAVI invertido, VII Región del Maule. Tonos claros representan menor cobertura vegetal.

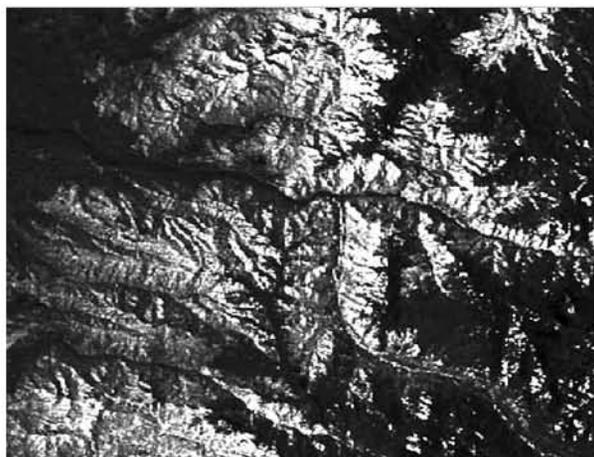


Figura 36. Índice de rojo, VII Región del Maule. Tonos claros representan mayor cobertura vegetal.

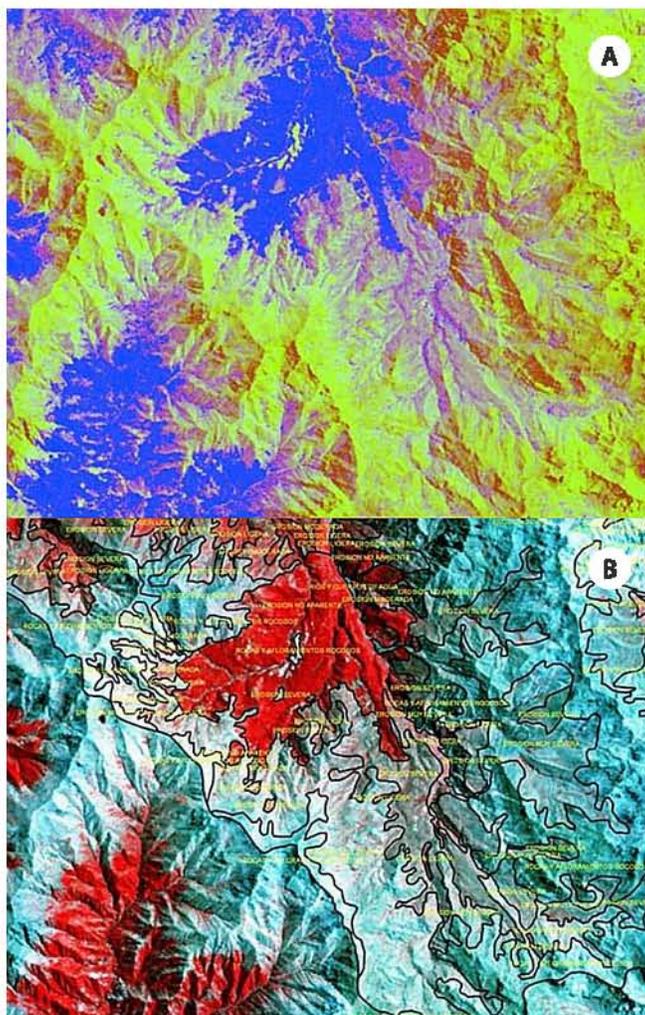


Figura 37. a. Índice de erosión, composición falso color 2,1,3 para análisis visual de erosión actual. **b.** Imagen Landsat 5 TM, composición 4,3,2, correspondiente a la zona andina de la VI Región de O'Higgins.

Una vez elaborada la cobertura de erosión actual se realizó un proceso iterativo de revisión – corrección. La revisión incluyó la normalización de la base de datos de tal forma que las clases de erosión fuesen homogéneas, coherentes (correctamente atribuidas por clase) y adecuadas a la escala de trabajo. Posteriormente, los resultados obtenidos fueron cuantificados y detallados a nivel regional, provincial y comunal (figura 30). La cartografía de erosión actual se entregó en el Datum Provisional Sudamericano de 1956 (PSAD56). El límite político administrativo para esta cobertura de información es producto del trazado de los límites sobre la imagen Landsat 5 TM y atribuido conforme a lo estipulado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo a diciembre del año 2009.

Cabe mencionar que la línea de costa del límites político administrativo válido por la SUBDERE no se ajusta (1:50.000) con la línea de costa de las imágenes Landsat 5 utilizadas. Y basado en la representatividad real de las unidades cartografiadas, se utilizó un criterio de superficie mínima cartografiada de 5 hectáreas.

Finalmente, los mapas resultados e erosión actual se muestran en el anexo 3.

6.1.5 Verificación de los resultados

La validación in-situ correspondió a la verificación en terreno, por parte de los profesionales locales competentes, de la cartografía obtenida por el equipo técnico de CIREN.

Para ello, se entregó a las instituciones competentes, a saber, Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Corporación Nacional Forestal (CONAF) e Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), un número de cartas de erosión actual por región. Se confeccionaron fichas de validación, cuyo fin fue la descripción en terreno, de variables que permiten evaluar la clase de erosión asignada (figura 38). Se realizó previamente una capacitación en terreno para homogenizar criterios utilizados en la elaboración cartográfica.

OBSERVADOR	Nombre del profesional(es) y de la Institución a la que pertenece(n)
FECHA OBSERVACION	Fecha en que se está realizando la observación
PUNTO N°	Número correlativo de la observación o punto de muestreo.
Área N°	Número identificador del Área de muestreo donde se encuentra el punto de observación (se encuentra en la parte inferior derecha de la viñeta o en el título)
Este	Corresponde a las coordenadas del punto de observación y altitud medido con GPS. Si el punto de observación está distante del lugar en donde se está observando (por ejemplo ladera de un cerro) se debe extrapolar considerando las coordenadas de la cartografía.
Norte	
Altitud	
Forma ladera	Se debe anotar la forma predominante, Cóncava o Convexa. Si no es posible separar poner mixta.
Posición en ladera	Posición del punto que se está observando en la ladera. Puede ser la parte Baja, Media, Alta o la ladera Completa . Si es plano se deja en blanco o una raya.
Exposición	Exposición de la ladera que se está observando (N, S, E, O, NE, NO, SE, SO). Si es plano se deja en blanco o una raya o una P.
Tipo erosión	Anotar el tipo de erosión que se observa predominante, Laminar, Surcos, Cárcavas (l, s, c). Puede marcarse más de una.
Superficie dañada (%)	Estimación visual del porcentaje de la superficie afectada por erosión laminar, canaliculos, surcos, cárcavas.
Pedregosidad (%)	Fragmentos sólidos (en superficie), mayores a 2 cm. De diámetro sin llegar a constituir roca dura continua. Porcentaje estimado visualmente del área con pedregosidad superficial.
Subsuelo (%)	Estimación visual del porcentaje de subsuelo a la vista.
Pendiente %	Estimación de la pendiente del terreno donde se hace la observación. Puede expresarse en rangos (0 a 3%, 8 a 10 %, 30 a 50 %, más de 50 %, etc.).
Cobertura vegetacional %	Estimación visual del porcentaje de cubrimiento del suelo por la vegetación.
Capacidad de Uso	Estimación de la capacidad de uso del suelo considerando su adaptabilidad relativa a los cultivos, además del grado de limitaciones o riesgo al usarlos. Se considera los factores naturales del suelo que inciden sobre la productividad. (TABLA 1)
Clase de erosión ESTUDIO	Corresponde a la clase de erosión de la unidad cartográfica del estudio que se va a validar.
Clase de erosión VERIFICACIÓN	Corresponde a la clase de erosión de la unidad cartográfica observada en terreno por el validador (observador).
Fotografía N°	N° de la fotografía tomada en terreno del punto de observación o unidad cartográfica de erosión (opcional).

SIMBOLOGÍA		
1 = Sin Erosión; 2 = Erosión ligera; 3= Erosión moderada; 4= erosión severa; 5= Erosión muy severa; 6 = Erosión no aparente	L= laminar; s=surcos; c=cárcavas	MARCAR CON UN CIRCULO
Observaciones		

Figura 38. Ficha de validación de terreno, para erosión actual.

En general, la aplicación de este tipo de validación a escala regional de los procesos erosivos requiere un gran número de puntos de campo, lo que implica un aumento considerable de los recursos administrativos, financieros y humanos de las instituciones competentes en la actividad de validación. Finalmente, se llevó a cabo un análisis de fiabilidad de la información cartografiada, estimando un porcentaje de acierto entre la categoría estimada y la observada en terreno.



6.2 Riesgo de erosión potencial y actual.

6.2.1 Ajuste y normalización de las bases de datos.

La información contenida en las bases de datos geográficas de cada cobertura usada como insumo en el modelo de erosión fue rasterizada (30 x 30 m) y proyectada en coordenadas UTM y datum WGS 84 huso 19S.

El límite político administrativo, se obtuvo a partir del complemento de dos coberturas, la primera correspondiente a la división política administrativa actualizada a diciembre de 2010, que recoge todos los tratados limítrofes suscritos por Chile y sus vecinos, con sus respectivas subdivisiones, conforme a lo publicado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo en diciembre del año 2009. La segunda corresponde al barrido satelital de ASTERGDEM publicado en Junio de 2009, por NASA. Dado que, ASTERGDEM corresponde a un archivo raster, el resultado es una cobertura de contornos dentados con segmentos ortogonales de extensión mínima de 30 metros, asociada a la resolución registrada por el sensor. El área de estudio es estimada en 67 millones de hectáreas efectivas, que es producto de la rasterización de los límites políticos administrativos en función de ASTERGDEM, correspondiendo al 89 % del territorio continental y al 34 % de la totalidad del territorio nacional.

Los datos recogidos por el Sensor ASTER, presentan errores de registro altimétrico en las islas, islotes y archipiélagos del sur de Chile. Asimismo, no existen estaciones pluviométricas, ni estudios de suelos detallados ni generalizados (1:250.000) y la información de vegetación es poco precisa. Por consiguiente, no es posible establecer una estimación fiable de riesgos de erosión, sin información de línea base. Por esta razón se excluyó del estudio esta superficie insular equivalente a 8,4 millones hectáreas (11%) de la superficie continental.

Basado en la representatividad real de las unidades cartografiadas, se utilizó un criterio de superficie mínima cartografiada de 5 hectáreas y 3 hectáreas en sectores condilleros de la zona central de Chile.

6.2.2 Modelo índice de riesgo de erosión potencial (IREPOT).

El término potencial usado como adjetivo de la erosión hace referencia según la Real Academia Española, a algo que puede suceder o existir, en contraposición de lo que existe. En el marco de este trabajo la erosión potencial se entiende como la capacidad del suelo a erosionarse por efectos hídricos considerando las variables intrínsecas del suelo, topográficas, y climáticas. Es decir, la erosión potencial se refiere a la máxima tasa de erosión que puede darse. Considera que las pérdidas de erosión son las que tendrían en lugar de no existir vegetación alguna. Así, el mapa de erosión potencial da idea de cuál es la pérdida máxima que puede llegar a darse cuando desaparece la vegetación.

Al considerar la vegetación actual (según imágenes satelitales 2001-2008), el modelo genera un índice del riesgo de erosión actual, mientras que si se omite la vegetación se estima la erosión potencial. Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad del riesgo de erosión usando distintos escenarios de cobertura vegetal.

El conocimiento de la erosión potencial del territorio, resulta ser un instrumento de gestión complementario al conocimiento de la erosión actual, que permita orientar los planes de manejo en las zonas sujetas al DL 701, al subsidio de suelos degradados y a los planes de manejo de los territorios incluidos en el SNASPE. El conocimiento de la erosión actual y del riesgo de erosión actual son importantes en aquellos sitios cuya cobertura vegetal no permitió su clasificación vía imágenes satelitales (erosión no aparente).

Descripción del Modelo IREPOT.

El modelo aplicado se basa en un análisis integrado de las características intrínsecas del suelo, topográficas, climáticas y biológicas (riesgo de erosión actual). Las variables básicas que componen el modelo, corresponden a los factores significativos que se encuentran involucrados en los procesos erosivos como las propiedades del suelo, pendiente, altitud de ladera, exposición, densidad de drenaje

natural por ladera, uso actual y cobertura vegetal, precipitación (cantidad, intensidad y duración), todas ellas especializadas en forma continua mediante tecnología SIG (figura 39).

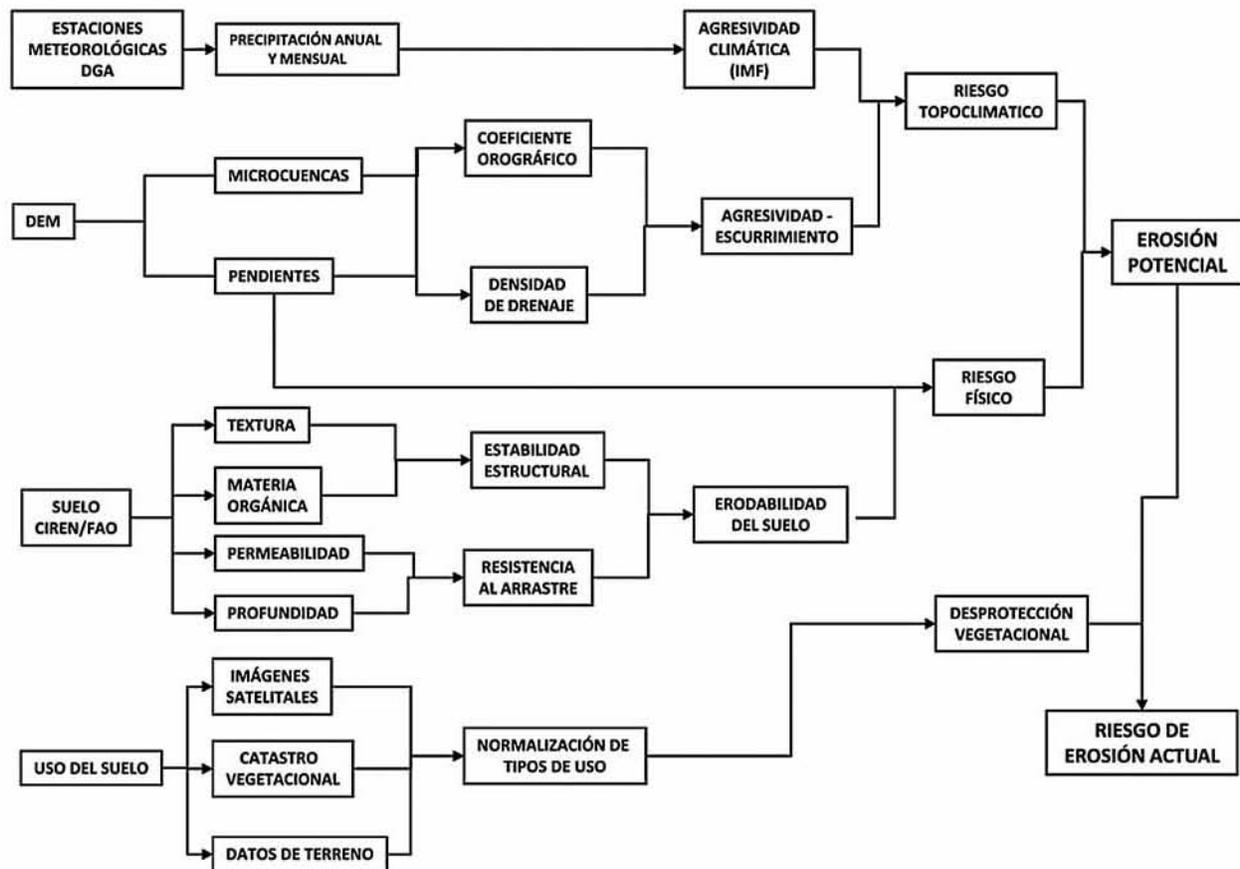


Figura 39. Diagrama metodológico del modelo de riesgo de erosión potencial y actual (IREPOT).

El modelo IREPOT es el resultado de la combinación de cuatro grupos de variables básicas: topográficas-hidrológicas, agresividad de la lluvia, suelo y vegetación. A partir de estas variables se generaron distintos índices, que tratados con criterios mecanicistas y empíricos, utilizando herramientas de combinación espacial, permiten definir los índices resultantes.

El modelo, dependiendo de la zona, toma información a nivel de serie, asociación (estudios agrológicos CIREN) o grupos de referencia de suelo (FAO- SOTERLAC) en relación a la clase textural, profundidad y materia orgánica. Previo a la selección de las bases de datos de suelos de FAO, se estudió en detalle la alternativa de uso directo de la cobertura de erodabilidad determinada por Schlatter y Neira (2002), la asignación de clases de erodabilidad a partir de los grandes grupos suelos de Chile de Luzio y Alcayaga (1990), así como el uso del mapa de geomorfología de Chile (CIREN, 1994).

Las variables topográficas altitud y pendiente media de las microcuencas definieron el coeficiente orográfico, el cual al combinarse con el coeficiente de drenajes de las microcuencas determinan el riesgo de agresividad escurrimiento. Este índice, combinado con el índice de agresividad climática (Índice de Fournier Modificado, IFM) definió el Índice de riesgo topoclimático.

Las variables de suelo clase textural, materia orgánica, permeabilidad y profundidad, definen la erodabilidad intrínseca del suelo.



La erodabilidad del suelo se define como a capacidad natural del suelo a ser erosionado y en el modelo resultó de la combinación entre la estabilidad estructural (clase textural con materia orgánica) y la resistencia al arrastre superficial. Esta última variable resulta de la combinación de permeabilidad y profundidad del suelo, la cuales afectan la velocidad de infiltración, capacidad de almacenaje de agua y por consiguiente la escorrentía superficial.

La erodabilidad del suelo al combinarse con el porcentaje de pendiente modifican la potencialidad del suelo a sufrir erosión, así un suelo inclinado es más susceptible a erosión respecto a un suelo plano de igual erodabilidad. Esta combinación entre erodabilidad y porcentaje de pendiente se definió como Riesgo Físico.

El Índice de Riesgo Físico combinado con el Riesgo Topoclimático determina lo que en el modelo se definió como el Riesgo de Erosión Potencial. El riesgo de erosión potencial refleja la capacidad que tiene el suelo, el clima y la topografía del sitio de ser erosionado, refleja la fragilidad del suelo independiente a la vegetación y a las prácticas de manejo.

El Riesgo de Erosión Potencial al combinarlo con el índice de desprotección actual del suelo (derivado de la cobertura vegetal a partir de imágenes satelitales y uso de la tierra) definen el Riesgo de Erosión Actual. Este índice se puede utilizar como un estimador de la erosión actual del suelo en aquellas clases clasificadas como "erosión no aparente" en el estudio de erosión actual. Refleja la potencialidad que tiene el suelo a ser erosionado si se mantienen las condiciones actuales de vegetación. Dado que a la escala de presentación de los resultados es difícil observar las prácticas de manejo específicas de un suelo, este factor relevante a escala predial, no se incluyó directamente en el modelo de determinación de erosión potencial y de riesgo de erosión actual.

Las variables básicas, así como los índices generados a partir de su combinación fueron discretizados y clasificados en función de su efecto sobre la erosión potencial en rangos, como se muestra en el cuadro 22.

Cuadro 22. Categorías de riesgo de erosión utilizadas en el modelo IREPOT.

CATEGORÍA DE RIESGO	CLASE DE RIESGO
Bajo	1
Medio	2
Alto	3
Muy Alto	4

Descripción de las componentes del modelo IREPOT

A continuación, se describe el procedimiento para la determinación de cada uno de los índices intermedios necesarios para estimar el índice de erosión potencial. Se describe los siguientes índices de resultados intermedios:

- Índice de agresividad - escurrimiento.
- Índice de erodabilidad del suelo.
- Índice de desprotección vegetal
- Índice de agresividad climática.

Posteriormente, se describen los siguientes índices:

- Índice de riesgo topoclimático.
- Índice de riesgo físico
- Índice de riesgo erosión potencial.
- Índice de riesgo de erosión actual.

a. Índice de agresividad – escurrimiento.

Modelo Digital de Elevación (DEM)

Se utilizó el modelo de elevación digital obtenido del Modelo Digital de Elevación Global, generado por el sensor Aster de Japón, llamado oficialmente ASTER global digital elevation model V001 (ASTGTM), disponible en formato raster y cuya resolución es de 30m x 30m por pixel. Se distribuye en cuadrángulos de 1° X 1° (111,11Km x 111,11Km aprox.), en formato GeoTiff o Tiff Georreferenciado, en coordenadas geográficas Lat/Long, con Datum WGS 84 HUSO 19 PROMEDIO.

Cabe destacar, que en algunas zonas cubiertas con abundante nubosidad se utilizó un proceso enmascarador automático de nubosidad. Posteriormente, los datos anómalos remanentes de tal proceso fueron reemplazados por información proveniente de otros DEM de menor resolución espacial. El DEM correspondiente a la superficie ocupada por Chile fue ajustado a los límites de Chile. Otro tipo de anomalía producido por la utilización del ASTER GDEM fueron las imperfecciones ocurridas en islas ubicadas a partir del Archipiélago de los Chonos hacia el sur, consistentes en la generación de topografía "falsa" que daba cuenta de territorio continental donde no lo había, específicamente en zonas de fiordos. Ante dicha limitante se optó por extraer del modelo dichas zonas y no aplicarlo para efectos de la construcción de la Cartografía de Cuencas, cobertura necesaria para determinar las clases de erosión potencial. Además, se consideró suprimir dichas áreas debido a la inexistencia de estaciones pluviométricas en la zona con imperfecciones, el tipo uso del suelo en dichas zonas, consistente básicamente en roqueríos con depositaciones de nieve y hay una muy baja densidad poblacional y escaso o nulo uso silvoagropecuario del suelo.

Cartografía de cuencas

Se define que la unidad de análisis del estudio de la erosión es la microcuenca. Éstas se obtienen a partir del modelo de elevación digital (DEM). La información fue procesada con el software TNTmips (figura 40).

Para contener grandes unidades territoriales que aseguraran la integridad del flujo de grandes cuencas hidrográficas, la cobertura DEM se dividió en ocho secciones y en cada sección se definieron distintos parámetros de entrada para la aplicación del algoritmo de determinación y salida de la cobertura de cuencas (figura 41). Se consideraron como parámetros adecuados aquellos que permitieron visualizar cartográficamente las microcuencas de relieves escarpados a una escala 1: 50.000 (unidades de aprox. 15 a 20 ha). Los parámetros de modelación de microcuencas y drenaje del software TNTmips correspondieron a: *ensenada* 128, *salida* 1.024 y *cuenca* 3.072. Para representar de mejor manera el drenaje de Chile se utilizó distintos niveles de densificación de drenes (parámetro *Rama*), ajustándose a la escala de trabajo del estudio; XV, I, II y III (1.024); IV (512); V, RM, VI, VII, VIII, IX, XIV y X (256); XI y XII (1.204). La variación en el parámetro *Rama* para la obtención de microcuencas a partir del DEM se llevó a cabo en consideración con la unidad geográfica procesada y a la densidad vectorial esperada para cada sección analizada. Para las zonas bajas, planas y fondo de valles se digitalizó una máscara con las zonas de planiformes del país y se generó una nueva cobertura de cuencas utilizando los siguientes parámetros: *ensenada* (6.144), *salida* (2.056), *rama* (6.144) y *cuenca* (49.152).

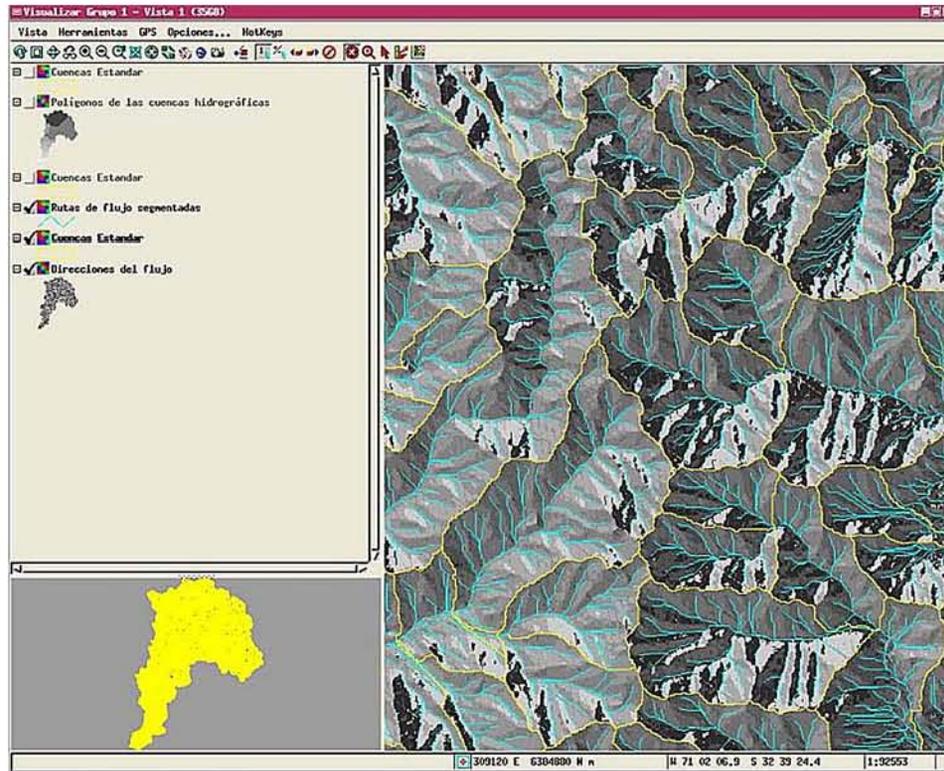


Figura 40. Cartografía de microcuencas generadas en el programa TNTmips, caso V Región de Valparaíso.

La edición de las microcuencas consistió en la siguiente secuencia de procesos una vez obtenidas de la modelación:

- Conversión a formato shape (*.shp)
- Corrección de errores mediante generación de parches en las áreas faltantes, los que fueron editados para evitar el traslape de polígonos.
- Autocompletación para algunos sectores de la costa y la cordillera. Generación de nuevas cuencas en las zonas planiformes.
- Generación del mosaico nacional con todas las secciones procesadas y edición de bordes.
- Ajuste de la cobertura con límites administrativos.

Densidad de drenaje

La densidad de drenaje se definió como el cociente entre el largo (m) de los drenes de una microcuencia y la superficie (m²) de la misma. Este índice da cuenta del riesgo correspondiente a la incisión natural que la ladera contiene, producida por la acción de la precipitación en el substrato, a través del tiempo, de tal forma que, en suelos con rocas blandas, le corresponde un potencial mayor de escorrentía superficial, una mayor densidad de drenes naturales, por consiguiente, tiene un mayor potencial de riesgo erosivo. A mayor densidad de drenaje natural por ladera mayor es la capacidad de transporte hídrico y por consiguiente mayor potencial erosivo.

Se obtiene para cada microcuencia modelada la información de la densidad de drenaje. Se asignaron los siguientes rangos de riesgos de erosión para la cobertura de densidad de drenaje (cuadro 23 y figura 41).

Cuadro 23. Clasificación de rangos de riesgo de erosión por densidad de drenaje.

RANGOS DE DENSIDAD (KM KM ⁻²)	CLASE DE RIESGO	DENSIDAD DE DRENAJE
> 2,5	4	Muy Alta
1,5 – 2,49	3	Alta
0,5 – 1,49	2	Moderada
< 0,49	1	Baja

Fuente: Ruiz, 2004.

Finalmente, se eliminaron las microcuencas de superficie menor a 1 ha y se disolvieron a las unidades vecinas de mayor superficie.

Cartografía de pendientes

Se elaboró la cartografía de pendiente y exposición, la cual se deriva del Modelo de Elevación Digital del Terreno. La unidad de medida para las pendientes fue el grado (°). La cartografía se obtuvo a través de la aplicación 3D Analyst del software ArcGis, la cual calcula la tasa máxima de cambio de elevación entre cada celda y sus ocho celdas vecinas. Cada celda del archivo raster de salida tiene un valor de pendiente. La fórmula de conversión para pasar de unidades grados a porcentaje de pendiente (*m*) utilizada es la siguiente:

$$m = \tan(\alpha) * 100$$

Donde *α* es el ángulo de la pendiente expresado en grados.

Posteriormente los valores de pendiente en unidades de porcentaje fueron clasificados en función del riesgo de erosión, incorporando la información descrita en el decreto de Ley 701 (cuadro 24 y figura 41).

Cuadro 24. Clasificación de rangos de riesgos de erosión por pendientes.

PENDIENTE (%)	CLASE DE RIESGO
0-8	1
8 – 15	2
15- 30	3
30 – 45	4
>45	5



Coeficiente Orográfico

El coeficiente orográfico indica que a mayor valor terreno más accidentado. Se determinó a partir de la cartografía de pendiente y microcuencas. Su expresión matemática queda como la ecuación 5 y 6;

Que es equivalente a

$$CO = \frac{(A_{prom} - A_{min})^2}{S} = \frac{H_m^2}{S} \quad (5)$$

O bien,

$$CO = \tan(\alpha)H_m \quad (6)$$

Donde, A_{prom} es el promedio de la altitud de la microcuenca; A_{min} la altitud mínima de la microcuenca; H_m es la altura media de la microcuenca; $\tan(\alpha)$ el coeficiente de pasividad ($H_m S^{-1}$) y S la superficie de la microcuenca.

El valor del CO se clasificó en cuatro rangos de riesgo de erosión considerando al valor de 6 como el nivel de corte sobre el cual el coeficiente orográfico indica presencia de relieve accidentado (Guerra y López, 1985). La segmentación interna se realizó mediante la función de quiebres naturales de dos rangos. Así, los CO menor a 6 fue reclasificado en dos niveles (mayor y menor a 2,45) asignándoles valores de riesgo 1 y 2, mientras que los CO mayor a 6, se reclasificó a su vez en dos niveles (mayor y menor a 111,07), asignándoles valores de riesgo 3 y 4 (cuadro 25 y figura 41).

Cuadro 25. Clasificación de rangos de riesgo de erosión por coeficiente orográfico.

RANGOS DE COEFICIENTE (ADIMENSIONAL)	CLASE DE RIESGO	CO
0,00 – 2,45	1	Escasamente accidentado
2,45 – 5,99	2	Levemente accidentado
6,00 – 111,07	3	Accidentado
> 111,08	4	Muy accidentado

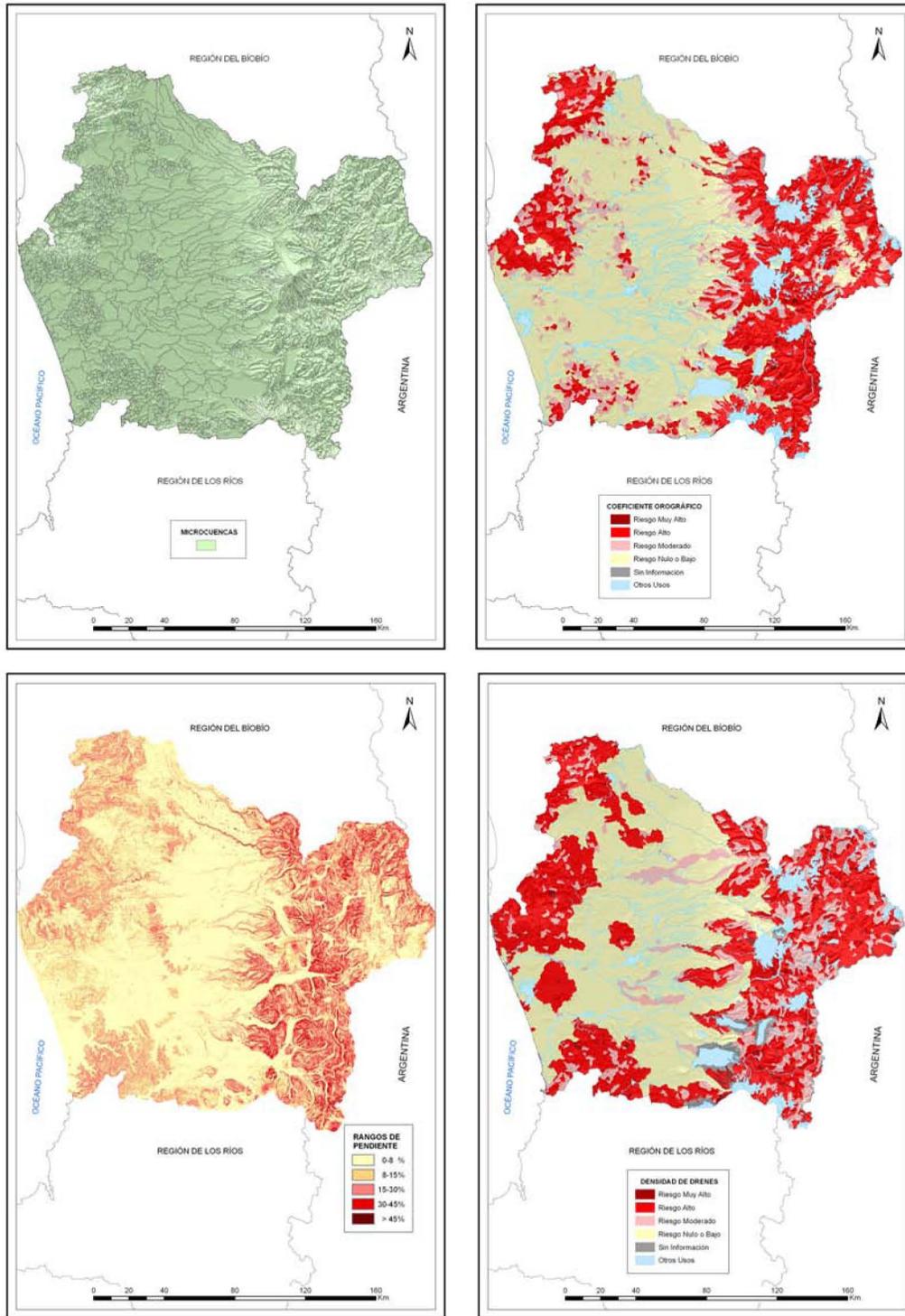


Figura 41. Microcuencas; Índice de riesgo por coeficiente orográfico; Índice de riesgo por pendiente; Índice de riesgo por densidad de drenes, para la IX Región de La Araucanía.



El resultado del *Índice de agresividad - escurrimiento* fue calculado para cada cuenca mediante el cruce del Índice de drenaje y el coeficiente orográfico (figura 42). El Índice de agresividad escurrimiento, se clasifica en cuatro rangos de riesgo obtenido de acuerdo al siguiente modelo de cruce tabular:

COEFICIENTE OROGRÁFICO	DENSIDAD DE DRENAJE		
	1	2	3
1	1	1	2
2	1	2	2
3	2	3	3
4	3	3	4

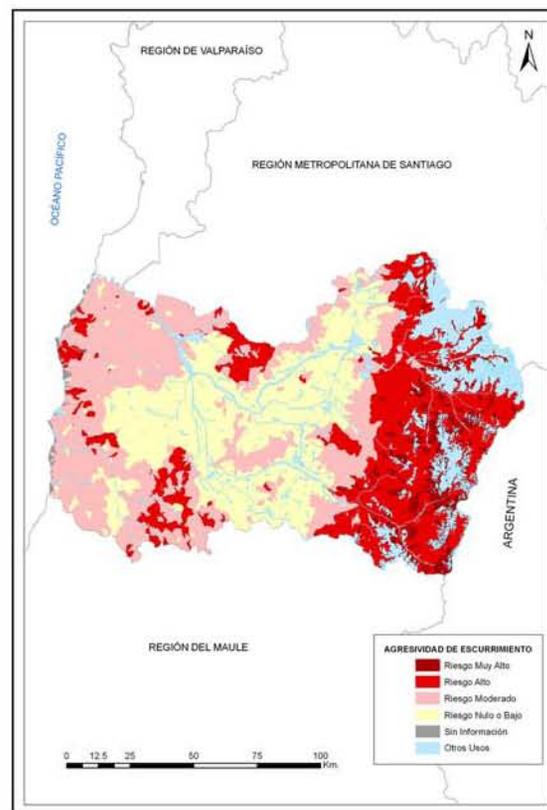
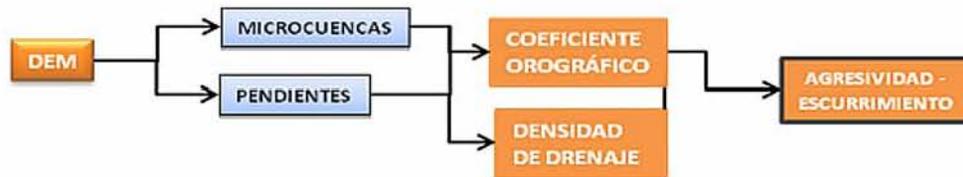


Figura 42. Índice de agresividad escurrimiento para la VI Región de O'Higgins.

b. Índice de erodabilidad del suelo.

El Índice de erodabilidad del suelo se obtuvo considerando las siguientes fases del proceso de erosión de suelo, como el desprendimiento de partículas por impacto de la gota de agua (estabilidad estructural) y el transporte (resistencia al arrastre por escorrentía). A partir de este análisis y considerando la información disponible, se seleccionaron las propiedades y características de suelo más influyentes en las etapas señaladas y que dan cuenta de la resistencia del suelo al proceso de erosión (Wischmeier y Smith, 1978).

Las fuentes de información utilizadas para la caracterización de la erodabilidad del suelo del territorio nacional, fueron los Estudios Agrológicos de Suelo realizados por CIREN para las regiones IV a XI (escala 1: 20.000 a 1:100.000) y a la Base de Datos de Parámetros de Suelo para Latino América y el Caribe (SOTERLAC), escala 1:5.000.000 proporcionada por FAO. Esta última base de datos se utilizó en aquellas zonas del territorio que no tienen estudios de suelo asociados a una base de datos geoespacial. Se consideraron las siguientes propiedades del suelo: clase textural, materia orgánica, permeabilidad y profundidad del perfil del suelo.

Para la primera fase del proceso de erosión, se consideró que la clase textural, en particular el contenido relativo de arcilla, y el contenido de materia orgánica del suelo. Estos dos elementos son los principales responsables de la estabilidad estructural del suelo, que favorecen la cohesión entre las partículas y por consiguiente, aumentan la resistencia del suelo a su desprendimiento. Bajo este criterio se agruparon las 12 clases texturales, de acuerdo a contenidos de arcilla decrecientes, en 4 clases de riesgos de erosión, como se muestra en el cuadro 26.

Cuadro 26. Clasificación de riesgo de erosión por clases texturales según contenido decreciente de arcilla.

CLASE TEXTURAL	CLASE DE RIESGO
Arcilloso, Arcillo limoso, Arcillo arenoso.	1
Franco arcillo limoso, Franco arcilloso, Franco arcillo arenoso.	2
Limoso, Franco limoso, Franco, Franco arenosa muy fina, franco arenosa fina, franco arenosa.	3
Areno francoso, Arenoso	4

Fuente: Estudio agrológico, CIREN.

En el caso de la información proveniente de la base de datos SOTERLAC (FAO), la clase textural se generó a partir de las proporciones de los separados texturales, porcentajes de arena, limo y arcilla, utilizando el triángulo textural diseñado por el USDA (figura 43).

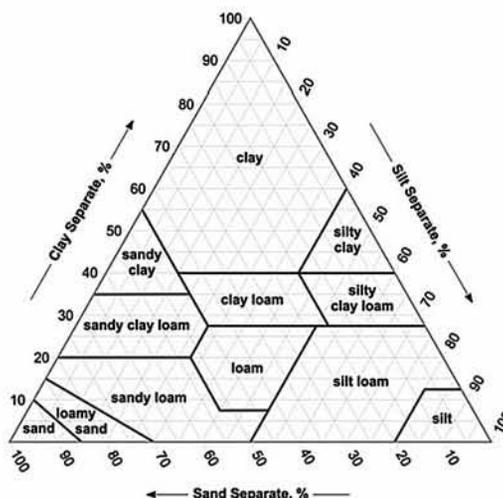


Figura 43. Triángulo textural y clases texturales (United States Department of Agriculture, USDA)



Asimismo, los niveles de materia orgánica fueron agrupados en cuatro clases relativas al riesgo de erosión (cuadro 27), en base a la clasificación del contenido de materia orgánica de Rodríguez (1992).

Cuadro 27. Clasificación de riesgo de erosión por contenido de materia orgánica del suelo.

DESCRIPCIÓN	RANGO M. ORGÁNICA (%)	CLASES DE RIESGO
Muy Alto	> 8.0	1
Alto	8.0 – 3.1	2
Medio	3.0 – 2.0	3
Bajo	< 2.0	4

Índice textura- materia orgánica (estabilidad estructural). A partir de la combinación matricial de las variables clasificadas anteriormente, se obtuvo este índice, que da cuenta de la estabilidad estructural del suelo clasificada en cuatro categorías o clases de susceptibilidad al desprendimiento de partículas, donde 1 es Baja, 2 Media, 3 Alta y 4 Muy Alta.

CLASE TEXTURAL	MATERIA ORGÁNICA			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	3
3	2	3	3	4
4	2	3	4	4

Índice permeabilidad-profundidad (resistencia al arrastre). Para la segunda fase del proceso de erosión, se consideró la permeabilidad y la profundidad del suelo. La permeabilidad, se definió como la capacidad del suelo para permitir el movimiento de un fluido dentro del mismo, reflejando el comportamiento hidráulico del suelo.

De esta manera, los valores de permeabilidad provenientes del estudio agrológico, clasificados como se señala en el cuadro 28, fueron agrupados de acuerdo a la mayor o menor susceptibilidad al escurrimiento superficial en cuatro clases de riesgo de erosión, a fin de simplificar el análisis matricial (cuadro 29).

Cuadro 28. Clases de permeabilidad según estudios agrológicos de CIREN.

PERMEABILIDAD	CLASE
Muy rápida	1
Rápida	2
Moderadamente rápida	3
Moderada	4
Moderadamente lenta	5
Lenta	6
Muy lenta	7

Cuadro 29. Clasificación de riesgo de erosión, según permeabilidad y susceptibilidad al escurrimiento superficial.

PERMEABILIDAD	CLASE DE RIESGO
Muy rápida a moderadamente rápida	1
Moderada	2
Moderadamente lenta	3
Lenta a muy lenta	4

En el caso de la información proveniente de la base de datos SOTERLAC, la permeabilidad fue estimada a partir de tablas empíricas derivadas de la aplicación directa de la Ley de Darcy. La estimación se basó en los valores propuestos por el National Soil Handbook N° 430 (USDA 1983), los cuales fueron asociados a las clases texturales de los horizontes superficiales en cada tipo de suelo y posteriormente agrupados en clases, de acuerdo a lo señalado en el cuadro 30.

Cuadro 30. Permeabilidad del suelo asociado a diferentes clases texturales.
(Adaptado del National Soil Handbook N° 430 USDA, 1983).

CLASE TEXTURAL	CLASES DE PERMEABILIDAD	CLASE DE RIESGO
Arcillo limoso, Arcilloso	Muy lenta	6
Franco arcillo limoso, Arcillo arenoso	Lenta	5
Franco arcillo arenoso, Franco arcilloso	Moderadamente lenta	4
Franco, Franco limoso	Moderada	3
Franco arenoso, Arena francoso	Moderadamente rápida	2
Arenoso	Rápida	1

La profundidad interviene en el proceso erosivo por cuanto entrega una aproximación a la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, luego suelos más delgados se saturan más rápido que suelos profundos. En suelos saturados el agua se mueve internamente a una velocidad muy similar a la conductividad hidráulica saturada. Sin embargo, a saturación la diferencia de potenciales entre dos puntos adyacentes en profundidad se hace cercana a cero. Siguiendo el modelo de flujo estacionario de Darcy, se tiene que a saturación el movimiento resultante es nulo o cercano a cero, en especial en aquellos en que el subsuelo es impermeable o presenta discontinuidades texturales importantes (caso ñadis).

Lo anterior se condice con la conocida relación positiva entre escorrentía y erosión. Si la velocidad de infiltración de agua en el suelo es menor que la intensidad de precipitación, llega un momento en que toda el agua escurre. En consecuencia un suelo con alta permeabilidad y/o profundo ofrece mayor resistencia al escurrimiento que uno lentamente permeable y/o delgado, debido a que el primero, permitiría el libre desplazamiento del agua dentro del perfil, junto con proporcionar un mayor volumen de almacenamiento de agua antes de alcanzar el estado de saturación, retardando o disminuyendo el escurrimiento superficial.

Para la clasificación de la profundidad de suelo de la base de datos correspondiente a los Estudios Agrológicos de CIREN, se conservaron los mismos términos descriptivos asociados a los cinco rangos de profundidad (cuadro 31). En el caso de la información proveniente de la base de datos de suelo SOTERLAC, en donde la información de profundidad de suelo corresponde a intervalos de 0,2m hasta 1m, las profundidades fueron ajustadas a los rangos de profundidad definidos en los Estudios Agrológicos de CIREN (Cuadro 32).

Cuadro 31. Clasificación de la profundidad de suelo, según estudio agrológico (CIREN).

PROFUNDIDAD	RANGO (CM)
Profundo	100-150
Moderadamente profundo	75-100
Ligeramente profundo	50-75
Delgado	25-50
Muy delgado	0-25

NOTA: La clase Ligeramente a moderadamente profundo (50 a 100cm), se relaciona a suelos de uso forestal y pastizales. Esta clase fue considerada dentro del rango moderadamente profundo (75 a 100cm).

Cuadro 32. Clasificación de la profundidad del suelo para la base de datos de suelos FAO-SOTERLAC.

PROFUNDIDAD	RANGO (CM)
Profundo	80-100
Moderadamente profundo	60-80
Ligeramente profundo	40-60
Delgado	20-40
Muy delgado	0-20



Los rangos de profundidad originales, de ambos estudios, fueron agrupados en 4 clases de riesgo de erosión (cuadros 33 y 34).

Cuadro 33. Clasificación de riesgo de erosión por profundidad de suelo, según estudio agrológico.

PROFUNDIDAD	RANGO (CM)	CLASE DE RIESGO
Profundo	100-150	1
Moderadamente profundo	75-100	2
Ligeramente profundo	50-75	3
Delgado y muy delgado	0-50	4

Cuadro 34. Clasificación de riesgo de erosión por profundidad de suelo, según base de datos SOTERLAC.

PROFUNDIDAD	RANGO (CM)	CLASE DE RIESGO
Profundo	80-100	1
Moderadamente profundo	60-80	2
Ligeramente profundo	40-60	3
Delgado y muy delgado	0-40	4

El índice de resistencia al arrastre da cuenta de la susceptibilidad del suelo al arrastre superficial por escorrentía a partir de la interacción entre su permeabilidad y profundidad. El índice se obtuvo según el siguiente cruce tabular,

PROFUNDIDAD	PERMEABILIDAD			
	1	2	3	4
1	1	2	2	3
2	1	2	3	3
3	2	2	3	4
4	3	3	4	4

Finalmente el *índice erodabilidad del suelo*, da cuenta de la susceptibilidad intrínseca del suelo a la erosión hídrica, y se obtuvo de la combinación entre la estabilidad estructural y la resistencia al arrastre (figura 44). Este índice se obtuvo según el siguiente cruce tabular,

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL	RESISTENCIA AL ARRASTRE			
	1	2	3	4
1	1	2	3	3
2	2	2	3	3
3	3	3	3	4
4	3	4	4	4

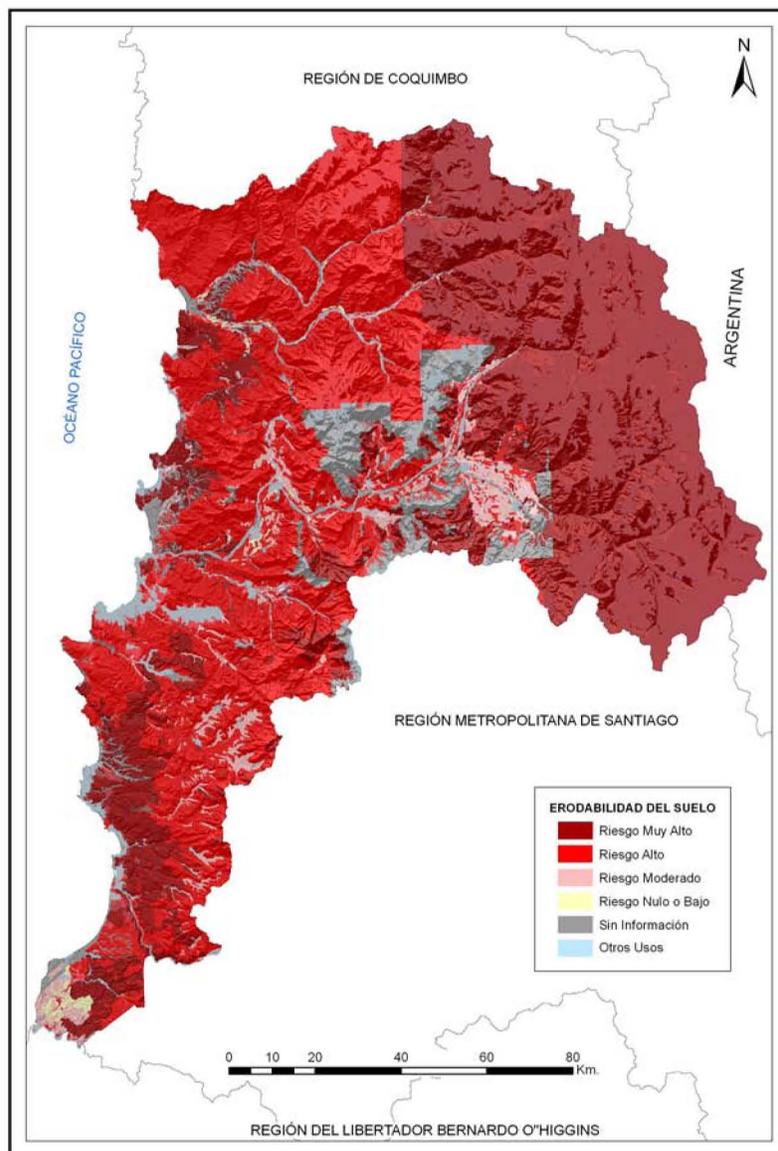
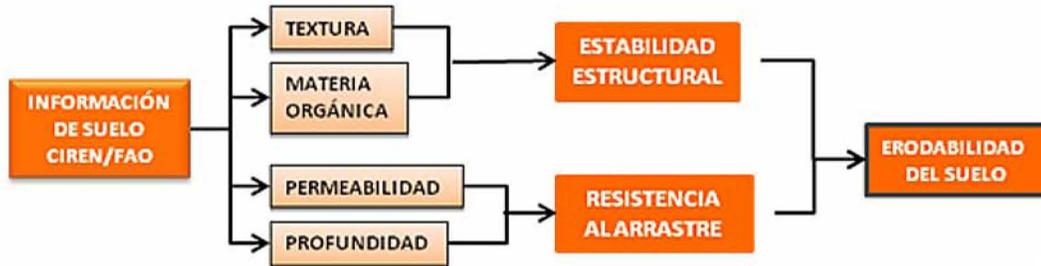


Figura 44. Índice de erodabilidad de suelo para la V Región de Valparaíso.



c. Índice de desprotección vegetal

La obtención de este índice se realizó a partir del ajuste y la actualización del Catastro de vegetación nativa de CONAF, mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales Landsat 5 TM con resolución de pixel de 30 metros, correspondientes a meses de verano de los años 2001, 2004, 2006, 2007 y 2008 (figura 45). Se procedió a una segmentación de clases y posterior clasificación supervisada con datos de terreno a escala 1:50.000. Este índice se obtuvo asignando un valor de desprotección del suelo a las distintas clases vegetacionales del paisaje y mediante el método Delphi, se le asignó un indicador de protección de 1 a 4, siendo 1 la clase de mayor protección y 4 la de menor protección. El código cero representa un uso del suelo en que no aplica una clase de desprotección, tales como, salares, ríos y cuerpos de agua, entre otros (cuadro 35). Se asignaron los atributos a las formaciones vegetales de manera de obtener un mapa temático con cuatro categorías de desprotección asociados a riesgos de erosión.

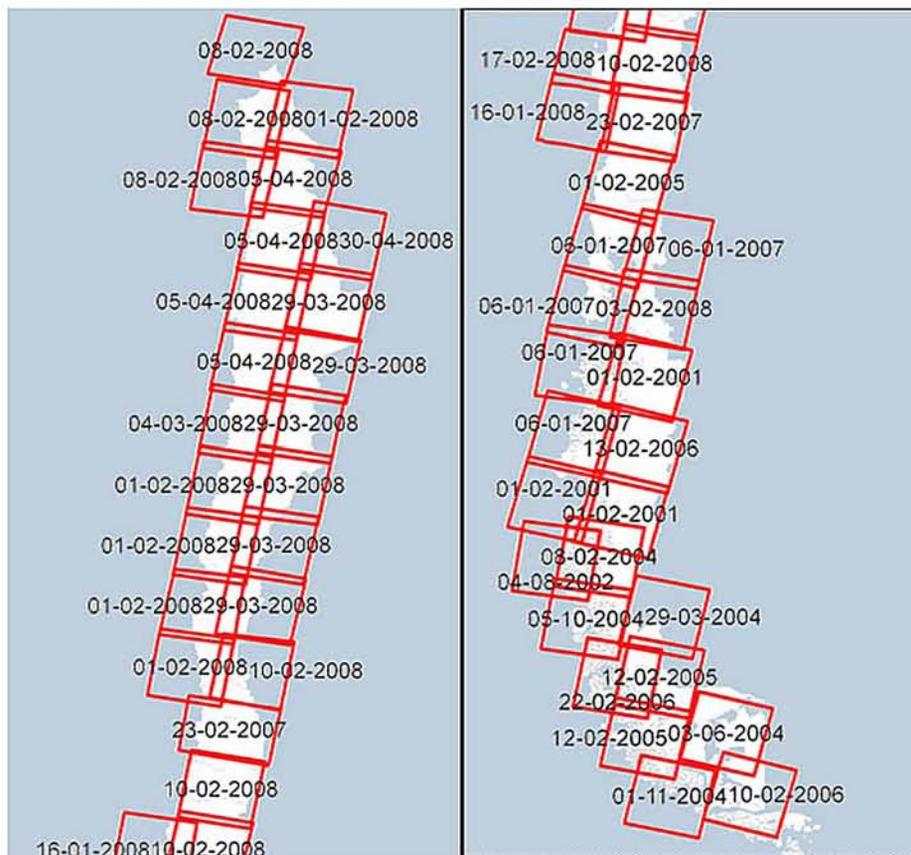


Figura 45. Distribución y fecha de la cobertura de imágenes satelitales (path row).

Las clases de cobertura vegetal y uso del suelo y el correspondiente índice de desprotección, corresponden a la descubierta que otorgan al suelo y a la protección respecto de la precipitación, así como la facilidad que entregan al desplazamiento del escurrimiento superficial.

Los criterios considerados en la generación del índice de desprotección fueron la cobertura vegetal (%), el uso de la tierra, la estructura vertical y horizontal de las formaciones vegetacionales, la composición de especies de la formación y la edad modal de las especies. Estos factores se relacionan con la protección contra el efecto de la gota de lluvia sobre el suelo, la infiltración y la facilidad u obstrucción que entregan al desplazamiento del escurrimiento superficial.

Cuadro 35. Clasificación de riesgo de erosión según tipología de uso del suelo.

CATEGORÍA	CLASE DE RIESGO	CATEGORÍA	CLASE DE RIESGO
Áreas sobre límite vegetacional	0	Matorral abierto	3
Bosque nativo-exóticas asilvestrado muy abierto	3	Matorral arborescente abierto	3
Bofedales	1	Matorral arborescente denso	1
Bosque exóticas asilvestradas abierto	2	Matorral arborescente muy abierto	3
Bosque exóticas asilvestradas denso	2	Matorral arborescente semidenso	2
Bosque exóticas asilvestradas semidenso	2	Matorral con suculentas abierto	3
Bosque nativo achaparrado abierto	3	Matorral con suculentas denso	2
Bosque nativo achaparrado denso	1	Matorral con suculentas muy abierto	4
Bosque nativo achaparrado muy abierto	3	Matorral con suculentas semidenso	3
Bosque nativo achaparrado semidenso	2	Matorral denso	2
Bosque nativo adulto abierto	2	Matorral muy abierto	4
Bosque nativo adulto denso	1	Matorral pradera abierto	3
Bosque nativo adulto muy abierto	3	Matorral pradera denso	2
Bosque nativo adulto renoval abierto	3	Matorral pradera muy abierto	4
Bosque nativo adulto renoval denso	1	Matorral pradera semidenso	2
Bosque nativo adulto renoval muy abierto	3	Matorral semidenso	2
Bosque nativo adulto renoval semidenso	2	Matorral-estepa patagónica	3
Bosque nativo adulto semidenso	1	Murtilla	3
Bosque nativo renoval abierto	3	Murtilla colrón	3
Bosque nativo renoval denso	1	Murtilla mata	3
Bosque nativo renoval muy abierto	3	Ñadis herbáceos arbustivos	1
Bosque nativo renoval semidenso	2	Otros terrenos húmedos	1
Bosque nativo-plantación abierto	3	Otros terrenos sin vegetación	4
Bosque nativo-plantación denso	1	Otros usos	0
Bosque nativo-plantación muy abierto	3	Plantación	2
Bosque nativo-plantación semidenso	2	Plantación (Incendio forestal)	4
Colrón mata	3	Plantación de arbustos	3
Coirón murtilla	3	Plantación joven o recién cosechada	3
Coironal	4	Playas y dunas	0
Derrumbes sin vegetación	4	Pradera perenne	1
Estepa altiplánica	4	Praderas anuales	2
Estepa andina central	4	Ríos y cuerpos de agua	0
Estepa andina norte	4	Rocas y afloramientos rocosos	0
Estepa patagónica	3	Rotación cultivo-pradera	2
Mallín	1	Suculentas	3
Marismas herbáceas	1	Suelos desnudos	4
Mata	3	Terrenos de uso agrícola	2
Mata coirón	3	Turbales	1
Mata murtilla	3	Vegas	1
Mata pradera	3	Vegetación herbácea en orilla	3
Matorral	3		



Finalmente, el índice de desprotección de suelo de muestra en la figura 46.

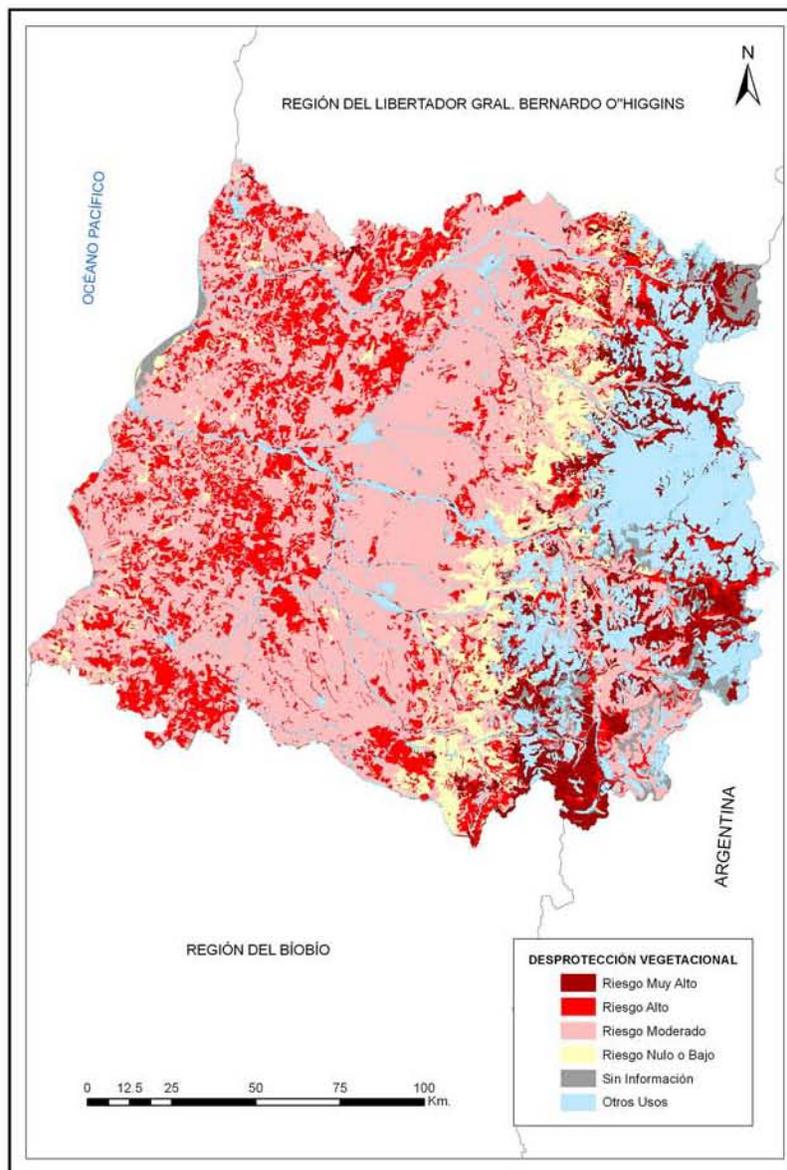
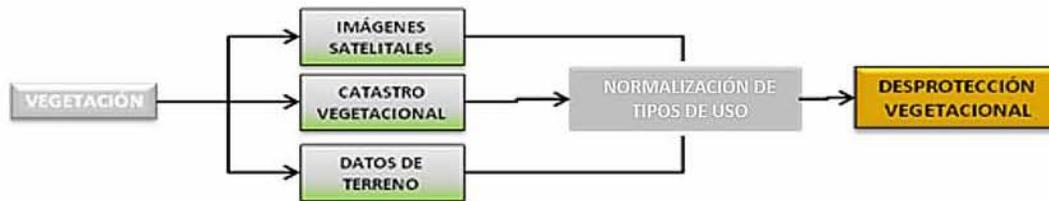


Figura 46. Índice de desprotección vegetal para la VII Región del Maule

d. Índice de agresividad climática.

La agresividad climática es un índice que da cuenta de la erosividad de la lluvia, independientemente de las propiedades intrínsecas del suelo y vegetación. La erosividad de la lluvia ha sido estimada mediante varios indicadores, uno de los más utilizados es el factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y mide la Energía Cinética de la lluvia y la máxima intensidad de precipitación en un intervalo de 30 minutos (Wischmeier y Smith, 1978; Renard y Foster, 1997). El Factor R, usa un valor estadístico calculado a partir de la sumatoria anual de la energía de la lluvia en cada evento (correlacionado al tamaño de las gotas), multiplicado por su máxima intensidad en 30 minutos y se expresa por la ecuación 7:

$$R = \frac{EI_{30}}{173,6} \quad (7)$$

Donde, R es el índice de erosividad de la lluvia ($MJ * mm * ha * h^{-1}$) y EI_{30} es la energía cinética de la lluvia en un intervalo de 30 minutos.

Sin embargo, dado que este índice requiere contar con registros pluviográficos para su determinación, en este proyecto se calcularon y probaron otros índices posibles de obtener a partir de los registros estándar de estaciones meteorológicas y que cuya especialización genera una resolución aceptable. Se determinó el índice de Fournier (IF), el índice de Fournier Modificado (IFM) y el índice de concentración de las precipitaciones (ICP).

El cálculo del IF se realiza a partir de los datos pluviométricos de estaciones meteorológicas según la siguiente ecuación 8:

$$IF = \frac{P_{max}^2}{\bar{p}} \quad (8)$$

Donde P_{max} es la precipitación media correspondiente al mes más lluvioso (mm) y \bar{p} es la precipitación media anual.

El índice de Fournier, no es un buen indicador de la erosividad de la lluvia en zonas con más de un máximo de precipitación mensual, o de valores pluviométricos en general elevados. El IF sólo considera el mes de mayor precipitación, despreciando los valores del resto de los meses (Jordán y Bellinfante, 2000). Experimentos realizados por Arnoldus (1978) determinaron la necesidad de una corrección al IF que considera la precipitación de todos los meses del año bajo la ecuación 9:

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{pi^2}{\bar{p}} \quad (9)$$

Donde: IFM es el índice de Fournier Modificado, pi es la precipitación media mensual y \bar{p} es la precipitación media anual.

Otro índice probado fue el índice de concentración de las precipitaciones (ICP) (Oliver, 1980) el cual toma en cuenta la variabilidad temporal de las precipitaciones mensuales, este índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$ICP = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} pi^2}{\bar{p}^2} \quad (10)$$

Donde, ICP es el índice de concentración de las precipitaciones; pi es la precipitación mensual; \bar{p} es la precipitación media anual.



El rango posible de variación de este índice va desde 8,33% para cuando la precipitación es igual todos los meses, y de 100% cuando la precipitación se concentra en tan solo un mes del año.

Luego, de analizar la representatividad de la agresividad de las lluvias en relación a la distribución espacial de cada índice en el territorio nacional, se decidió utilizar al Índice de Fournier Modificado como el mejor indicador de la agresividad climática.

El procedimiento que se utilizó para la obtención de este índice, es el siguiente:

- Obtención de estaciones pluviométricas de la Dirección General de Aguas, serie 1950 - 2008 (figura 47).
- Análisis y clasificación de estaciones pluviométricas activas e inactivas.
- Selección de estaciones pluviométricas (activas e inactivas) con series de datos mayores a 10 años.
- Separación de estaciones pluviométricas por cuenca y espacialización.
- Determinación de estación patrón por cuenca (estación con datos sobre 30 años y con correlación normal).
- Completación y corrección de datos de cada estación pluviométrica con respecto a su estación patrón.
- Cálculo de índice de agresividad climática (IFM).
- Espacialización del índice de agresividad climática.
- Asignación de las clases de riesgo de erosión.

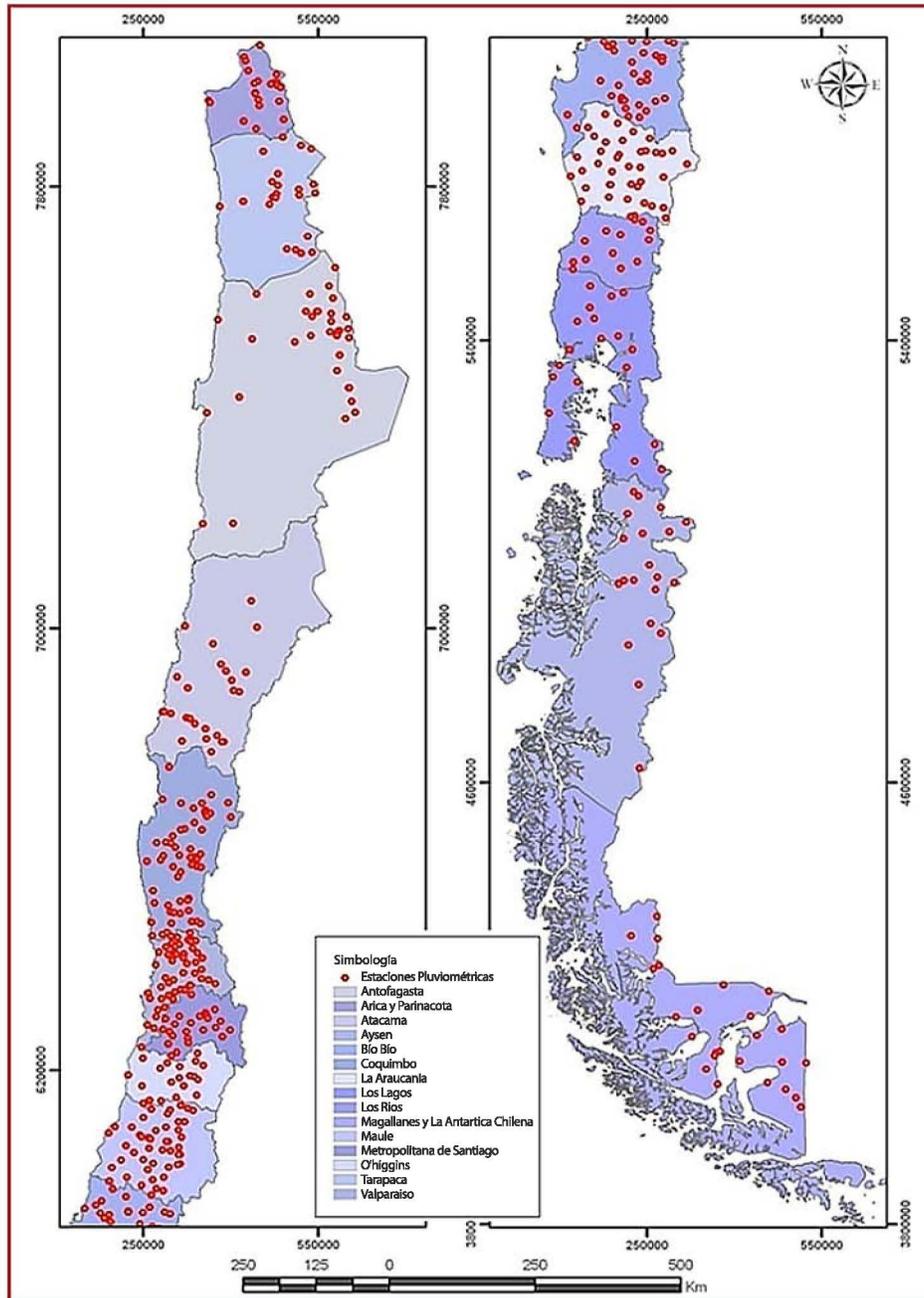


Figura 47. Distribución espacial de las estaciones pluviométricas pertenecientes a la D.G.A.-Chile, utilizadas en este estudio.

Para el cálculo de la agresividad climática se utilizaron las estaciones meteorológicas que la Dirección General de Aguas de Chile (DGA) posee en el país. Se procedió a hacer la distinción de las estaciones que se encuentran activas e inactivas para poder utilizarlas posteriormente en la obtención de estos índices (cuadro 36).

**Cuadro 36.** Estaciones pluviométricas activas e inactivas utilizadas en la obtención de los índices de agresividad climática.

Región	Activas	Inactivas	Total
XV	19	5	24
I	19	3	22
II	29	5	34
III	24	2	26
IV	50	6	56
V	42	1	43
RM	29	0	29
VI	18	4	22
VII	42	3	45
VIII	36	3	39
IX	38	2	40
XIV	13	0	13
X	22	0	22
XI	18	1	19
XII	24	1	25
TOTAL	423	37	459

En total se utilizaron 459 estaciones pluviométricas para interpolar la información a todo el territorio nacional. Del total de las estaciones provistas por la DGA, se excluyeron las aquellas con menos de diez años de datos y las estaciones inactivas que habían dejado de funcionar hasta el año 1980.

En cada cuenca representativa de grandes unidades fisiográficas se seleccionaron estaciones denominadas "patrones", cuyas series de datos se utilizaron para la completación de los datos de otras estaciones pertenecientes a la misma cuenca cuyas series estaban incompletas. Las estaciones patrones se escogieron en base a la calidad, frecuencia y longitud de los registros pluviométricos. Para cada región se usaron alrededor de seis estaciones patrones, en promedio.

La completación de los datos faltantes en las estaciones pluviométricas se estimó a través de la metodología planteada en Pizarro *et al.* (2003) y el uso del método de regresión lineal del mes correspondiente a la estación de mayor coeficiente de correlación, de una estación vecina. Este método es uno de los más utilizados; se recomienda para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación en estudio y las de una estación pluviométrica cercana, que cuente con una estadística consistente y observada. Para ello se requiere establecer una regresión y correlación lineal entre una estación patrón y la estación que tenga carencia de información. Los datos fueron procesados en el software estadístico STATGRAPHICS. El criterio de selección de las regresiones lineales simples fue un coeficiente de correlación "r" mayor o igual a 0,70. Se utilizó el programa hidrológico HIDROBAS para la completación de las series temporales de forma automatizada. Para los casos en que la estación a completar en un año determinado tenía menos de seis datos (meses) se eliminó el año completo en esa estación, tal como se puede ver en la figura 48. Una vez completadas todos los datos faltantes de las estaciones del país, se calcularon los índices de agresividad climática con las fórmulas descritas anteriormente. El valor del índice para cada estación correspondió al promedio del índice calculado para cada año de la serie.

Estación : EL YESO EMBALSE												
Código BNA: 05703008-9			Latitud S : 33 40 00			UTM Norte : 6273104 mts						
Altitud : 2475 msnm			Longitud W : 70 05 00			UTM Este : 399083 mts						
Cuenca : Río Maipo			Sub-Cuenca : Río Maipo Alto			Área de Drena : 0 km2						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1962				11,7	42,8	134,6	23,0	21,9	20,7	64,7	2,4	25,5
1963		41,7	12,6	9,0	34,7	103,8		121,2	173,6	53,9	99,8	1,2
1964	0,0	2,2	21,7	0,0	0,0	95,3	47,3	48,6	4,4	9,2	10,4	34,6
1965	29,8	0,0	0,0	87,4	100,3	16,1	193,7	207,9	27,2	27,1	51,0	87,0
1966	0,0	0,0	0,0	67,5	21,0	94,6	60,7	58,2	0,0	5,0	12,7	9,5
1967	8,0	7,0	0,0	4,7	36,7	73,0	33,0	29,0	46,0	29,0	0,0	0,0
1968	6,0	0,0	0,0	18,6	3,2	26,9	0,0	14,2		6,7	4,7	8,0
1969	0,0	0,0	1,6	62,5	30,7	188,7	81,2	87,7	41,7	27,8	19,2	0,0
1970	0,0	3,0	0,0	0,0	98,1	32,0	106,5	13,0	19,1	17,0	0,0	0,0
1971	5,0	0,0	4,0	6,8	26,0	97,7	48,1	26,8	1,5	18,0	5,0	0,0
1972	0,0	0,0										0,0
1973	0,0	4,2	1,0	24,3		45,0	166,0	0,0	15,0	8,0	0,0	8,0
1974	0,0	1,5	0,0	0,0	117,0							
1975	0,0	1,0	10,0	41,0	58,0	2,0	148,0	59,0	5,5	10,0	10,5	0,0
1976	1,5	38,5	14,0	42,5	39,5	157,0	7,5	13,0	21,5	44,5	16,5	9,5
1977	1,5	0,0	3,0	15,0	67,0	177,0		70,6	9,5	16,5	71,5	4,0
1978	7,0	0,0	0,0	0,0	51,0	83,5	426,3	50,0	40,5	63,0	66,0	
1979	0,0	5,0	7,5	12,0	65,5	1,5	47,5	139,0		0,0	66,0	35,5
1980	0,0	38,0	0,0	201,0	201,5	90,0	164,5	18,0	60,5	15,0	8,0	0,0
1981	0,0	35,0	20,0	11,0	196,5	21,5	26,0	35,5	11,5	9,0	4,5	0,0
1982	3,5	0,0	5,5	0,0	90,0	602,0	431,5	215,5		20,5	6,5	0,0
1983	47,0	9,5	0,0	38,5	32,0	105,5	105,0	48,5	14,5	3,5	0,0	0,0
1984	0,0	0,0	9,5	3,0		61,5	322,5	63,5	51,5	37,0	21,5	5,5
1985	9,5	0,0	37,0	5,5	64,0	17,5	97,5	1,0	24,0	95,5	0,0	0,0
1986	0,0	15,5	0,0	124,5	164,5	386,5	3,0	140,5	6,0	21,2	35,5	2,0
1987	0,0	18,0	23,0	7,0	71,5	97,0	645,5	342,0	29,0		0,0	0,0
1988	0,0	6,5	3,0	1,5	62,0	26,0	55,0	114,5	17,0	3,5	1,5	9,0
1989	0,0	0,0	0,0	30,5	42,0	12,0		242,5	54,5	3,5	1,5	0,0

Figura 48. Estaciones meteorológicas con datos faltantes. Color naranja indica estaciones con datos faltantes. Color verde indica celda sin datos de precipitación mensual. Círculos rojos indica años eliminados en la serie temporal por tener menos de seis datos.

La espacialización de la información pluviométrica se realizó por interpolación geoestadística de los datos. El método de interpolación seleccionado fue el krigeado. El método de kriging es un método geoestadístico de interpolación que ha probado ser útil en el área hidrológica (Burgess y Webster, 1980). Dicho método provee, a partir de una muestra de puntos, ya sean regular o irregularmente distribuidos, valores estimados de aquellos sitios donde no hay información, sin sesgo y con una varianza mínima conocida (Obando, 2001). Dentro de esta técnica existen variaciones que dan origen a distintas interpolaciones (simple, ordinario y cokriging). En esencia, es un método de medias móviles, pero en el que las funciones de ponderación se determinan globalmente, sujetas a condiciones estadísticas, relacionadas con la covarianza espacial entre los puntos de control (Palomo, 2007). El método de interpolación de kriging se caracteriza por ser lineal ya que los valores estimados se obtienen por combinación lineal de los datos disponibles, es centrado porque se construye para que la esperanza del error sea cero y es el mejor porque minimiza la varianza de la estimación (Palomo, 2007). El método de co-kriging consiste en una técnica de interpolación que permite obtener una mejor estimación que el mapa de valores obtenidos por kriging, siempre y cuando se cuente con la distribución de una variable secundaria muestreada más intensamente que la variable primaria. Si la variable primaria es difícil o costosa de medir, como son las precipitaciones, entonces, el co-kriging puede mejorar significativamente la interpolación estimada, sin necesidad de hacer un muestreo más intensivo de la variable de interés.

Se aplicó una interpolación por co-kriging, para cada variable principal (IFM, IF y ICP), utilizando como variable secundaria a la altitud extraída del modelo de elevación digital y la precipitación media anual. Los datos se despliegan como una grilla estadística de 30 x 30 m. El fundamento para ello, se basa en el análisis de componentes principales y la correlación de la precipitación y la elevación.

Para el uso del modelo matricial IREPOT, el índice de agresividad climática utilizado fue el índice de Fournier modificado, por cuanto ofrecía una mejor bondad de ajuste de los datos (error cuadrático medio tipificado cercano a 1). Este índice fue categorizado en cuatro clases de riegos de erosión (cuadro 37), donde la clase 1 representa una



menor agresividad y por lo tanto menor riesgo de erosión, mientras que la clase 4 se refiere a un mayor riesgo de erosión.

Cuadro 37. Clasificación de riesgo de erosión, según Índice de agresividad climática (IFM).

VALOR DE IFM	CATEGORÍA AGRESIVIDAD CLIMÁTICA	CLASE DE RIESGO
0 – 90	Bajo	1
90 – 120	Medio	2
120 – 160	Alto	3
Mayor a 160	Muy Alto	4

Finalmente, el índice de agresividad climática se muestra en la figura 49.

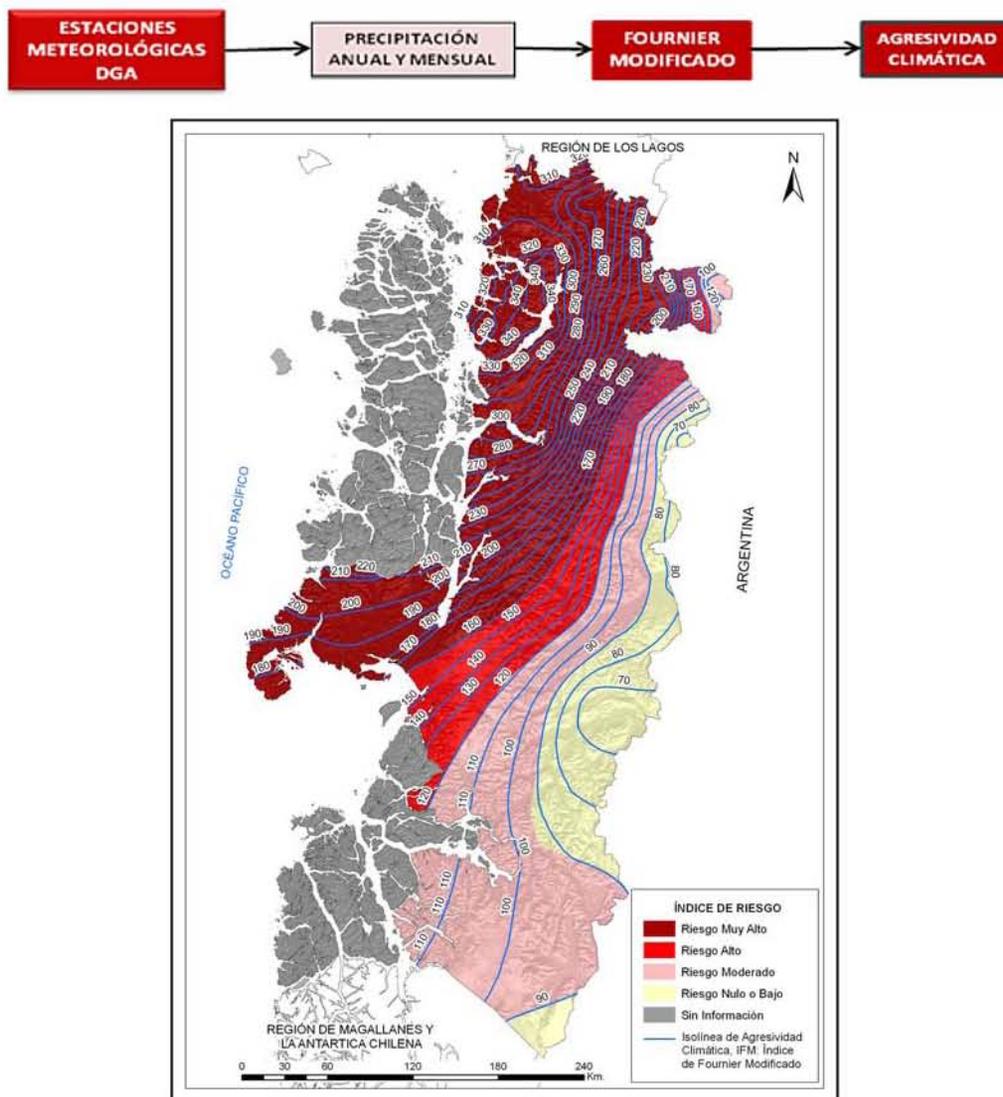


Figura 49. Índice de agresividad climática para la XI Región de Aysén.

i. Índice de riesgo topoclimático.

Este índice relaciona las características topográficas e hidrológicas del sitio con la agresividad climática (figura 50). En otras palabras, este índice da cuenta de la susceptibilidad de las microcuencas a desgastarse por acción de la lluvia, el relieve y el drenaje natural. Se estima mediante la siguiente combinación matricial:

AGRESIVIDAD ESCURRIMIENTO	AGRESIVIDAD CLIMÁTICA			
	1	2	3	4
1	1	1	2	2
2	1	2	3	3
3	2	3	3	4
4	3	3	4	4

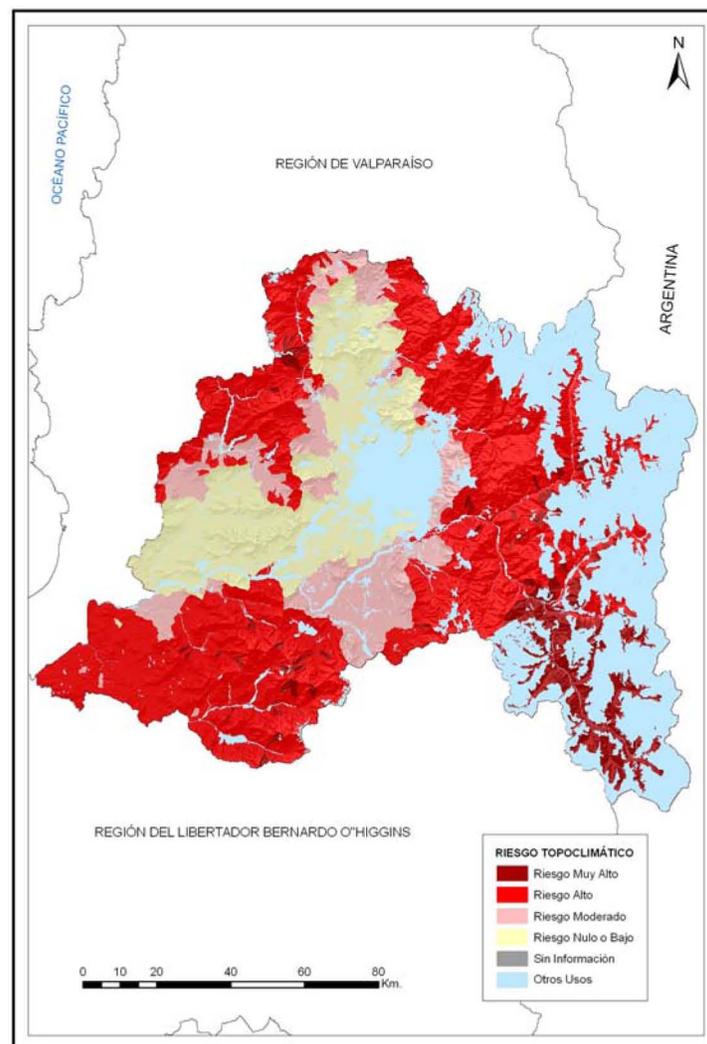


Figura 50. Índice de riesgo topoclimático para la Región Metropolitana.



ii. Índice de riesgo físico.

Este índice estima la susceptibilidad del suelo a sufrir erosión basado en sus características internas (propiedades edáficas) en función de la pendiente del terreno (figura 51). El índice se obtiene mediante el siguiente cruce matricial:

ERODABILIDAD	PENDIENTE				
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	2	3	4
3	1	2	3	4	4
4	2	2	3	4	4

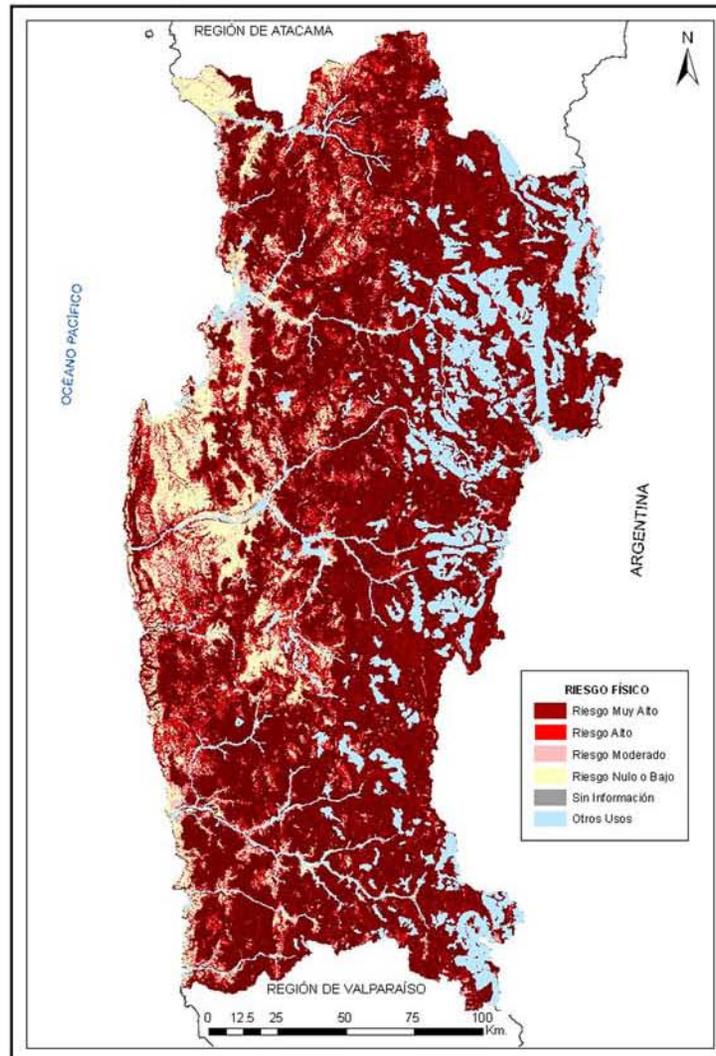


Figura 51. Índice de riesgo físico para la IV Región de Coquimbo.

iii. Índice de riesgo de erosión potencial.

Este índice relaciona todas las características físicas seleccionadas del sitio, dejando fuera la protección de la cubierta vegetal y otras prácticas susceptibles a manejo. El cruce matricial es el siguiente:

RIESGO FÍSICO	RIESGO TOPOCLIMÁTICO			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	3	4
4	3	4	4	4

Los mapas del índice IREPOT, por región, se muestran en el anexo 4.

iv. Índice de riesgo de erosión actual

Combina el riesgo de erosión potencial debida a factores edáficos, topográficos y climáticos con el grado de desprotección del suelo. Este índice estima las condiciones de erosión actual. Junto a erosión potencial constituyen una herramienta de toma de decisiones y un modelo del efecto de la deforestación del territorio sobre la erosión de los suelos. Se origina del cruce del Índice de riesgo de erosión potencial (IREPOT) con el Índice de desprotección vegetal, según el siguiente cruce matricial:

EROSION POTENCIAL	DESPROTECCION VEGETACIONAL			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	2	3	3
4	2	3	4	4

Los mapas del índice de riesgo de erosión actual, por región, se muestran en el anexo 4.

Finalmente, de la aplicación del modelo matricial, quedan cuatro clases de riesgo de erosión potencial (IREPOT), definidas como:

Clase 1: Erosión potencial nula o baja, (baja o sin fragilidad – ligera fragilidad). Es aquella en que las condiciones de sitio (clima, suelo y topografía), no modificables significativamente por la acción humana son tales que minimizan la potencialidad de erosión hídrica.

Medidas de conservación (programa SIRDS)

- Rotaciones que adicionan materia orgánica.
- Cultivo en curvas de nivel.
- Cero o mínima labranza.

Medidas de conservación CONAF.

No contempla medidas de conservación.

Clase 2: Erosión potencial moderada, (moderada fragilidad). Es aquella en que las condiciones de sitio (clima, suelo y topografía), no modificables significativamente por la acción humana son tales que pueden generar una erosión moderada, es decir sin cobertura vegetal ni prácticas de conservación de suelo, se podría llegar a manifestar en erosión laminar o de manto de nivel medio, o en surcos o de canchales. De manifestarse se debiera identificar en terreno uno o más de los siguientes indicadores de erosión:

- a) presencia del subsuelo en un área menor al 15% de la superficie;
- b) presencia de pedestales y pavimentos de erosión en, al menos, el 15% de la superficie;



- c) pérdida de suelo original entre el 20 y 60%;
- d) presencia de surcos o canaliculos, de profundidad menor a 0,5 metros, y
- e) pérdida de más de un 30% del horizonte A (orgánico-mineral).

Medidas de conservación (programa SIRDS)

- Cultivos en franjas.
- Cero labranza o labranza mínima.
- No se puede practicar un sistema de producción exclusivamente agrícola. Requiere de un manejo que incluya rotaciones con pasturas. Durante los cultivos agrícolas necesita de prácticas conservacionistas.

Medidas de conservación CONAF.

Se debe realizar como mínimo una obra del tipo ladera (canales de desviación, zanjias de infiltración, microterrazza).

Clase 3: Erosión potencial severa, (frágil). Es aquella en que las condiciones de sitio (clima, suelo y topografía), no modificables significativamente por la acción humana son tales que pueden generar una erosión severa es decir, sin cobertura vegetal ni prácticas de conservación de suelo, se podría llegar a manifestar en erosión laminar o de manto intensiva, o de zanjias o cárcavas, pudiendo expresarse en uno o más de los siguientes indicadores de erosión:

- a) presencia del subsuelo en un área entre 15 y 60% de la superficie;
- b) presencia de pedestales y pavimentos de erosión entre el 15 y 60% de la superficie;
- c) pérdida del suelo original entre el 60 y 80%;
- d) presencia de zanjias o cárcavas de profundidad de 0.5 a 1 metro, encontrándose a un distanciamiento medio de 10 a 20 metros, y
- e) pérdida de hasta un 30% del horizonte B.

Medidas de conservación (programa SIRDS)

- Cultivos en terrazas.
- Empastadas permanentes.
- Árboles frutales con riego tecnificado.
- La alta susceptibilidad a la erosión obliga a mantener una vegetación permanente del suelo o cultivos con prácticas estructurales permanentes (terrazas).

Medidas de conservación CONAF.

Se debe realizar como mínimo dos obra de recuperación de suelo, una del tipo ladera (canales de desviación, zanjias de infiltración, microterrazza) y otra del tipo cauce.

Clase 4: Erosión potencial muy severa, (muy Frágil). Es aquella en que las condiciones de sitio (clima, suelo y topografía), no modificables significativamente por la acción humana son tales que pueden generar una erosión muy severa es decir se podría llegar a manifestar en erosión laminar o de manto muy acelerado, o de cárcavas, debiéndose identificar uno o más de los siguientes indicadores:

- a) se presenta a la vista el subsuelo y se encuentra visible el material de origen del suelo, en más del 60% de la superficie;
- b) presencia de pedestales y pavimentos de erosión, en más del 60% de la superficie;
- c) pérdida de suelo original entre el 80 y 100%;
- d) presencia de cárcavas de profundidad mayor a 1 metro, encontrándose a un distanciamiento medio de 5 a 10 metros, y
- e) pérdida de más del 30% del horizonte B.

Medidas de conservación (programa SIRDS)

- Forestación o mantener vegetación nativa.
- Recuperación de cárcavas.

Medidas de conservación CONAF.

Se debe realizar como mínimo dos obra de recuperación de suelo, una del tipo ladera (canales de desviación, zanjas de infiltración, microterrazza) y otra del tipo cauce. Quedan excluidas el subsolado con camellón la microterrazza con escarificado y microterrazza manual.

6.2.3 Verificación de resultados (test de fiabilidad, diseño de muestreo y terreno).

El proceso de validación de la cartografía de erosión potencial se realizó para cada una de las 15 regiones del país. El procedimiento contempló la presencia, en terreno, de los profesionales del proyecto, y contó con el apoyo técnico y logístico de los servicios del MINAGRI asociados al proyecto (INDAP, SAG y CONAF). La evaluación del modelo se efectuó a través de observaciones de terreno y la aplicación de la guía metodológica de validación presentada en la figura 52. Los resultados regionales fueron analizados a través de matrices de confusión para las distintas clases de erosión, permitiendo cuantificar la fiabilidad global de la cartografía lograda. Finalmente, los cambios sugeridos por las entidades evaluadoras fueron incorporados a las cartografías finales.

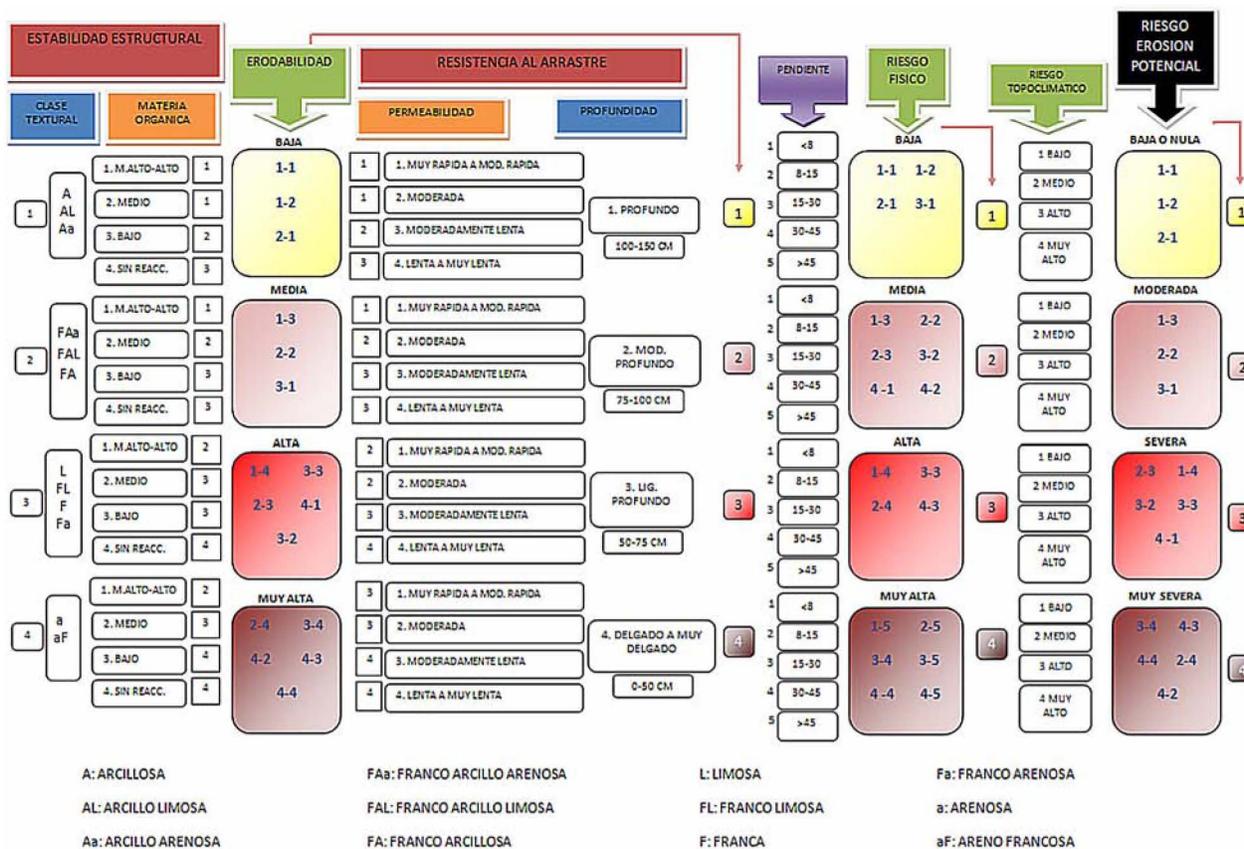


Figura 52a. Guía de validación de terreno modelo IREPOT para la obtención del riesgo de erosión potencial y actual.

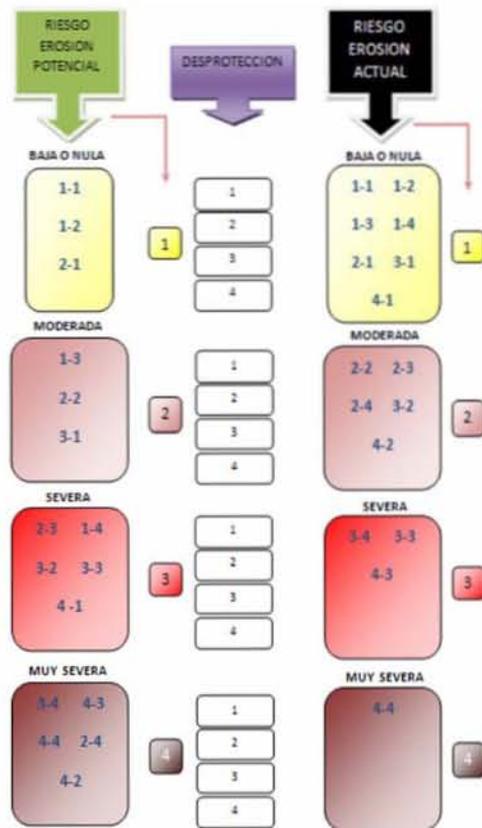


Figura 52b. Guía de validación de terreno modelo IREPOT para la obtención del riesgo de erosión potencial y actual (continuación).

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 7. RESULTADOS





7. Resultados

7.1. Erosión actual nacional.

A nivel nacional, las categorías de erosión expresadas en términos de superficie, indudablemente varían su significancia o proporción relativa de acuerdo al tamaño de cada región. En términos generales (exceptuando las regiones XI y XII), se puede observar que la mayor cantidad de suelos erosionados aumentan de sur a norte. Además, destaca el aumento hacia el sur de suelos con erosión no aparente, es decir suelos con cobertura vegetal mayor a 75% y que dada la metodología utilizada (imágenes satelitales) no fue posible asignar a un grado de severidad en particular. A continuación se muestran los resultados de erosión actual a nivel regional (cuadro 38) y los resultados provinciales y comunales se muestran en el anexo 5.

Cuadro 38. Superficie de erosión actual (en miles de hectáreas) por región.

REGIÓN	SIN EROSION	EROSION LIGERA	EROSION MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	50	256	172	469	584	0	156	1.480	1.686
TARAPACA	63	1.047	602	1.153	838	0	522	3.640	4.226
ANTOFAGASTA	138	1.371	3.242	3.593	2.021	0	2.237	10.227	12.602
ATACAMA	178	825	537	2.030	629	0	3.367	4.021	7.567
COQUIMBO	210	572	1.142	1.214	492	26	404	3.420	4.060
VALPARAISO	162	244	325	258	80	163	368	907	1.600
METROPOLITANA	354	93	189	213	187	68	435	683	1.541
O'HIGGINS	331	96	454	197	115	126	320	861	1.638
MAULE	656	349	416	378	336	453	446	1.479	3.034
BÍO BÍO	840	393	429	212	149	1.444	245	1.183	3.712
LA ARAUCANIA	1.132	280	241	244	146	944	199	911	3.186
LOS RÍOS	427	262	198	80	6	688	177	545	1.837
LOS LAGOS	751	575	423	139	33	2.143	770	1.170	4.834
AYSEN	235	895	743	383	583	4.551	3.407	2.605	10.797
MAGALLANES	1.721	1.123	1.289	590	761	3.090	4.633	3.763	13.207
Total general	7.248	8.382	10.401	11.152	6.960	13.695	17.687	36.895	75.526

Donde otras categorías corresponde a la suma de los otros usos y las áreas de exclusión (sin información). Suelo erosionado es la suma de superficie de las clases ligera, moderada, severa y muy severa.

A partir de estos resultados (figura 53) se estima que una superficie de 36,8 millones de hectáreas, equivalentes al 49,1% del territorio nacional presenta algún grado de erosión. Los sectores con mayores problemas de erosión actual lo lideran las regiones de Coquimbo, con el 84%; Valparaíso, con 57%, y O'Higgins con el 52% de sus suelos. Mientras que las comunas con graves problemas de erosión, entre la IV y la X región son las siguientes: Punitaqui (94,8% - IV), Llay-Llay (77,6% - V), Alhué (70,1% - RM), La Estrella (95,1% - VI), Cauquenes (83,4% - VII), San Fabián (VIII), Purén (64,3% - IX), Panguipulli (40,1% - XIV) y Castro (69,3% - X)

**EROSIÓN ACTUAL
TERRITORIO DE CHILE**

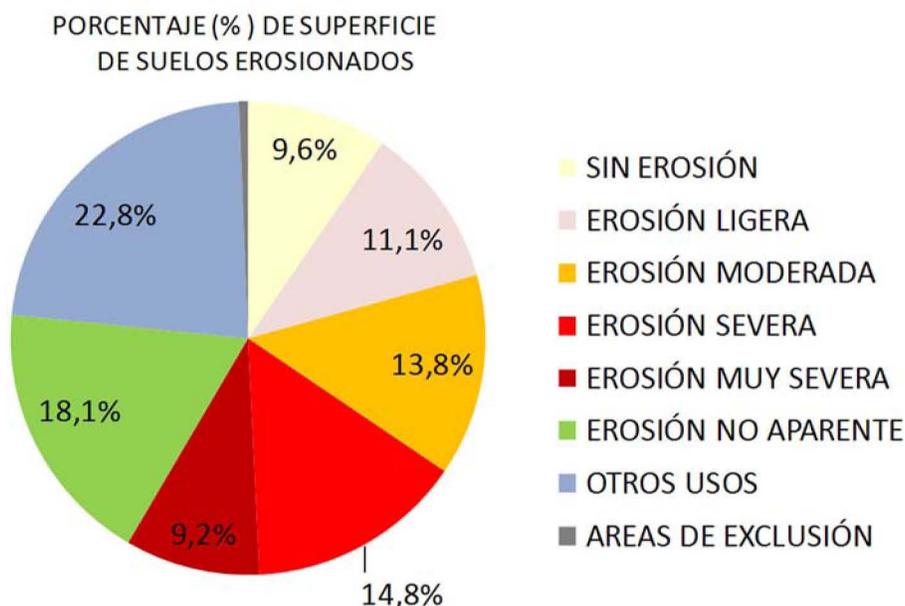


Figura 53. Porcentaje de superficie de suelos erosionados a nivel país.

En la figura 54 se muestra el porcentaje de la superficie regional afectada por erosión moderada, severa y muy severa. Se observa que la zona norte de Chile, en particular las Regiones XV, I, II suman más del 50% de la superficie regional, sin embargo es necesario destacar que, exceptuando las zonas de influencia humana, gran parte de esta superficie de erosión es de origen geológico (natural). En la zona comprendida por las regiones III y IV, el origen de la erosión es mixto, con mayor influencia antrópica en sectores aledaños a valles agrícolas. Hacia el sur la proporción de la categoría de erosión actual severa y muy severa disminuyen drásticamente hasta la X Región de Los Lagos (< 5%).

A nivel nacional el porcentaje de confiabilidad de los resultados obtenidos por el método de estimación de la erosión mediante el uso índice espectrales de imágenes satelitales fue de un 77,6%. Sin embargo, debido a los propósitos utilitarios que tendrá esta cobertura de información, las observaciones de terreno realizadas por los profesionales del proyecto junto al trabajo de las instituciones asociadas en regiones, fueron incorporadas a la base de datos geográfica final (anexo 3) asistidos por imágenes satelitales de alta resolución. De esta manera la cartografía de erosión actual (a una escala de 1:50.000 en sectores agropecuarios y 1:250.000 en otros sectores), tiene un mayor nivel de acierto que la informada.

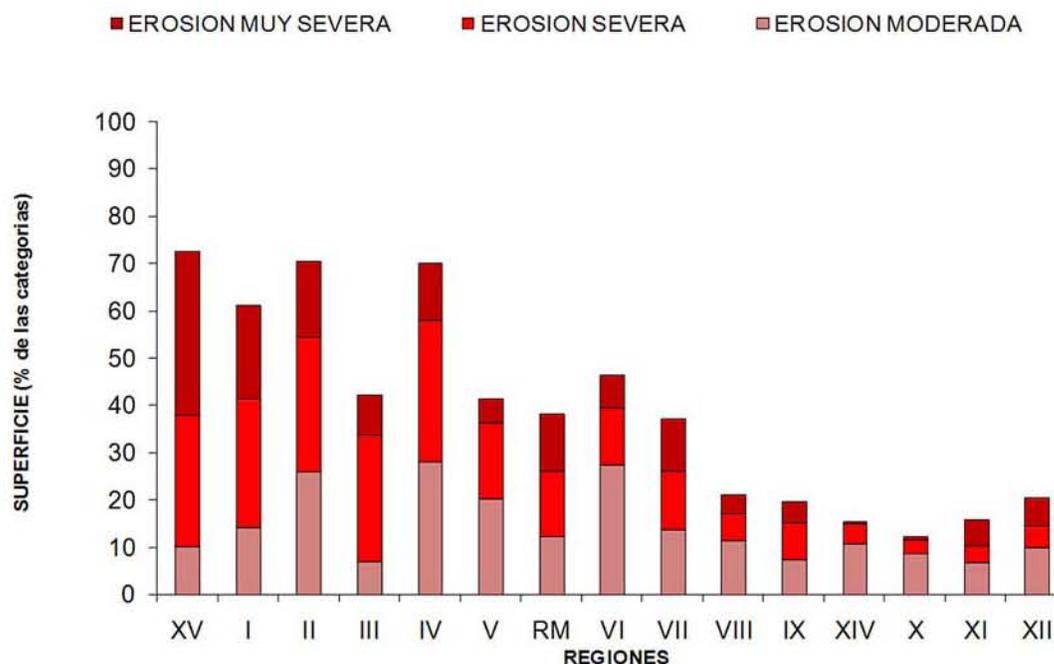


Figura 54. Porcentaje de superficie regional afectada por erosión moderada, severa y muy severa.

Las regiones del norte del país con proporción de erosión actual severa y muy severa superan el 35% del territorio (Coquimbo a Arica y Paríacota). Exceptuando la Región de Coquimbo, en estas regiones predomina ampliamente la erosión natural (geológica), situación que no reviste efecto apreciable en la agricultura, ya que son escasas las superficies silvoagropecuarias. En la zona Central (Valparaíso a Maule), los porcentajes de erosión severa y muy severa varían entre 19% y 26%, pero las situaciones son muy distintas. Mientras en la zona norte predomina la erosión natural, en estas regiones lo hace la erosión antrópica o acelerada. En las regiones de Bío-Bío y La Araucanía la erosión severa y muy severa varía en torno al 10%, aún cuando se mantiene el predominio del efecto antropogénico como factor acelerador de la pérdida de suelos. Parte de la explicación de la disminución de la erosión severa y muy severa se debe al aumento de la cobertura boscosa en estas regiones, lo que se traduce en una mayor protección del suelo contra el impacto de la gota de lluvia y a la vez aumenta la resistencia a la dispersión por los mayores niveles de materia orgánica del suelo. Las regiones de Los Ríos y Los Lagos son las que evidencian los menores niveles de erosión actual severa y muy severa (<5%). Es en estas regiones donde ha actuado con mayor fuerza los programas de mejoramiento y conservación de suelos degradados. Además, en estas regiones se combinan favorablemente tres efectos que favorecen la protección del suelo a la erosión: alta cobertura vegetal (bosques naturales y praderas), suelos volcánicos o arcillosos ocupando fisiografías menos abruptas, y mayor homogeneidad en la distribución de las precipitaciones durante el año. Finalmente, las regiones del extremo sur (Aysén y Magallanes), tienen niveles de erosión severa y muy severa en torno al 10%, así como suelos con erosión no aparente (48 y 36%), y alrededor de un 30% de superficies calificadas como otro (arenas, glaciares, rocas).

7.2 Riesgo de erosión potencial y actual.

A partir de los resultados del modelo IREPOT, se estima una superficie con un riesgo de erosión potencial de suelos entre moderada y muy severa de 34,1 millones de hectáreas, que corresponde al 62,7% de los suelos de Chile (cuadro 39). Mientras que, en el actual escenario de uso del suelo, la superficie con riesgo de erosión (en esas categorías) alcanza los 27,1 millones de hectáreas (cuadro 40). Los riesgos de erosión potencial y actual a nivel provincial y comunal se muestran en el anexo 5.

Cuadro 39. Superficie de suelos y el riesgo de erosión potencial (en miles de hectáreas), según clasificación de IREPOT.

REGIÓN	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS*	TOTAL GENERAL
ARICA Y PARINACOTA	546	345	353	283	160	1.686
TARAPACA	1.967	799	620	407	434	4.227
ANTOFAGASTA	7.370	1.890	1.225	572	1.547	12.605
ATACAMA	1.971	832	1.089	1.123	2.553	7.569
COQUIMBO	529	489	922	1.710	411	4.061
VALPARAISO	107	189	421	506	379	1.601
METROPOLITANA DE SANTIAGO	256	86	264	464	470	1.541
O'HIGGINS	290	208	339	610	193	1.639
MAULE	629	423	588	947	448	3.035
BÍO BÍO	989	716	653	1.098	257	3.713
LA ARAUCANIA	916	526	662	875	208	3.187
LOS RIOS	341	315	320	687	177	1.838
LOS LAGOS	417	919	878	1.843	784	4.842
AISEN DEL GRAL CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO	395	1.007	1.418	2.544	5.480	10.845
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	3.548	814	687	466	7.774	13.289
Total general	20.270	9.557	10.440	14.135	21.274	75.677

* Otras categorías corresponde a la suma de superficies clasificada como otros usos y las áreas de exclusión (sin información).

El mayor índice de riesgo de erosión potencial severo y muy severo (figura 55) se encuentra en las regiones de Valparaíso (75,8%), Aysén (73,9%) y Coquimbo (72,1%), respecto de la superficie de suelos de cada región. La región de Aysén (4,97 millones de hectáreas) posee la mayor superficie de riesgo de erosión potencial, debido principalmente, a la acción humana y los indicadores de agresividad climática, y la geomorfología de cuencas. A pesar de, las altas cifras obtenidas para las regiones de Antofagasta y Atacama, los procesos erosivos no recurrentes están localizadas en la precordillera andina y valles interiores, el resto de la región no existe riesgo de erosión de tipo hídrica. En la zona central de Chile, las áreas con mayores índices de riesgo potencial de erosión hídrica se localizan en ambos cordones cordilleranos las que por efecto de la pendiente dificultan el desarrollo y, por ello, la profundidad del suelo. Se puede encontrar entre ambas cordilleras suelos muy delgados y sumamente frágiles a la explotación agrícola, por ende, muy expuesto a tener altas tasas de pérdida de suelo. Más al sur la erosión fluvial contribuye a desarrollar altos niveles de erosión, de suelos ubicados especialmente en laderas y depositando estos mismos materiales en terrenos más planos. Finalmente, en la zona patagónica los índices de riesgo de erosión potencial están subestimados en varias zonas, donde el principal agente erosivo es el eólico por sobre el hídrico, por lo que se evidencia en estas áreas la necesidad de priorizar la conservación, como parte de eventuales planes de manejo u ordenación del territorio.

Al considerar a la vegetación actual como un factor de protección del suelo es posible observar una clara disminución de la fragilidad del suelo (erosión potencial moderada, severa y muy severa) y un aumento de la clase denominada baja o nula (figura 56). La relación se hace más notable en el tramo que va de la VIII a la XII región, en donde el efecto de la cobertura vegetal es más significativo. En el tramo que va de la IV a la VII Región, la vegetación ejerce un efecto amortiguador al disminuir las clases muy severa y severa a favor de la clase moderada. Hacia el norte (tramo XV a III Regiones) no se aprecia un cambio significativo entre las coberturas de erosión potencial y riesgo de erosión actual.

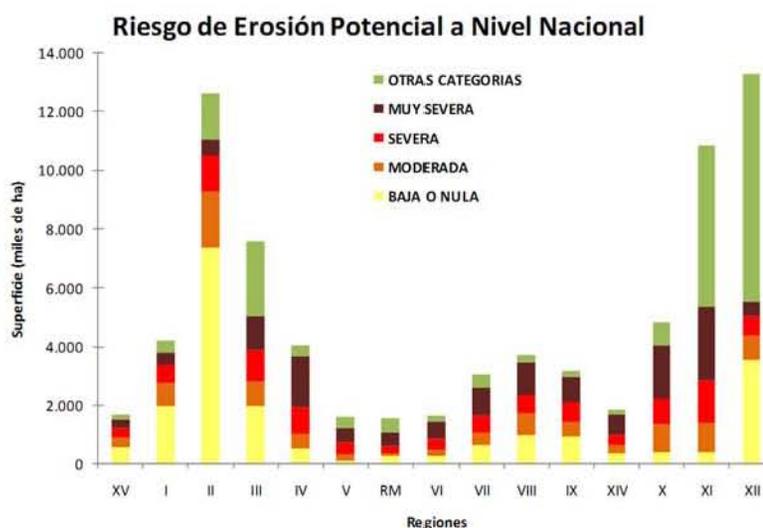


Figura 55. Riesgo de Erosión Potencial a Nivel Nacional.

Los resultados de riesgo de erosión actual severo y muy severo (cuadro 40), indican que las regiones con mayores índices son Coquimbo (65,3%), Valparaíso (38,1%) y O'Higgins (37,6%), respecto de la superficie de suelos de cada región. La región de Coquimbo tiene la mayor superficie de riesgo de erosión (2,4 millones de hectáreas), en estas categorías.

Cuadro 40. Superficie de suelos y el riesgo de erosión actual (en miles de hectáreas), según clasificación de IREPOT.

Región	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORIAS*	TOTAL GENERAL
ARICA Y PARINACOTA	554	347	364	261	160	1.686
TARAPACA	1.971	800	617	404	434	4.227
ANTOFAGASTA	7.376	1.888	1.242	551	1.547	12.605
ATACAMA	1.972	836	1.189	1.018	2.554	7.569
COQUIMBO	543	722	1.361	1.024	411	4.061
VALPARAISO	192	564	327	138	379	1.601
METROPOLITANA DE SANTIAGO	291	378	278	124	470	1.541
O'HIGGINS	364	658	192	232	192	1.639
MAULE	836	1.144	323	286	447	3.035
BIO BIO	1.284	1.758	281	135	255	3.713
LA ARAUCANIA	1.594	1.084	233	71	205	3.187
LOS RIOS	936	615	95	15	176	1.838
LOS LAGOS	2.526	1.203	283	50	780	4.842
AISEN DEL GRAL CARLOS IBANEZ DEL CAMPO	2.712	1.557	835	263	5.477	10.845
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	4.164	757	390	204	7.774	13.289
Total general	27.313	14.311	8.012	4.778	21.262	75.676

*Otras categorías corresponde a la suma de superficies clasificada como otros usos y las áreas de exclusión (sin información).

Riesgo de Erosión Actual a Nivel Nacional

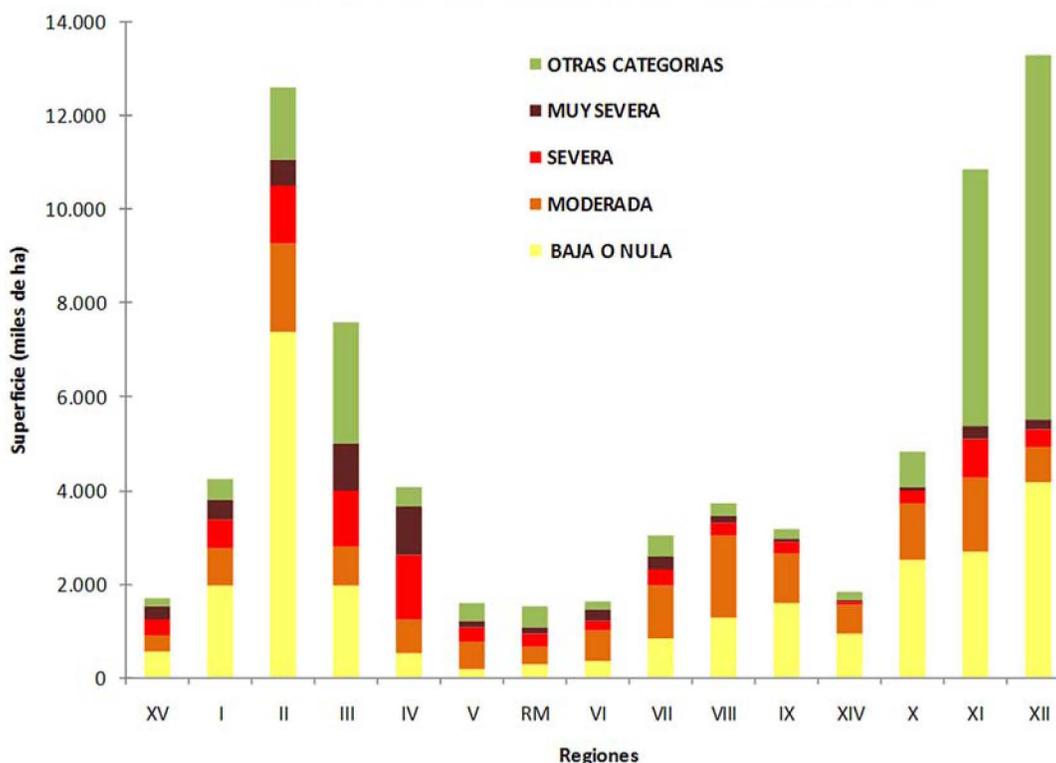


Figura 56. Riesgo de Erosión Actual a Nivel Nacional.

La cartografía (anexo 4) muestra que las zonas más afectadas son las comunas pertenecientes a las regiones entre la IV y la X, especialmente, en el seco costero e interior de la cordillera de la Costa, a causa de las condiciones edafoclimáticas desfavorables y un efecto antropogénico muy fuerte y en los Andes con un agente erosivo predominantemente geológico o natural. Asimismo, se visualiza que las exposiciones de laderas con mayores riesgos de erosión son Noroeste y Norte (riesgo muy alto); Oeste (riesgo alto); Suroeste, Este y Noreste (riesgo moderado); Sur y Sureste (riesgo bajo o nulo). Cabe destacar que el modelo IREPOT es intrínsecamente hídrico, por lo que, la cartografía para las regiones extremas del norte (XV – III) presenta un riesgo de erosión actual y potencial preferentemente moderado a bajo. Mientras que los resultados en la zona patagónica pueden resultar menores a lo esperado, en relación a los agentes erosivos totales presentes en la región.

A nivel país, los resultados presentan niveles porcentuales de erosión preocupantes (figura 57) y que refuerzan la idea de fomentar las buenas prácticas agrícolas, la forestación de suelos degradados, potenciar los actuales programas de recuperación de suelos e implementar una ley de suelos orientada a la conservación de suelos y aguas, con énfasis al manejo integral de cuencas hidrográficas. Actualmente, la superficie con riesgo de erosión severa y muy severa alcanza un 26,9% de la superficie nacional. Al remover la vegetación actual este porcentaje aumentaría a un 32,5% de la superficie nacional. En otras palabras, el incremento o reducción de las coberturas vegetacionales, ya sea por cambio de uso de suelo, deforestación, incendios forestales u otras causas, alteran significativamente las estadísticas de superficies expuestas a procesos erosivos y/o degradación.

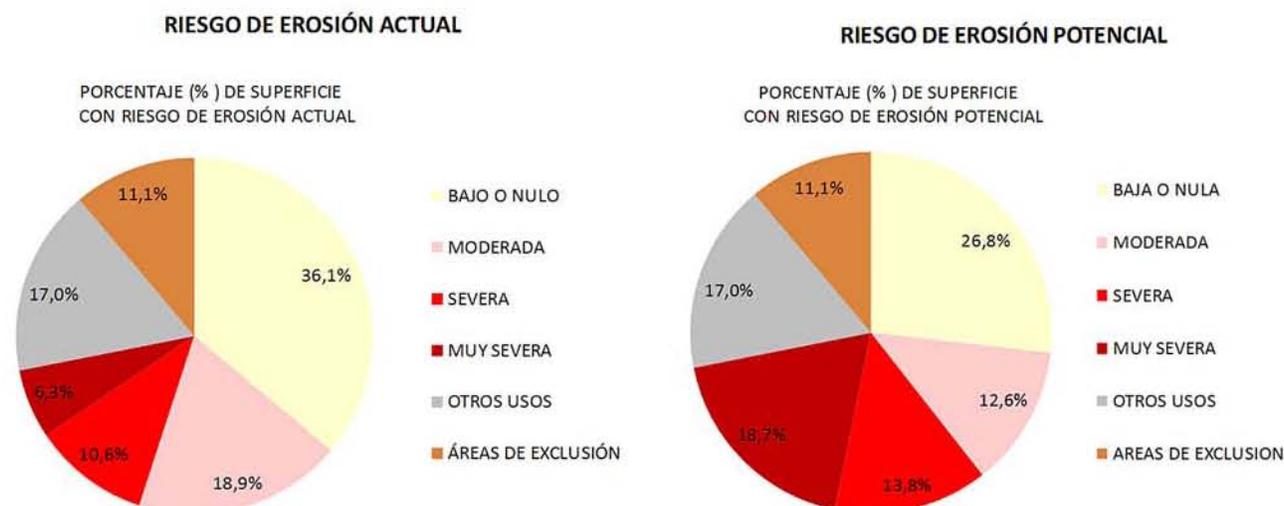


Figura 57. Porcentaje de superficie de suelos con riesgo de erosión actual (izquierda) y potencial (derecha), a nivel país.

Los resultados del modelo IREPOT fue validado en campañas de terreno regionales, con el apoyo de los profesionales del Ministerio de Agricultura de Chile. Se visitaron 300 cartas muestrales, que evidenciaron, en general, un nivel de confiabilidad de 74,4%. No obstante, la dinámica silvoagropecuaria de algunas regiones (IV a X) y el uso de información de línea base generalizada de suelos vegetación y clima, particularmente, en los sectores pre y cordilleranos reducen la precisión de la clasificación de erosión y los niveles de riesgo.

7.3 Resultados a nivel regional

Región de Arica y Parinacota

En la XV Región las comunas con mayores problemas de erosión actual son Arica y Putre (sobre el 90%). A nivel local predominan los procesos de erosión geológica o natural (sobre el 90% de la superficie regional). Como se mencionó esta situación no reviste efecto apreciable en la agricultura, ya que son escasas las superficies silvoagropecuarias. Existe evidencia de erosión hídrica en los sectores altiplánicos y valles interiores. Se destaca que los mayores problemas para la agricultura lo representan las crecidas aluvionales esporádicas pero intensas. La superficie con algún grado de erosión sobrepasa los 1,47 millones de hectáreas, lo que representa 87,8% de la superficie regional, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada severa y muy severa alcanza el 72,6% (figura 58).

De los suelos erosionados, en la provincia de Arica sobre el 75% de la superficie provincial es explicado por las clases de erosión severa y muy severa, equivalente al 77,3% de los suelos de la provincia, principalmente asociadas a zonas de mayor pendiente (talud de la cordillera de los andes y de los valles fluviales mayores). La clase sin erosión (2,1%) de la provincia de Arica se encuentra representada en los valles agrícolas de Lluta, Azapa y Camarones, mientras que las zonas de erosión ligera (15,2%) se asocian a la geomorfología planiforme de la depresión intermedia interfluvial.

ARICA Y PARINACOTA

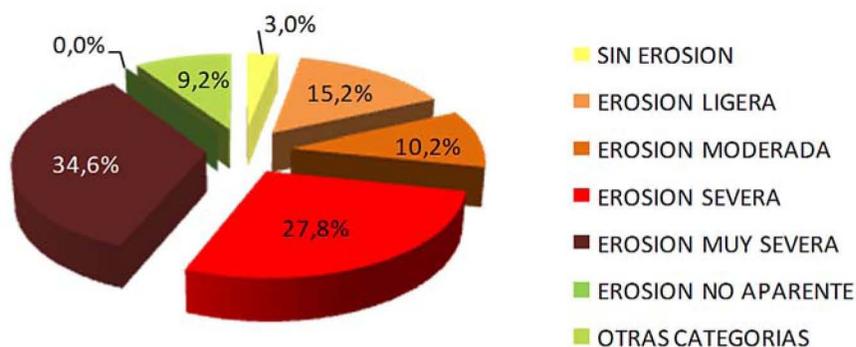


Figura 58. Erosión actual para la XV Región de Arica y Parinacota.

En la provincia de Parinacota, la distribución de las clases de erosión es más uniforme que en Arica. Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan el 48,5% de la superficie provincial, equivalente al 58,3% de los suelos de la provincia, y se asocian a zonas de pendiente fuerte. Los suelos sin erosión (3,8%), se vincularon a zonas de valle con actividad agrícola, mientras que los suelos de erosión ligera son posibles asociarlos al altiplano. En la provincia de Parinacota existe un 16% de la superficie sin categoría de erosión (principalmente rocas y salares).

A partir de los resultados del modelo IREPOT, el riesgo potencial (figura 59) y actual (figura 60) de erosión hídrica severa y muy severa es moderadamente bajo, por cuanto las precipitaciones son casi nulas en gran parte de la región.

ARICA Y PARINACOTA

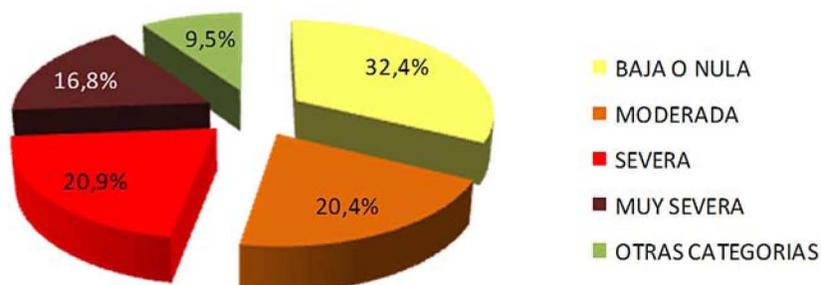


Figura 59. Riesgo de erosión potencial para la XV Región de Arica y Parinacota.

ARICA Y PARINACOTA

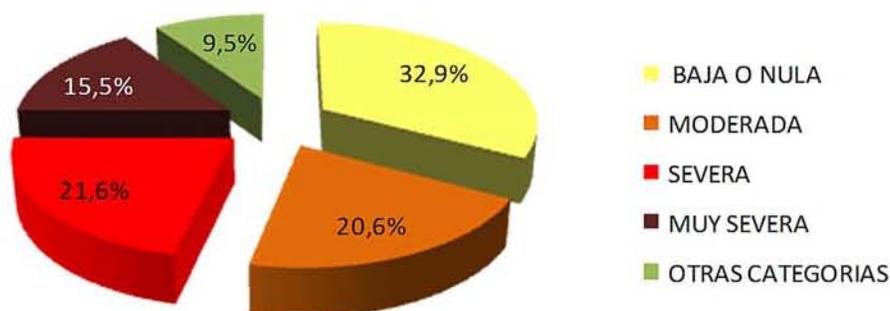


Figura 60. Riesgo de erosión actual para la XV Región de Arica y Parinacota.

El 64,2% de la superficie, equivalente a 980.247 hectáreas de la región de Arica y Parinacota se encuentra clasificada entre erosión potencial moderada, severa y/o muy severa. Dichos suelos se ubican preferentemente en sectores propiamente de montañas y de quebradas o valles cordilleranos compuesto por laderas abruptas con abundante pedregosidad superficial y frecuentes afloramientos rocosos, en cuyo fondo se desarrolla una rudimentaria actividad agrícola. Hacia el sector de la depresión intermedia predomina el riesgo bajo o nulo caracterizador por el sector de llanuras depositacionales.

Región de Tarapacá

En la I Región predominan los procesos de erosión geológica o natural (sobre el 90% de la superficie regional), situación que no reviste efecto apreciable en la escasa agricultura regional. Existe evidencia de erosión hídrica en los sectores altiplánicos y valles interiores, y erosión eólica en la casi totalidad del paisaje de la primera región. La superficie con algún grado de erosión sobrepasa los 3,6 millones de hectáreas, lo que representa 86,2% de la superficie regional, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada severa y muy severa alcanza el 61,4% (figura 61).

La provincia de Iquique tiene una superficie menor al 7% de la Región y se encuentra inserta casi totalmente en la Cordillera de la Costa. Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 53,3% de la superficie provincial, equivalente al 65,3% de los suelos de la provincia y se asocian a zonas de pendiente fuerte. No se detectaron suelos sin erosión en la provincia de Iquique y la clase de erosión ligera representa un 8,0% de la superficie provincial ubicada prácticamente en su totalidad en la comuna de Alto Hospicio.

En la provincia del Tamarugal las clases de erosión severa y muy severa alcanzan el 46,7% de la superficie provincial, equivalente al 53,0% de los suelos de la provincia. En general, las clases de erosión se asocian a las unidades fisiográficas mayores de la región. Mientras que en la depresión intermedia predomina la erosión ligera y moderada, en los faldeos de la Cordillera de los Andes, que cuenta con una densa red de drenajes no recurrentes, predomina la erosión severa y muy severa. Ya en el altiplano es posible encontrar diversas clases de erosión las que varían según la topografía del terreno de ligera en los sectores planiformes a muy severa en los sectores de alta pendiente entorno a edificios volcánicos y valles.

TARAPACA

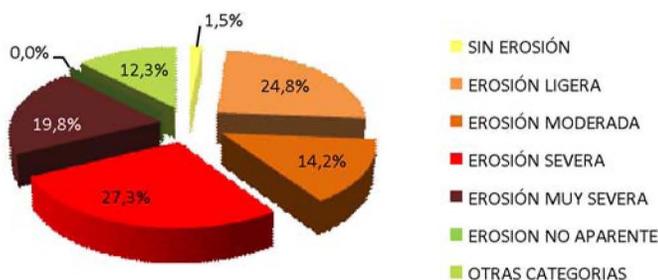


Figura 61. Erosión actual para la I Región de Tarapacá

Las comunas con mayores problemas de erosión actual son Huará y Pica (sobre el 80%), poseen grandes superficies de suelos erosionados, principalmente de erosión geológica severa y muy severa. No obstante, destaca el área de Camiña por su alto porcentaje de suelos erosionados con respecto a su superficie comunal.

El riesgo potencial (figura 62) y actual (figura 63) de erosión hídrica es moderadamente bajo (46% aprox.), por cuanto las precipitaciones medias anuales son casi nulas y la agresividad climática es baja en gran parte de la región.

Así, el 48% de la superficie, equivalente a 1,8 millones de hectáreas de la región de Tarapacá se encuentran clasificadas con riesgo entre moderado y muy severo. Dichos suelos se ubican, al igual que la región de Arica y Parinacota, en sectores de montañas y de quebradas o valles cordilleranos.

TARAPACA

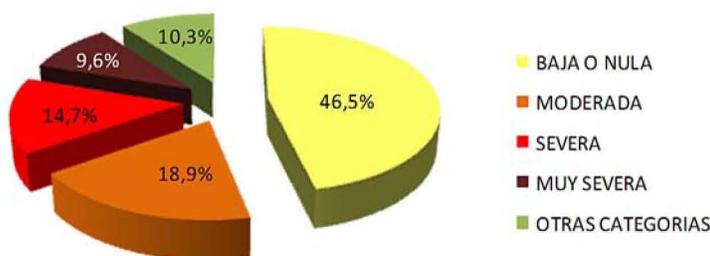


Figura 62. Riesgo de erosión potencial para la I Región de Tarapacá

Bajo los 2.300 m.s.n.m. la cobertura vegetal continúa siendo muy escasa o ausente y generalmente se compone de especies perteneciente al grupo de las suculentas y cactáceas que no ofrecen ninguna protección al suelo ante eventos de precipitación, salvo sectores puntuales dentro de pequeños valles cordilleranos y otros de origen antrópico en que se han desarrollado otros tipos de vegetación. Sobre los 2.300 m.s.n.m la cobertura del suelo aumenta considerablemente, alcanzando porcentajes superiores al 50% en el caso de las extensas cubiertas de coirón y pajonal (estepa altiplánica), aún así el efecto amortiguador es marginal. Tampoco se observó una redistribución de las categorías de erosión en términos geográficos.



TARAPACA

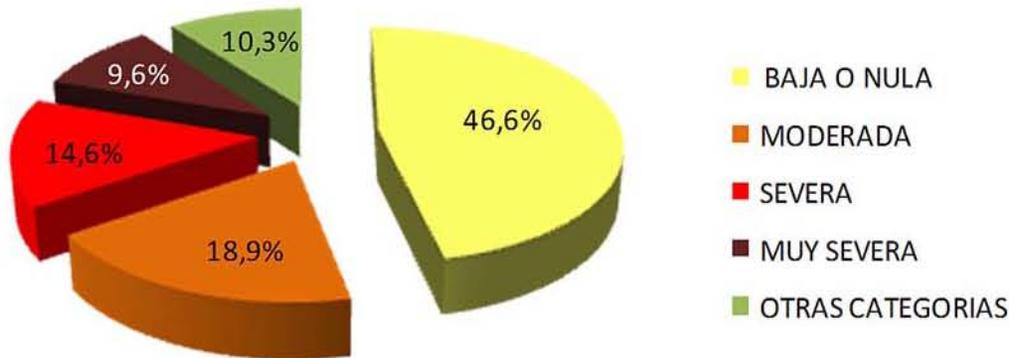


Figura 63. Riesgo de erosión actual para la I Región de Tarapacá.

Se destaca que en la provincia del Tamarugal, el 48,4% de suelos ha sido categorizado con riesgo moderado a muy severo, equivalente a 1,7 millones de hectáreas, con una predominancia de las clases "moderada" y "severa". En dicha provincia, la comuna de Huara presentó la mayor superficie bajo esta condición de fragilidad, con 529.316 hectáreas, equivalente al 30,9% del total comunal bajo las clases "moderada" y "severa".

Región de Antofagasta

Predomina el ambiente desértico y los procesos de erosión geológica o natural (sobre el 95% de la superficie regional), situación que no reviste efecto en la agricultura, ya que superficies silvoagropecuarias siguen siendo casi nulas o incipientes. Existe evidencia de erosión hídrica en los sectores altiplánicos y valles interiores, y erosión eólica y degradación química en gran parte del territorio nortino. Sectores tales como Chiu-Chiu, Lasana, Caspana, Ayquina, Toconce, Turi, Toconao, Socaire, etc., desarrollan la escasa agricultura característica de la región, posibilitada por el clima desértico de altura templado que se presenta en quebradas de ríos y pequeños valles. Una combinación de prácticas agrícolas efectuadas por las culturas predominantes, junto con técnicas de racionalización del uso del agua y cultivo de especies aptas para la zona impulsadas por organismos tales como INDAP, explican de cierta manera la categorización de estas zonas bajo clases de erosión "ligera" o "moderada" en la mayoría de estos casos.

La superficie regional con suelos erosionados alcanza los 10,2 millones de hectáreas, lo que representa un 86% de la superficie regional, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada severa y muy severa alcanza el 70,3% (figura 64).

Las comunas con mayores problemas de erosión actual son Sierra Gorda, Calama y Taltal; cada una de ellas presenta sobre el 90% de suelos erosionados (geológica preferentemente) respecto de las superficies comunales respectivas. El mayor número de hectáreas clasificadas bajo las categorías de erosión severa y muy severa se presenta en las comunas de Antofagasta y Taltal, las que en conjunto suman cerca de 2,5 millones de hectáreas, cifra que representa el 24,1% de los suelos erosionados (de tipo geológica) de la región. La distribución obtenida para las categorías de erosión "severa" y "muy severa", no sigue un patrón de localización uniforme, por cuanto se presentan en las variadas condiciones geográficas de la región, de manera transversal.

ANTOFAGASTA

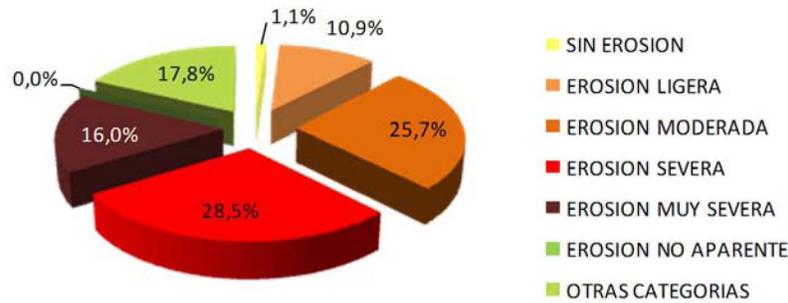


Figura 64. Erosión actual para la II Región de Antofagasta.

Por otra parte, el riesgo potencial y actual de erosión hídrica es bajo (58,5% aprox.), por cuanto las precipitaciones medias anuales son casi nulas y la agresividad climática es muy baja en gran parte de la región.

ANTOFAGASTA

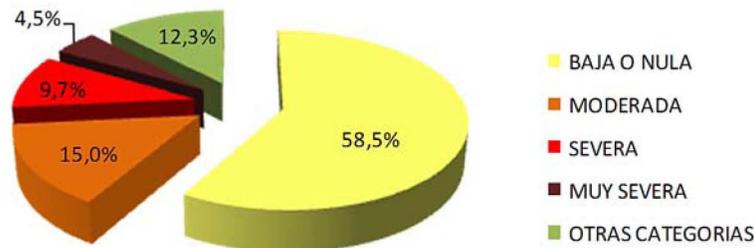


Figura 65. Riesgo de erosión potencial para la II Región de Antofagasta.

Los resultados de la aplicación del modelo de riesgo de erosión potencial indican que a nivel regional, aproximadamente 3,7 millones de hectáreas (33,3% de los suelos de la región) presentan condiciones de riesgo de erosión potencial en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase moderada (figura 65), y que está localizada en amplios sectores de la precordillera andina y valles interiores. La escasa vegetación presente en la región, compuesta fundamentalmente por estepa altiplánica y matorral muy abierto no modifica los índices de erosión ni la localización geográfica de las clases obtenidas. (figura 66).



ANTOFAGASTA

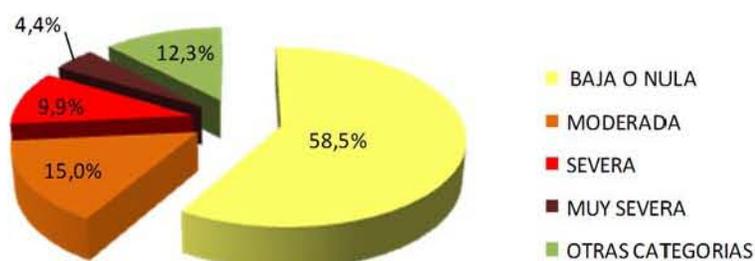


Figura 66. Riesgo de erosión actual para la II Región de Antofagasta.

La gran proporción de superficie categorizada bajo la clase baja o nula (66,7% de los suelos de la región) guarda estrecha relación con una combinación de factores topográficos (relieve planiforme) junto a un índice de agresividad climático bajo o nulo, que resultan en una escasa posibilidad de erosión del tipo hídrico.

Región de Atacama

La Región de Atacama representa la zona de transición del desierto a las regiones con mayor potencial agroproductivo. Sin embargo, predomina los procesos de erosión geológica o natural (sobre el 85% de la superficie regional), situación que no reviste efectos apreciables en la agricultura, ya que las superficies silvoagropecuarias son escasas, y están clasificadas principalmente bajo la categoría de erosión "ligera". Existe evidencia de erosión hídrica en los sectores altiplánicos y valles interiores, y erosión eólica en zonas de topografía plana y de lomajes de la tercera región.

La superficie regional con suelos erosionados supera los 4,0 millones de hectáreas, lo que representa un 53,1% de la superficie regional, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada severa y muy severa alcanza el 42,2% (figura 67).

ATACAMA

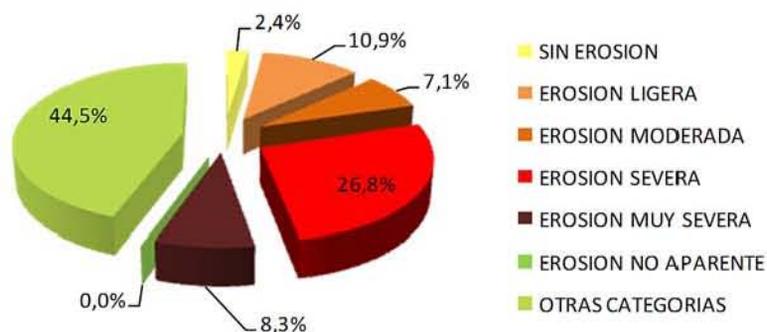


Figura 67. Erosión actual para la III Región de Atacama.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 15,7% de la superficie de la provincia de Chañaral, esto considerando un 63,7% de superficie clasificada como otros usos. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 43,3%, principalmente en los cerros costeros de la comuna de Chañaral. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 17,0 % de la superficie provincial, equivalente al 46,7% de los suelos de la provincia de Chañaral.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 37,8% de la superficie de la provincia de Copiapó, esto considerando un 41,1% de superficie clasificada como otros usos. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 64,2%, principalmente en los cerros y zonas de pendiente abrupta de las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 12,5% de la superficie provincial, equivalente al 21,2% de los suelos de la provincia de Copiapó.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 56,8% de la superficie de la provincia del Huasco, esto considerando un 24,5% de superficie clasificada como otros usos. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 75,2%, principalmente en los cerros y zonas de pendiente abrupta de las comunas de la provincia. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 9,6% de la superficie provincial, equivalente al 12,8% de los suelos de la provincia del Huasco.

Las comunas con mayores problemas de erosión actual son Vallenar (87,5%) y Freirina (74,4%). Las comunas con mayor superficie clasificada bajo las categorías de erosión "severa" y "muy severa" son Copiapó y Tierra Amarilla, las que juntas suman más de 1 millón de hectáreas bajo esta condición.

Por su parte, el riesgo actual y potencial de erosión hídrica es baja (43% aprox.), por cuanto la cantidad de las precipitaciones son casi nulas y la intensidad (agresividad climática) es baja en gran parte de la región.

En la Región de Atacama la aplicación del modelo de erosión potencial indica que a nivel regional, aproximadamente 3,0 millones de hectáreas (60,7% de los suelos de la región) presentan un índice riesgo de erosión potencial en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase muy severa. Al incorporar la cobertura vegetal de acuerdo al modelo de riesgo de erosión actual, no hay un cambio significativo en el porcentaje regional de suelos frágiles, sin embargo hay una ligera disminución de los suelos clasificados en la clase muy severa y un aumento en la clase severa (figuras 68 y 69).

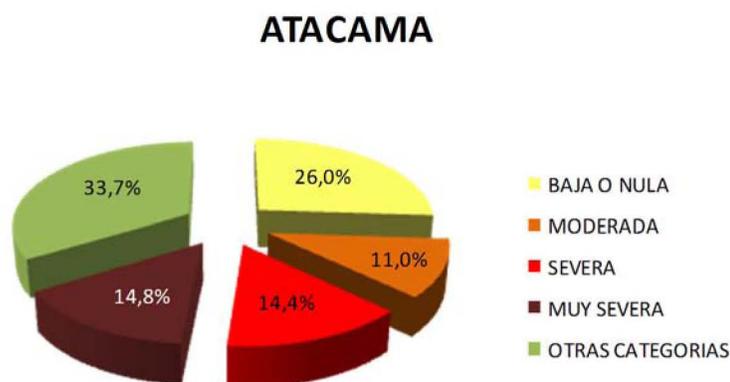


Figura 68. Riesgo de erosión potencial para la III Región de Atacama.



ATACAMA

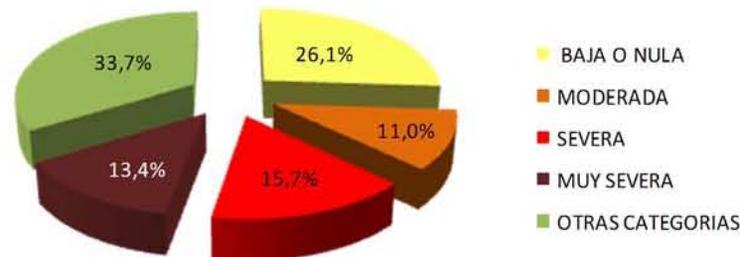


Figura 69. Riesgo de erosión actual para la III Región Atacama.

Región de Coquimbo

La región de Coquimbo presenta un alto porcentaje de superficie de suelos categorizados bajo alguna clase de erosión (84,2%), equivalente a 3,4 millones de hectáreas, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada severa y muy severa alcanza el 70,2% (figura 70). Presenta erosión con características de tipo hídrica, eólica y la formación de dunas litorales. En la cordillera de los Andes, fenómenos geológicos o naturales se constituyen como los principales causales de pérdidas de suelo. Las condiciones edafoclimáticas, la topografía abrupta de montaña y lomajes, suelos altamente erodables, vegetación semiárida y alta agresividad de las precipitaciones (5,8 a 8,9 mm/h), favorecen los procesos erosivos hídricos. Mientras que en el valle agrícola los procesos erosivos se manifiestan por malas técnicas de riego y crecidas aluvionales.

COQUIMBO

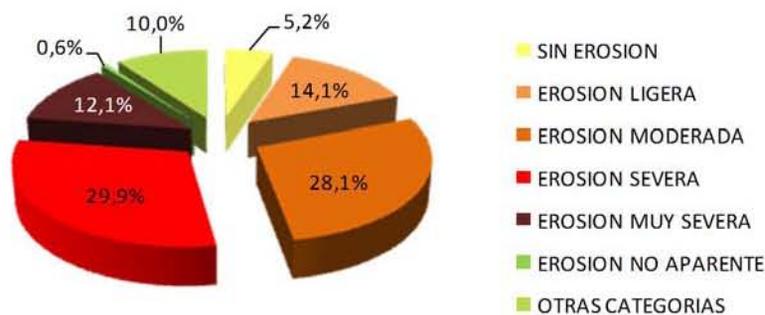


Figura 70. Erosión actual para la IV Región de Coquimbo.

En esta región comienza a evidenciarse el efecto antrópico de la degradación del suelo, a causa de la deforestación, sobrepastoreo, expansión urbana y malas prácticas silvoagrícolas. En un contexto general, la influencia de las condiciones topográficas propias de la Cordillera de Los Andes en esta región determina en una amplia proporción la superficie categorizada bajo las clases de erosión "severa" y "muy severa".

Las comunas con mayor proporción porcentual de suelos erosionados bajo alguna de sus categorías son Canela (93,8%), La Higuera (94,8%) y Punitaqui (93,8%). El mayor número de hectáreas clasificadas bajo las categorías de erosión "severa" y "muy severa" se presenta en las comunas de Vicuña y La Higuera, las que en conjunto presentan una superficie de 769.000 hectáreas bajo alguna de estas dos categorías, cifra equivalente al 20% del total de suelos erosionados (clasificados bajo cualquiera de sus clases) en la región.

Los valles agrícolas irrigados por los ríos Elqui, Limarí y Choapa presentan patrones espectrales determinantes de clases de erosión “baja o nula” o “ligera”, debido principalmente a las condiciones topográficas y el microclima característico en cada uno de ellos, factores que se constituyen como determinantes para la presencia de cubiertas vegetacionales que merman la acción de agentes erosivos.

Las comunas de Vicuña, Salamanca y Ovalle presentan el mayor número de hectáreas categorizadas bajo las clases de erosión “baja o nula” o “ligera”, constituyendo en conjunto una cifra cercana a las 590.000 hectáreas bajo las categorías mencionadas. Causa principal de lo anterior es la vasta área de influencia originada por la presencia de cursos de agua que abastecen las actividades agrícolas propias de los valles mencionados con anterioridad.

Por otra parte, las cifras indican que 3,1 millones de hectáreas tendrían una clase de riesgo actual entre moderado y muy severa (76,5%) de la superficie regional. El riesgo de erosión potencial severa y muy severa es alto (72,1%) de los suelos de la región, donde la acción humana y los indicadores de agresividad climática, y la geomorfología de cuencas afectan significativamente las características de escorrentía. El uso de información de línea base generalizada de suelos vegetación y clima, particularmente, en los sectores pre y cordilleranos reducen la precisión de la clasificación de erosión y los niveles de riesgo (figura 71).

Un aspecto que cabe destacar y señala la necesidad de poner acento en la recuperación de suelos frágiles en la región es el hecho de que, como promedio, las comunas de esta región presentan un 84% de fragilidad (entendida como suelos con limitaciones intrínseca y con riesgo de sufrir erosión superficial severa).

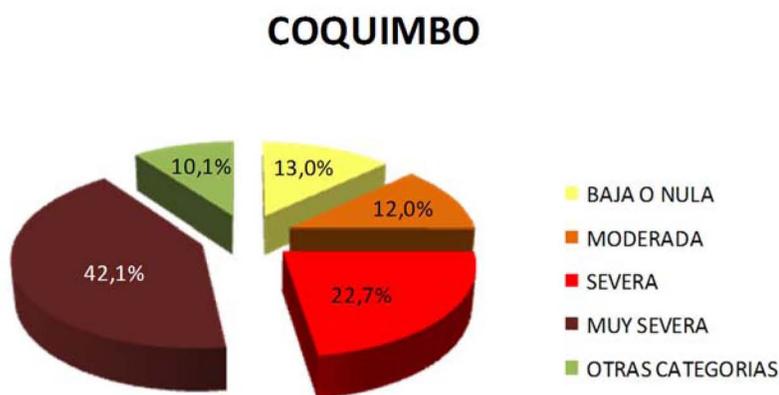


Figura 71. Riesgo de erosión potencial para la IV Región de Coquimbo.

Aunque no se detecta un cambio significativo en el porcentaje total de suelos frágiles producto de la incorporación de la cobertura actual de vegetación (disminuye desde 85,5% a 85,1%), si se evidencia una fuerte modificación en la proporción de suelos categorizados bajo las clases severa y muy severa (figura 72). La clase severa sufre un alto incremento (aumenta desde 25% a 37%) en beneficio de la disminución del porcentaje de la clase muy severa (baja desde 47% a 28%). La presencia predominante de tipos vegetacionales propios de las condiciones de nieblas costeras que penetran a través de la red de valles transversales, junto al sustancial aumento de las pendientes a lo largo de toda la región en relación a las regiones XV, I, II y III (fuerte presencia de pendientes desde 15 hasta 45% en gran parte del territorio), se vislumbran como las principales causas que – combinadas – determinan las diferencias obtenidas por la aplicación de ambos modelos.



COQUIMBO

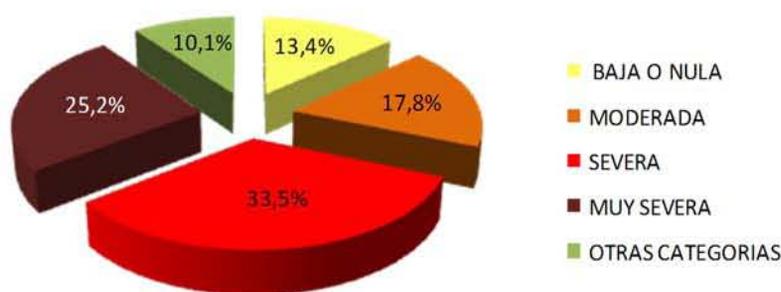


Figura 72. Riesgo de erosión actual para la IV región de Coquimbo.

Región de Valparaíso

Mientras en la zona norte del país predomina la erosión natural o geológica, a partir de esta región lo hace la erosión antrópica o acelerada. Los agentes más significativos son el hídrico, eólico en el sector costero, y en menor grado la formación de dunas litorales. En la precordillera andina se manifiesta la erosión hídrica con una fuerte influencia de las precipitaciones estacionales de alta intensidad (10,2 -17,7 mm/h). En la cordillera andina predomina la erosión natural y de tipo hídrica.

La superficie de suelos de la región de Valparaíso con algún grado de erosión es de 906.943 hectáreas (15,3% ligera; 20,3% moderada; 16,1% severa; 5,0% muy severa). La erosión no aparente, ocupa un 10,2% de la superficie regional y se encuentra concentrada en el oeste de la región, principalmente en las provincias de Valparaíso y Marga-Marga (figura 73).

VALPARAISO

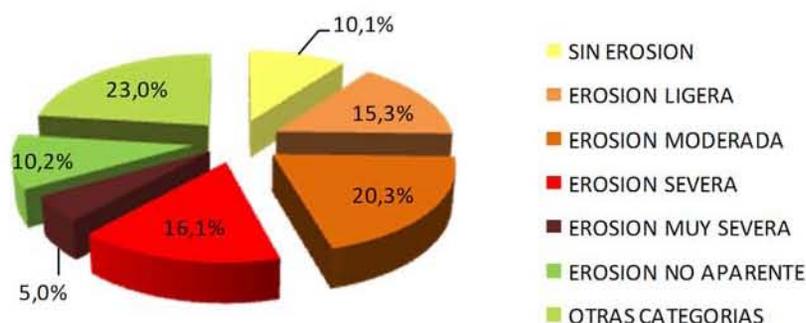


Figura 73. Erosión actual para la V Región de Valparaíso.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 27,9% de la superficie de la provincia de Los Andes, esto considerando un 49,4% de superficie clasificada como otros usos. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 55,0%, principalmente en las zonas de pendiente fuerte y suelos delgados de la Cordillera de los Andes de la provincia. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 8,5 % de la superficie provincial, equivalente al 16,8% de los suelos de la provincia de Los Andes.

132

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 20,0% de la superficie de la provincia de Marga-Marga, esto considerando un 7,5% de superficie clasificada no afecta a erosión. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 21,6%, principalmente en los cerros ubicados al oriente de la provincia de Marga-Marga. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 25,3% de la superficie provincial, equivalente al 27,4% de los suelos de la provincia de Marga-Marga.

En la provincia de Petorca las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 25,9%, considerando un 19,6% de superficie no afecta a erosión. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 32,1%, principalmente en los cerros ubicados al nororiente de la provincia de Petorca. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 23,0% de la superficie provincial, equivalente al 28,6% de los suelos de la provincia de Petorca y se ubican preferentemente al sur oriente de la provincia y en los valles agrícolas de los ríos la Ligua y Petorca.

En la provincia de Quillota las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 15,0%, considerando un 5,8% de superficie no afecta a erosión. Al comparar por superficie erosionable (suelos), el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 15,9%, principalmente en las exposiciones norte, oeste y noroeste de los cerros ubicados al oriente de la provincia de Quillota. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 39,3% de la superficie provincial, equivalente al 41,8% de los suelos de la provincia de Quillota y se ubican preferentemente en el valle agrícola del río Aconcagua.

En la provincia de San Antonio las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 8,1%, considerando un 8,2% de superficie no afecta a erosión. Al comparar por superficie erosionable (suelos), el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 8,8%, principalmente en los cerros ubicados al oriente de comuna de San Antonio. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 43,1% de la superficie provincial, equivalente al 47,0% de los suelos de la provincia de San Antonio y se ubican preferentemente al oeste en el las zonas planiformes de la provincia.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 25,3% de la superficie de la provincia de San Felipe de Aconcagua, esto considerando un 30,9% de superficie clasificada como otros usos. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 36,6%, principalmente en las zonas de pendiente fuerte de la Cordillera de los Andes de la provincia (comuna de Putaendo). Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 25,2% de la superficie provincial, equivalente al 36,4% de los suelos de la provincia de San Felipe de Aconcagua y se ubican preferentemente en el valle agrícola del río Aconcagua.

En la provincia de Valparaíso las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 7,7%, considerando un 9,5% de superficie no afecta a erosión. Al comparar por superficie erosionable (suelos), el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 8,5%, principalmente en los cerros de la comuna de Viña del Mar y Con-Con. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 36,3% de la superficie provincial, equivalente al 40,1% de los suelos de la provincia de Valparaíso y se ubican preferentemente al noroeste en el las zonas planiformes de la provincia y en el valle de Casa Blanca.

Las comunas más afectadas por erosión en la región son Calle Larga (73%), Llay-Llay (77,6%) y San Antonio (80,1%). Cabildo, Petorca y San Esteban se constituyen como las comunas con la mayor superficie de suelos erosionados bajo las categorías "severa" y "muy severa", antecedente de utilidad para concentrar los esfuerzos en el desarrollo de buenas prácticas agrícolas de conservación y mitigación, considerando la superficie destinada a la agricultura de alta rentabilidad.

En la Región de Valparaíso los resultados del modelo IREPOT indican que aproximadamente 1,1 millones de hectáreas (91,37% de los suelos de la región) tienen condiciones de fragilidad en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase muy severa (41,4% de los suelos de la región). Al incorporar la cobertura vegetal actual, el porcentaje regional de suelos con riesgo de erosión, disminuye a un 84,3%, con una notable disminución de los suelos clasificados en la clases severa y muy severa y un consiguiente aumento en la clase moderada y baja o nula (figuras 74 y 75), poniendo en evidencia el relevante efecto protector que constituye la vegetación.



Figura 74. Riesgo de erosión potencial para la V Región de Valparaíso.



Figura 75. Riesgo de erosión actual para la V Región de Valparaíso.

Región Metropolitana

En la Región Metropolitana predomina la erosión antrópica o acelerada. Los agentes más significativos son el hídrico. En la precordillera andina se manifiesta la erosión hídrica con una fuerte influencia de las precipitaciones estacionales de alta intensidad (8,6 - 11,2 mm/h). En la cordillera andina (donde predomina la erosión natural) la erosión principal es erosión hídrica.

La superficie de suelos erosionados de la Región Metropolitana es de 683.047 hectáreas, lo que representa un 44,3% de la superficie regional. Su distribución porcentual por categoría está representada como: 6,1% ligera; 12,3% moderada; 13,9% severa; 12,1% muy severa (figura 76). Las comunas más afectadas por erosión son Alhué (70,1%), Colina (66,5%) y Lo Barnechea (66,3%). Paralelamente, las dos últimas comunas mencionadas, junto a Lo Barnechea presentan la mayor cantidad de superficie categorizada bajo las categorías de erosión "severa" y "muy severa". Solamente estas comunas suman en conjunto – bajo las categorías de erosión antes mencionadas – una superficie superior a las 250.000 hectáreas, lo que representa el 13% de la superficie total regional. La erosión no aparente, ocupa un 4,4% de la superficie regional y se encuentra concentrada en una especie de anillo perimetral entorno al Gran Santiago.

METROPOLITANA DE SANTIAGO

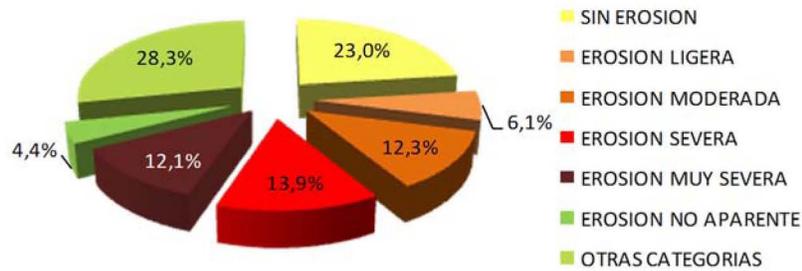


Figura 76. Erosión actual para la Región Metropolitana.

En la Región Metropolitana la aplicación del modelo de erosión potencial IREPOT indica que aproximadamente 815 mil hectáreas (76,1% de los suelos de la región) tienen condiciones de fragilidad en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase muy severa (43,4% de los suelos de la región). Al incorporar la cobertura vegetal de acuerdo al modelo de riesgo de erosión actual, el porcentaje regional de suelos frágiles, disminuye a un 72,9% (figuras 77 y 78).

METROPOLITANA DE SANTIAGO

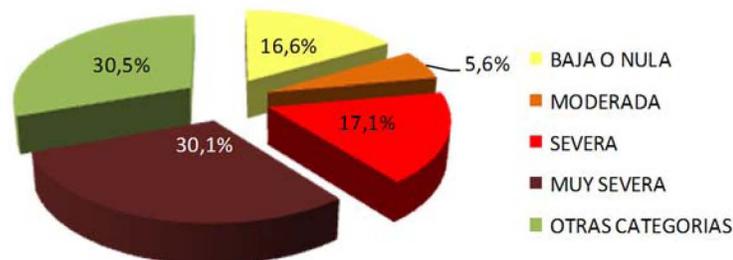


Figura 77. Riesgo de erosión potencial para la Región Metropolitana.



METROPOLITANA DE SANTIAGO

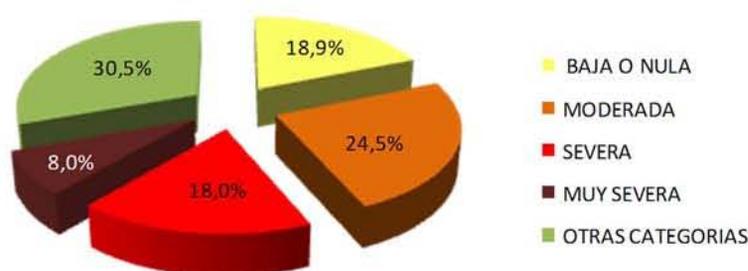


Figura 78. Riesgo de erosión actual para la Región Metropolitana.

Región del Libertador Bernardo O'Higgins

Es posible distinguir con mayor nitidez la influencia de las cuatro franjas longitudinales tradicionales del relieve chileno sobre la distribución geográfica de las clases de erosión determinadas. En la precordillera andina se manifiesta la erosión hídrica con una fuerte influencia de las intensas precipitaciones invernales de alta intensidad (11,4 – 12,5 mm/h), mientras que en la cordillera andina existe un efecto más marcado de erosión geológica e hídrica.

La superficie de suelos erosionados (desde la clase ligera a muy severa) de la Región de O'Higgins es de 861.183 hectáreas, lo que representa un 52,5% de la superficie total regional (figura 79). Estos altos niveles constituyen una situación preocupante, debido a las crecientes tasas de deforestación y cambio de uso del suelo, que requieren de la ejecución de planes de conservación de aguas y suelos. Pese a lo anterior, los suelos erosionados del territorio regional se caracterizan por el predominio de la clase de erosión "moderada" (52,6% de los suelos erosionados de la región), hecho que resalta la factibilidad de que en el corto y mediano plazo sean aplicados los planes de conservación antes mencionados, con resultados satisfactorios.

O'HIGGINS

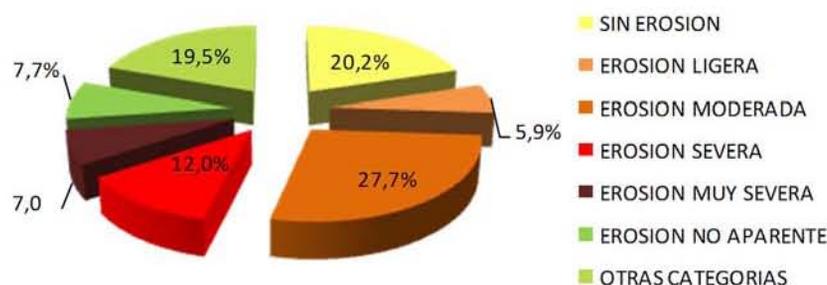


Figura 79. Erosión actual VI Región de O'Higgins.

En tanto, las comunas de Machalí y San Fernando presentan la mayor superficie de suelos categorizados bajo las clases de erosión "severa" y "muy severa", constituyendo entre ambas una cantidad superior a las 130.000 hectáreas. La mayor proporción porcentual de suelos categorizados bajo la clase "severa" y "muy severa" con respecto al total comunal, se presenta en las comunas

de Navidad y Paredones (31% y 27,8% del total de superficie de la comuna, respectivamente). Los esfuerzos de protección en esta región debiese concentrarse en zonas ligadas a la actividad forestal, principalmente en cuencas del secano costero, donde el efecto de la deforestación es una tendencia marcada en vastas zonas de lomajes de la VI Región.

Las comunas de San Fernando, Pichilemu y Paredones presentan el mayor número de hectáreas clasificadas como "erosión no aparente". En el caso de San Fernando, el gran porcentaje de superficie categorizado bajo esta clase de erosión fue determinado por la presencia de bosque caducifolio, de los tipos mediterráneo andino y transicional, en vastas zonas de topografía abrupta. Gran parte del sector forestal correspondiente a las comunas de Navidad y Paredones, adquieren la categoría de erosión "no aparente" por la presencia de bosque esclerófilo mediterráneo costero y las plantaciones exóticas de pinos y eucaliptos.

Lolol y San Fernando presentan – a nivel comunal – la mayor cantidad de hectáreas categorizadas bajo clases de erosión "baja o nula" o "ligera" (cualquiera de ellas), con cerca de 70.000 hectáreas (entre ambas) bajo un relativo control de las tasas de degradación de suelos. Aislando únicamente la clase "sin erosión", destacan las comunas de Chimbarongo, San Vicente y Las Cabras, caracterizadas por la presencia de amplios valles agrícolas, cuyas características topográficas y abundante cubierta vegetal se constituyen como factores de freno para los procesos de erosión acelerada.

En cuanto a los resultados del modelo IREPOT, aproximadamente 1,15 millones de hectáreas (80% de los suelos de la región) presentan un riesgo de erosión potencial ente moderado y muy severo (figura 80). La vegetación actual en el modelo de riesgo de erosión actual, aporta como principal rasgo distintivo la fuerte disminución en los porcentajes categorizados con clases "severa" y "muy severa" que adquieren la clase de erosión "moderada", situación ocurrida en un porcentaje superior al 30% de los suelos de la región (figura 81). La mayor proporción de suelos categorizados bajo la clase de erosión "muy severa", se presenta en la Cordillera de Los Andes. En este caso, el agente erosivo predominante es el geológico y glacial, debido a procesos tales como solevantamiento terciario, volcanismo cuaternario y glaciaciones que colaboraron en profundizar los valles. En el caso de la Depresión Intermedia, la clase de erosión "baja o nula" dada por el modelo de riesgo de erosión potencial, ocupa gran parte de este sector, y su localización está fuertemente influenciada por la forma de cono que esta franja del relieve presenta al sur de Angostura de Pelequén. La Cordillera de la Costa incluye la mayor proporción de suelos con la clase "moderada" y "severa", hecho atribuible fundamentalmente a las pendientes moderadamente inclinadas que caracterizan a dicho sector, así como al efecto minimizador del impacto de la gota de lluvia generado por la cobertura vegetal, compuesta fundamentalmente por espinal mediterráneo costero y bosque esclerófilo mediterráneo costero.

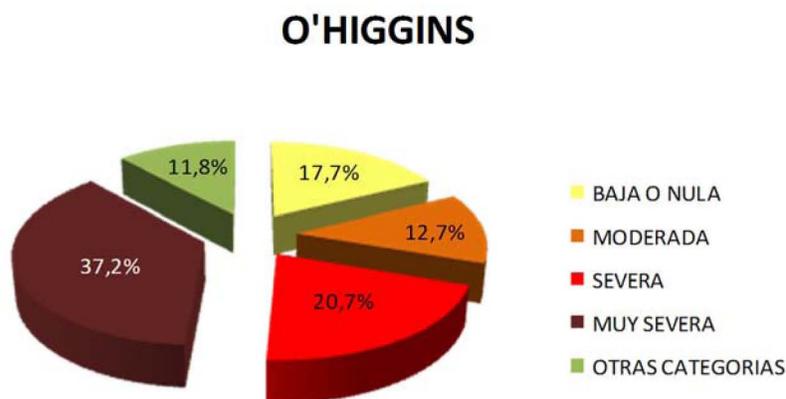


Figura 80. Riesgo de erosión potencial VI Región de O`Higgins.



O'HIGGINS

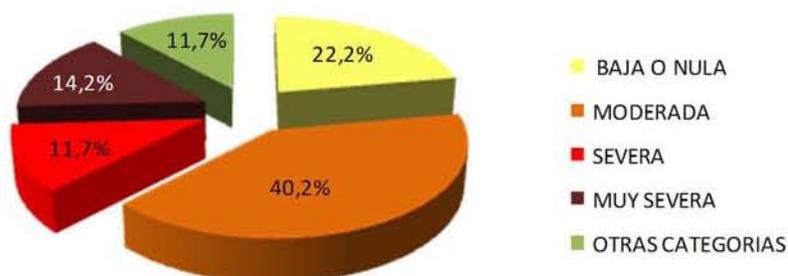


Figura 81. Riesgo de erosión actual para la VI Región de O'Higgins.

En este contexto, la cartografía de riesgos de erosión, obtenida mediante el análisis integrados de base datos de suelos, vegetación topografía y clima, indica que las comunas de Navidad y Paredones representan las comunas con altos índices de riesgos de erosión actual y potencial, donde la alta agresividad climática que enfrentan las exposiciones norte, sumado a que históricamente han sido cultivadas, ahora exhiben los mayores riesgos de degradación por erosión.

Región del Maule

Los resultados obtenidos para la región reflejan que la distribución geográfica de las clases de erosión detectadas, mantiene una tendencia similar a la manifestada en la región de O'Higgins. Los principales agentes erosivos son el factor hídrico con precipitaciones invernales intensas en mm/h (Los Queñes (15,5); Potrero Grande (15,7); Penciahue (10,23); Talca (9,15); Melozal (10,18); Embalse Ancoa (16,5); Parral (12,12); Embalse Digua (16,8); Embalse Bullileo (16,44); San Manuel (14,4) en gran parte del territorio regional y el factor eólico en los sectores costeros. En la precordillera andina se manifiesta la erosión hídrica con una fuerte influencia de las precipitaciones estacionales de alta intensidad (agresividad climática alta y muy alta), mientras que en la cordillera andina existiría un efecto combinado de erosión hídrica y geológica.

La superficie regional con suelos erosionados supera los 1,4 millones de hectáreas, lo que representa un 48,7% de la superficie regional, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada severa y muy severa alcanza el 37,2% (figura 82).

MAULE

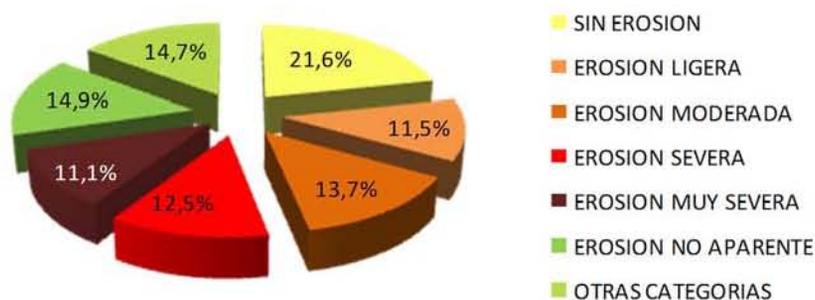


Figura 82. Erosión actual para la VII Región del Maule.

Las comunas con mayores problemas de erosión son Cauquenes (83,8%), Curepto (75,4%), Hualañé (81,3%) y Vichuquén (75,4%). No obstante, la mayor superficie categorizada bajo las clases de erosión “severa” y “muy severa” se encuentra en Colbún, San Clemente, Romeral y Cauquenes, las cuales suman en conjunto – y bajo estas categorías – una superficie cercana a las 400.000 hectáreas, es decir, más del 10% de la superficie regional total.

En términos generales, la clase de erosión “no aparente” fue determinada para la gran mayoría de los bosques precordilleranos de la región, así como en cuencas del secano costero. Las comunas de Constitución, Parral y San Clemente presentan el mayor número de hectáreas clasificadas como “erosión no aparente”. En el caso de Constitución, el gran porcentaje de superficie categorizado bajo esta clase de erosión fue determinado por la presencia de bosque caducifolio mediterráneo costero y plantaciones forestales. Gran parte del sector forestal correspondiente a las comunas de Parral y San Clemente, adquieren la categoría de erosión “no aparente” por la presencia de bosque caducifolio mediterráneo andino y bosque mediterráneo caducifolio transicional.

Los resultados del modelo IREPOT (figura 83) muestran que 1,95 millones de hectáreas (75,7% de los suelos de la región) presentan un riesgo de erosión potencial entre moderado y muy severo, con predominancia de la clase muy severa (36,6% de los suelos frágiles de la región). La mayor superficie clasificada con riesgo “muy severo” se localiza en los faldeos de la Cordillera de Los Andes, cuya topografía originada por la acción glacial determinó la presencia de pendientes con inclinaciones superiores a 30%. Por otra parte, la clase de riesgo “severo” se presenta con mayor notoriedad en la cordillera de la costa, principalmente en las provincias de Curicó y Talca. Gran parte del secano costero de la región, junto con faldeos orientales de la Cordillera de la Costa (cerros de la asociación de suelos Cauquenes y Alto Colorado), agrupan a la mayor proporción de superficie regional clasificada bajo riesgo de fragilidad “moderado”. En este caso, la presencia de colinas suaves, con pendientes en el rango entre 8 y 15%, han favorecido la merma en la magnitud de la erosión hídrica. En el caso de la Depresión Intermedia, casi la totalidad del valle agrícola ha resultado ser clasificado con riesgo “bajo o nulo”.

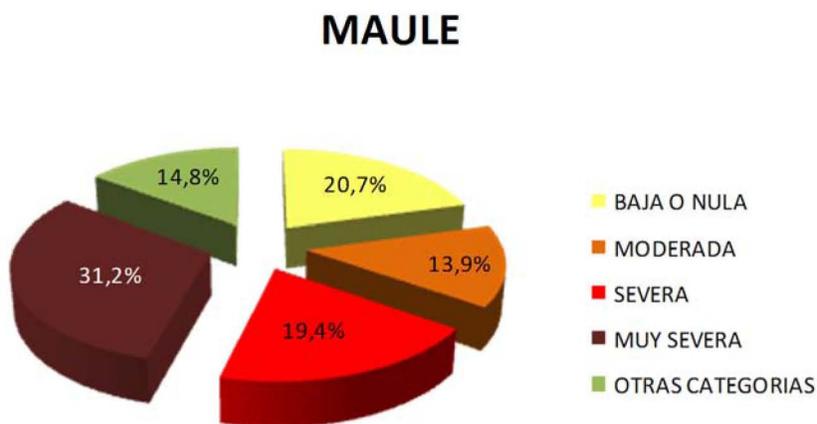


Figura 83. Riesgo de erosión potencial para la VII Región del Maule.

Los resultados del modelo IREPOT indican que los suelos de la región del Maule tienen mayoritariamente un riesgo de erosión actual moderado (exceptuando los sectores de secano costero e interior, como Hualañé, Curepto y Penciahue). Esta situación cambiaría a severo si las condiciones de cambio de uso de suelos, las malas prácticas agrícolas y forestales y deforestación, no se revierten con planes de conservación de suelos (figura 84).



MAULE

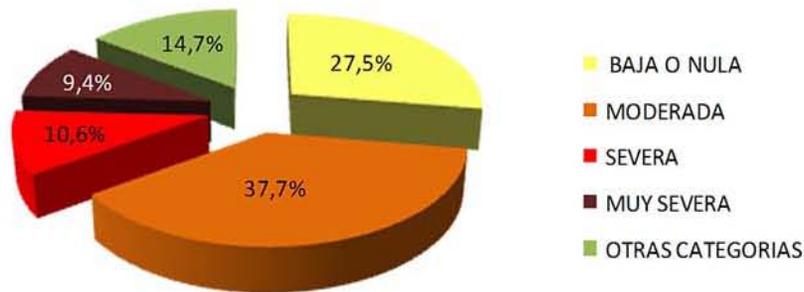


Figura 84. Riesgo de erosión actual para la VII Región del Maule.

Región del Bío Bío

Una parte significativa de la superficie afecta a erosión obedece a una fuerte influencia antrópica (secano costero e interior), así como a erosión de tipo geológica registrada en la Cordillera de los Andes. Los agentes aceleradores evidenciados en estas zonas están constituidos por la deforestación (tala de bosques), el cambio de uso del suelo relacionado con la actividad agrícola, las quemadas e incendios forestales.

Pese a que la distribución de clases detectadas para la región mantiene una localización definida por las franjas longitudinales propias del relieve (similares a las relieve de las regiones VI y VII), se evidencia un importante aumento en la superficie categorizada bajo la clase de erosión no aparente, propia de un aumento de la cobertura boscosa. Dicha categoría significa en términos de superficie una cifra cercana al millón y medio de hectáreas, lo que en términos porcentuales equivale al 38,9% de la superficie regional.

La superficie regional con suelos erosionados supera los 1,18 millones de hectáreas, lo que representa un 31,9% de la superficie regional, mientras que la superficie con suelos con erosión moderada, severa y muy severa alcanza el 21,3% (figura 85).

BIO BÍO

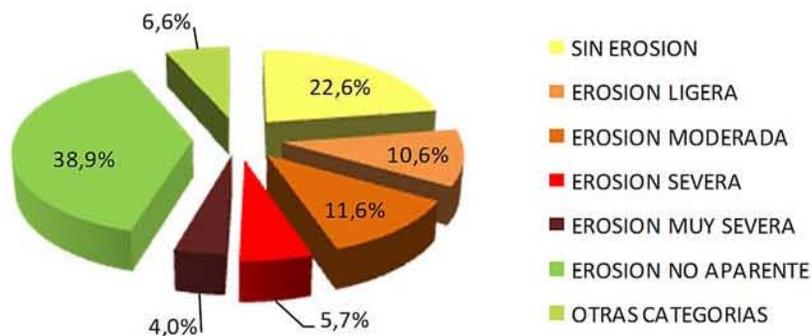


Figura 85. Erosión actual para la VIII Región del Bío-Bío

Sectores aptos para la actividad agrícola y/o forestal han sido clasificados fundamentalmente bajo las clases de erosión ligera y moderada. Esto se explica en gran parte por el hecho de ser una zona definida como “transición” entre un clima templado mediterráneo cálido y un clima templado húmedo o lluvioso (14,7 – 16,8 mm/h). Estas condiciones permiten el desarrollo de una vegetación muy particular y diferente a la de las otras regiones, lo que se traduce en una mayor protección del suelo.

El análisis comunal de los resultados muestra que Pinto, San Fabián, Antuco y Alto Biobío, cuyo agente erosivo principal es el geológico y glacial, se constituyen como las comunas con la mayor en cantidad de hectáreas categorizadas bajo clases “severa” y “muy severa”. Suman en conjunto una cifra superior a las 180.000 hectáreas, representando el 52,2% de la superficie regional clasificada bajo alguna de estas dos clases. Las comunas con graves problemas de erosión de antrópica tipo hídrica se encuentran en el secano costero e interior de la región; Quirihue, Coelemu, Treguaco, Florida, Yumbel y Ninhue.

Los resultados de la aplicación del modelo de riesgo de erosión potencial (figura 86) indican que a nivel regional, aproximadamente 2,5 millones de hectáreas (71,4% de los suelos de la región) presentan un riesgo de erosión potencial entre moderado y muy severo, con predominancia de la clase muy severa (31,8% de los suelos de la región). Al igual que en el caso de la región del Maule, la mayor superficie clasificada con riesgo “muy severo” se localiza en los faldeos de la Cordillera de Los Andes, cuya topografía originada por la acción glacial determinó la presencia de pendientes con inclinaciones superiores a 30%. Por otra parte, la clase de riesgo “severo” se presenta con mayor notoriedad en la cordillera de la costa, principalmente en el sector de esta franja conocido como Cordillera de Nahuelbuta, específicamente en las comunas de Hualqui, Curanilahue, Santa Juana y Nacimiento. Gran parte de las cuencas del secano costero de la región, junto con faldeos precordilleranos y el sector comprendido entre la cordillera de Nahuelbuta y las Planicies Litorales (comunas de Arauco, Lebu, Los Álamos) agrupan a la mayor proporción del territorio regional categorizado con riesgo “moderado”.

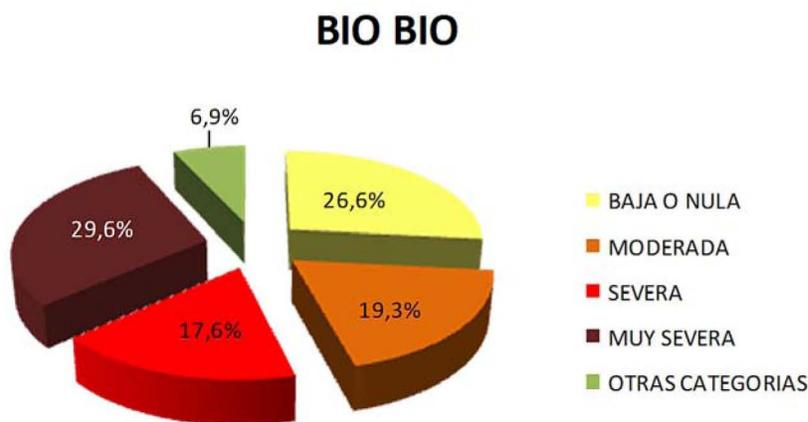


Figura 86. Riesgo de erosión potencial para la VIII Región del Bío-Bío

La presencia de extensas zonas boscosas provocan una disminución porcentual del total de suelos frágiles (figura 87), y obedece fundamentalmente a la modificación de clases de riesgo ocurrida en cuencas pre-cordilleranas y cordilleranas, donde suelos categorizados con riesgo “moderado” adquieren la clase “baja o nula”, situación cuya causa principal es la presencia de bosque caducifolio mediterráneo andino en la precordillera, y bosque laurifolio valdiviano templado propio del sector de Nahuelbuta.



BIO BIO

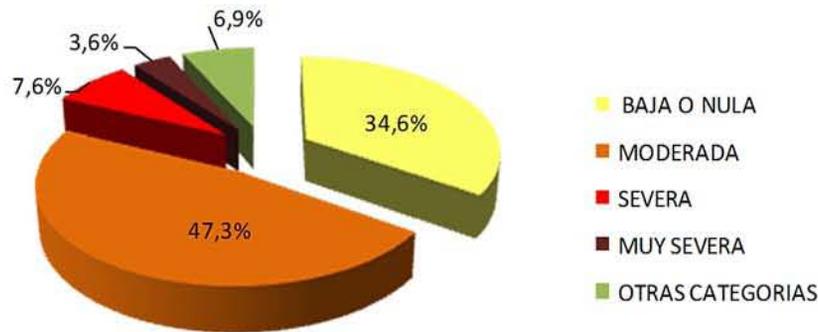


Figura 87. Riesgo de erosión actual para la VIII Región del Bío-Bío

Región de la Araucanía

La superficie de suelos erosionados en la región de La Araucanía alcanza a 911.101 hectáreas, lo que representa un 28,6% de la superficie regional (figura 88). Los principales agentes erosivos son hídricos (casi toda la región) y eólicos en el sector costero. En la Cordillera de los Andes (sobre los 1.200 msnm) predomina la erosión natural de tipo hídrica. La erosión severa y muy severa varía en torno al 12% a nivel de superficie regional, pero en cuencas de la Cordillera de la Costa el efecto antropogénico es el origen acelerador de la pérdida de suelos. La disminución de la erosión severa y muy severa, en relación con las regiones más septentrionales, se debe al aumento de la cobertura boscosa (29,6%), lo que se traduce en una mayor protección del suelo contra lluvias intensas (11,4 – 12,1 mm/h) y a la vez aumenta la resistencia a la dispersión por los mayores niveles de materia orgánica del suelo.

LA ARAUCANIA

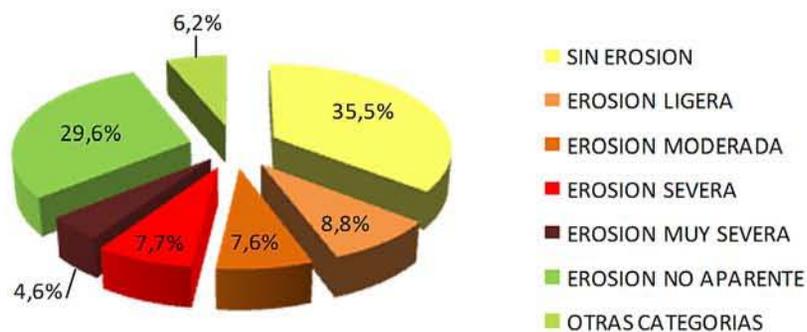


Figura 88. Erosión actual para la IX Región de La Araucanía.

En la provincia de Malleco las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 19,2%, considerando un 4,4% de superficie no afecta a erosión. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 20,1%, principalmente en ambas cordilleras de la provincia de Malleco (comunas de Lonquimay, Los Sauces y Lumaco). Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 40,0% de la superficie provincial, equivalente al 41,9% de los suelos de la provincia de Malleco y se ubican preferentemente en los valles agrícola de la provincia (comunas de Victoria y Ercilla). Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 7,1% de la superficie de la provincia de Cautín, esto considerando un 7,6% de superficie no afecta a erosión. Al comparar entre superficie afecta a erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 7,7%, principalmente en la Cordillera de Nahuelbuta (comunas de Puerto Saavedra, Carahue y Galvarino).

Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 47,5% de la superficie provincial, equivalente al 51,3% de los suelos de la provincia de Cautín, principalmente concentrado en los suelos agrícolas de la provincia.

Las comunas de la región de La Araucanía que presentan un mayor grado de erosión son Purén (64,3%), Lonquimay (61,4%) y Puerto Saavedra (56,6%). Las comunas que tienen la mayor superficie categorizada bajo las clases de erosión "severa" y "muy severa" corresponden a Lonquimay, Los Sauces y Lumaco, las cuales en conjunto suman alrededor de 200.000 hectáreas de la superficie regional.

En la Región de La Araucanía, el modelo de erosión IREPOT indica que aproximadamente 2,0 millones de hectáreas (69,3% de los suelos de la región) tienen un índice de riesgo de erosión potencial entre moderado y muy severo, con predominancia de la clase muy severa (29,4% de los suelos de la región). Al incorporar la cobertura vegetal de acuerdo al modelo de riesgo de erosión actual, el porcentaje regional de suelos frágiles, disminuye a un 46,6%, con una notable disminución de los suelos clasificados en la clases muy severa y un aumento en la clase moderada y baja o nula (figuras 89 y 90), poniendo en evidencia el relevante efecto protector de la vegetación, en especial de boque nativo y plantaciones de especies exóticas, en la Región de La Araucanía.

LA ARAUCANIA

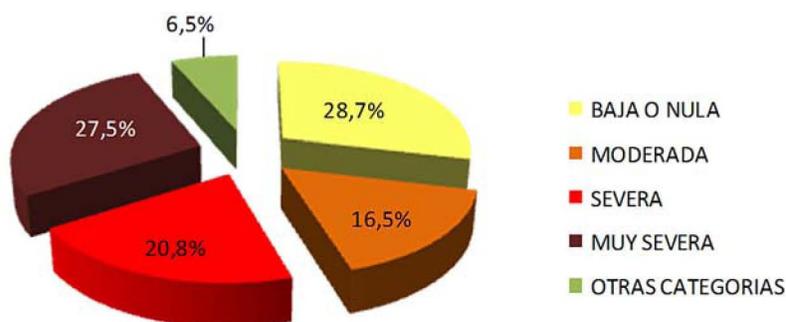


Figura 89. Riesgo de erosión potencial para la IX Región de La Araucanía.

LA ARAUCANIA

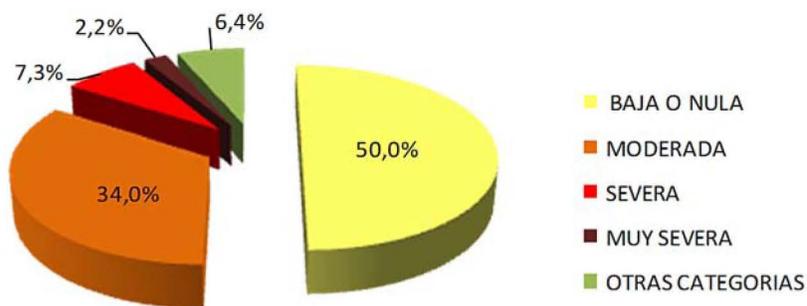


Figura 90. Riesgo de erosión actual para la IX Región de La Araucanía.



Región de Los Ríos

La superficie total de la región de Los Ríos corresponde a 1,8 millones de hectáreas, de las cuales un 90% se encuentra bajo alguna categoría de erosión, el 10% restante corresponde a otras categorías (figura 91). El principal tipo de erosión que afecta a la región hace referencia al factor hídrico. En esta región las precipitaciones dentro del área centro occidental, incluyendo parte de la cordillera andina, y sectores ubicados a sotavento de la cordillera de la costa, pueden alcanzar los 2.500 a 2.600 mm al año, presentando una alta agresividad; mientras que en los sectores cordilleranos, sobre los 500 m.s.n.m. las precipitaciones pueden ascender hasta los 4000 mm anuales, gran parte de esta presentándose en forma de nieve. En este sentido, en el sector de la Cordillera de los Andes, el origen de la pérdida de suelo corresponde a procesos geológicos o naturales. Las condiciones edafoclimáticas favorecen los procesos erosivos de tipo glacial e hídrico. Los suelos de esta unidad, principalmente de origen volcánico (Andisoles), son profundos a ligeramente profundos, con moderada a rápida permeabilidad. No obstante, presentan una topografía compleja de montañas y cerros, que sumado a la agresividad climática hacen a esta unidad altamente susceptible a la erosión. Si bien, el principal agente erosivo en la región lo constituye la agresividad de la lluvia, en estas zonas cordilleranas cobra importancia el factor glacial.



Figura 91. Erosión actual para la XIV Región de Los Ríos.

Continuando en dirección a la costa, en los sectores precordilleranos los suelos, también de origen volcánico, ocupan posiciones de cerros y lomajes presentando débil desarrollo de perfil y profundidades en el rango moderado. Dichas características, sumado a una continua y alta intensidad en las precipitaciones, confiere al sistema una alta susceptibilidad a erosionarse. Dentro de la depresión intermedia se combinan los sectores de topografía plana de las terrazas aluviales con sectores de lomajes de mayor pendiente. Dentro de esta unidad es posible discriminar diferentes tipos de suelos, entre ellos ñadis, molisoles, rojo arcilloso, etc. Tanto en la depresión intermedia como en sectores cercanos de la Precordillera de los Andes se hace predominante la erosión antrópica o acelerada, manifestándose principalmente debido a malas prácticas agrícolas y forestales. No obstante, los resultados muestran bajos niveles de erosión en las categorías "severa" y "muy severa", dada la amplia y densa cobertura vegetal (bosque nativo y plantaciones) que cubren gran parte de los sectores más vulnerables de la región.

La superficie de suelos afectada por algún grado de erosión en la Región de Los Ríos corresponde a 545.293 hectáreas, lo que representa el 29,7% de la superficie total regional.

Su distribución porcentual por categoría está representada como: 14,3% ligera; 10,8% moderada; 4,3% severa; 0,3% muy severa. La erosión no aparente, ocupa un 37,4% de la superficie regional y cubre gran parte de la Cordillera de Costa y de la Cordillera de los Andes. Esto explicaría en gran medida los bajos valores de erosión severa y muy severa que podrían suponerse en la región dado que presenta paisajes de topografía abrupta. Los suelos con categorías de erosión ligera y sin erosión representan

el 37,5% del total de la superficie regional y el 41,5%. Dichos suelos se encuentran generalmente bajo un uso actual de praderas permanentes que protege al suelo de la dispersión de partículas y su posterior arrastre por escurrimiento.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 4,9% de la superficie de la provincia de Ranco, concentradas principalmente en las zonas de pendiente fuerte de la Cordillera de los Andes y en áreas de uso agroforestal en procesos de cosecha, replantación o malamente adaptados para cultivos que requieran labranza ubicados en la Cordillera de la Costa, esto considerando un 12,1% de la superficie clasificada como otras categorías. Al comparar entre superficie afecta a alguna categoría de erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 5,5%. Los suelos sin erosión y con erosión ligera alcanzan el 38,4% de la superficie provincial, presentando un aumento del 5,3% al considerar sólo la superficie afecta a categorías de erosión.

Las clases de erosión severa y muy severa alcanzan un 4,5% de la superficie de la provincia de Valdivia. Dichas categorías se concentran en sectores puntuales de la Cordillera de los Andes, donde no existe una cobertura vegetal densa o semidensa y en sectores de la Cordillera de la Costa donde el suelo se encuentra en la actualidad con una escasa cobertura vegetal. Al comparar entre superficie afecta a alguna categoría de erosión, el porcentaje de erosión severa y muy severa asciende a un 4,8%. Los suelos categorizados sin erosión y erosión ligera alcanzan el 36,8% de la superficie provincial, equivalente al 39,8% de la superficie al considerar los suelos clasificados con alguna clase de erosión.

Dentro de la provincia de Ranco, las comunas más afectadas por erosión son Futrono con un 30,5% y Lago Ranco con un 26,7%, siendo las comunas de La Unión y Lago Ranco las que concentran los porcentajes más alto de erosión "severa" 4,5% y 7,2% respectivamente. Al considerar sólo la superficie de suelo afecta a alguna categoría de erosión estos porcentajes aumentan ligeramente, comuna de La Unión (4,7%) y Lago Ranco (9,8%).

En la provincia de Valdivia las comunas más afectadas, presentan cerca del 40% de su superficie con algún grado de erosión. La comuna de Panguipulli (40,1%), Lanco (38,9%), Corral (36,7%), Los Lagos (33,9%) y Mariquina (30,8%) se encuentran dentro de esta condición, sumando un total de 208.968 hectáreas. Así mismo, las comunas de Corral (5,8%), Mafil (5,0%) y Panguipulli (4,8%) concentran los valores más altos de erosión "severa", equivalentes a 22.955 hectáreas. Tanto la comuna de Corral como Panguipulli presentan un ligero aumento al considerar sólo la superficie afecta a alguna categoría de erosión 6,0% y 5,6% respectivamente.

Cabe destacar que a nivel regional los porcentajes de erosión "muy severa" no superan el 0,5%, mientras que a nivel comunal estos no alcanzan el 2%, siendo la comuna de Corral (1,9%), perteneciente a la provincia de Valdivia, la que presenta el porcentaje más alto en esta categoría.

En cuanto a los resultados del modelo IREPOT, la mayor parte de la región el principal agente erosivo lo constituye la precipitación y sólo en sectores alto Andinos cobra importancia el efecto glacial, en donde además predomina la erosión geológica o natural. El 79,5% de la superficie perteneciente a la región de Los Ríos se encuentra clasificada con riesgo de erosión potencial moderado, severo y/o muy severo (figura 92). Sin embargo, al considerar la cobertura vegetal actual del suelo este porcentaje disminuye a 43,7%, equivalente a 725.579 hectáreas, de las cuales sólo el 6,7% responde a la condición "severa" y "muy severa" (figura 93).



LOS RIOS

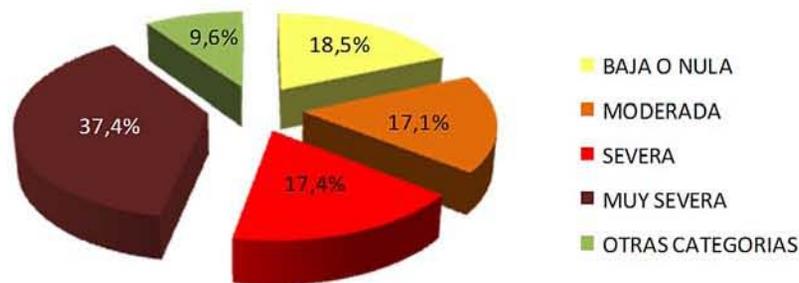


Figura 92. Riesgo de erosión potencial para la XIV Región de Los Ríos.

LOS RIOS

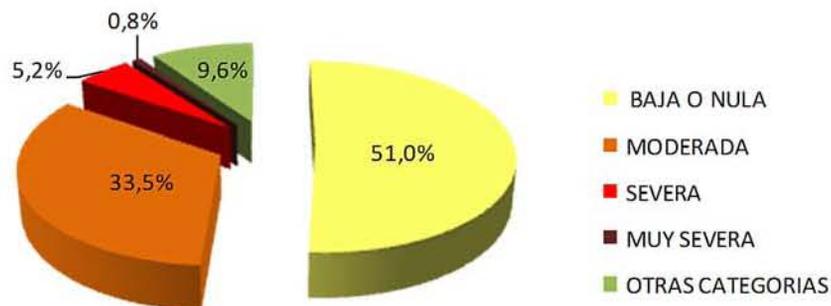


Figura 93. Riesgo de erosión actual para la XIV Región de Los Ríos.

De las 718.869 hectáreas potencialmente afectadas la de la provincia de Ranco por algún grado de erosión, el 77,2% de esta se encuentra clasificada dentro de la categoría de suelos frágiles, cuyos niveles más altos de erosión, severa (15,6%) y muy severa (43,5%) se encuentran cubriendo, casi completamente, ambas cordilleras. El 18,1% restante de la categoría frágil lo constituye la clase de erosión "moderada" que se extiende desde los sectores precordilleranos de la Cordillera de los Andes y desde sectores ubicados a sotavento de la Cordillera de la Costa hacia la depresión intermedia. Solo el 22,8% de la superficie corresponde a erosión "ligera" ocupando gran parte de la depresión intermedia, zona preferentemente agrícola. El porcentaje de suelos frágiles en la provincia presenta una fuerte disminución al considerar la protección que ofrece actualmente la cobertura vegetal alcanzando un solo un 39,8%. En esta provincia destaca la comuna de Lago Ranco con un 91,2% de superficie en categoría de suelos frágiles, dentro de la cual el 63,9% se encuentra constituido por erosión potencial "muy severa". No obstante, el porcentaje de fragilidad de los suelos disminuye significativamente en una 51,8% al considerar la cobertura actual del suelo.

La provincia de Valdivia ubicada al norte de la región, ocupa una superficie de 1,01 millón de hectáreas, equivalente al 55,4% del total regional. De este total sólo el 92,5%, equivalente a 942.555 hectáreas, se encuentran expuestas a algún grado de erosión, de las cuales el 81,3% ha sido clasificado en el rango de erosión potencial "moderada" a "muy severa", siendo la clase "muy severa" la que presenta el mayor porcentaje (39,7%). Al incorporar la vegetación actual al análisis, el porcentaje de suelos frágiles disminuye en un 34,7%, lo cual es explicado generalmente por la densa cobertura de bosque nativo, las extensas plantaciones y la presencia de praderas perennes que cubre el suelo la mayor parte del tiempo. Las comunas que presentan los valores más altos de fragilidad corresponden a las comunas de Corral (99,9%) y Panguipulli (97,1%), ambas concentran a su vez los valores

más altos de erosión potencial en la categoría "muy severa" 53,3% y 64,2% respectivamente, lo cual hace de estas comunas las más vulnerables. Esto puede ser explicado, ya que, en el caso de la comuna de Corral gran parte de su superficie se encuentra sobre la Cordillera de la Costa cuya topografía es compleja y accidentada, del mismo modo, la Comuna de Panguipulli se encuentra ocupando parte de la precordillera y cordillera andina. No obstante, la inclusión de la cobertura vegetal actual influye significativamente el potencial de erosión, en el caso de la comuna de Corral el porcentaje disminuye a 63,3% y 39,6% en la comuna de Panguipulli.

Región de Los Lagos

La superficie total de la región de Los Lagos corresponde a 4,84 millones de hectáreas, de las cuales un 84,1% se encuentra bajo alguna categoría de erosión, el 15,9% restante corresponde a otras categorías (figura 94). Dentro del área centro occidental de esta región hasta el canal de Chacao, incluyendo la parte oriental de la isla de Chiloé e inclusive parte de la Cordillera Andina las precipitaciones pueden alcanzar los 2.500 mm anuales, las que se presentan durante todo el año. A sotavento de la Cordillera de la Costa las precipitaciones pueden descender alrededor de los 1.200 mm. En virtud de estas características, las precipitaciones se convierten en el principal agente erosivo, de alta agresividad. No obstante, muchos de estos suelos presentan un uso actual de tipo agropecuario principalmente praderas perennes, y en aquellos con pendientes mayores su uso cambia a forestal. Dichas áreas quedan constituidas, en términos generales, por categorías de erosión ligera, no aparente o sin erosión. Sin embargo, donde no existe cobertura vegetal se ha evidenciado un notorio efecto antrópico que ha impactado severamente la erosión del suelo, especialmente en sectores precordilleranos, cordilleranos Andinos y Costeros, producto de la deforestación e incendios forestales.

LOS LAGOS

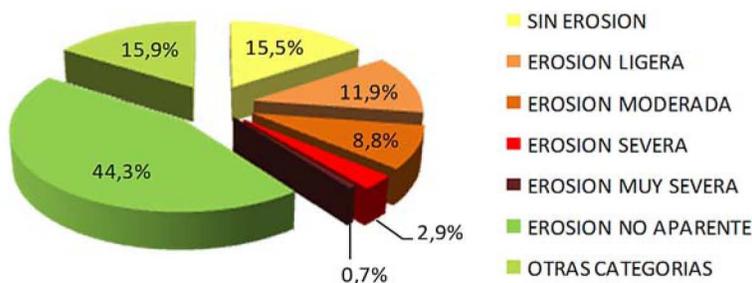


Figura 94. Erosión actual para la X Región de Los Lagos.

Sobre los 500 m.s.n.m las precipitaciones pueden ascender hasta los 4000 mm anuales, gran parte de esta presentándose en forma de nieve. Debido al predominio de condiciones climáticas extremas en esta última unidad el origen de la pérdida de suelo corresponde preferentemente a procesos geológicos o naturales. Las condiciones edafoclimáticas favorecen los procesos erosivos de tipo glacial e hídrico, que históricamente han dado forma a los paisajes de la región.

La superficie de suelos afectados por algún grado de erosión en la Región de Los Lagos corresponde a 1,17 millones de hectáreas, lo que representa el 24,2% de la superficie total regional.

Su distribución porcentual por categoría está representada como: 11,9% ligera; 8,8% moderada; 2,9% severa; 0,7% muy severa. La erosión no aparente ocupa un 44,3% de la superficie regional, lo que en términos de superficie equivale a 2,14 millones de hectáreas, las cuales se distribuyen ocupando casi completamente, las áreas correspondientes a la Cordillera de los Andes y Cordillera de la Costa incluyendo su prolongación en la Cordillera Piuchén en Chiloé. Esto explicaría en gran medida los bajos valores de erosión severa y muy severa que podrían suponerse en la región dada la abundancia de paisajes de topografía



abrupta. Los suelos con categorías de erosión "ligera" y "sin erosión" representan el 27,4% del total de la superficie regional y el 32,6% al considerar sólo la superficie afecta a alguna categoría de erosión. Dichos suelos se encuentran generalmente bajo un uso actual de tipo agrícola, principalmente praderas perennes que protegen el suelo de la dispersión de partículas y del arrastre por escurrimiento. Las categorías de erosión "severa" y "muy severa" suman sólo el 3,6% de la región, incluyendo otras categorías, presentando un ligero aumento del 0,6% al considerar sólo suelos con alguna categoría de erosión.

Las clases de erosión "severa" y "muy severa" alcanzan un 7,6% de la superficie de la provincia de Chiloé, mayormente en zonas ubicadas al sur de la ciudad de Castro y en áreas de la Cordillera de Piuchén en donde la cobertura boscosa es menos densa o inexistente, esto considerando un 3,2% de la superficie clasificada como otras categorías. Al comparar entre superficie afectada por alguna categoría de erosión, el porcentaje de erosión "severa" y "muy severa" asciende a un 7,9%. Los suelos "sin erosión" y con "erosión ligera" alcanzan el 26,5% de la superficie provincial, presentando un aumento del 0,8% al considerar sólo la superficie afecta a categorías de erosión. La erosión "no aparente" es en definitiva la condición predominante en la provincia, ya que, la mayor parte de la superficie provincial se encuentra ocupada por bosque nativo, generalmente adulto, con grados de cobertura denso o semidenso.

Las clases de erosión "severa" y "muy severa" alcanzan un 3,3% de la superficie de la provincia de Llanquihue, esto considerando un 18% de superficie clasificada no afecta a alguna categoría de erosión. Dichas categorías se encuentran distribuidas en sectores puntuales de la Cordillera de la Costa, donde no existe una cobertura vegetal densa o semidensa o plantaciones forestales adultas y muy escasamente en sectores de la Cordillera de los Andes donde el suelo presenta una escasa cobertura vegetal. Al comparar entre superficie afecta a alguna categoría de erosión, el porcentaje de erosión "severa" y "muy severa" asciende a un 4,0%. Los suelos categorizados "sin erosión" y "erosión ligera" alcanzan el 34,1% de la superficie provincial, equivalente al 41,6% de la superficie considerando sólo los suelos clasificados con alguna clase de erosión. Al igual que en la provincia de Chiloé predomina la categoría "no aparente" en la caracterización de la condición actual con un 47,2% (omitiendo otras categorías que no son susceptibles a alguna clase de erosión) producto de la densa cobertura vegetal constituida por bosque nativo.

En la provincia de Osorno las clases de erosión "severa" y "muy severa" alcanzan un 2,2% de la superficie. Al considerar, sólo la superficie afecta a alguna categoría de erosión la superficie aumenta en un 0,3%. Ambas categorías se distribuyen en sectores específicos de la Cordillera de la Costa y se encuentran relacionadas a manejos inadecuados de cultivos agrícolas y forestales. Los suelos con categorías de erosión correspondientes a "sin erosión" y "erosión ligera" alcanzan el 42,1% de la superficie provincial, equivalente al 45,9% de la superficie considerando sólo los suelos clasificados bajo alguna clase de erosión, esto se explica porque gran parte de la superficie de esta provincia se encuentra bajo uso agrícola, principalmente de tipo praderas perennes, que mantienen una cubierta permanente sobre el suelo aumentando su resistencia al efecto erosivo de la lluvia. Al igual que en las provincias anteriores, tanto la Cordillera de los Andes como la Cordillera de la Costa se encuentran casi completamente cubiertas por la categoría "no aparente" representando el 42,1% de la superficie de suelos bajo alguna categoría de erosión.

Palena dentro de la región, es la provincia que presenta la menor actividad antrópica desde el punto de vista agroforestal, en efecto, más del 50% de su superficie se encuentra cubierta por bosques nativos, bajo la categoría de erosión "no aparente". El uso agrícola de los suelos es limitado, y esta se practica básicamente a nivel local, debido a la topografía predominantemente de cerros y montañas. Solo en los valles intermontanos es posible practicarla. En estas áreas se ubican preferentemente las categorías de erosión "ligera" y "sin erosión" que no superan el 13% o el 17% si se excluye del análisis la categoría correspondiente a "otras categorías". Las categorías de erosión "severa" y "muy severa" no alcanzan el 3% producto de la extensa cobertura boscosa.

Dentro de las comunas que destacan por presentar mayores porcentajes de erosión "severa" y "muy severa" se encuentran: Quellón (14,8%) en la provincia de Chiloé y Fresia (13,4%) en la provincia de Llanquihue, esto considerando sólo la superficie afecta a alguna categoría de erosión. En el resto de las comunas prevalece la erosión "no aparente" por sobre las categorías de erosión "ligera" y "sin erosión".

A partir de los resultados del modelo IREPOT, el 90% de la superficie perteneciente a la región de Los Lagos se encuentra clasificada bajo el concepto de suelos frágiles, es decir presenta erosión potencial moderada, severa y/o muy severa, esta última representando el 50% de la fragilidad de los suelos (figura 95). Sin embargo, al considerar la cobertura vegetal actual del suelo este porcentaje se reduce en un 52,2%, resultando una superficie frágil equivalente a 1,5 millones de hectáreas, de las cuales sólo el 8,2% responde a la condición “severa” y “muy severa” (figura 96).

LOS LAGOS

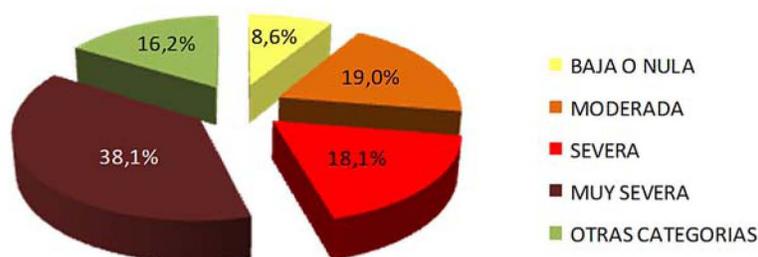


Figura 95. Riesgo de erosión potencial para la X Región de Los Lagos.

En la provincia de Chiloé el 70% de las comunas presentan cerca del 100% de los suelos en categoría frágil, siendo las comunas de Castro (75,4%) y Quinchao (81,4%) quienes concentran sus valores en las categorías más altas, “severos” y “muy severos”. No obstante, estos porcentajes de fragilidad disminuyen significativamente al considerar la cobertura vegetal actual del suelo. En este sentido las comunas más susceptibles Castro, Quellón y Quinchao experimentaron una fuerte disminución del 74,7%, 77,1% y 76,9% respectivamente, en el riesgo a erosionarse “moderada” a “muy severamente”.

LOS LAGOS

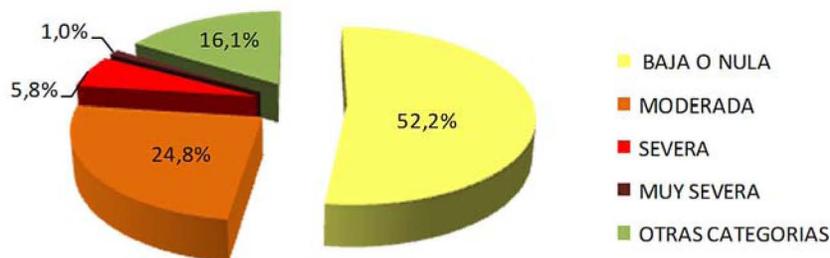


Figura 96. Riesgo de erosión actual para la X Región de Los Lagos.

Las comunas de Calbuco (93,2%), Cochamo (100%), Puerto Montt (91,1%) y Puerto Varas (99,8%), presentan los más altos niveles de fragilidad, siendo las comunas de Cochamo y Puerto Varas las que presentan los valores sumados de las clases “severa” y “muy severa” más altos, 99,9% y 79,9% respectivamente. Esto es, porque dichas comunas se ubican preferentemente sobre terrenos de la Cordillera de los Andes. Al considerar la cobertura actual, caracterizada en su mayoría por Bosque Nativo, los valores de fragilidad para estas comunas se reducen, al menos en un 50%. Al igual que en el resto de las provincias, la disminución



de la superficie bajo la categoría frágil en las comunas más susceptibles responde al efecto protector, principalmente, del bosque nativo adulto, que ocupa gran parte de los terrenos con topografía abrupta y que permanentemente genera importantes aportes de materiales orgánicos que ayudan a la resistencia del suelo frente a la agresividad del clima. Es así, que los cambios más notorios en cuanto a la disminución de superficie frágil se observan en los suelos clasificados en las categorías severa y muy severa, las cuales, bajo la situación actual de cobertura, pocas veces supera el 10% en todas las comunas de esta provincia.

En la provincia de Osorno el 100% de las comunas, a excepción de Osorno presentan sobre el 50% de sus suelos en categoría frágil. Dentro de éstas destacan las comunas de San Juan de la Costa (99,3%) y Purranque (77,5%), esta última sobresaliendo por presentar mayor potencial de erosión en categoría "muy severa". Sin embargo, estos porcentajes de fragilidad disminuyen significativamente al considerar la cobertura actual del suelo. En este sentido Puyehue (54%) y San Juan de la Costa (61,1%) constituyen las comunas que presentaron los mayores descensos respecto al riesgo potencial de erosión. La primera, que ocupa parte de la Cordillera de los Andes, mantiene una importante cubierta boscosa compuesta por diversas especies nativas, que protegen permanentemente por sobre el 75% la superficie del suelo contra los fenómenos hídricos que desencadenan el proceso de erosión del suelo. En los sectores de lomaje, son las praderas perennes las encargadas de generar este efecto, disipando la energía de las precipitaciones y favoreciendo la infiltración en los suelos generalmente permeables que se encuentran en este sector de la región. Por su parte, la comuna de San Juan de la Costa, ubicada plenamente sobre la Cordillera de la Costa, explica bajos valores de riesgo de erosión actual las extensas plantaciones forestales y praderas perennes.

La provincia de Palena, ocupa el 31,1% de la región, equivalente a 1.5 millones de hectáreas. De esta superficie el 72,4% se encuentra afectado por algún grado de erosión y dentro de este, el 99,9% corresponde a suelos en categoría frágil. El 76,5% de los suelos frágiles pertenecen a la clase de riesgo de erosión potencial "muy severa". Sin embargo, al incorporar el efecto protector del uso actual del suelo, este último presenta una marcada disminución llegando a valores del orden de 2,3%, y de 34,9% para el total de suelos frágiles. Es en esta provincia donde el efecto protector del bosque nativo tiene una fuerte participación, pues cubre gran parte de los suelos en posición de cerros y montañas de pendientes escarpadas, que dominan la región.

A nivel comunal el efecto de la cobertura boscosa es igualmente notable, a pesar de que todas las comunas presentaron porcentajes de fragilidad cercanos al 100%, principalmente debido a, como se señaló en el párrafo anterior, la topografía compleja de fuertes pendientes que predomina en la provincia. En efecto, todas las comunas excepto Futaleufú, presentaron una reducción superior al 59% en la superficie de suelos con categoría frágil. Así mismo, los porcentajes de erosión potencial en la categoría "muy severa" presentan disminuciones superiores al 95% en todas las comunas, reflejándose en el aumento de los porcentajes de las clases "moderada" y principalmente "baja o nula", esto al considerar la cobertura actual del suelo.

Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

En esta región se evidencia la rigurosidad climática que afecta directamente la conectividad y accesibilidad a todo el territorio. Así como en todas las regiones extremas, al momento de la elaboración de este estudio la información disponible de la línea base de las variables biogeofísicas (suelo, vegetación, topografía y clima) era de carácter generalizado. La zona de archipiélagos e islotes no fue visitada para realizar muestreo ni validación de los resultados, por el alto costo que representa los muestreos de campos.

En este contexto, la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, existen 2,6 millones de hectáreas erosionadas para una superficie de total de 10,8 millones de hectáreas lo que representa un 24,2% de la superficie regional (figura 97). Los agentes principales de erosión son altas precipitaciones de sectores cordilleranos y los intensos vientos en la estepa patagónica.

En general se observa que las clases de erosión severa y muy severa se distribuyen en los márgenes oriental y occidental de la región. Mientras que en la zona de occidental de la península de Taitao y el archipiélago de los Chonos han predominado los fenómenos naturales, en la zona pampeana oriental, existe una clara influencia antropogénica asociada a las actividades ganaderas y de desmonte por fuego.

AISEN DEL GRAL CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO

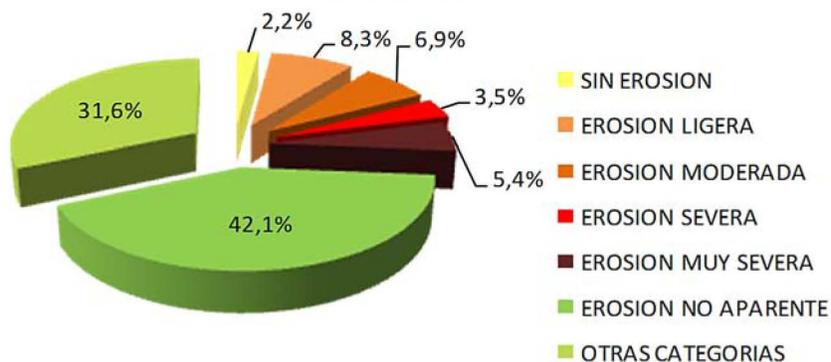


Figura 97. Erosión actual para la XI Región de Aysén.

Las comunas más afectadas por erosión son Coihaique, Cisnes y Guaitecas. Cabe mencionar, de la vegetación existente en la región, 4,55 millones de hectáreas se encuentran categorizadas como “erosión no aparente”, lo que representa un 42,1% de la superficie regional. Las comunas de Cochrane, Coihaique y Cisnes son las que tienen mayor superficie afecta por erosión severa y muy severa, entre las tres suman 521.784 hectáreas.

En la Región de Aysén la aplicación del modelo de erosión potencial indica que aproximadamente 5 millones de hectáreas (92,6% de los suelos de la región) tienen condiciones de fragilidad en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase muy severa (47,4% de los suelos de la región). En la región, destaca la importante superficie no afecta a erosión (5.479.836 ha), ya sea por pertenecer a otros usos no afectos a erosión (nieves, glaciares y rocas) como a una amplia zona de los archipiélagos de los Chonos, Guayaneco y las Guaitecas (áreas de exclusión), que no contaban con una base de datos lo suficientemente confiable como para incorporarlas al modelo (suelos, clima y modelo de elevación digital).

Al incorporar la cobertura vegetal actual de acuerdo al modelo IREPOT, el porcentaje de fragilidad, disminuye a un 49,5%, con una notable disminución de los suelos clasificados en las clases severa y muy severa y un aumento en la clase moderada y baja o nula (figuras 98 y 99), poniendo en evidencia el relevante efecto protector de la vegetación, en especial de bosque nativo en la Región de Aysén. Es importante destacar un rasgo característico de los suelos de pendiente de la región de Aysén que los hacen tan frágiles en ausencia de vegetación. Con posterioridad a la retirada de los glaciares que cubrían casi la totalidad de la región de Aysén, quedó la roca pulimentada por efecto del hielo. En la medida que ocurría este fenómeno las erupciones volcánicas cubrieron de cenizas estas superficies que no alcanzaron un grado significativo de meteorización. A partir de estas cenizas se desarrollaron suelos con escaso sustento mecánico debido a la discontinuidad litológica subyacente. Prueba de este fenómeno son las 2,6 millones de hectáreas de suelo erosionado en la región, gran parte ocasionado por acción del fuego para destinar tierras a la ganadería extensiva. Por otro lado, la fragilidad de los suelos queda en evidencia en la región a través de los reiterados fenómenos de remoción en masa (con y sin vegetación), gran parte de ellos ocasionados principalmente, por lluvias y la actividad sísmica.



AISEN DEL GRAL CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO

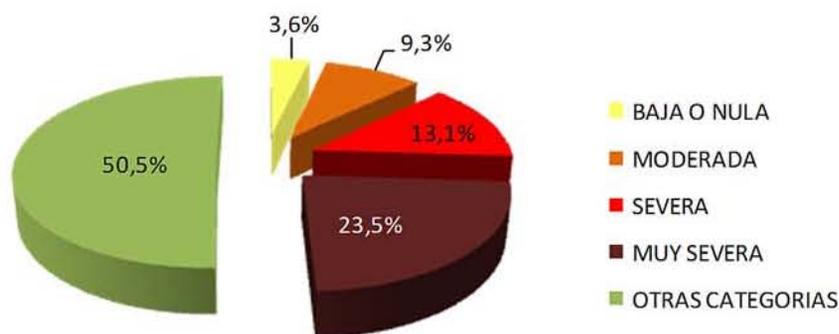


Figura 98. Riesgo de erosión potencial para la XI Región de Aysén.

AISEN DEL GRAL CARLOS IBAÑEZ DEL CAMPO

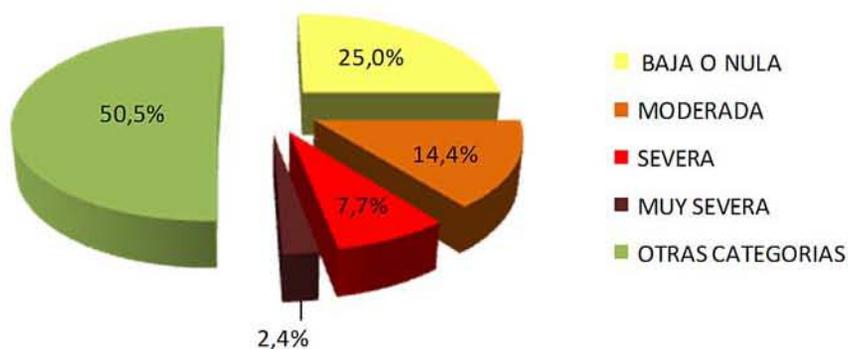


Figura 99. Riesgo de erosión actual para la XI Región de Aysén.

Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Procesos tales como hundimientos tectónicos a escala geológica y la acción permanente del hielo, determinantes de las tres principales unidades del relieve regional (Patagonia Oriental o Transandina, Cordillera de los Andes Patagónicos y Cordillera Occidental Archipiélica) poseen una marcada influencia sobre la localización de las categorías de erosión detectadas, obteniéndose una distribución de clases concordante con la ubicación y características de las unidades mencionadas.

La superficie actual de suelos erosionados de la XII Región es de 3,7 millones de hectáreas, lo que representa el 28,5% de la superficie de estudio (13,2 millones de hectáreas, figura 100). Sin embargo, parte de esta superficie, en especial en la Cordillera de los Andes, islas, islotes y archipiélagos ha sido afectada durante milenios por procesos de erosión natural (agua, hielo, viento), sin mayor intervención del ser humano.

MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA

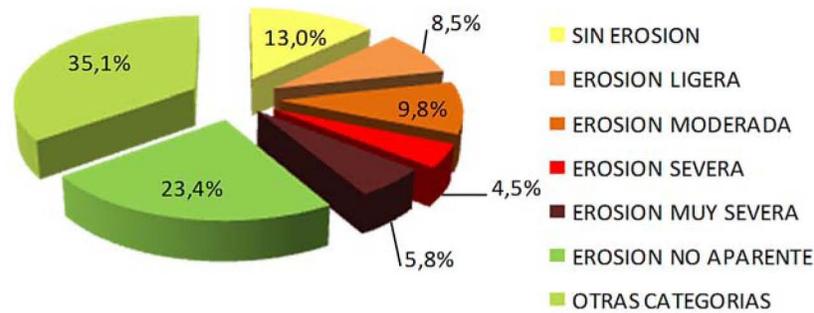


Figura 100. Erosión actual para la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena.

La zona correspondiente a la Patagonia Oriental, caracterizada por una topografía plana o semiplana con una altura promedio de 500 msnm, presenta factores antropogénicos de erosión tales como sobrepastoreo y tala de bosque para habilitación agro-ganadera. Esta unidad, constituida como el sector con las características más adecuadas y factibles de ser evaluadas para potenciales beneficios propios del DL 701, acoge la mayor superficie categorizada bajo clases de erosión desde “ligera” hasta la categoría “moderada”. Lo anterior se detecta principalmente en las comunas de Porvenir, San Gregorio, Laguna Blanca y Primavera.

La Cordillera de los Andes Patagónicos presenta la mayor proporción de superficie regional categorizada bajo la clase “no aparente”, con la presencia de tipos vegetacionales propios del bosque magallánico tales como bosque caducifolio antiboreal andino y bosque siempreverde templado costero. A nivel regional, dicha clase comprende una cifra superior a los 3 millones de hectáreas, cifra equivalente al 23,4% de la superficie regional, y es detectada principalmente en las comunas de Punta Arenas, Cabo de Hornos y Puerto Natales. Dichas comunas, de manera paralela representan a la mayor proporción de superficie regional clasificada como “otros usos”, característica distintiva de la Cordillera Occidental Archipiélica.

Las comunas de Puerto Natales, Porvenir y San Gregorio abarcan, en conjunto, el 76% de la superficie regional categorizada bajo clases de erosión “severa” o “muy severa”, lo que equivale en términos de superficie a una cifra cercana al millón de hectáreas bajo alguna de estas clases.

Cabe mencionar, que cada macrozona de la Región de Magallanes tiene un comportamiento ecosistémico disímil entre ellas, pero los principales agentes erosivos están dados por el factor hídrico y eólico. Como elemento antropogénico de la erosión de la región, se encontró al sobrepastoreo y tala de bosque para habilitación agro-ganadera.

Los resultados de la aplicación del modelo de riesgo de erosión potencial (figura 101) indican que a nivel regional, aproximadamente 2 millones de hectáreas (35,7% de los suelos de la región) presentan condiciones de fragilidad en cualquiera de sus clases, con predominancia de la clase moderada (14,8% de los suelos de la región).



MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA

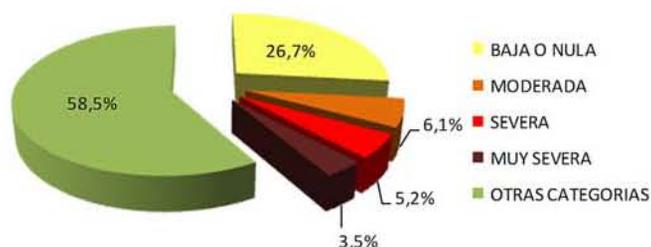


Figura 101. Riesgo de erosión potencial para la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Las provincias de Magallanes y Última Esperanza destacan por el alto porcentaje de superficie que modifica su clase de riesgo fruto de la aplicación del modelo de riesgo de erosión actual (figura 102), con aproximadamente 500.000 hectáreas de suelo que ven minimizado su riesgo de erosión (es decir, adquieren la clasificación de riesgo "bajo o nulo"). En términos generales, la zona conocida como Patagonia Oriental presenta una baja proporción de suelos clasificados como frágiles, fruto de la combinación de una baja pendiente imperante (no superior al 15%, principalmente en el rango 0-8%) y una baja agresividad climática (índice de agresividad bajo o nulo en esta macrozona del relieve regional).

Por otra parte, los resultados del modelo de riesgo de erosión actual y potencial (IREPOT) validados en 21 áreas muestrales revelan que ambos riesgos de erosión en la parte continental es preferentemente bajo a moderado, no obstante, el modelo es intrínsecamente hídrico, por lo que, los resultados en la zona patagónica pueden resultar menores a lo esperado, en relación a los agentes erosivos totales presentes en la región. Se recomienda mejorar la escala de información base de suelos, vegetación y clima, para incrementar la certidumbre de la clasificación de los niveles de erosión y riesgos actuales y potenciales de degradación por erosión.

MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA

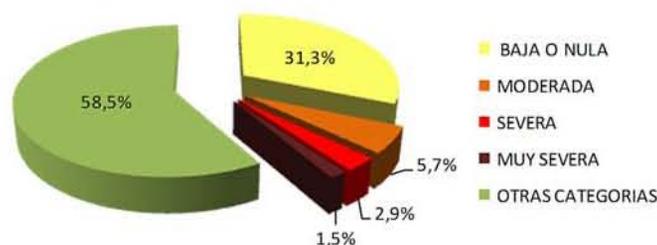


Figura 102. Riesgo de erosión actual para la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

En resumen, el uso de información satelital LANDSAT 5 TM más coberturas biogeofísicas (suelo, topografía, vegetación y clima) son adecuados para cualificar y cuantificar el fenómeno de la degradación de los suelos y niveles de riesgos de erosión. No obstante, se requiere que la actualización de la cartografía temática sea recurrente, sino la información se convierte rápidamente en obsoleta. Los resultados representan un gran avance para el sector silvoagropecuario nacional, porque se obtiene una cartografía con un mayor grado de precisión, detalle y confiabilidad que los estudios públicos anteriores, asimismo, la imagen

satelital Landsat 5 TM y las bases de datos de suelos, vegetación, topográficas y de clima permitieron obtener una cartografía de semidetalle (1:50.000) en sectores silvoagropecuarios y escala generalizada en sectores de la cordillera de los Andes.

Finalmente, la cartografía actual y potencial de los suelos de Chile permitirá identificar con mayor claridad los lugares que requieren mayor focalización de recursos financieros, administrativos y humanos, dónde los procesos de degradación se han acelerado y cuáles son las zonas críticas de degradación ambiental. Con estos resultados se puede establecer una metodología para promover políticas más efectivas y eficientes de conservación de suelos. Se espera en el futuro, actualizar la cartografía con el uso de imágenes satelitales provenientes del programa satelital Chileno SSOT (Sistema Satelital de Observación Terrestre), que permita obtener dicha información a un menor costo, mayor precisión y con una mayor frecuencia en el tiempo.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 8. BIBLIOGRAFÍA





8. Bibliografía

- ACEVEDO, E. y MARTÍNEZ, E., 2003. Sistema de Labranza y Productividad de los Suelos. En Acevedo, E. (ed.). Sustentabilidad en Cultivos Anuales. Santiago, Universidad de Chile, Ciencias Agronómicas N°8, pp. 13-25.
- ALLABY, M. 2002. Enciclopedia of Weather and Climate. Facts on File, New York.
- ALMOZA Y., MEDINA H., SCHIETTECATTE W., RUIZ M.E., ALONSO G. 2007. Las precipitaciones como factor erosivo en la cuenca del río Cuyaguaje. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, año/vol. 16, N° 003. Universidad Agraria de la Habana, La Habana, Cuba, 84-89.
- ARANEDA, A., M. CISTERNAS, and R. URRUTIA. 1999. USLE y análisis isotópicos en la reconstrucción de la historia erosional en una cuenca lacustre. Bosque (Valdivia), vol.20, no.2, p.95-105. ISSN 0717-9200.
- ARNOLDUS, H. M. 1978. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. En: De Boodst, M., y Gabriels, D., (eds.) Assessment of erosion:127- 132. John Wiley y Sons, Inc. Chichester, Gran Bretaña.
- ARANEDA, ALBERTO, CISTERNAS, MARCO y URRUTIA, ROBERTO. USLE y análisis isotópicos en la reconstrucción de la historia erosional en una cuenca lacustre. Bosque (Valdivia), 1999, vol.20, no.2, p.95-105. ISSN 0717-9200.
- BAUER, A., BLACK, A. L., 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 185-193.
- BCN. 2010. Biblioteca del Congreso Nacional: Sistema integrado de información Territorial (SIIT); Región de Tarapacá. Consultado el 23.11.2010. Disponible en:
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region15/region.htm>; <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region1/region.htm>
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region2/region.htm>; <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region3/region.htm>.
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region4/region.htm>; <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region5/region.htm>.
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region13/region.htm>; <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region6/region.htm>.
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region7/region.htm>; <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region8/relieve.htm>.
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region9/region.htm>; <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region14/region.htm>.
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region10/region.htm>. <http://www.bcn.cl/siit/regiones/region11/region.htm>.
<http://www.bcn.cl/siit/regiones/region12/region.htm>.
- BELMONTE F. y ROMERO A. 1998. La cubierta vegetal en las regiones áridas y semiáridas: consecuencias de la interceptación de la lluvia en la protección del suelo y los recursos hídricos. Revista Geográfica 10, 9-22.
- BERHE, A. A., HARTE, J., HARDEN, J. W. & TORN, M. S. 2007. The significance of the erosion-induced terrestrial carbon sink. BioScience 57(4), 337-346.
- BERTONI, J. and LOMBARDI NETO, F. 1990. Conservação do solo. Piracicaba, Ícone, 355p.
- BONILLA C., J. REYES, and A. MAGRI. 2009. Water erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Central Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 70, 1, 159-169
- BRUBAKER S., HOLZHEY C., and BRASHER B. 1992. Estimating the water dispersible clay content of soils. Soil Science Society of American Journal. 56,1227-1232.
- BURGESS, T.M; WEBSTER, R. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I the semi-variogram and punctual kriging. Journal of Soil Science. 31:315-331.
- CALDER, I. 1998. Water use by forest, limits and controls. Tree Physiology, 18, 625-631.
- CARRASCO, J. y RIQUELME, J. 2003. Métodos y prácticas de conservación de suelos y aguas. Instituto de investigaciones agropecuarias, INIA. Boletín N° 103. Rancagua, Chile. 132 p.
- CASANOVA M., VERA W. y LUZIO W. 2006. Rasgos morfológicos de los suelos. pp., 43-90. In: Avances en el conocimiento de los suelos de Chile. Luzio W. y Casanova M. (Eds.). Santiago, Chile. 393p.
- CIREN. 1994. Delimitación y descripción de microrregiones para la transferencia tecnológica de INDAP. Informes IV hasta X Regiones.

- CIREN-CORFO. 1996. Estudio Agrológico. Región Metropolitana. Descripciones de suelos. Materiales y Símbolos. 414 pp.
- CIREN. 2004. Zonificación de erosión y fragilidad de suelos del secano costero de las regiones VI y VII. Informe final, Proyecto INNOVA-CORFO. Centro de Información de Recursos Naturales.
- CIREN. 2009. Determinación de erosión actual y fragilidad de suelos en la V Región utilizando datos satelitales Y SIG. Informe final, Proyecto INNOVA-CORFO. Código: 05CR11XM-21. Centro de Información de Recursos Naturales.
- CIREN. 2007-2010 (en Ejecución). Determinación de erosión actual y potencial del territorio de Chile. Informe final, Proyecto INNOVA-CORFO. Código: 06CN12IAM-12. Centro de Información de Recursos Naturales.
- CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Consultado el 23.11.2010. En: http://otros.conaf.cl/cd_uso_suelos/reg07.pdf; http://otros.conaf.cl/cd_uso_suelos/reg08.pdf; http://otros.conaf.cl/cd_uso_suelos/reg11.pdf.
- CONAF, 2002. Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, IV Región de Coquimbo. (Noviembre). En: <http://www.conaf.cl/modules/contents/files/unit0/file/659cb413c72103658b2c550e38e25532.pdf>.
- CONAF-CONAMA. 2002. Monitoreo y actualización catastro de uso del suelo y vegetación, Región de O'Higgins. (Noviembre). En: http://www.conaf.cl/cms/editorweb/catastro/actualizacion_OHiggins.pdf.
- CONAF, 2003. Actualización Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Región de Metropolitana. (Noviembre). En: http://www.conaf.cl/cms/editorweb/catastro/actualizacion_Santiago.pdf.
- CONAF. 2006. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Monitoreo y Actualización. Consultado el 23.11.2010 Disponible en: http://www.conaf.cl/cms/editorweb/catastro/actualizacion_Magallanes.pdf.
- CONAF. 2008. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y Actualización Región de Los Ríos, período 1998-2006. Consultado el 23.11.2010. Disponible en: http://www.conaf.cl/cms/editorweb/catastro/actualizacion_Los-Rios.pdf.
- CONAF. 2009. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Período 1993-2007. Monitoreo y Actualización Región de la Araucanía. Consultado el 23.11.2010. Disponible en: http://www.conaf.cl/cms/editorweb/catastro/actualizacion_Araucania.pdf.
- CORFO. 1982. Análisis de los Ecosistemas de la I Región de Chile. Sociedad Agrícola Corfo Ltda. – Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- DATTA, P., and H, SCHACK-KIRCHNER. 2010. Erosion Relevant Topographical Parameters Derived from Different DEMs—A Comparative Study from the Indian Lesser Himalayas. *Remote Sens.* 2, 1941-1961.
- DECARAF. 1957. La agricultura chilena en el quinquenio 1951-1955. Santiago de Chile: Departamento de Economía Agraria, 285 p.
- DMC. 2010. Dirección Meteorológica de Chile. Descripción meteorológica para la Región de Magallanes. Consultado el 23.11.2010. En: http://www.meteochile.cl/climas/climas_duodecima_region.html.
- DONTSOVA, K. 2002. Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable ca and mg. *Soil Science.* 167 (3): 184-193p.
- GUERRA J., LÓPEZ F. 1985. Análisis y Aplicación del factor climático de Fournier en la estimación de la erosión específica en la región de Madrid. Cuadernos de investigación geográfica Nº 11, 149-160.
- ECHVERRÍA N., VALLEJOS A., SILENZI J. 2006. Erodabilidad de los suelos de la región semiárida Argentina. *Ciencias del Suelo* Vol. 24 Nº1. Buenos Aires Ene/Jul, 49-57.
- ELLIES, A. 2000. Soil erosion and its control in Chile - An overview. *Acta Geológica Hispánica*, v. 35 (3-4), 279-284.
- ELIZALDE Mac – CLURE, R. 1970. La Sobrevivencia de Chile. Ministerio de Agricultura – Servicio Agrícola y Ganadero. pp. 490.
- EVANS, R., 1980. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint. In: Kirkby, M.J. and Morgan, R.P.C. (ed.). *Soil Erosion.* p. 109-128. John Wiley & Sons. New York.
- FOURNIER, F., 1960. *Climate et erosion*: París, Presses Universitaires de France, 201 p.
- GAJARDO, R. 1994. *La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.



- GÓMEZ, F., MONTESINOS, S., TRASPAS, P. 1991. Estudio del los procesos erosivos utilizando imágenes de satélite. IV Reunión Cient. Asoc. Esp. Teledetección: 140-147.
- GONZALEZ G., ESTRADA J., GONZALES J.L., CUETO J. A., SÁNCHEZ I., CASTILLO G., 2006: Análisis de los factores que afectan la relación precipitación-escurrimiento en una zona semiárida del norte de México. *Terra Latinoamericana* Vol. 24 Nº3, 337-345.
- GOREARAUCANIA. 2010. Nuestra región, Antecedentes de población, geología, geomorfología, hidrografía, clima, flora y fauna. Consultado el 23.11.2010. En:
http://www.gorearaucania.cl/gore9/web/?action=documento&id_documento=48
- HUBER, A. y A. IROUME. 2001. Variability of annual rainfall partitioning for different sites and forest covers in Chile. *Journal of Hydrology*, 248, 78-92.
- HUDSON N. 1982. Soil Conservation. Versión española. Editorial Reverté S.A. Pp. 335.
- INE. 2010. Instituto Nacional de Estadística: Compendio estadístico regional; Región de Antofagasta. Consultado el 23.11.2010. Disponible en:
http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/territorio/division_politico_administrativa/pdf/DPA_COMPLETA.pdf.
- INIA. 2010. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Tamel Aike. Región de Aysén. Antecedentes de la Región. (Noviembre). En: <http://www.inia.cl/link.cgi/Tamelaike/QuienesSomos/6195>.
- IREN. 1979. Fragilidad de los Ecosistemas de Chile. Instituto de Investigación de Recursos Naturales.
- JAQUE E., MANZANARES P. 2005. Evaluación de la Erodabilidad hídrica en la Cuenca hidrográfica de la laguna de Quiñeco, VIII región del BIO-BIO, Chile. *Revista Geográfica Norte Grande*, Julio Nº 33, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago Chile, 103-112.
- KIMBLE, J.M., R. LAL AND M. MAUSBACH. 2001. Erosion effects on soil organic carbon pool in soils of Iowa. In: D.E. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (Eds) "Sustaining the Global Farm." Proc. 10th ISCO Conference 1999: 472-475. Lal, R. 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Review of Plant Science*, 17, 319-464.
- LAGOS, M.; ESPINOZA, J. y ORTIZ, R. 1994. Erosión de los suelos en Chile. In : *Erosión de Suelos en América Latina*. Suelos y Agua. FAO. Santiago, Chile. p. 165-174.
- LAL R. 1990. *Soil Erosion in the Tropics: Principles and Management*. McGraw-Hill, Nueva York, EUA. 457 pp.
- LAL R., KIMBLE J. M., FOLLETT R. F., STEWART B. A. 1998. *Soil Processes and the Carbon Cycle*. Boca Raton, Florida: CRC Press. 609 p.
- LAL, R. 2001. *Assessment Methods for Soil Carbon*. *Advances in Soil Science*. CRC Press, 403-416 pp. Boca Raton, FL.
- LAL, R. 2003. Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International* 29(4): 437-450.
- LOPEZ F. 1998. Restauración hidrológico forestal y control de la erosión. *Ingeniería Ambiental*. Tragsa-Tragsatec, Ministerio del Medio Ambiente, Ediciones Mundiprensa, Madrid, España, 851 p.
- LÓPEZ, A. 2005. Efecto del gradiente y el aspecto de la pendiente en la erosión hídrica de un suelo del secano interior de la zona central de Chile. *Memoria Ingeniero Agrónomo*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 21 p.
- LUEBERT, F AND P PLISCOFF. 2006. *Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago. 316 pp.
- LUZIO, W., ALCAYAGA. S. 1990. Mapa de Asociaciones de Grandes Grupos de suelos de Chile. VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y Universidad de la Frontera, Temuco. 285-294.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ F., ROMERO DÍAZ A. 1998. Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. *Papeles de geografía*: 28: 77090.
- MARTÍNEZ, E., J.P. Fuentes y E. Acevedo. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 8 (1) 68-96.
- MERRIT, W., R, LETCHER and A, AKEMAN. 2003. A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, 18: 761-799.
- MIYATA S., KOSUGI K., NISHI Y., GOMI T., SIDLE RC., MIZUYAMA T. 2010. Spatial pattern of infiltration rate and its effect on hydrological processes in a small headwater catchment. *Hydrological Processes* 24(5): 535-549.

- MORALES C. 2005. Pobreza, desertificación y degradación de tierras. In: Morales C., Parda S. (Eds), Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. CEPAL-GTZ, Publicación Naciones Unidas, Santiago, Chile. 267p.
- NADEU E., C. BOIX-FAYOS, J. DE VENTE, J. LÓPEZ, M. MARTÍNEZ-MENA. 2010. Movilización de carbono orgánico por distintos procesos erosivos en la conexión ladera-cauce. *Pirineos*, 165, 157-177.
- OLIVER, J.E. 1980. Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geographer*, 32(3), 300-309.
- OYARZUN C. 1993. Evaluación del modelo USLE para predecir pérdidas de suelo en áreas forestadas de la cuenca del río Biobío. *Revista el Bosque* 14 (1), 45-54.
- PALOMO. 2007. Implementación de un servidor de datos puntuales interpolados en mallas. *Cartesia*, <http://www.cartesia.org/print.php?sid=338>
- PEÑA, L. 1994. Erosión y conservación de suelos. En: Suelos, una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile. Publicaciones Misceláneas Agrícolas Nº 38. Pp 216-295.
- PÉREZ J., VALDÉS E., HERNANDEZ M., ORDAZ V., 2005: Lluvia, Escurrimiento superficial y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Agrociencia* 39(4), 409-418.
- PÉREZ, C. GONZÁLEZ J. 2001. Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA Nº 15, 194 p.
- PERALTA, J. y M. PERALTA. 1990. Algunos factores que condicionan la erosión en la zona costera de la IV región de Chile, *Ciencias Forestales*, Vol. 6(1), Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad de Chile, Santiago.
- PERALTA, M. 1976. Uso, Clasificación y Conservación de suelos. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile. 337 p.
- PIZARRO, R., GONZÁLEZ, P., WITTERSSHEIN, M., SAAVEDRA, J., and SOTO, C. 1993. Elementos técnicos de hidrología III. Proyecto regional mayor sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América latina y el Caribe. Talca: Universidad de Talca. pp. 135
- PIZARRO, R., J. FLORES., C. SANGÜESA., E. MARTINEZ, and L. LEÓN. 2008. Diseño hidrológico de zanjas de infiltración en el secano costero e interior de las regiones semiáridas de Chile. *Bosque (Valdivia)*, vol.29, n.2, pp. 136-145
- PIZARRO R., CORNEJO F., GONZÁLEZ C., MACAYA K., 2008. Análisis del comportamiento y agresividad de las precipitaciones en la zona central de Chile. *Ingeniería Hidráulica en México*, Abr. /Jun.; XXII (2), 91-109.
- PORTA J., LÓPEZ-ACEVEDO M., ROQUERO C., 2003: *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Pp. 960 Madrid.
- POUGET, J., CAVIEDES, E., HAMELIN, PH., REMY, D., MATHIEU, R., LIRA, V. y ALVAREZ, D., 1996. Ambiente árido y desarrollo sustentable: La Provincia de Limarí. Univ. de Chile, Fac. de Cs. Agr. y Forest./ORSTOM. París - Santiago, 103 p.
- RAMOS, C. 2001. Modelamiento Ambiental para análisis de la susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del Río Cañete y determinación del mapa de erosión. Universidad Nacional Agraria La Molina Pp. 26.
- RENARD K.G., FOSTER G.R., WEESIES G.A., MCCOOL D.K., YODER D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equations (RUSLE). *Agriculture Handbook 703*. U.S. Department of Agriculture, Washington DC.
- RHOTON, F.E., DUIKER, S.W. 2008. Erodibility of a Soil Drainage Sequence in the Loess Uplands of Mississippi. *Catena*. 75: 164-171.
- RICHTER G. and NEGENDANK J. 1977. Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle river. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2: 261-278.
- RODRÍGUEZ M., 2007. Potencialidad de las técnicas SIG para la gestión medioambiental. *M+A Revista Electrónica del Medioambiente* 3, 76-89.
- RUIZ, A. 2004. Hidrología y clima aplicada a la zonificación geomecánica en el Departamento del Quindío. Proyecto Compilación y Levantamiento de la información Geomecánica. Volumen IV, 26p.
- SAAVEDRA, C., and C. MANNAERTS. 2005. Estimating spatial patterns of soil erosion and deposition in the Andean region using geo-information techniques. Wageningen University, The Netherlands.
- SAHA. S.K. 2004. Water and wind induced soil erosion assessment and monitoring using remote sensing and GIS. *Agriculture and Soils Division, Indian Institute of Remote Sensing, Dehra Dun*.



- SCHLATTER, J., NEIRA, E. 2002. Elaboración de prediagnóstico nacional del componente suelos para la discusión regional de la política para la sustentabilidad ambiental del patrimonio natural renovable. Informe Final para CONAMA. Universidad Austral. 16 p.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF, USDA. 1993. Soil Survey Manual. USDA, Handbook N°18. U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402. 437 p.
- SOTO, G. 1997. Programa de acción nacional contra la desertificación. Oficina de Coordinación del Programa de Acción Nacional de lucha contra la Desertificación (PANCD), La Serena, Chile. 117 pp.
- SQUEO, F., G. ARANCIO J. GUTIÉRREZ. 2008. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena. 466 p. Disponible en: http://www.biouls.cl/Irojo/Irojo03/public_html/libro.html. Consultado el 23.11.2010.
- SUBDERE. 2010. Subsecretaría de Desarrollo Regional. Antecedentes de la Región. Consultado el 23.11.2010. Disponible en: http://www.goreloslagos.cl/region_lagos/antecedentes.php.
- SUBDERE. 2010. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Gobierno Regional de Arica y Parinacota. (Noviembre). En: <http://www.subdere.gov.cl/1510/propertyvalue-28998.html>.
- ULLOA and ORTIZ DE ZÁRATE. 1989 Geografía III Región de Atacama. Colección Geografía de Chile, Ediciones Instituto Geográfico Militar, Santiago, 206 pp.
- UNIVERSIDAD DE CHILE. 2010. Informe País: estado del medio ambiente en Chile 2008. Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos, Departamento de Políticas Públicas. Santiago, 508 p.
- USDA. 1983. National Soils Handbook. 430-VI-NSH, July 1983, Part 603. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- USGS. 2010. Eolian Processes. Visitado en línea en <http://pubs.usgs.gov/gip/deserts/eolian/> (noviembre).
- VILLARROEL A. 2003. Proyecto SHETRAN, manejo de cuencas hidrográficas en Chile: Aplicación del Sistema Hidrológico Europeo (SHETRAN) en una Microcuenca cordillerana a problemas de Inundación. Seminario de Título, Biología Ambiental, Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- WILDNER, L. do Prado y Veiga M. Da. 1994. Erosión y pérdida de fertilidad del suelo: Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo. En: Erosión de suelos en América Latina. FAO. Santiago de Chile.
- WISCHMEIER W. and MANNERING J. 1969. Relation of Soil Properties to its Erodibility. Soil Science of American Proceedings. 33: 131-137p.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 573, U.S. Department of Agriculture, Science and Education Administration, Washington, DC.
- YOMA, R. 2003. Evaluación física de la erosión en plantaciones de Pinus radiata D. Don en la Reserva Nacional Lago Peñuelas, V región. Período 1998-2001. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. Universidad Mayor. Santiago. Chile. 110 p.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile
INFORME FINAL Diciembre 2010
Centro de Información de Recursos Naturales

→ 9. ANEXOS





Información
para el Desarrollo
y la Innovación



Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile
INFORME FINAL Diciembre 2010
Centro de Información de Recursos Naturales

ANEXO 1

Documentación adicional

**a) Descripción de los códigos para describir los sitios de muestreo en terreno.**

ID	Identificador
UNID	Nº de Unidad
TRANSEC_	Transecto
ESTE	Este
NORTE	Norte
A_20	Porcentaje de Cobertura de Árbol sobre 20 metros de altura
A12_20	Porcentaje de Cobertura de Árbol entre 12 y 20 metros de altura
A8_12	Porcentaje de Cobertura de Árbol entre 8 y 12 metros de altura
A2_8	Porcentaje de Cobertura de Árbol menor a 8 metros de altura
AR_2	Porcentaje de Cobertura de Arbusto menor a 2 metros de altura
AR1_2	Porcentaje de Cobertura de Arbusto entre 1 y 2 metros de altura
AR0_5_1	Porcentaje de Cobertura de Arbusto entre 0,5 y 1 metro de altura
AR_0_5	Porcentaje de Cobertura de Arbusto menor a 0,5 metros de altura
HERB	Porcentaje de Cobertura de Herbáceas
SP1	Especie Nº1
SP2	Especie Nº2
SP3	Especie Nº3
SP4	Especie Nº4
SP5	Especie Nº5
SP6	Especie Nº6
CODIGO	Código de Uso
CLAS_COB_	Clase de Cobertura de Uso
GRADO_INT_ (G.I)	Grado de Intervención
DREN	Drenaje
PROFUND	Profundidad (cm)
PEND	Pendiente (%)
EXPO	Exposición
ALTITUD	Altitud en metros sobre el nivel medio del mar
POS_TOPO_	Posición Topográfica
TIPO_PUNTO	Tipo de Punto u Observación
FOTO	Nº Fotografía
DESC_USO	Descripción del Uso del suelo
DATUM	datum
HUSO	Huso
PCS_A	Porcentaje de Cobertura Simplificada de Árboles
PCS_AR	Porcentaje de Cobertura Simplificada de Arbustos
PCS_HERB	Porcentaje de Cobertura Simplificada de Herbáceas

b) Ficha tipo de Terreno para Vegetación.

INVESTIGADOR		FECHA		CARTA N°															
REGIÓN		/ 02 / 2008																	
COMUNA		Localidad		N° Ficha															
Datum SAD 89	Huso	Formación Vegetal		Her (%)	Especies	Tipo Vegetacional	Uso	N° Foto											
	Coordenadas	Altura (m)	Arboles (LA)						Arbustos (LB)	Her (%)									
Este	Norte	>20	12-20	8-12	2-8	<2	1-2	0,5-1	-0,5	>0	1	2	3	4	5	6			
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
Observaciones:																			

G.L.: Grado de Intervención P.S.: Profundidad del suelo T.: Textura A.: Altitud P.T.: Posición Topográfica D.: Drenaje P.: Pendiente % E.: Exposición P.E.: Estabilización por estrato biológico

**c) Descripción del uso de la tierra (tipos vegetacionales).****USO ACTUAL****1. AREAS URBANAS E INDUSTRIALES**

1.1 Ciudades-Pueblos-Zonas Industriales

1.2 Minería Industrial

2. TERRENOS AGRICOLAS

2.1 Terrenos de Uso Agrícola

2.2 Rotación Cultivo-Pradera

3. PRADERAS Y MATORRALES

3.1 Praderas

3.2 Matorral Pradera

3.3 Matorral

3.4 Matorral Arborescente

3.5 Matorral con Suculentas

3.6 Suculentas

3.7 Plantación de arbustos

4. BOSQUES

4.1 Plantaciones

4.1.1 Plantación

4.1.2 Plantación Joven o Recién Cosechada

4.1.3 Bosque de Exóticas Asilvestradas

4.2 Bosque Nativo

4.2.1 Bosque Nativo Adulto

4.2.2 Renoval

4.2.3 Bosque Adulto Renoval

4.2.4 Bosques Nativos Achaparrados

4.3 Bosques Mixtos

4.3.1 Bosque Nativo/Plantación

4.3.2 Bosque Nativo - Exóticas Asilvestradas

5. HUMEDALES

5.1 Vegetación Herbácea en Orilla

5.2 Marismas Herbáceas

5.3 Nadis Herbáceos Arbustivos

5.4 Turbales

5.5 Bofedales

5.6 Vegas

5.7 Otros Terrenos Húmedos

6. AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACION

6.1 Playas y Dunas

6.2 Afloramientos Rocosos

6.3 Terrenos sobre el límite de la Vegetación

6.4 Corridas de Lava y Escoriales

6.5 Derrumbes sin Vegetación

6.6 Salares

6.7 Otros Terrenos sin Vegetación

6.8 Cajas de Ríos

7. NIEVES Y GLACIARES

7.1 Nieves

7.2 Glaciares

7.3 Campos de Hielo

8. CUERPOS DE AGUA

8.1 Mar

8.2 Ríos

8.3 Lagos-Lagunas-Embalses-Tranques

9. AREAS NO RECONOCIDAS

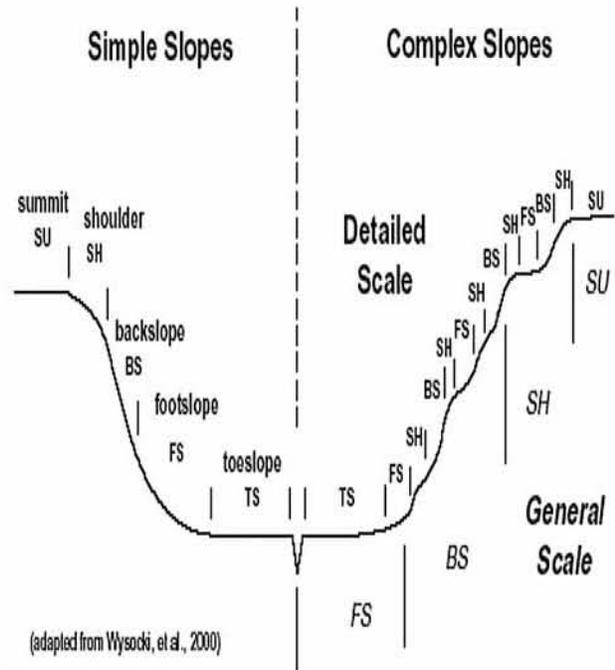
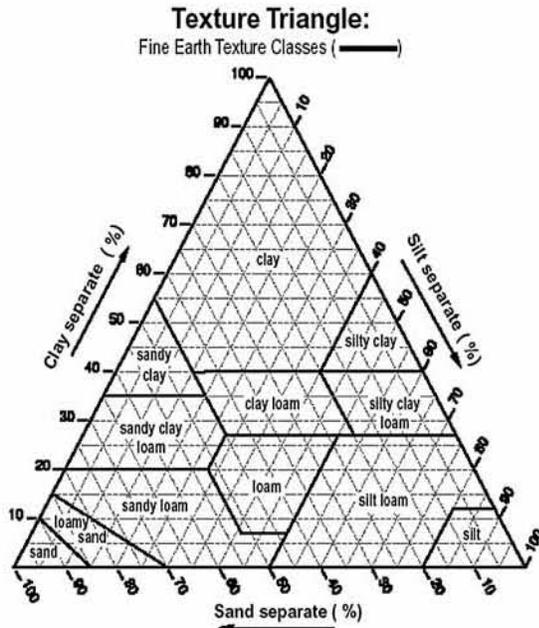
d) Ficha tipo de terreno para registrar erosión.

OBSERVADOR	CARTA N°			
FECHA OBSERVACION				
PUNTO N°				
Este				
Norte				
altitud				
FASE SUELOS				
Forma ladera				
Posición en ladera				
Altura				
Exposición				
Tipo erosión	(l - s - c)			
Origen erosión	e , h			
Altura pedestales	(cm)			
N° de surcos/ cárcavas				
Long media	(m)			
Ancho medio	(m)			
Profundidad media	(cm)			
% m	(%)			
Pedregosidad	(%)			
Textura 1° horizonte				
% arcilla 1° horizonte				
Color 1° horizonte				
Color 2° horizonte				
Profundidad suelo/ pedón	(cm)			
Profundidad suelo/ 1° horizonte	(cm)			
Superficie dañada (%)	(%)			
Subsuelo (%)				
fotografía N°				
Clase de erosión (aprox.)	0-1-2-3-4			
Capacidad de Uso				

l	laminar			
s	surcos			
c	cárcavas			
e	eólica			
p	pavimento			
r	remoción en masa / deslizamiento			



e) Ficha descripción de suelos



OBSERVACIONES			SKETCH
Drenaje			
Escurrimiento			
Apozamiento			
Material Parental			
Tiempo (clima)			
Hora Diagnóstico			
Origen (coluvial, aluvial, etc.)			
Otros			

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile
INFORME FINAL Diciembre 2010
Centro de Información de Recursos Naturales

ANEXO 2

Áreas de muestreo y validación

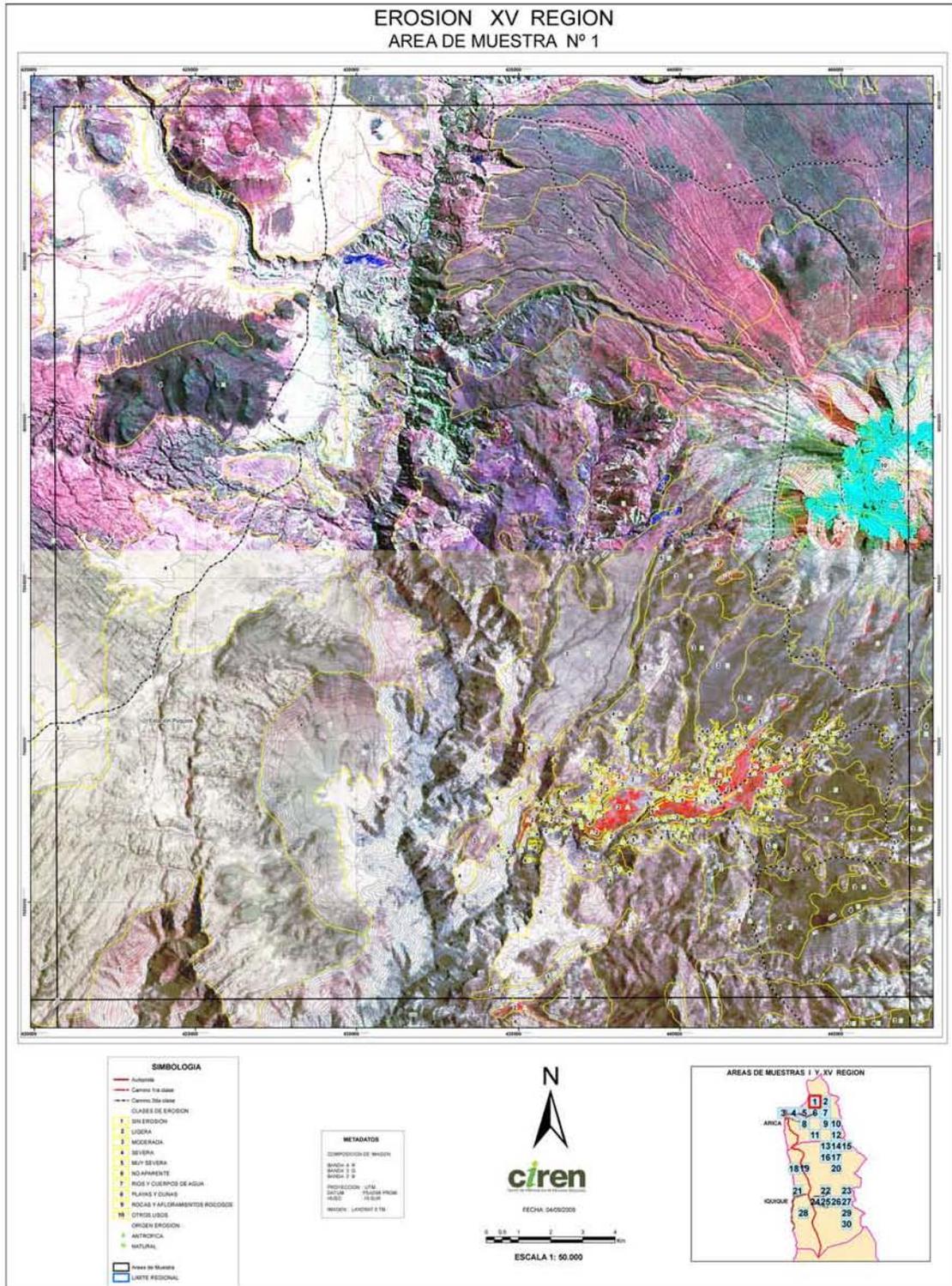


Figura 1. Carta N° 1 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Arica y Parinacota.

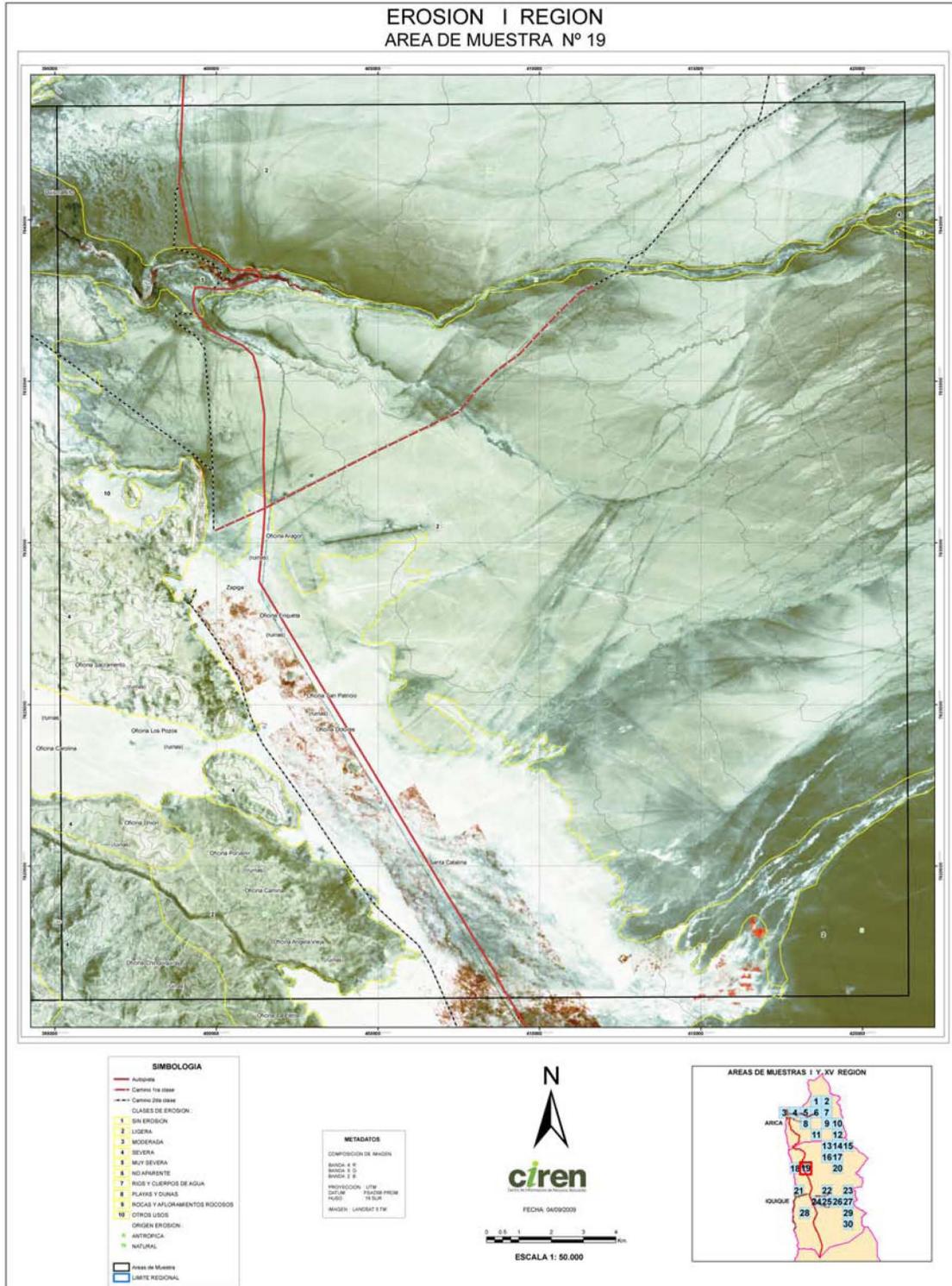


Figura 2. Carta N° 19 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Tarapacá.

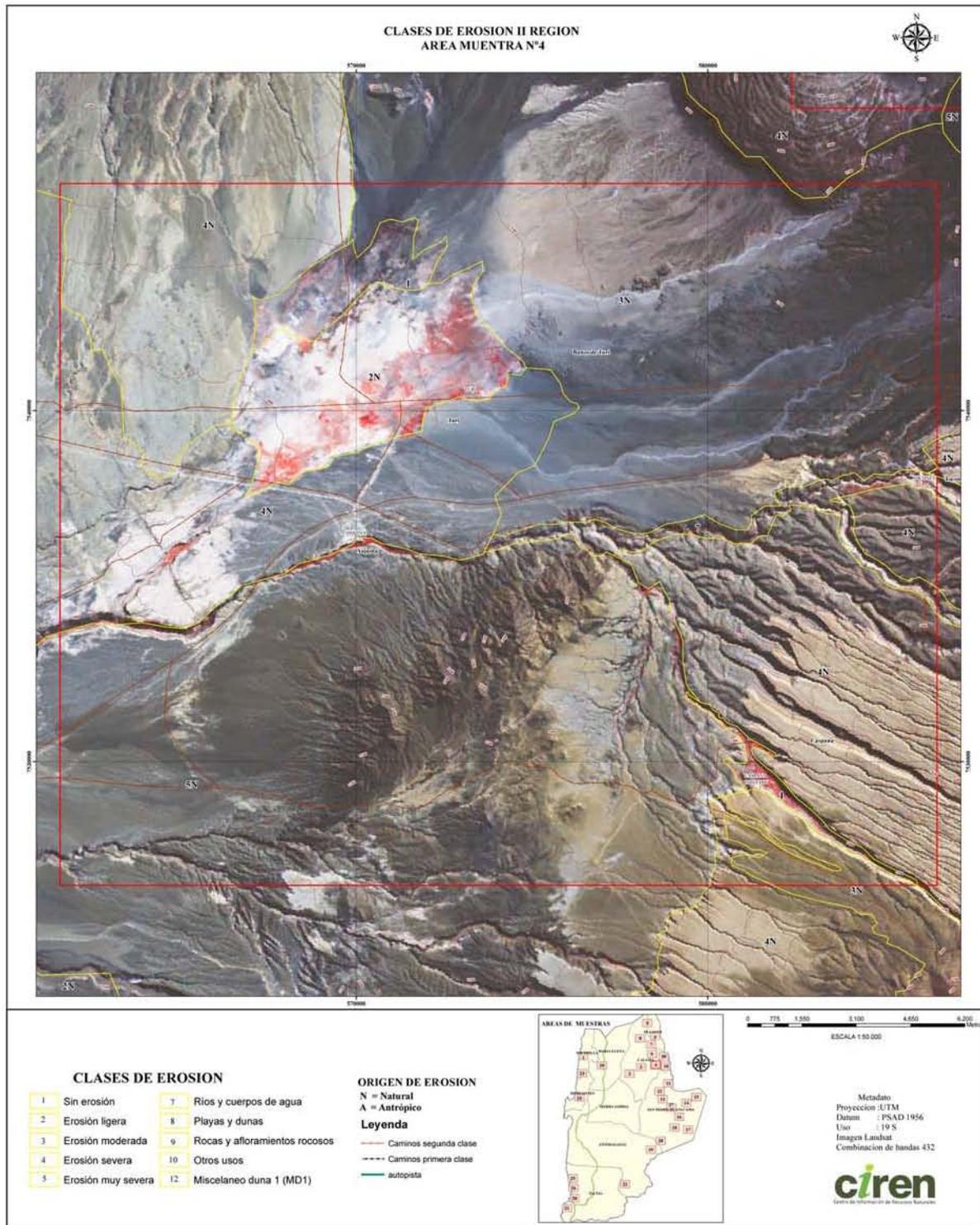


Figura 3. Carta N° 4 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Antofagasta.

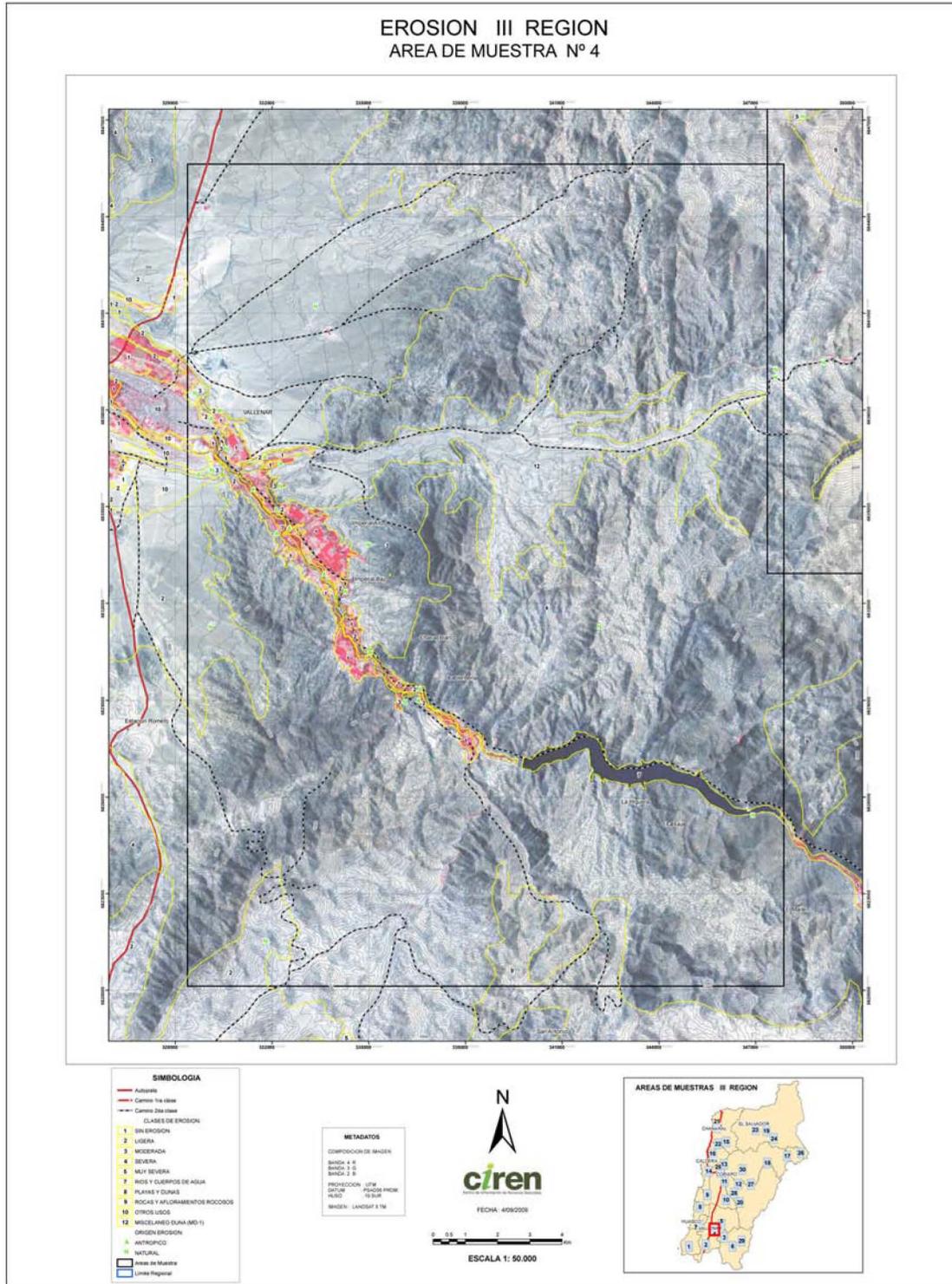


Figura 4. Carta Nº 4 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Atacama.

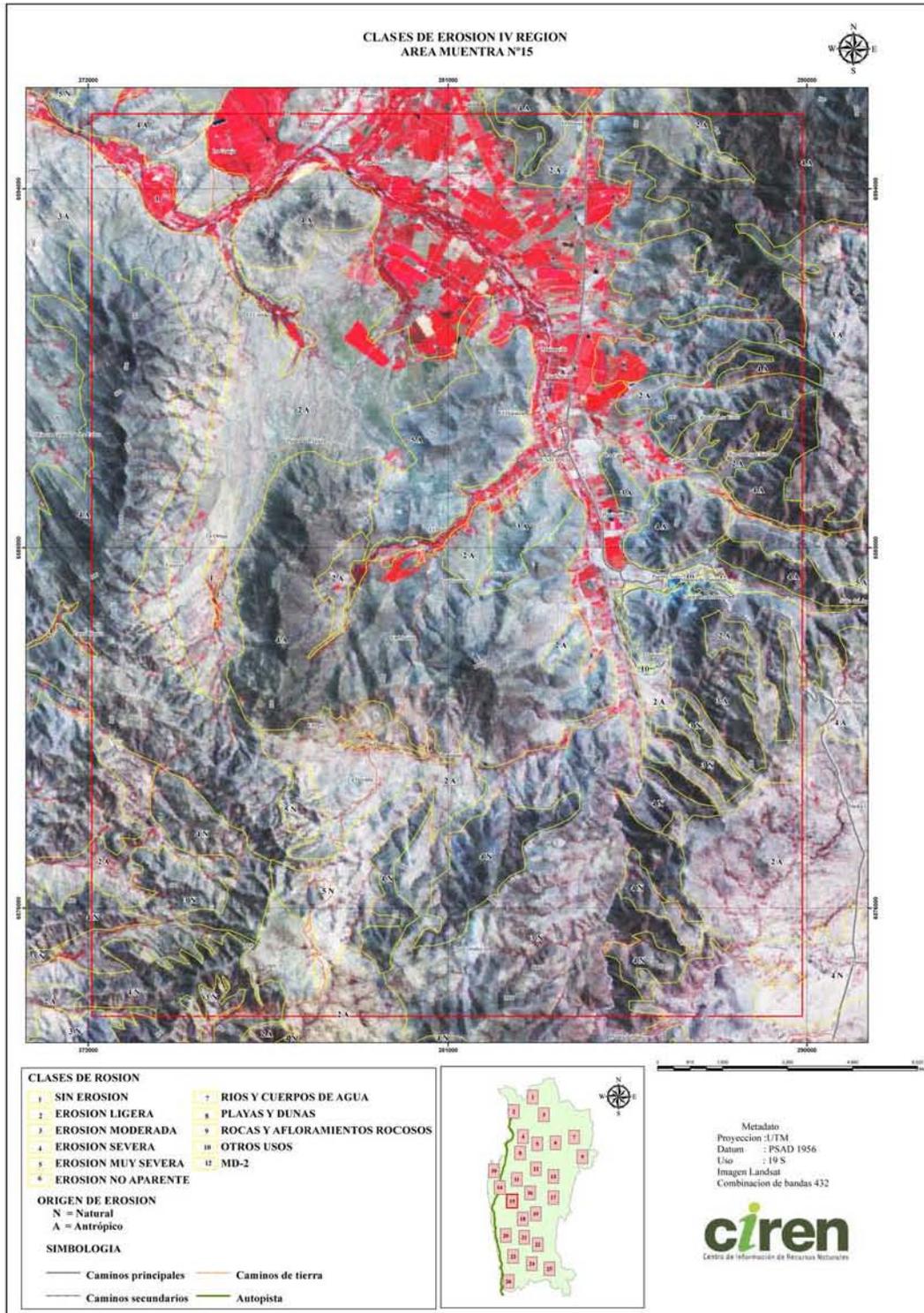


Figura 5. Carta N° 15 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Coquimbo.

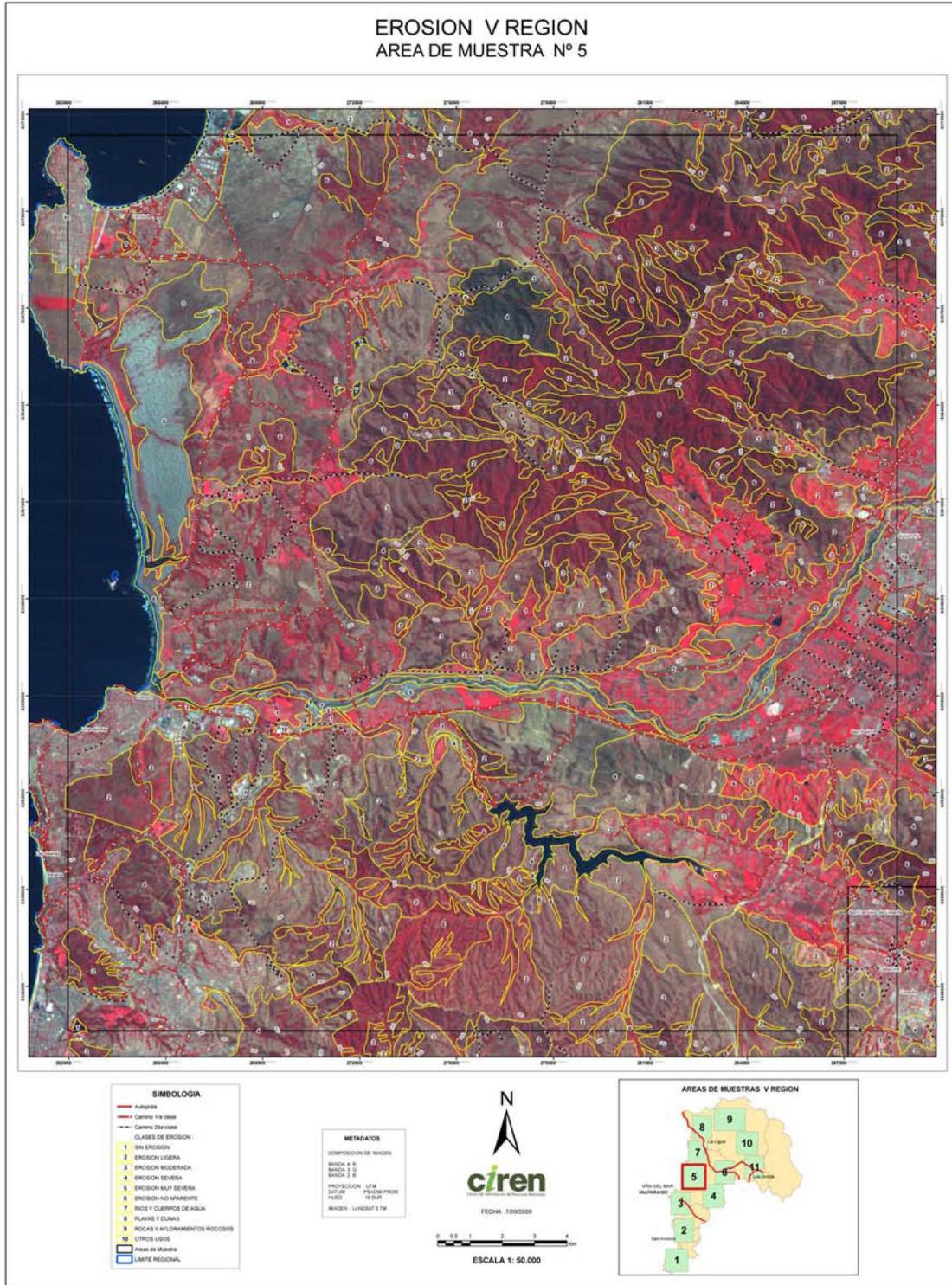


Figura 6. Carta Nº 5 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Valparaíso.

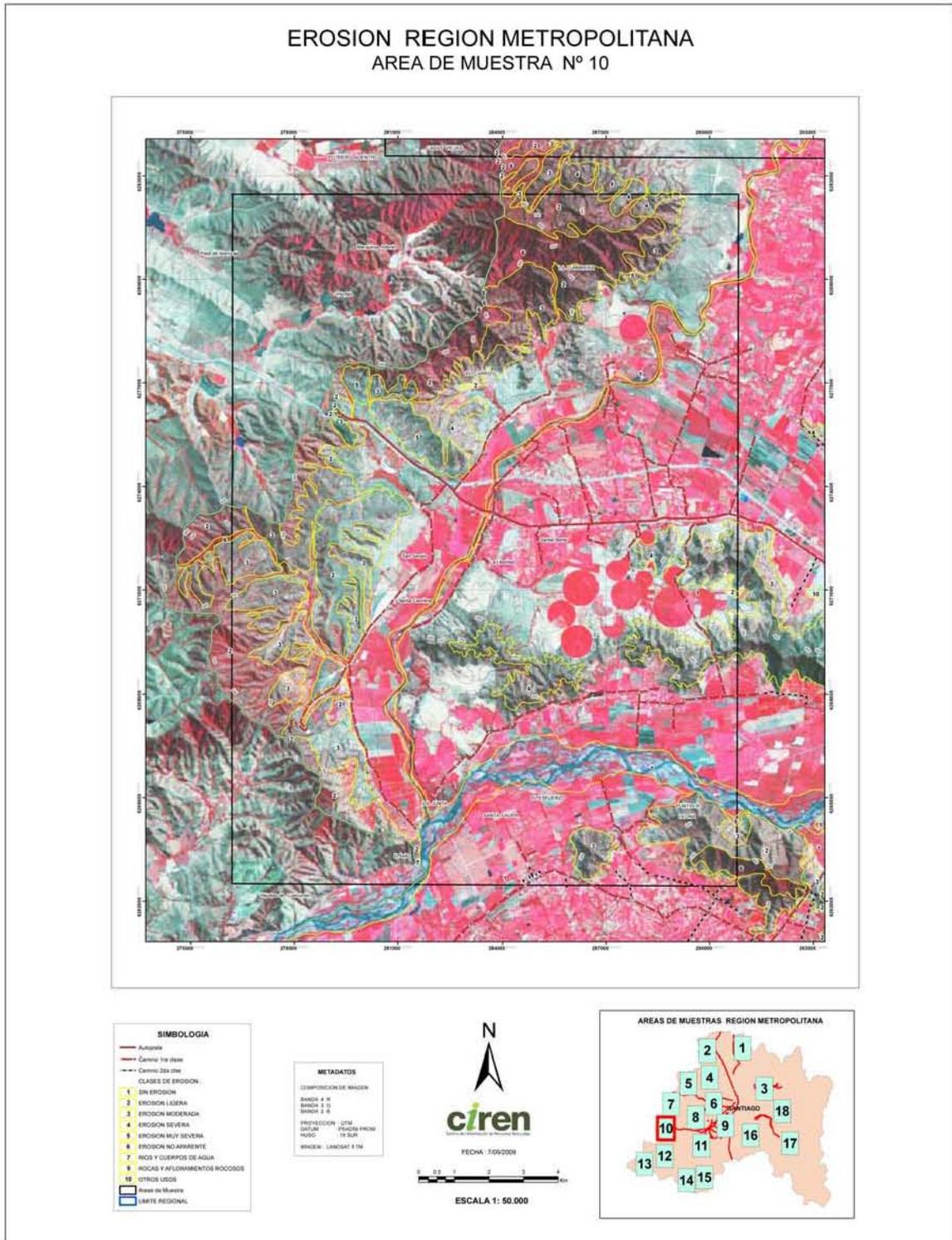
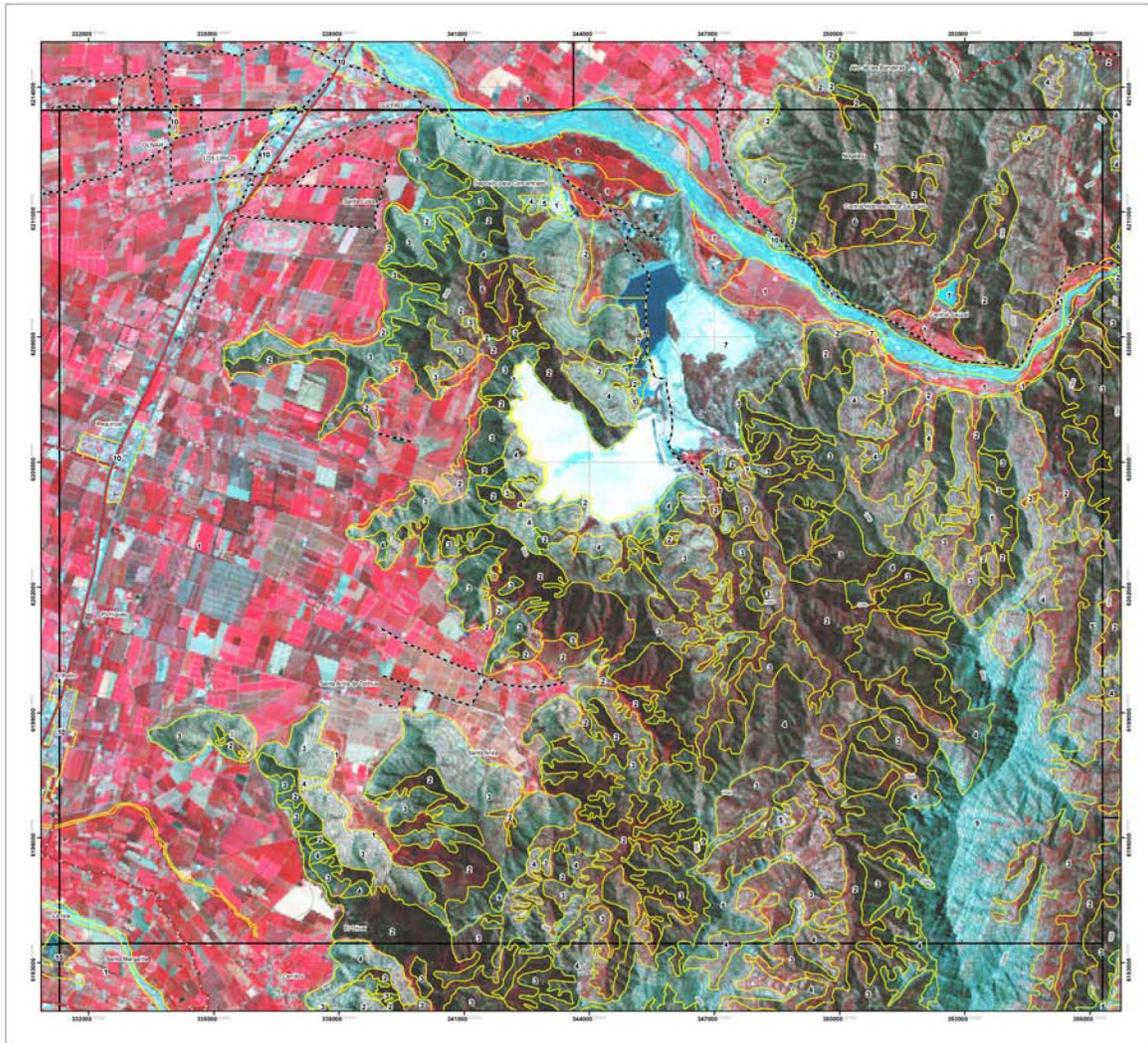


Figura 7. Carta Nº 10 de las áreas de muestreo y validación para la Región Metropolitana.

EROSION VI REGION
AREA DE MUESTRA N° 6



SIMBOLOGIA

- Autopista
- Camino 1ra clase
- Camino 2da clase

CLASIS DE EROSION

- 1 SIN EROSION
- 2 EROSION LIGERA
- 3 EROSION MODERADA
- 4 EROSION SEVERA
- 5 EROSION MUY SEVERA
- 6 EROSION NO APARENTE
- 7 RIOS Y CUERPOS DE AGUA
- 8 PLAYAS Y DUNAS
- 9 ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
- 10 OTROS USOS

Áreas de muestreo
 LIMITE REGIONAL

METADATOS

COMPOSICION DE MAGN

BANDA 4 R
 BANDA 3 G
 BANDA 2 B

PROYECCION UTM
 DATUM PLACAS PROM
 FUSO 18 SUR
 BARRIDA LANDSAT 5 TM



Figura 8. Carta N° 6 de las áreas de muestreo y validación para la Región de O'Higgins.

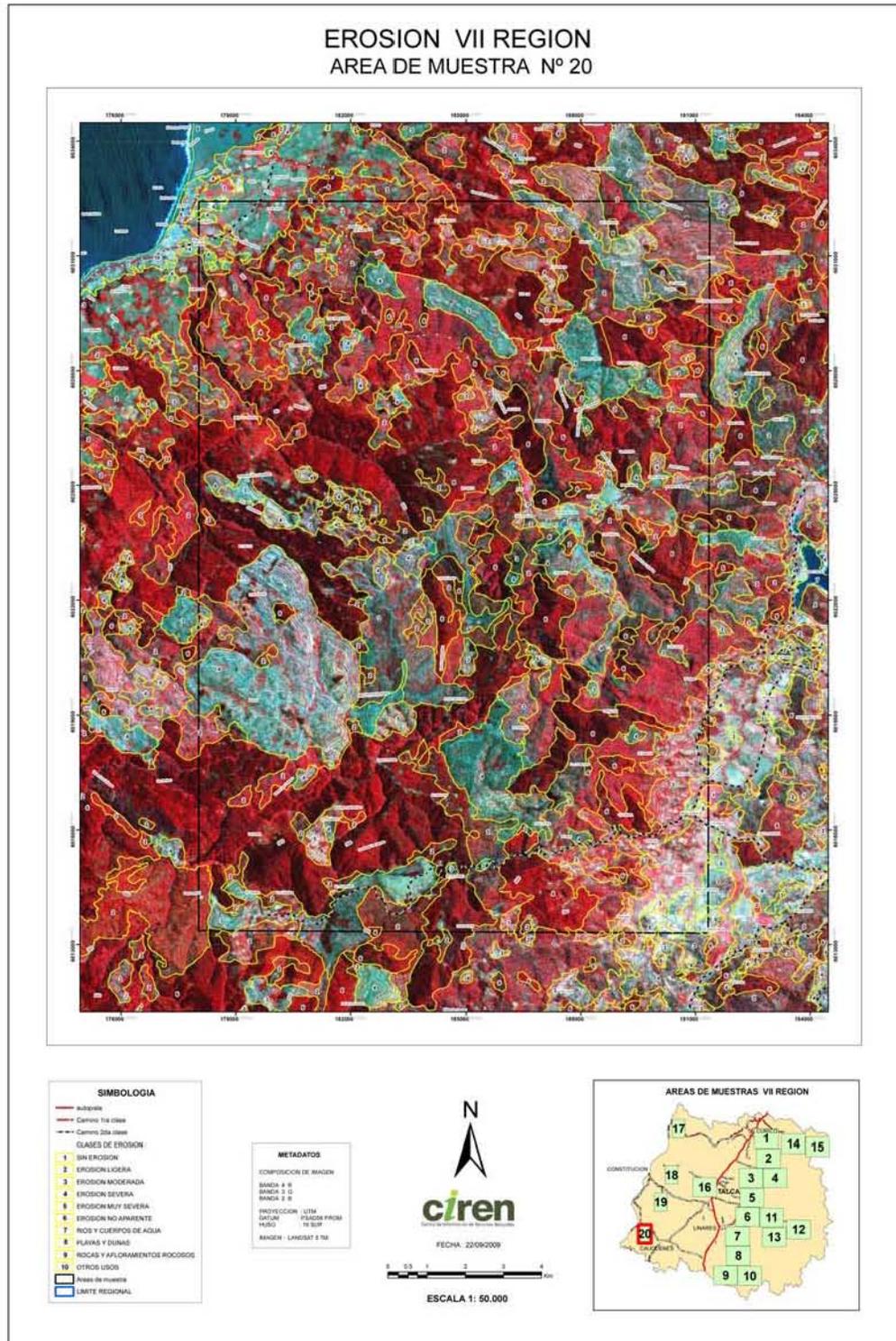


Figura 9. Carta N° 20 de las áreas de muestreo y validación para la Región del Maule.

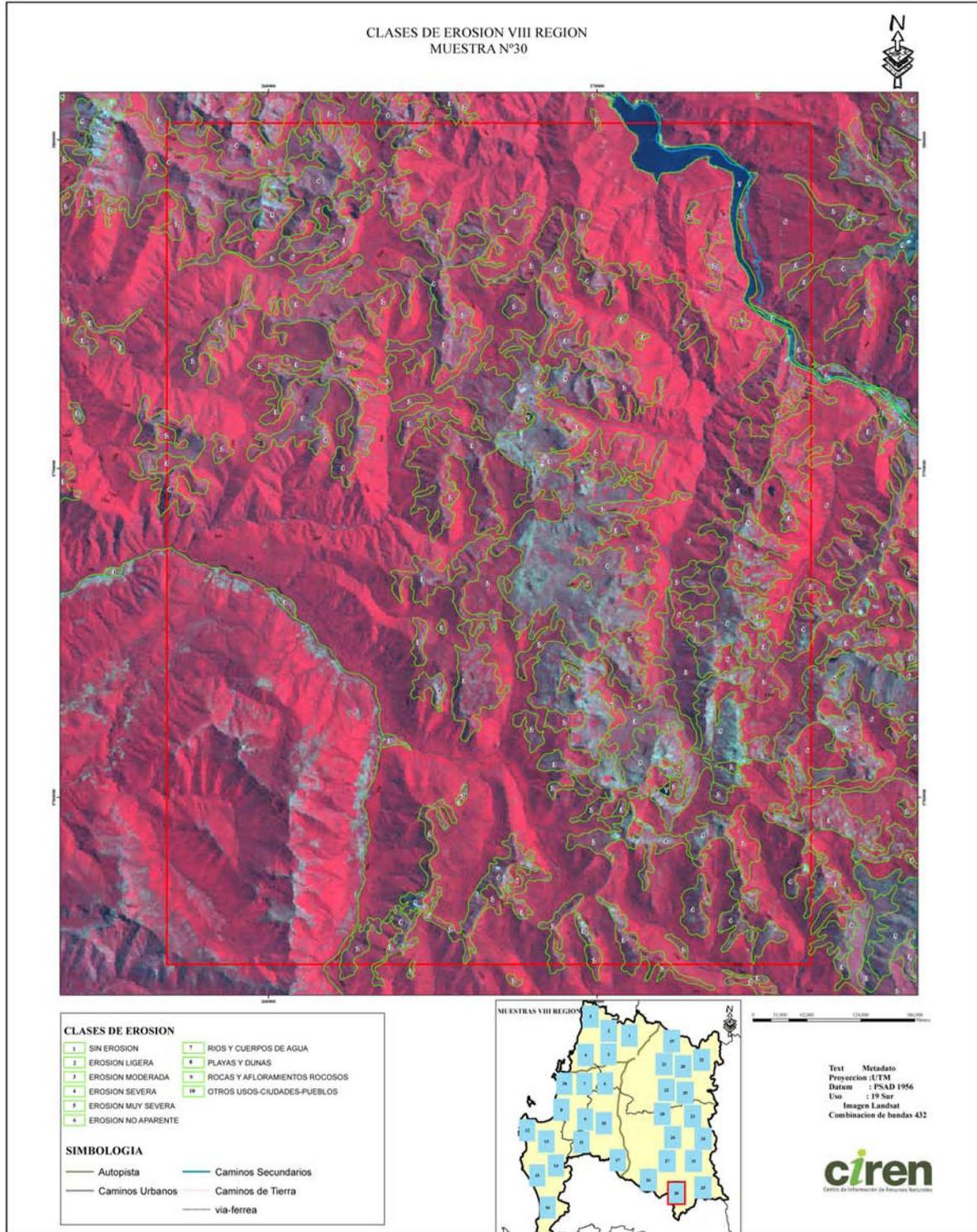


Figura 10. Carta N° 30 de las áreas de muestreo y validación para la Región del Bío-Bío.

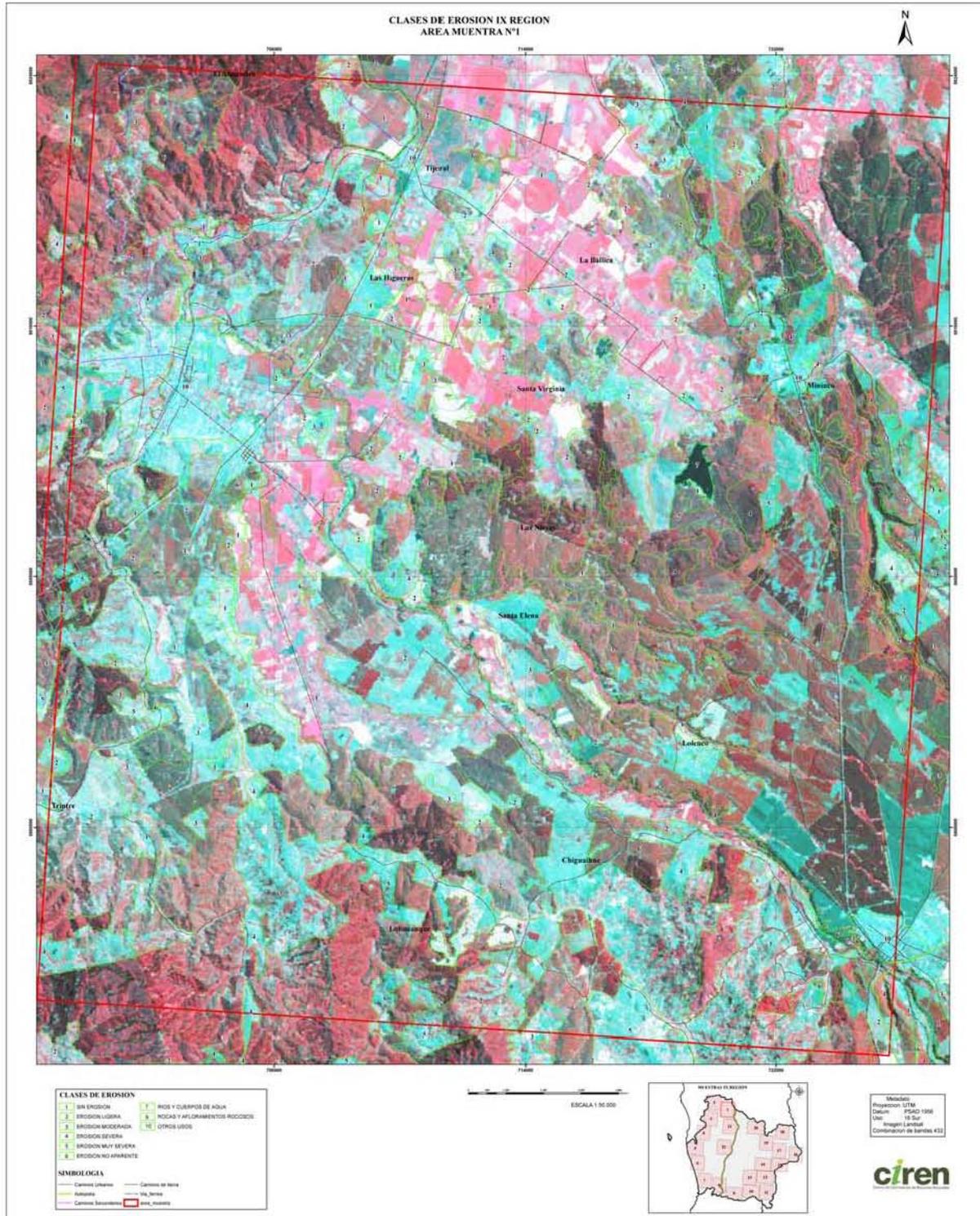


Figura 11. Carta N°1 de las áreas de muestro y validación para la Región de La Araucanía.

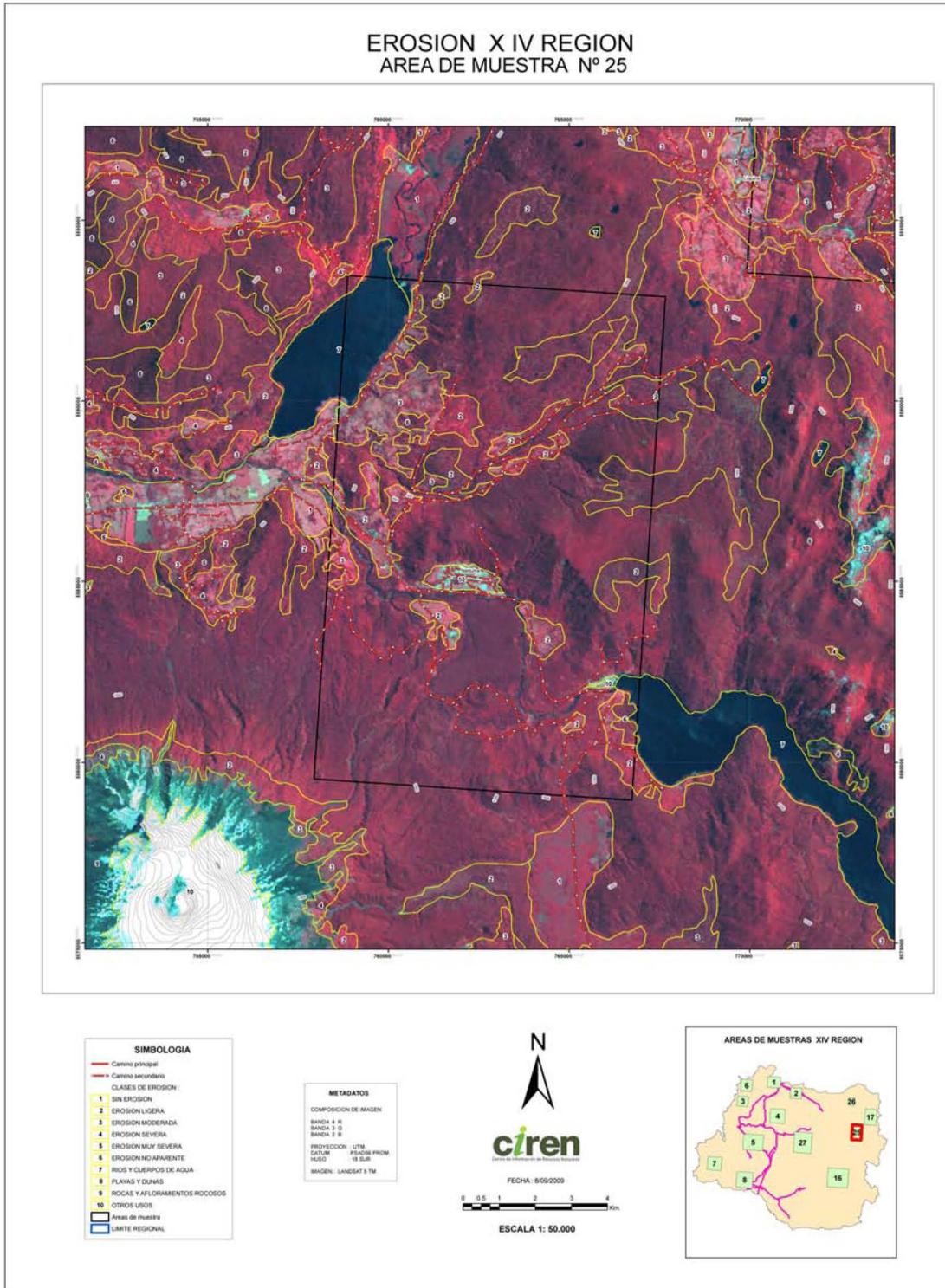


Figura 12. Carta Nº 25 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Los Ríos.

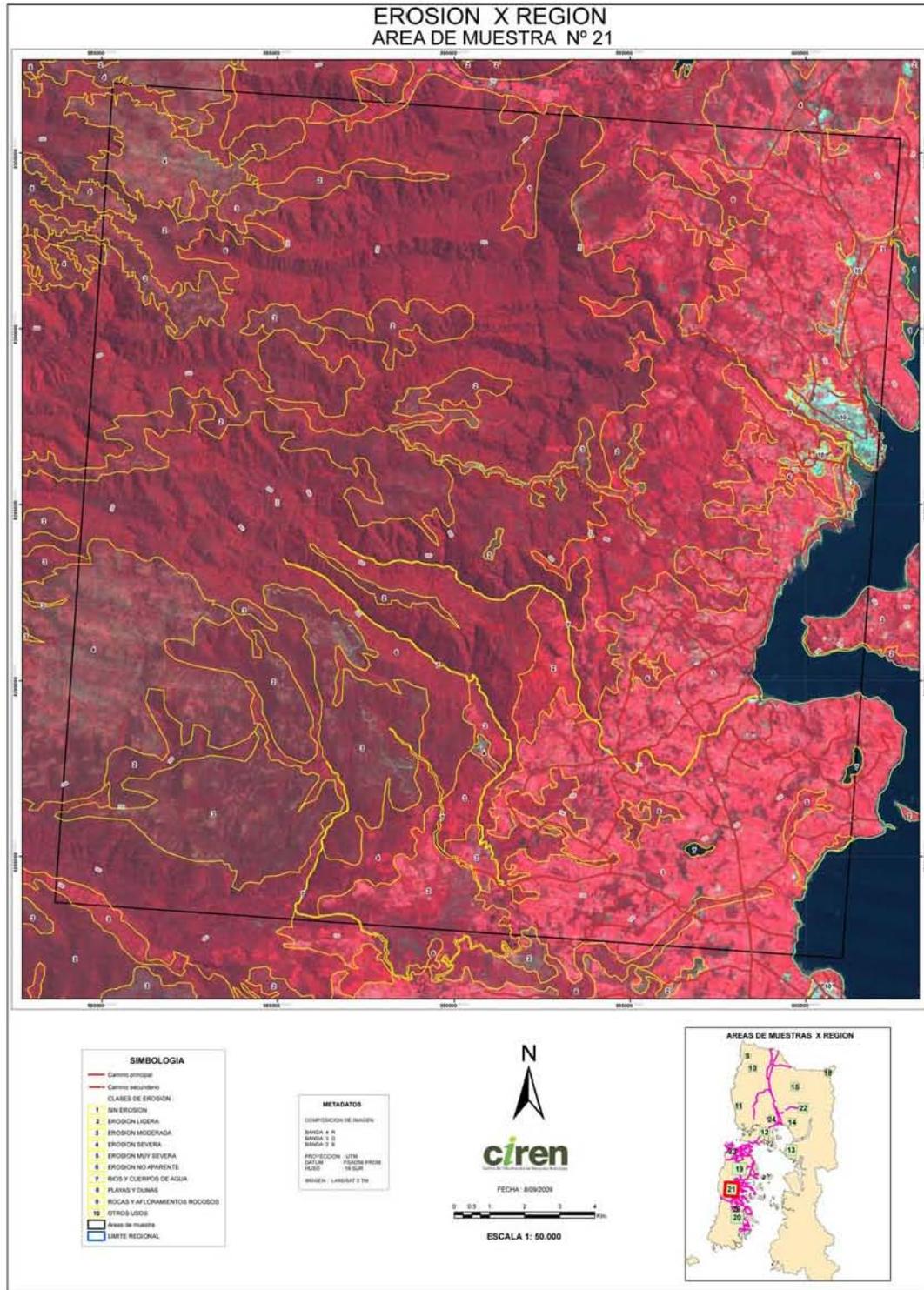


Figura 13. Carta Nº 21 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Los Lagos.

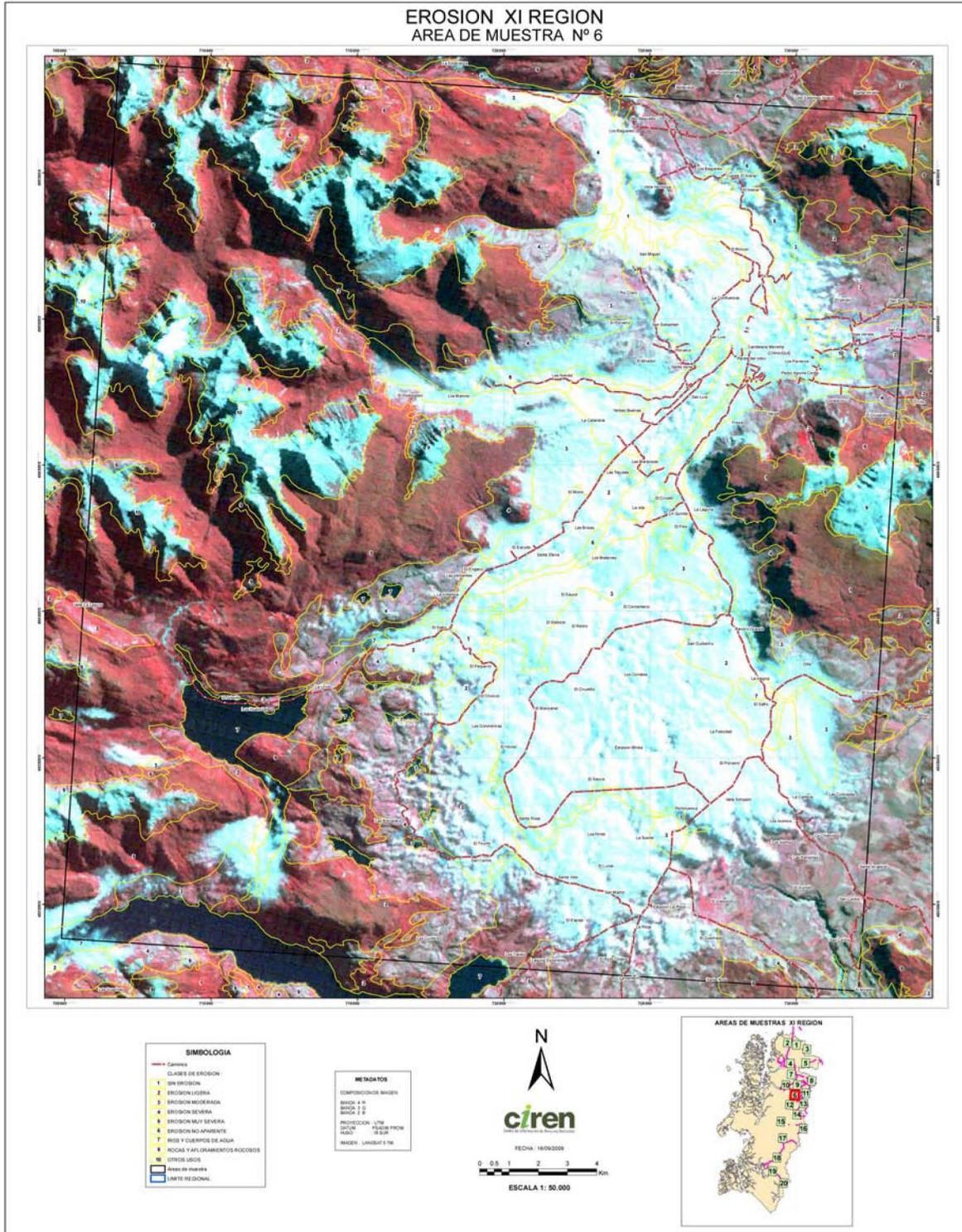


Figura 14. Carta N° 6 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Aysén.

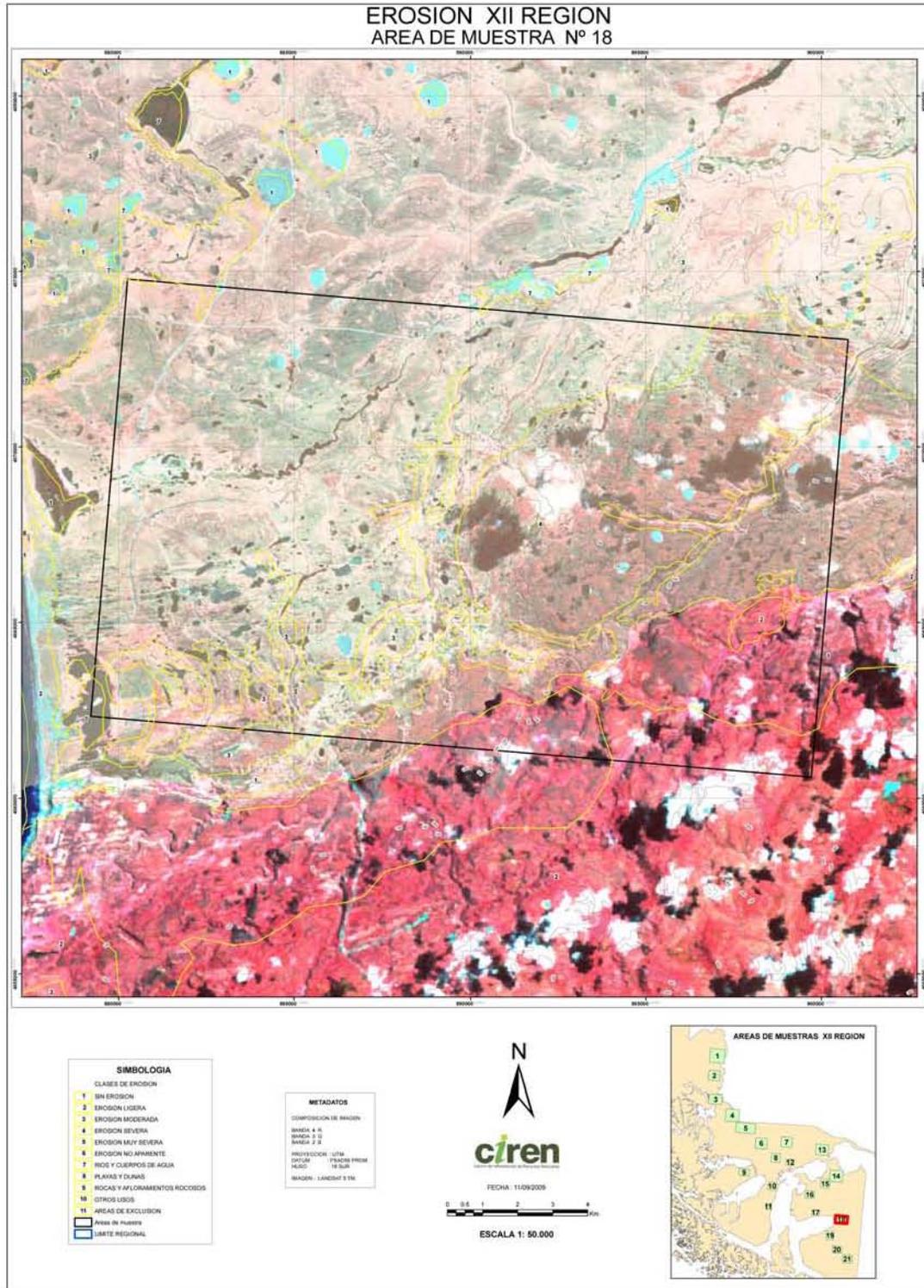


Figura 15. Carta N° 18 de las áreas de muestreo y validación para la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

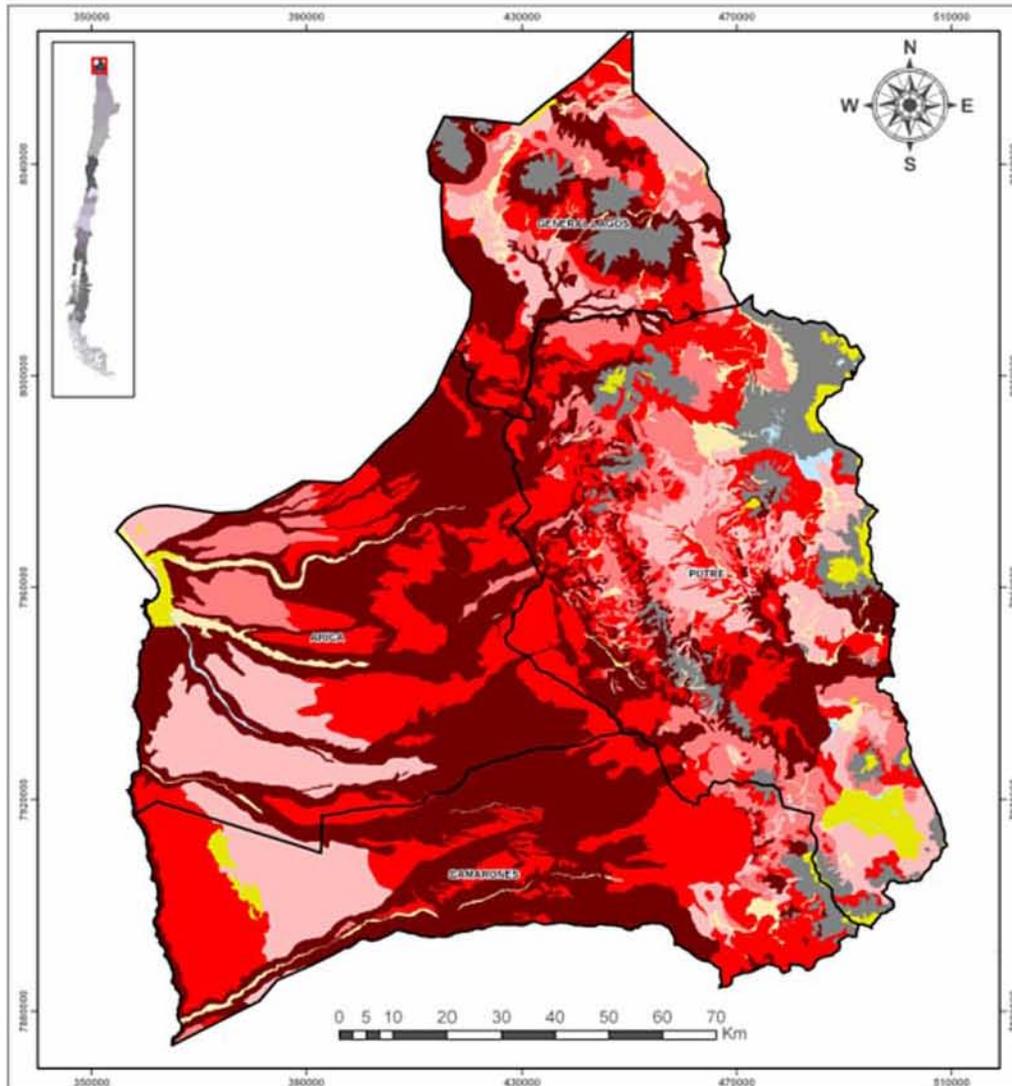
Centro de Información de Recursos Naturales

ANEXO 3

MAPAS. Resultados de erosión actual por región.



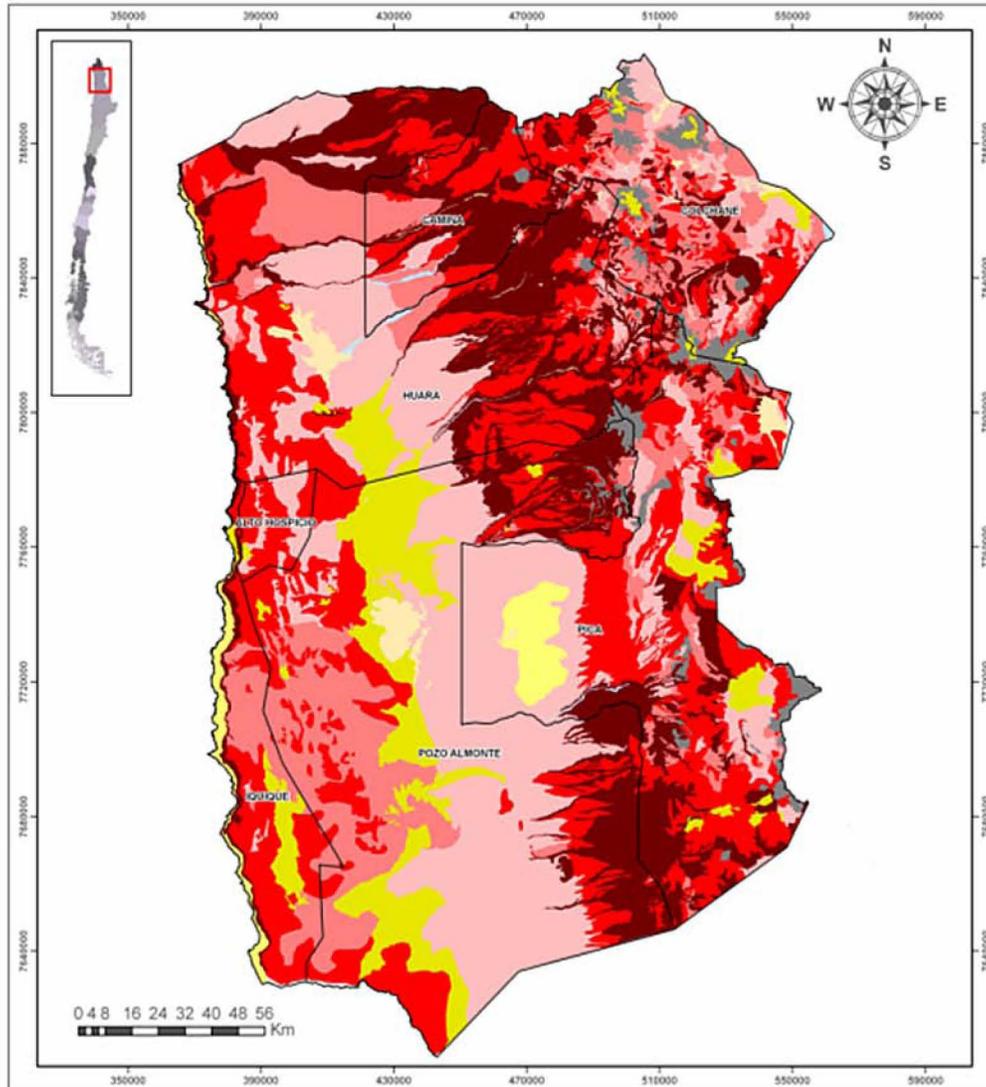
CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL XV REGION DE ARICA Y PARINACOTA



Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 1. Mapa de erosión actual para la Región de Arica y Parinacota.

CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
I REGION DE TARAPACÁ



Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 2. Mapa de erosión actual para la Región de Tarapacá.



CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL II REGION DE ANTOFAGASTA

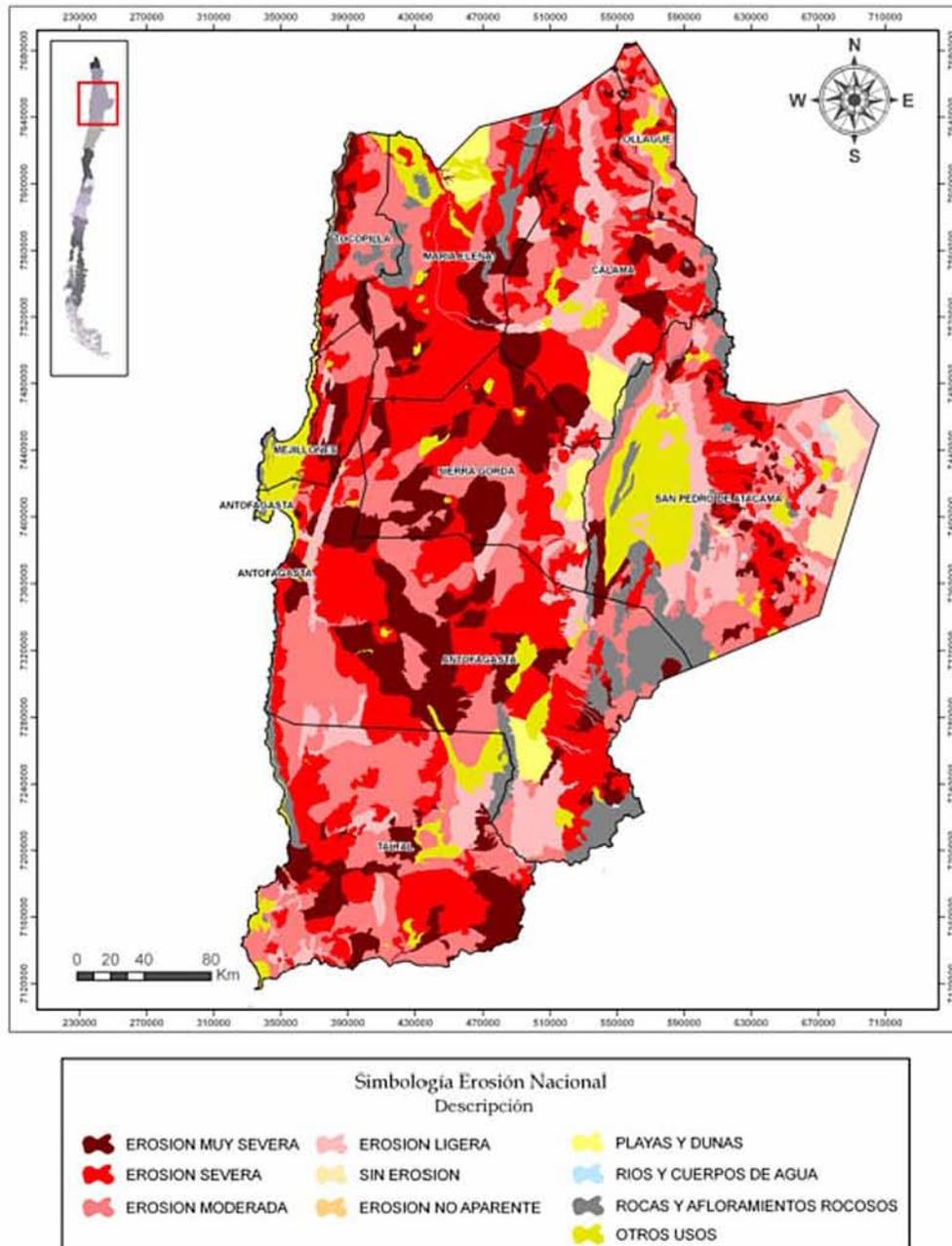
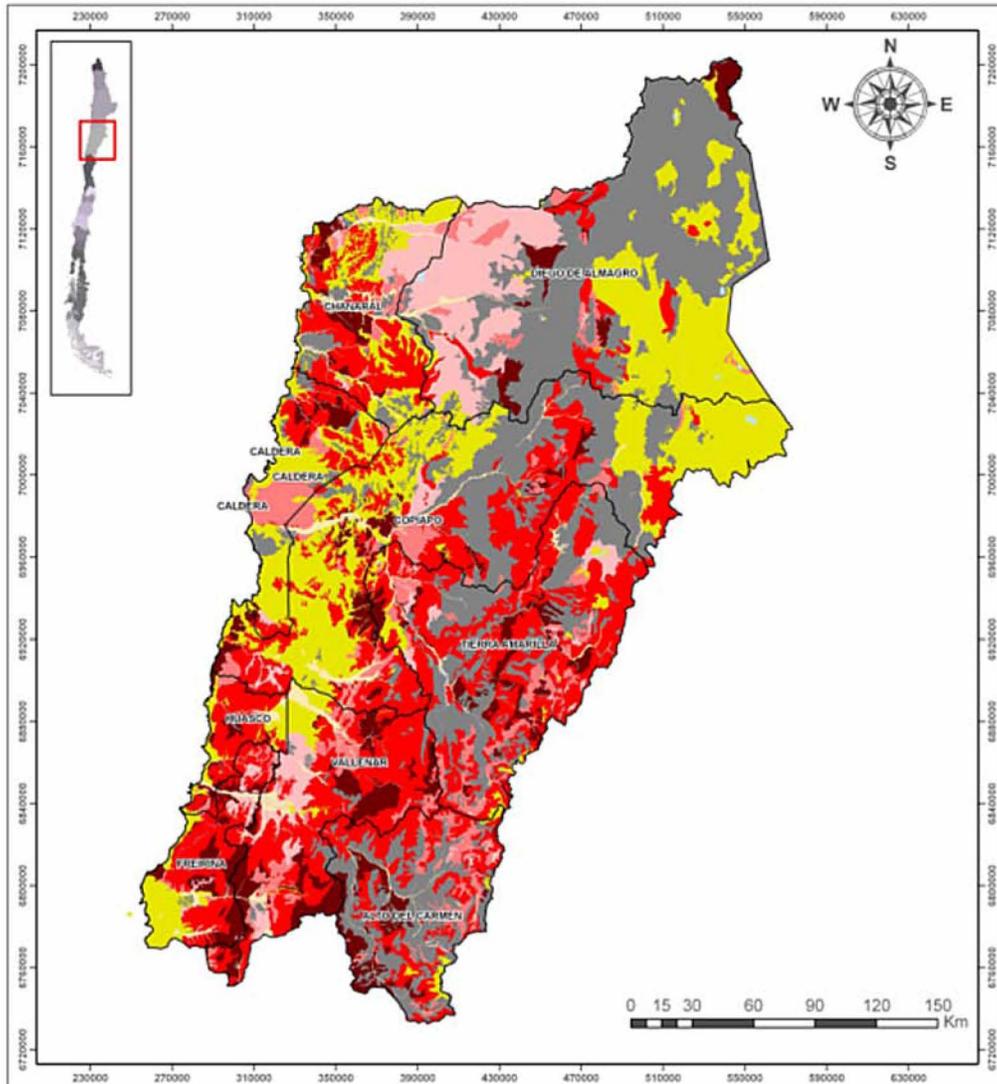


Figura 3. Mapa de erosión actual para la Región de Antofagasta.

CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
REGION III DEL ATACAMA

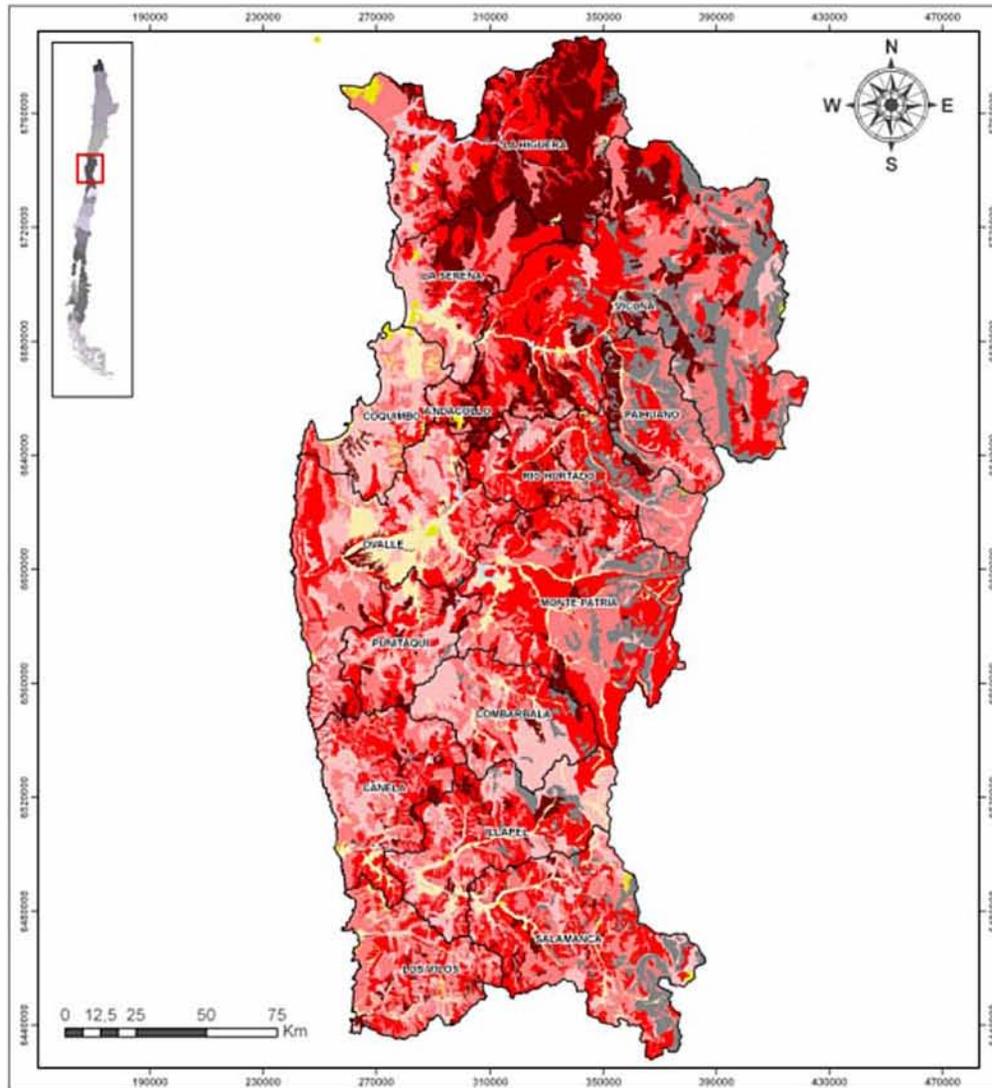


Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 4. Mapa de erosión actual para la Región de Atacama.



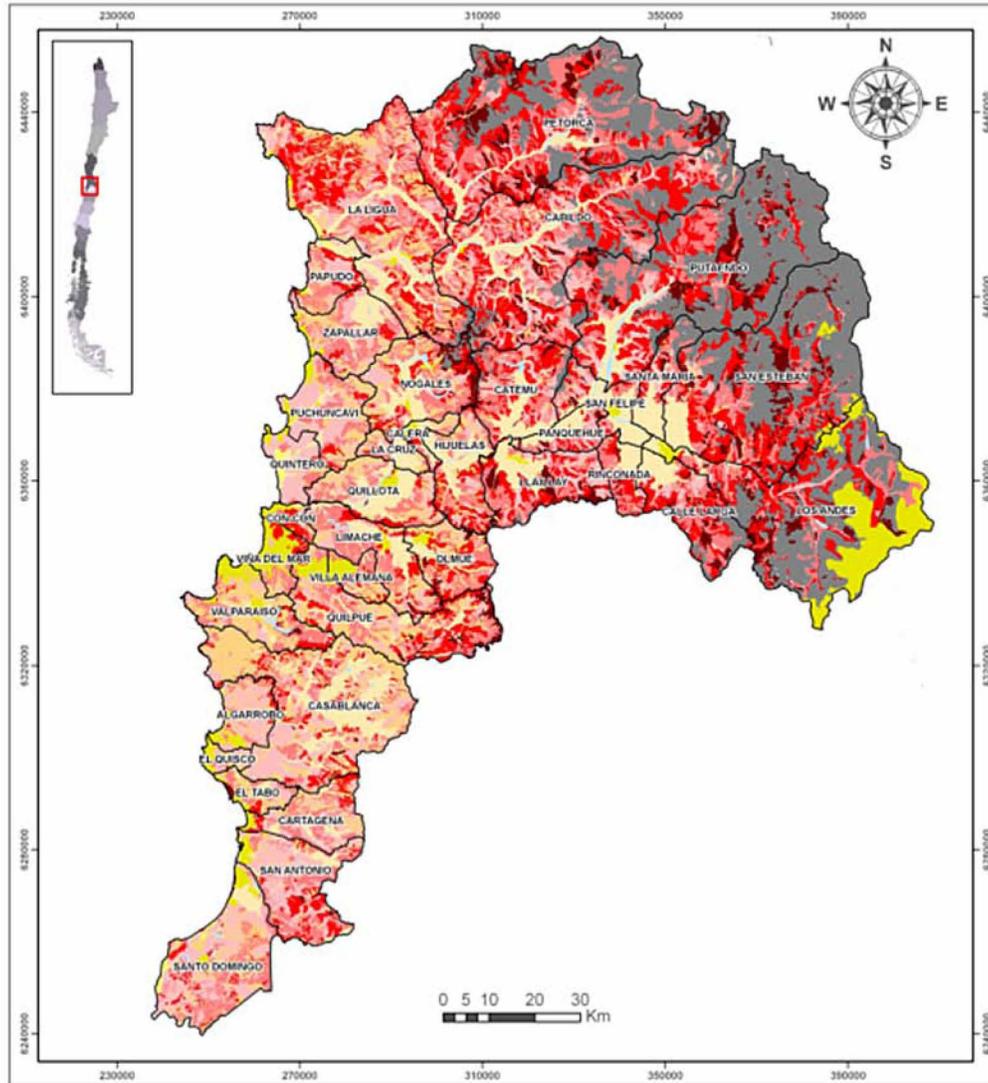
CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL IV REGION DE COQUIMBO



Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 5. Mapa de erosión actual para la Región de Coquimbo.

CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
V REGION DE VALPARAISO

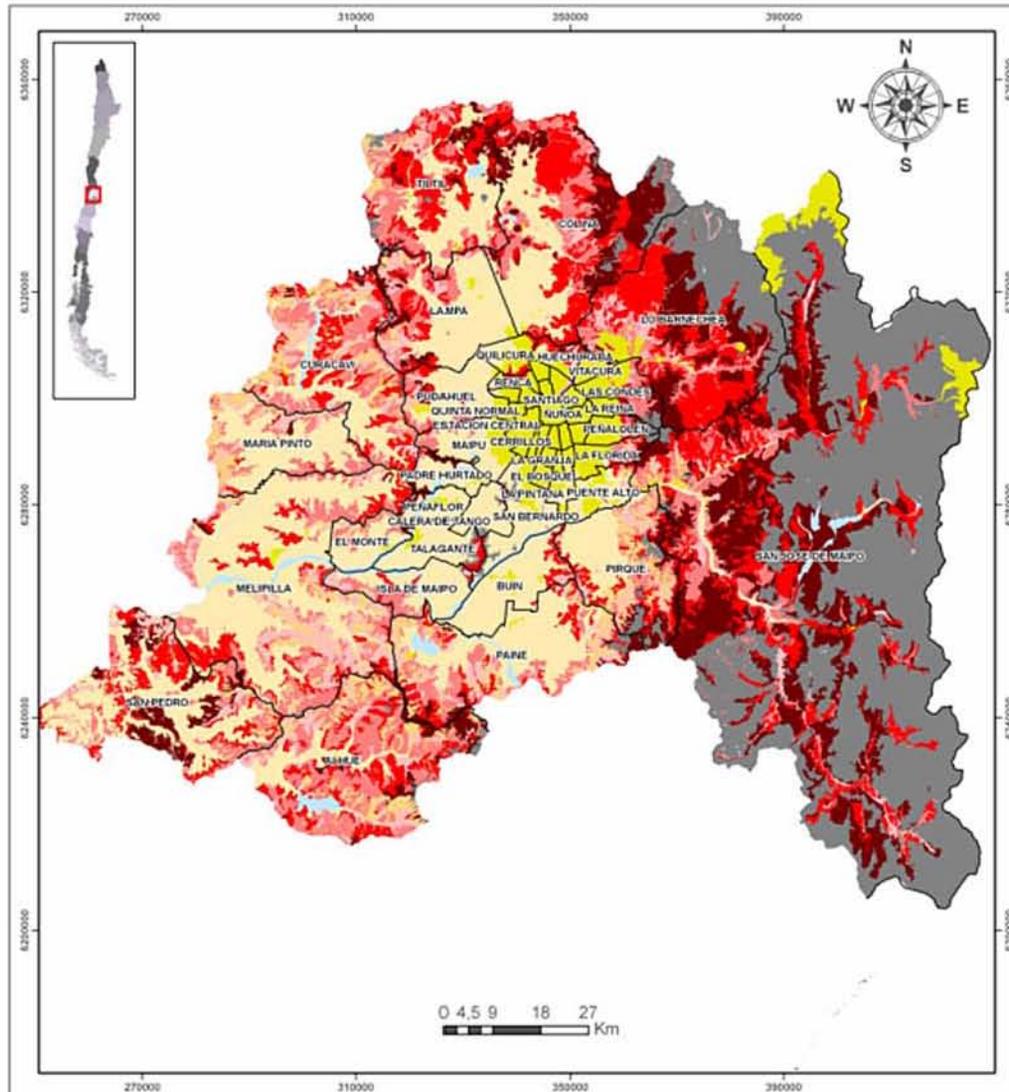


Simbología Erosión Nacional		
Descripción		
	EROSION MUY SEVERA	
	EROSION SEVERA	
	EROSION MODERADA	
	EROSION LIGERA	
	SIN EROSION	
	EROSION NO APARENTE	

Figura 6. Mapa de erosión actual para la Región de Valparaíso.



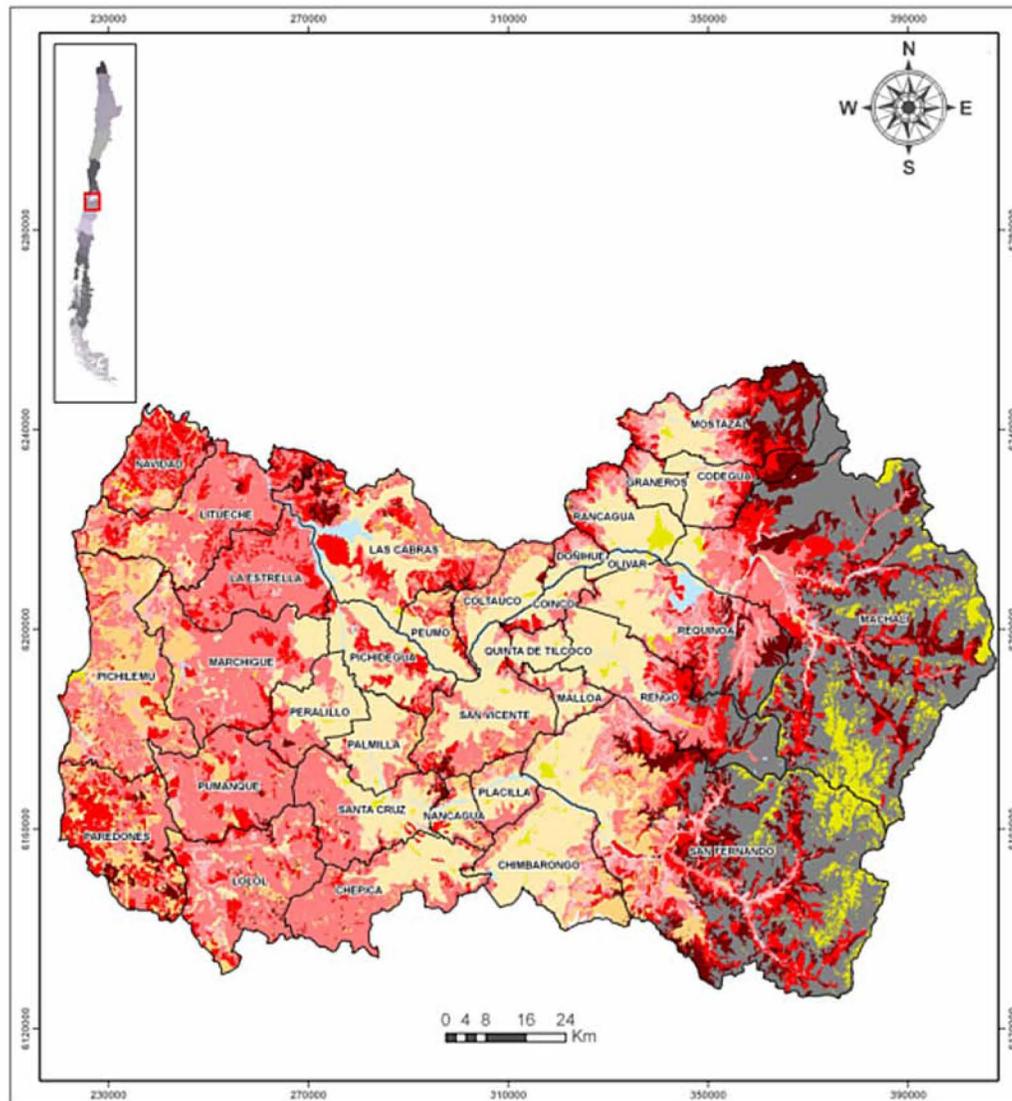
CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL REGION METROPOLITANA DE SANTIAGO



Simbología Erosión Nacional			
Descripción			
	EROSION MUY SEVERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		EROSION LIGERA
	EROSION MODERADA		SIN EROSION
	EROSION NO APARENTE		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
			ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
			OTROS USOS

Figura 7. Mapa de erosión actual para la Región Metropolitana.

CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
 REGION VI DE LIBERTADOR GRAL. BERNARDO O'HIGGINS

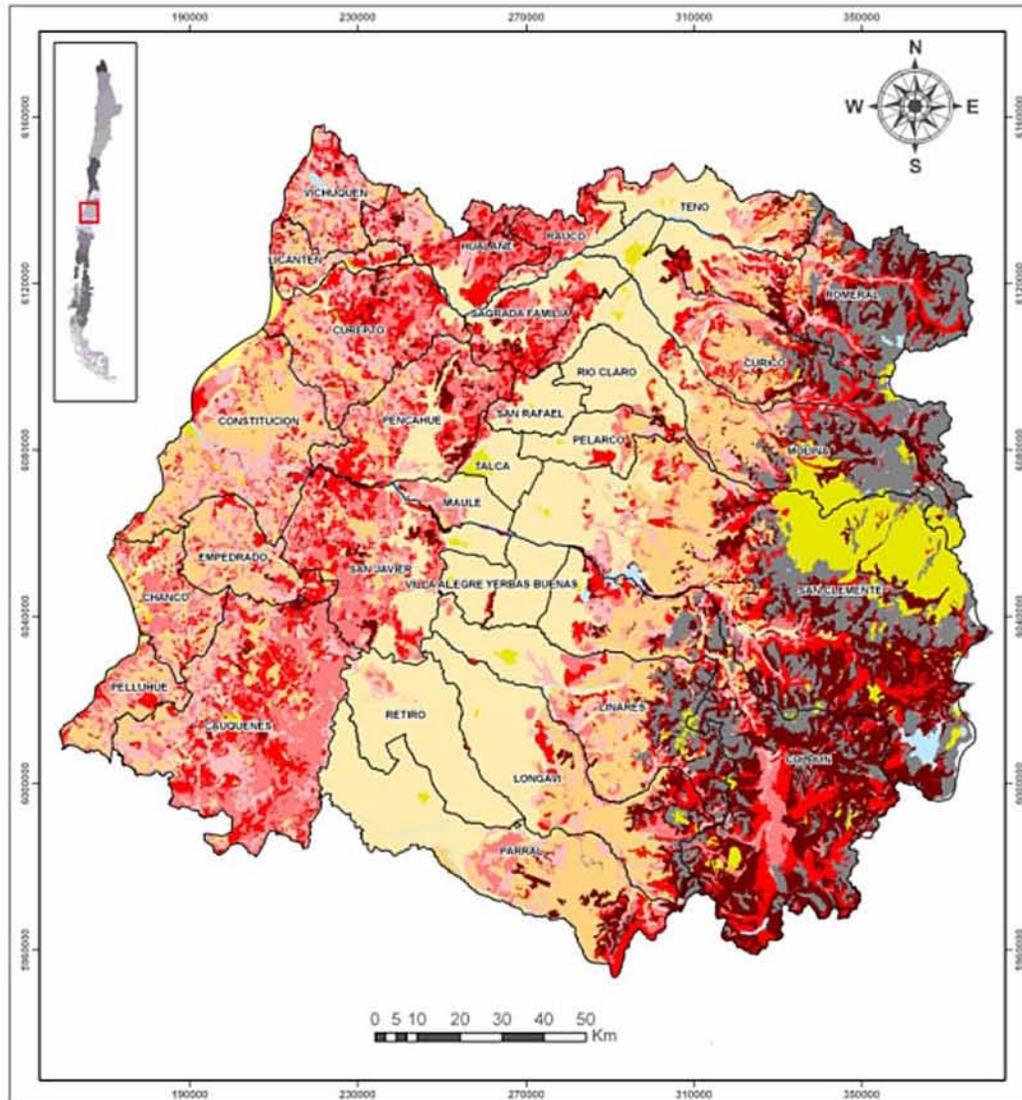


Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 8. Mapa de erosión actual para la Región de O'Higgins.



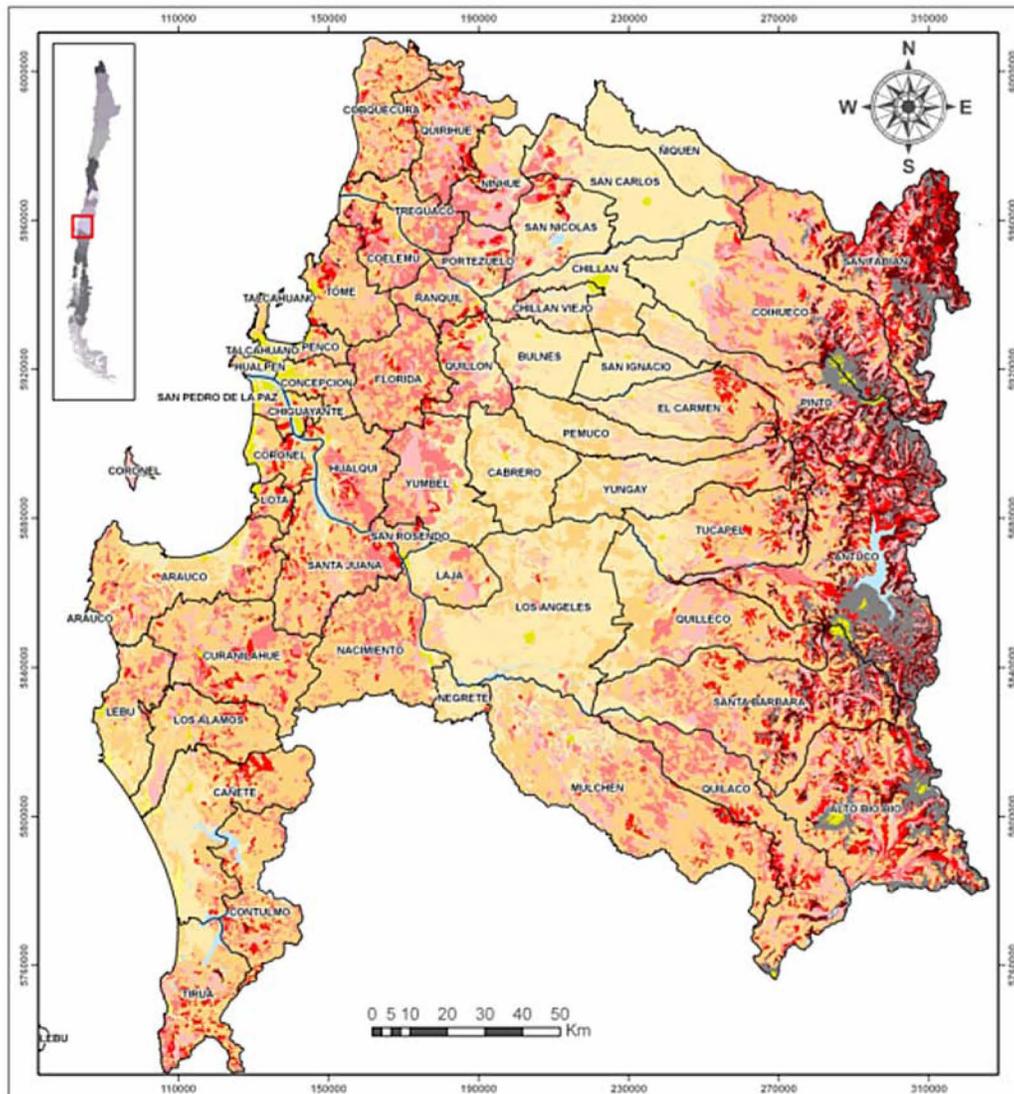
CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL REGION VII DEL MAULE



Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 9. Mapa de erosión actual para la Región del Maule.

CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
REGION VIII DEL BIO BIO

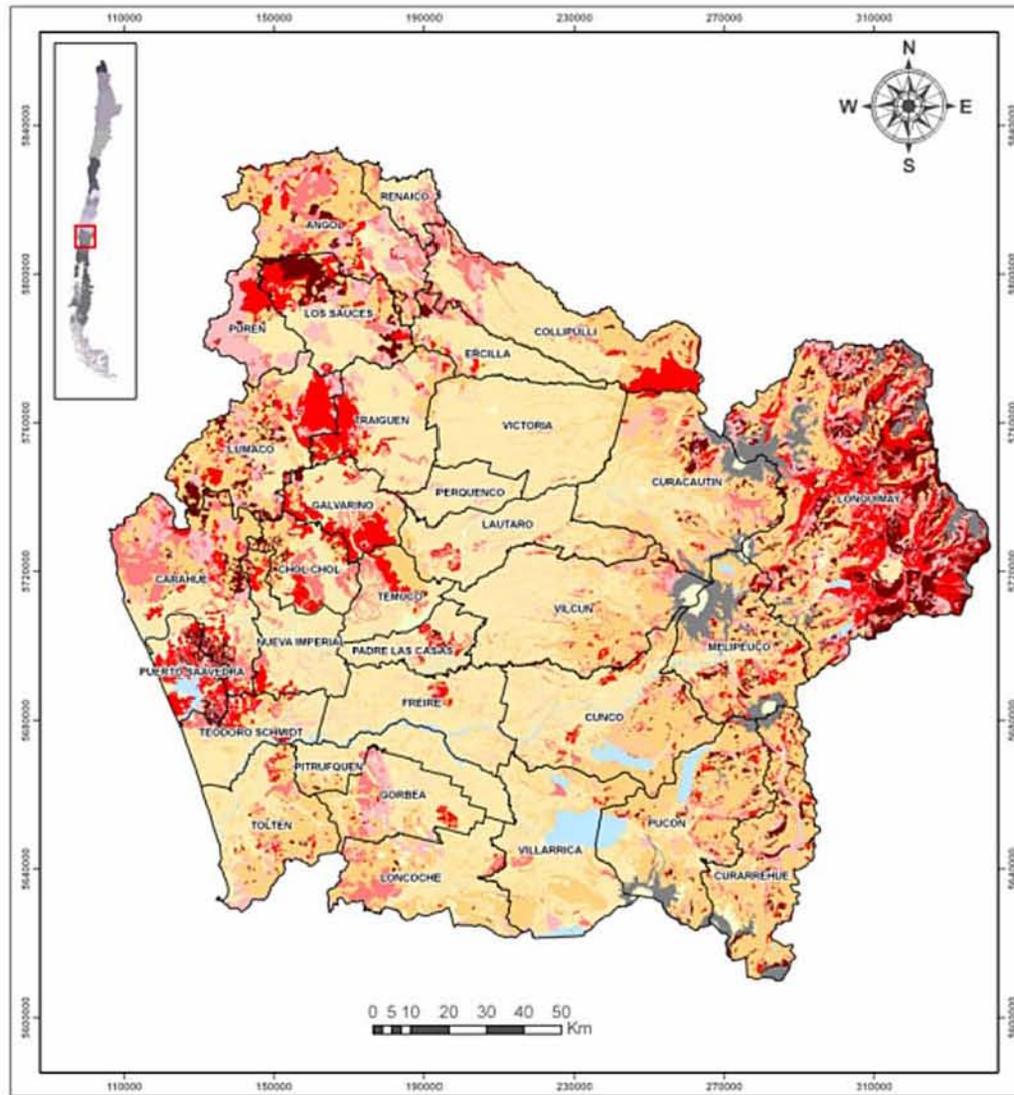


Simbología Erosión Nacional			
Descripción			
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA
	EROSION SEVERA		SIN EROSION
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE
	PLAYAS Y DUNAS		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS		OTROS USOS

Figura 10. Mapa de erosión actual para la Región del Bío-Bío.



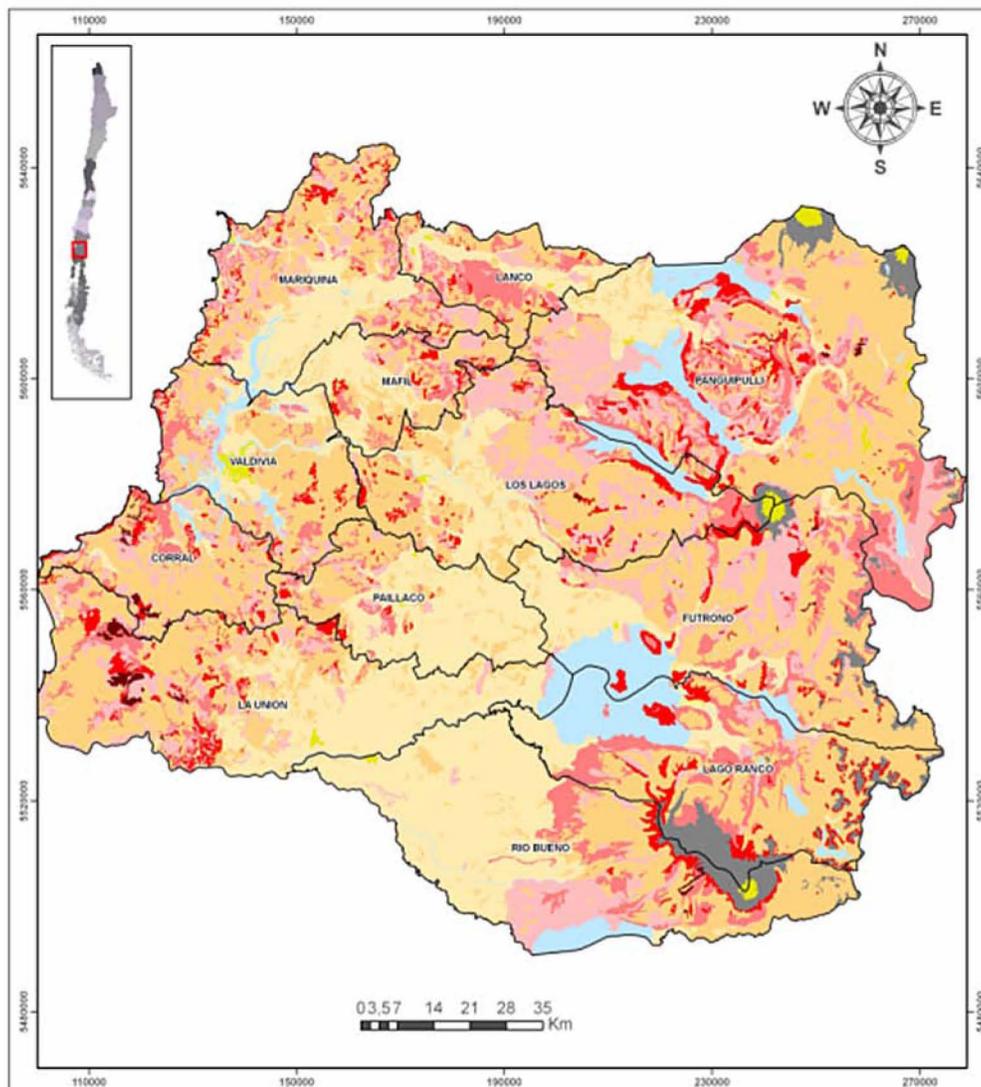
CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL REGION IX DE LA ARUCANIA



Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 11. Mapa de erosión actual para la Región de La Araucanía.

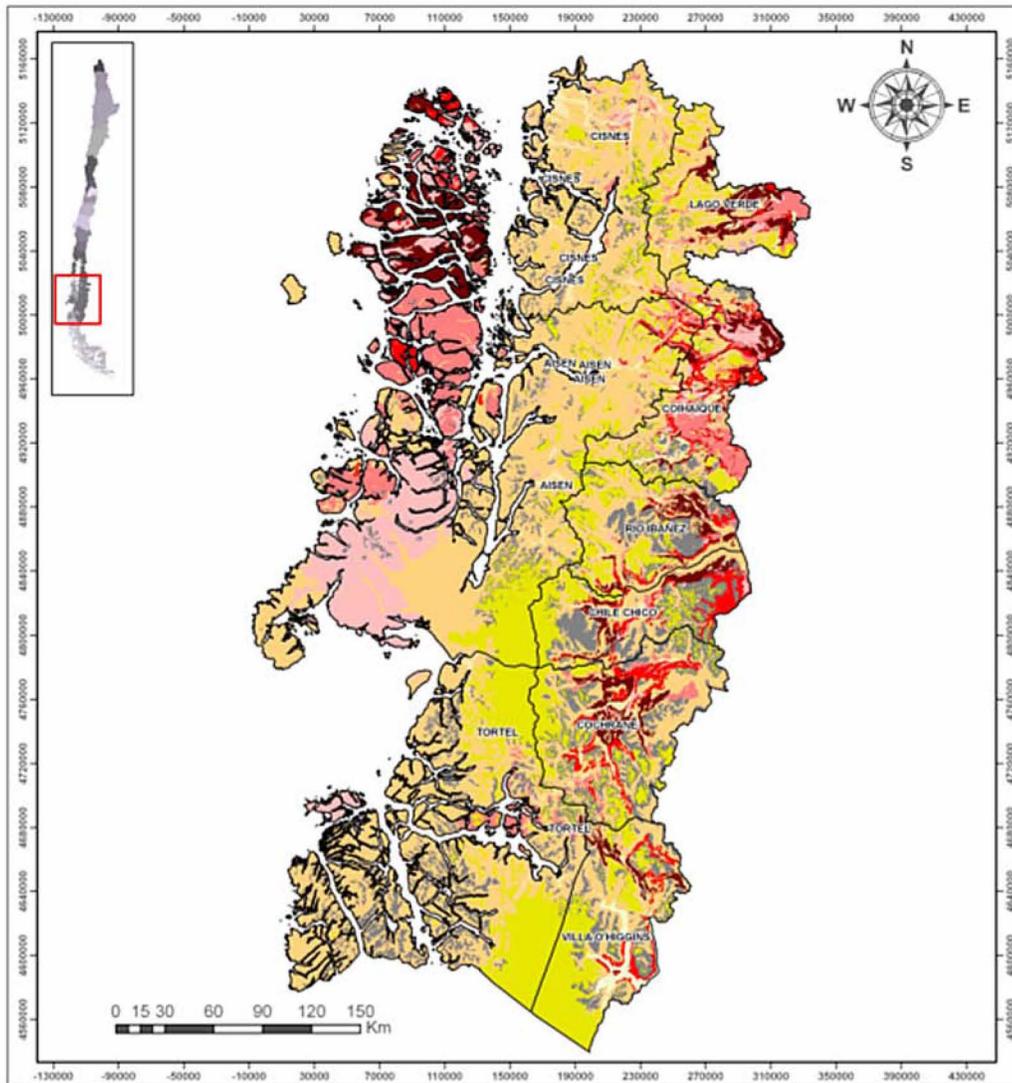
CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
REGION XIV DE LOS RIOS



Simbología Erosión Nacional			
Descripción			
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA
	EROSION SEVERA		SIN EROSION
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE
	PLAYAS Y DUNAS		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS		OTROS USOS

Figura 12. Mapa de erosión actual para la Región de Los Ríos.

CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL
REGION XI DE AISEN

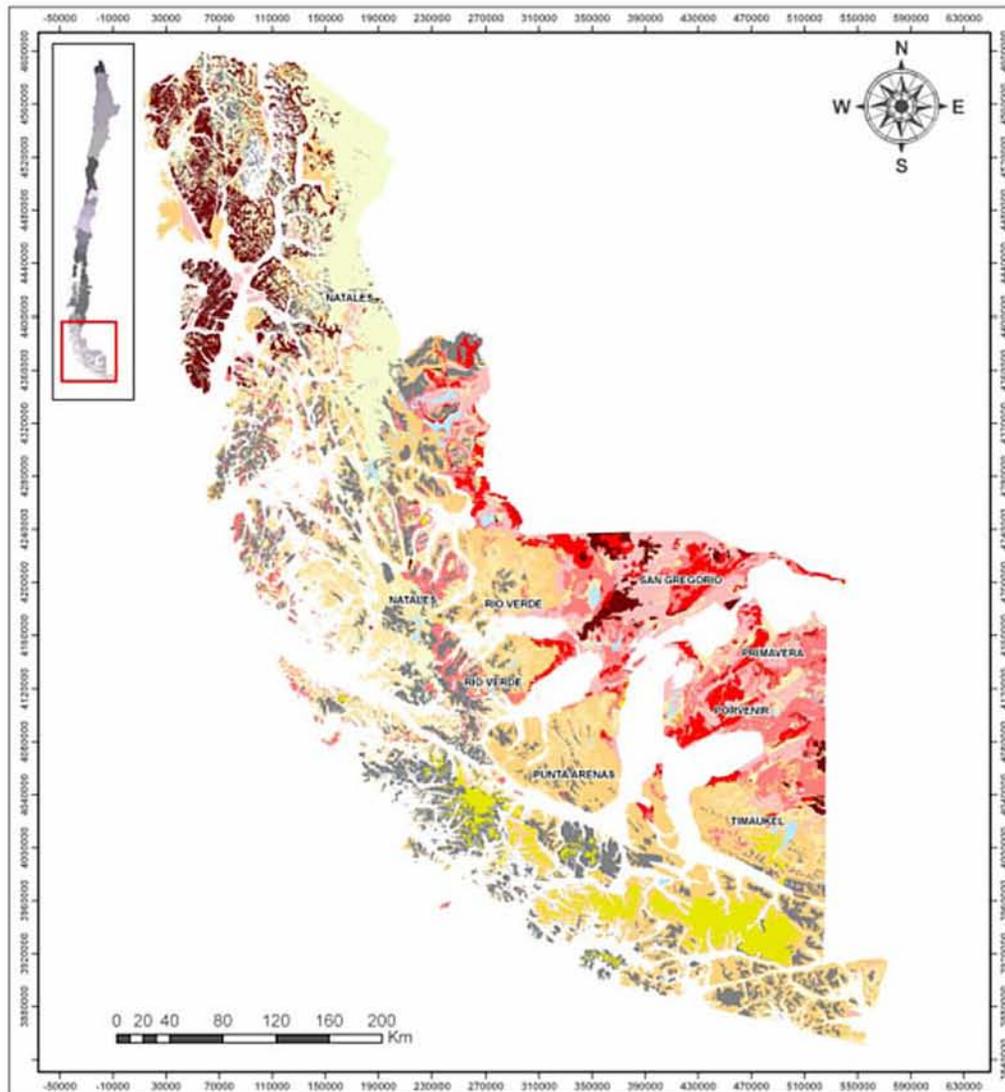


Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
					OTROS USOS

Figura 14. Mapa de erosión actual para la Región de Aysén.



CARTOGRAFÍA EROSIÓN ACTUAL REGION XII DE MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA



Simbología Erosión Nacional					
Descripción					
	EROSION MUY SEVERA		EROSION LIGERA		PLAYAS Y DUNAS
	EROSION SEVERA		SIN EROSION		RIOS Y CUERPOS DE AGUA
	EROSION MODERADA		EROSION NO APARENTE		ROCAS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS
			OTROS USOS		

Figura 15. Mapa de erosión actual por la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

ANEXO 4

MAPAS. Resultados de riesgo de erosión potencial y actual por región



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

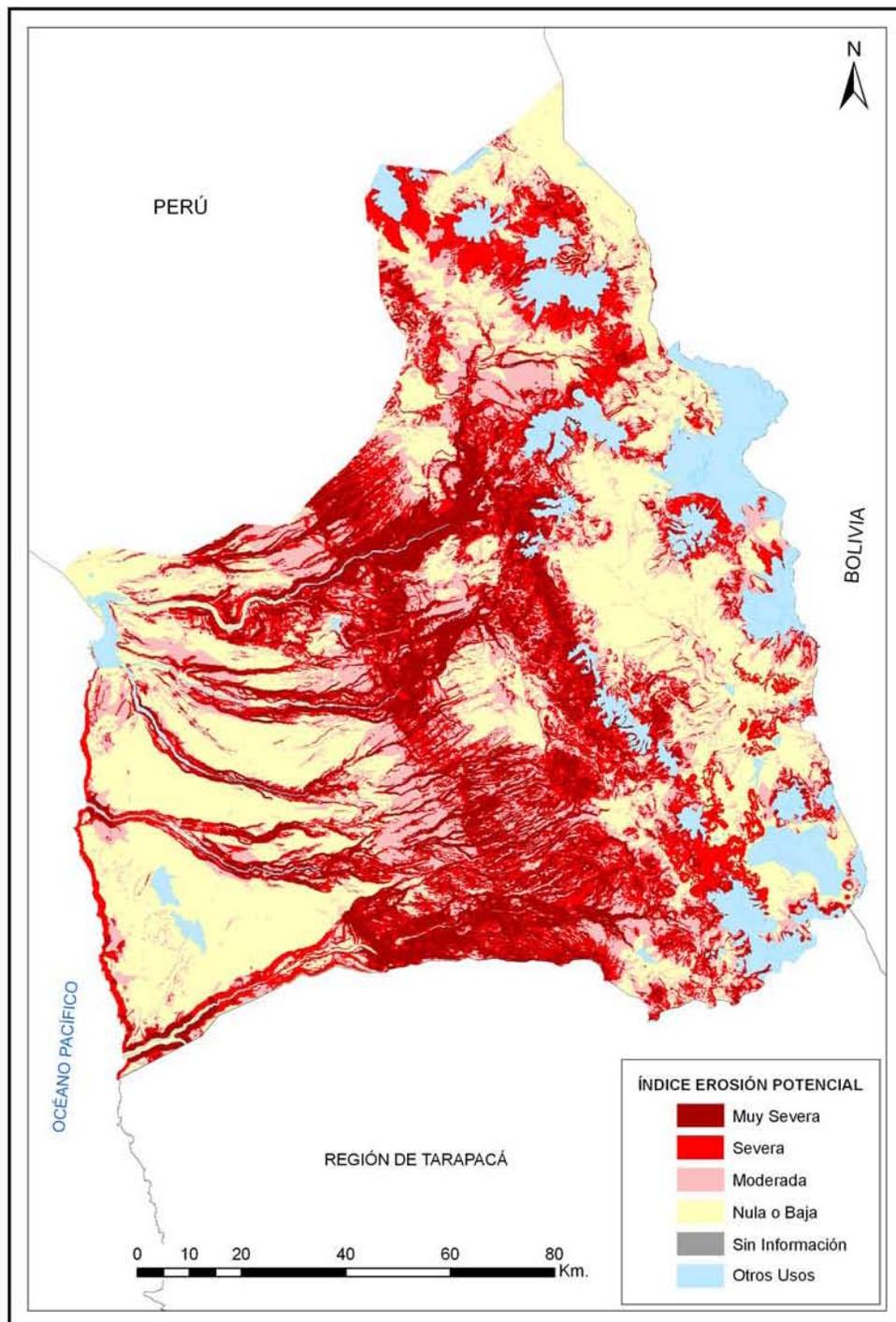


Figura 1. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Arica y Parinacota.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

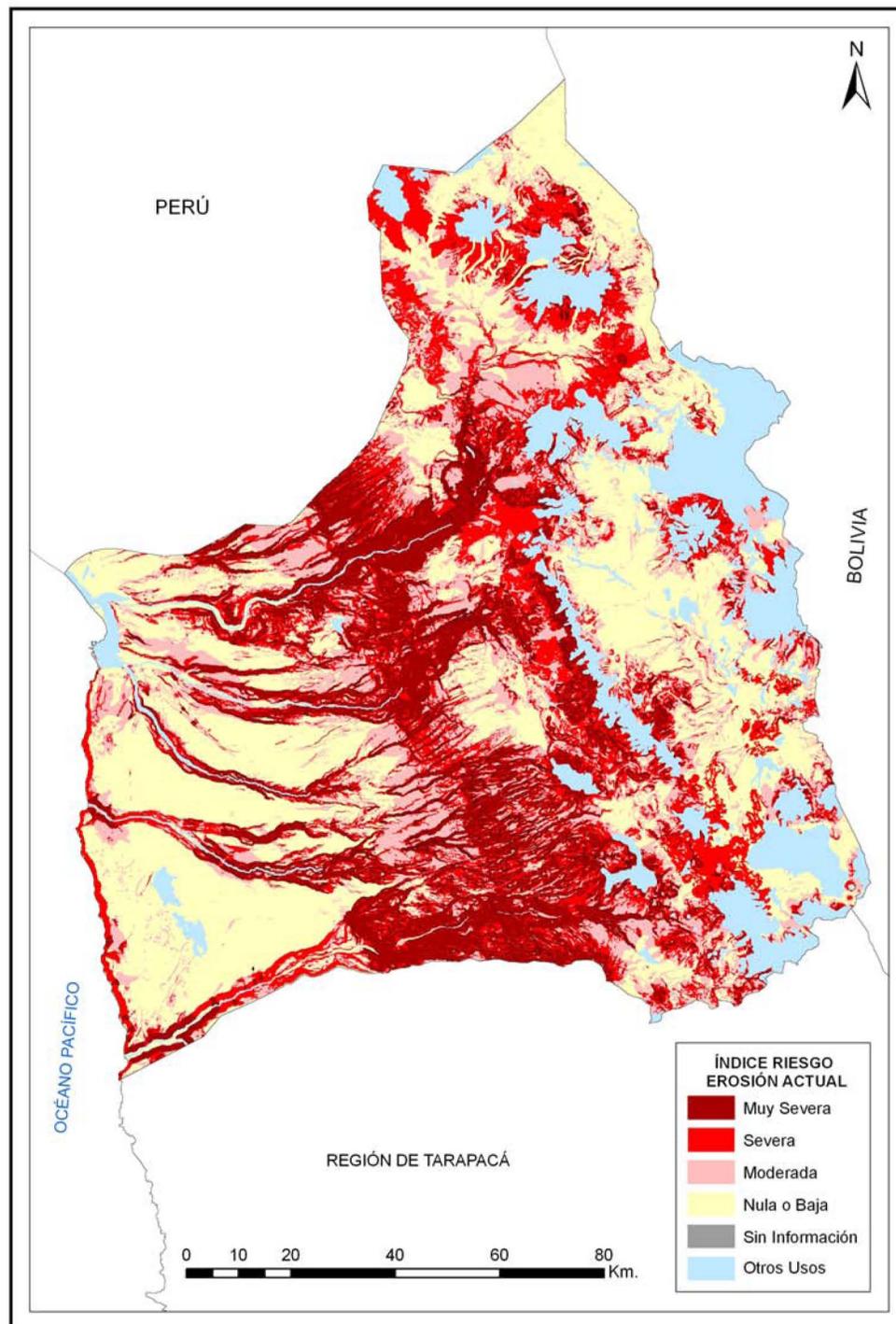


Figura 2. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Arica y Parinacota.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE TARAPACÁ

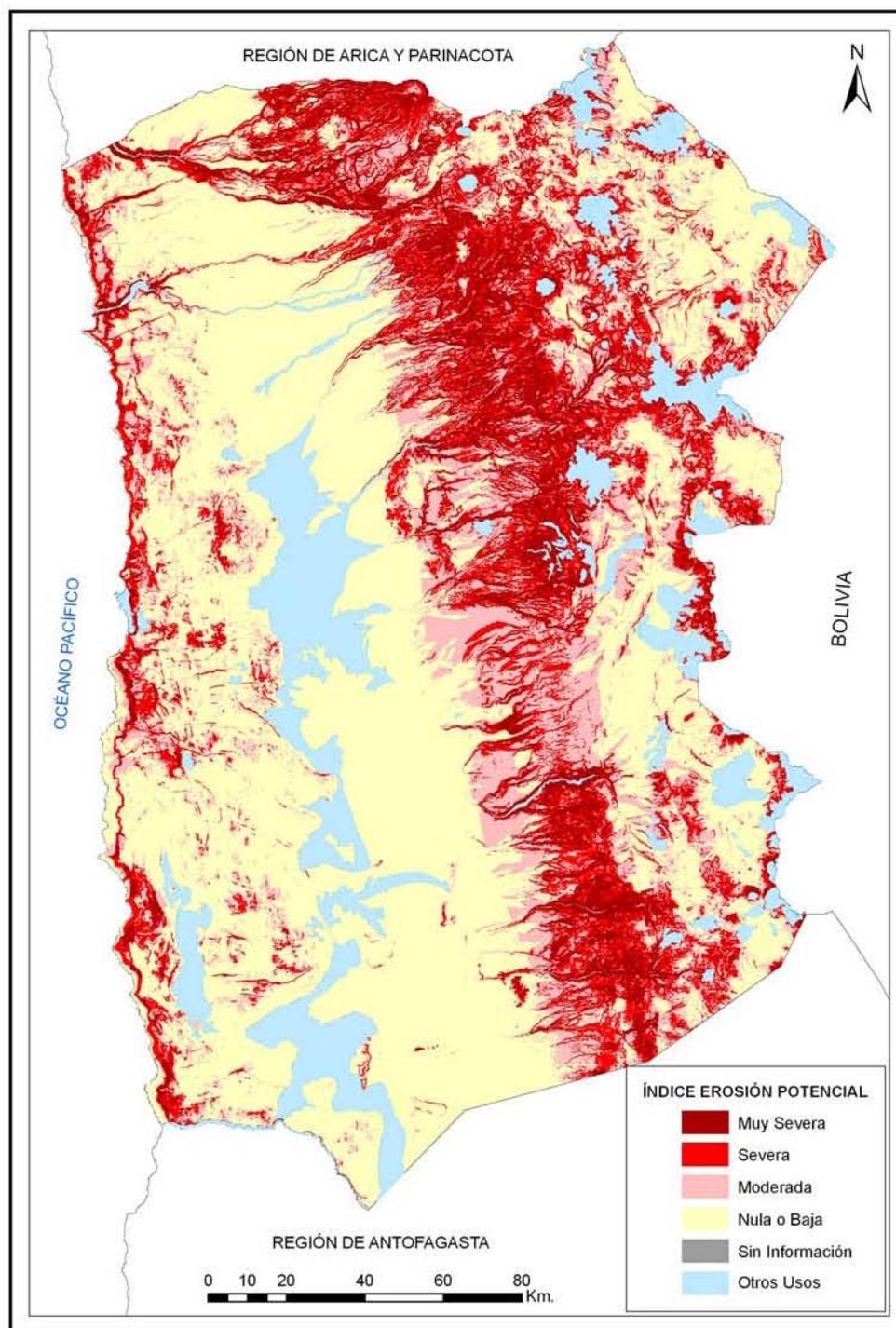


Figura 3. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Tarapacá.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE TARAPACÁ

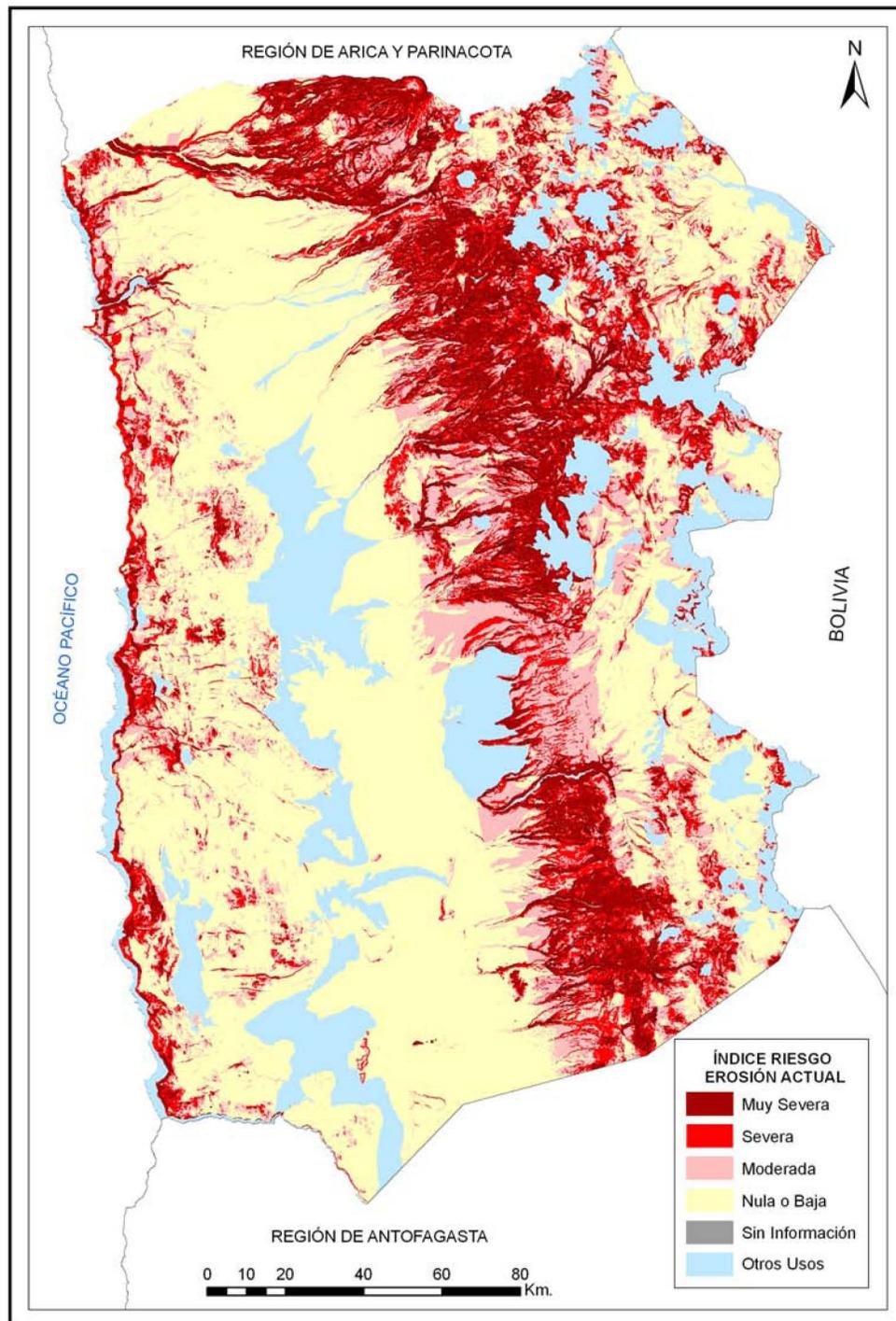


Figura 4. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Tarapacá.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE ANTOFAGASTA

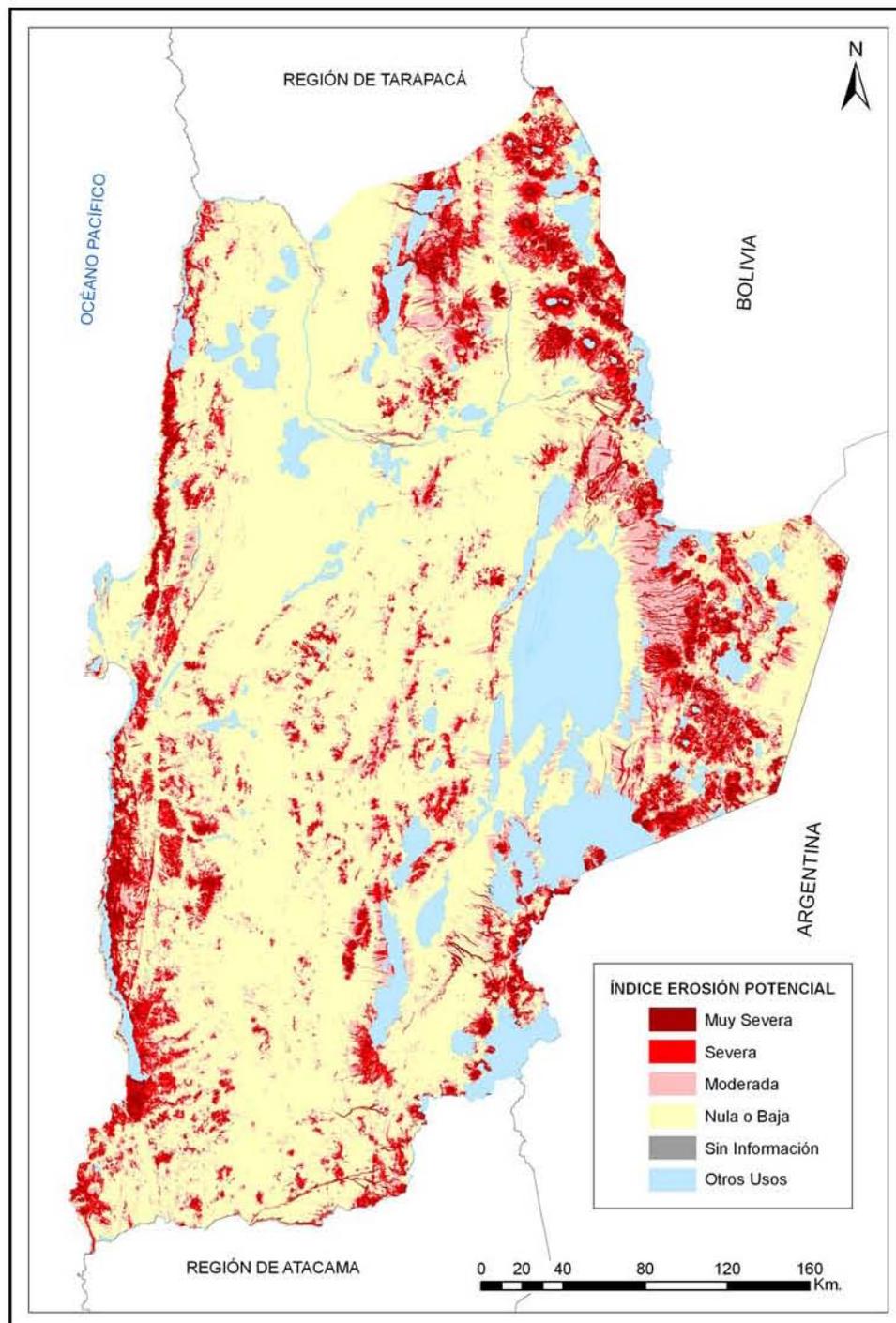


Figura 5. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Antofagasta.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE ANTOFAGASTA

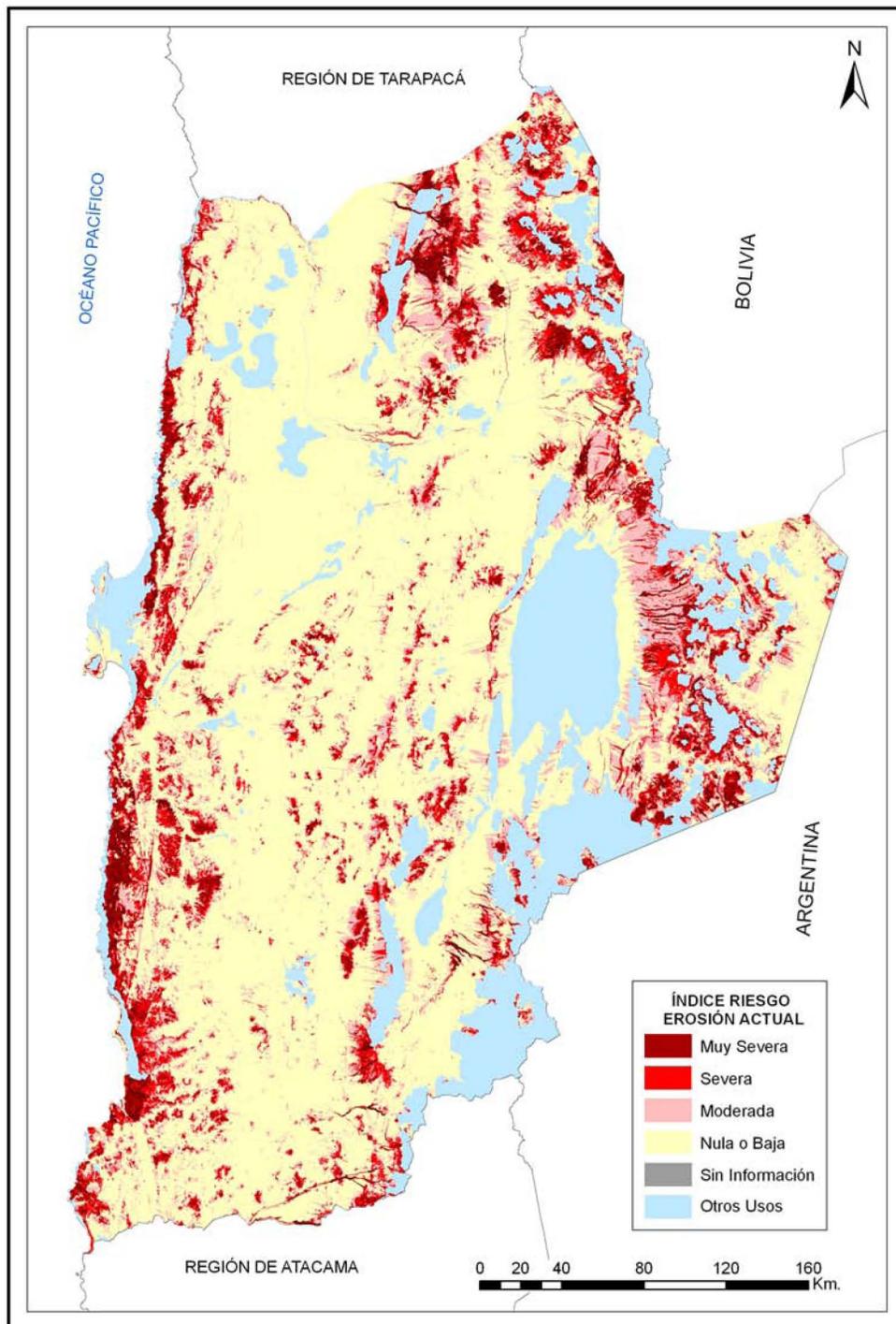


Figura 6. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Antofagasta



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE ATACAMA

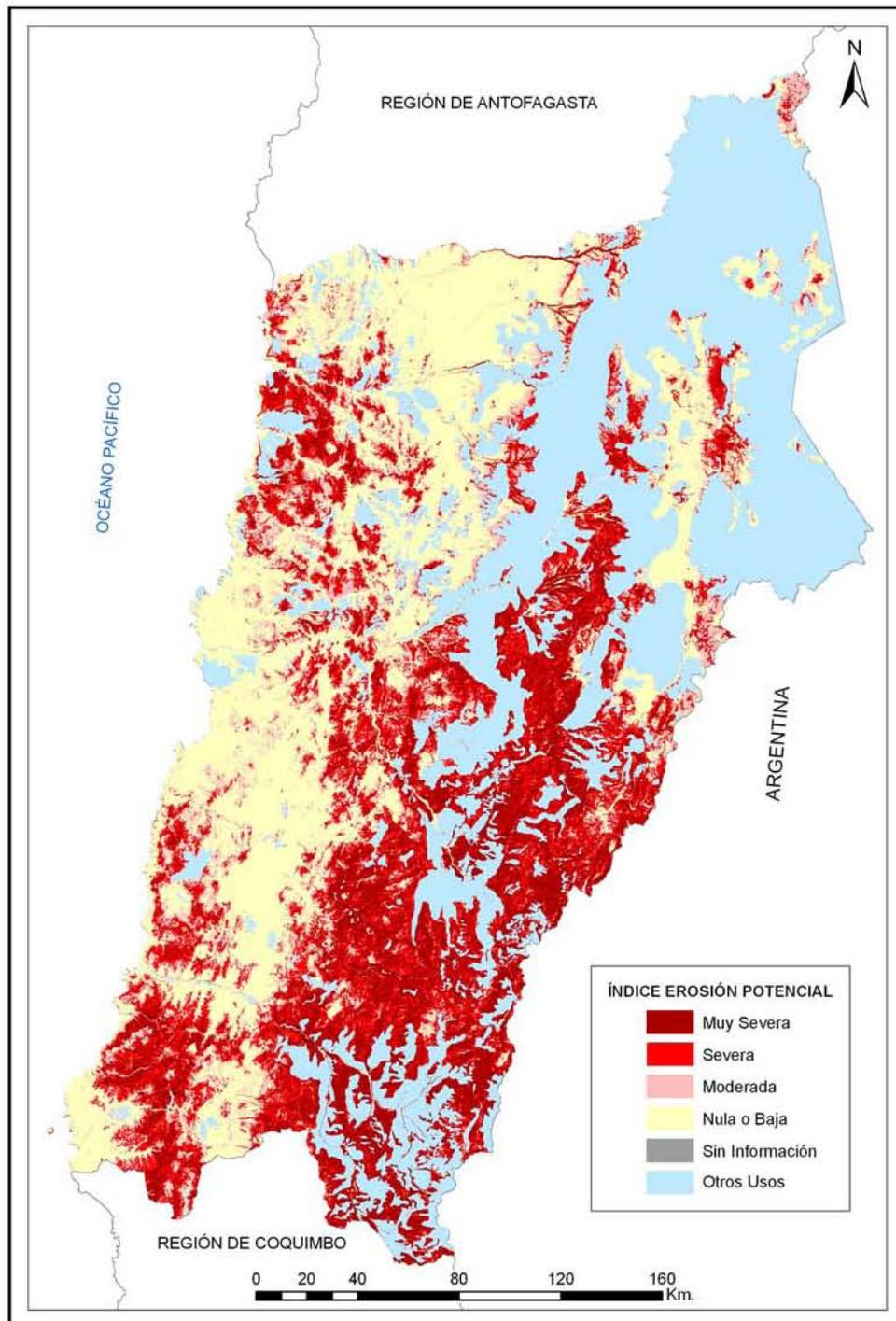


Figura 7. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Atacama.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE ATACAMA

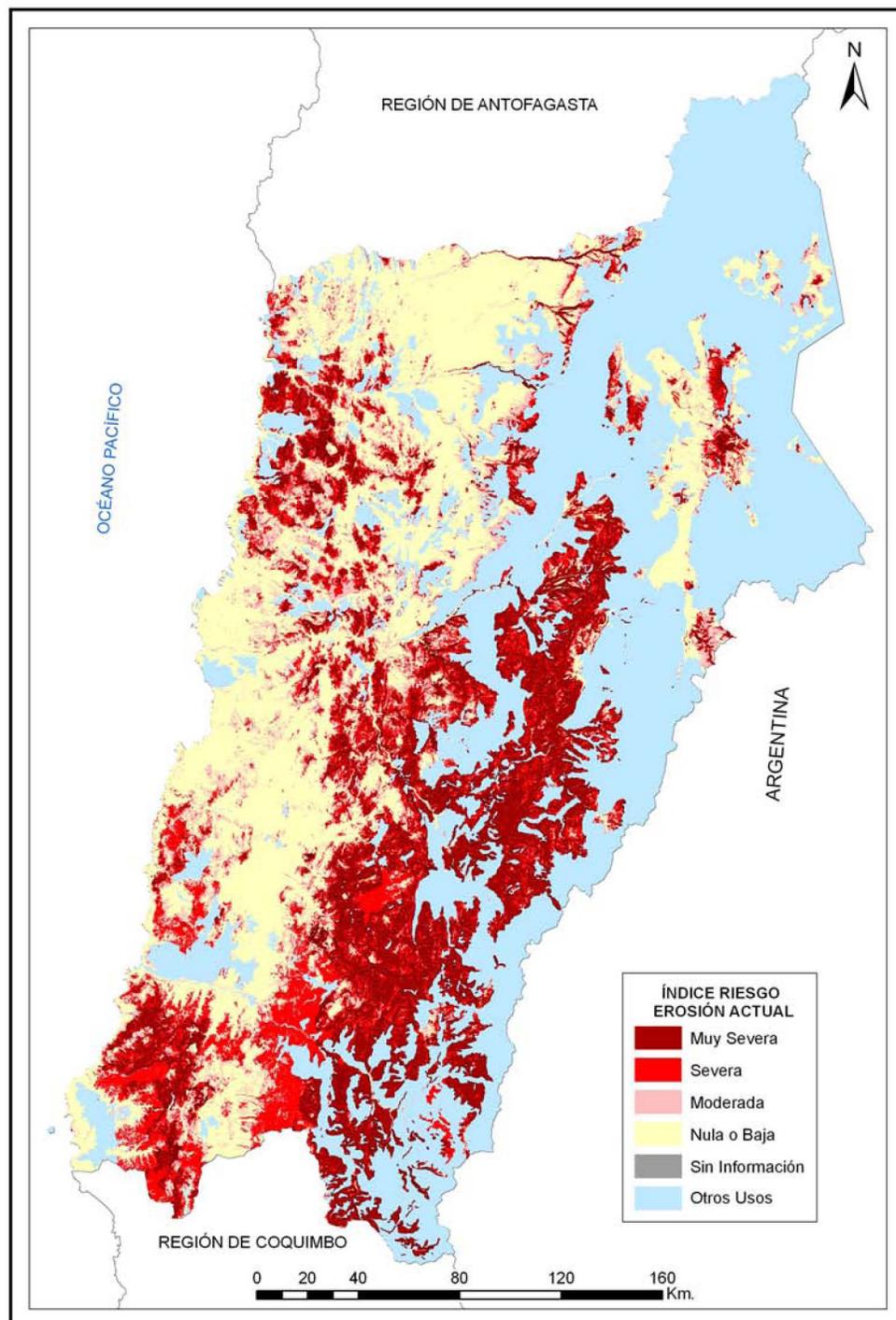


Figura 8. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Atacama.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE COQUIMBO

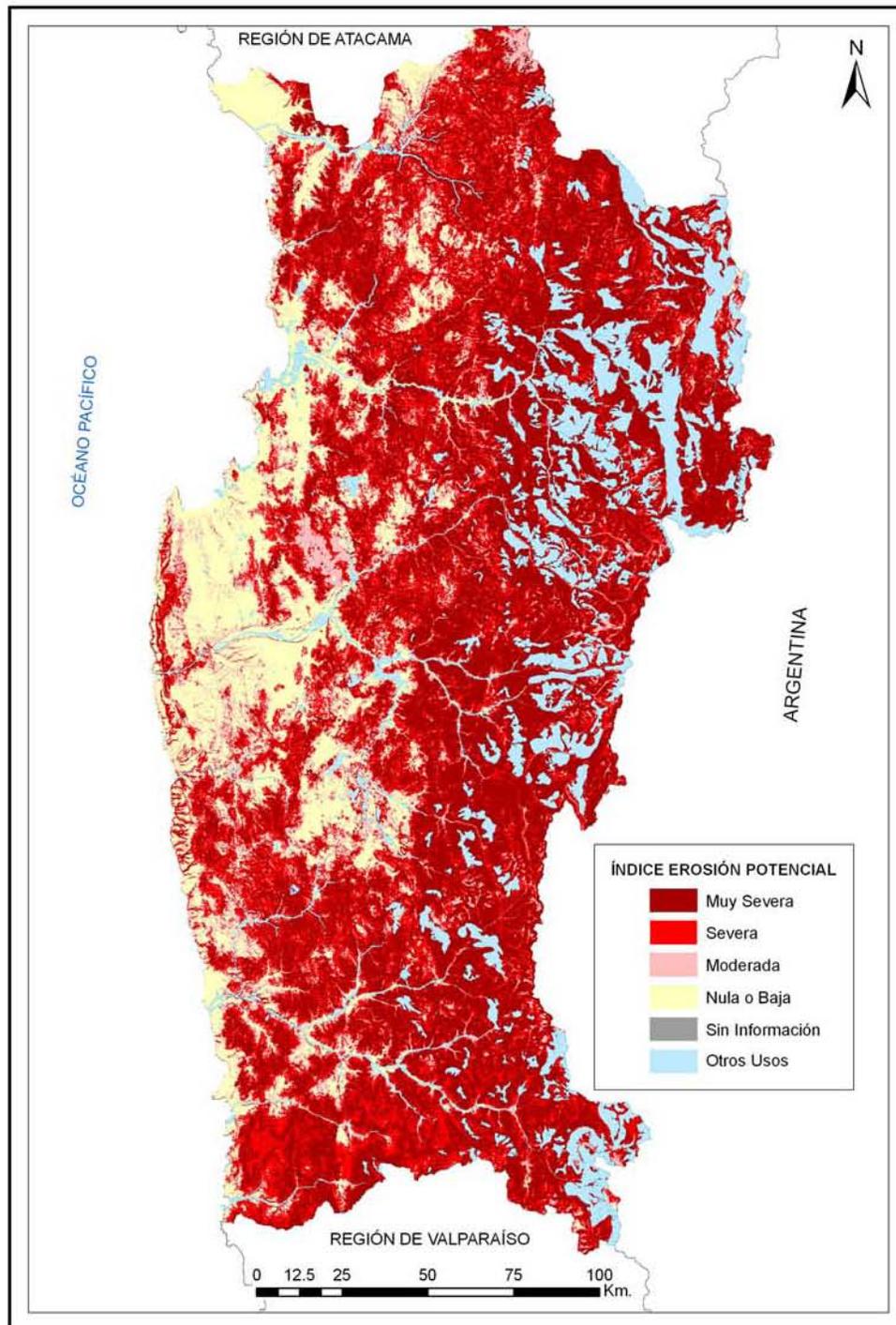


Figura 9. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Coquimbo.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE COQUIMBO

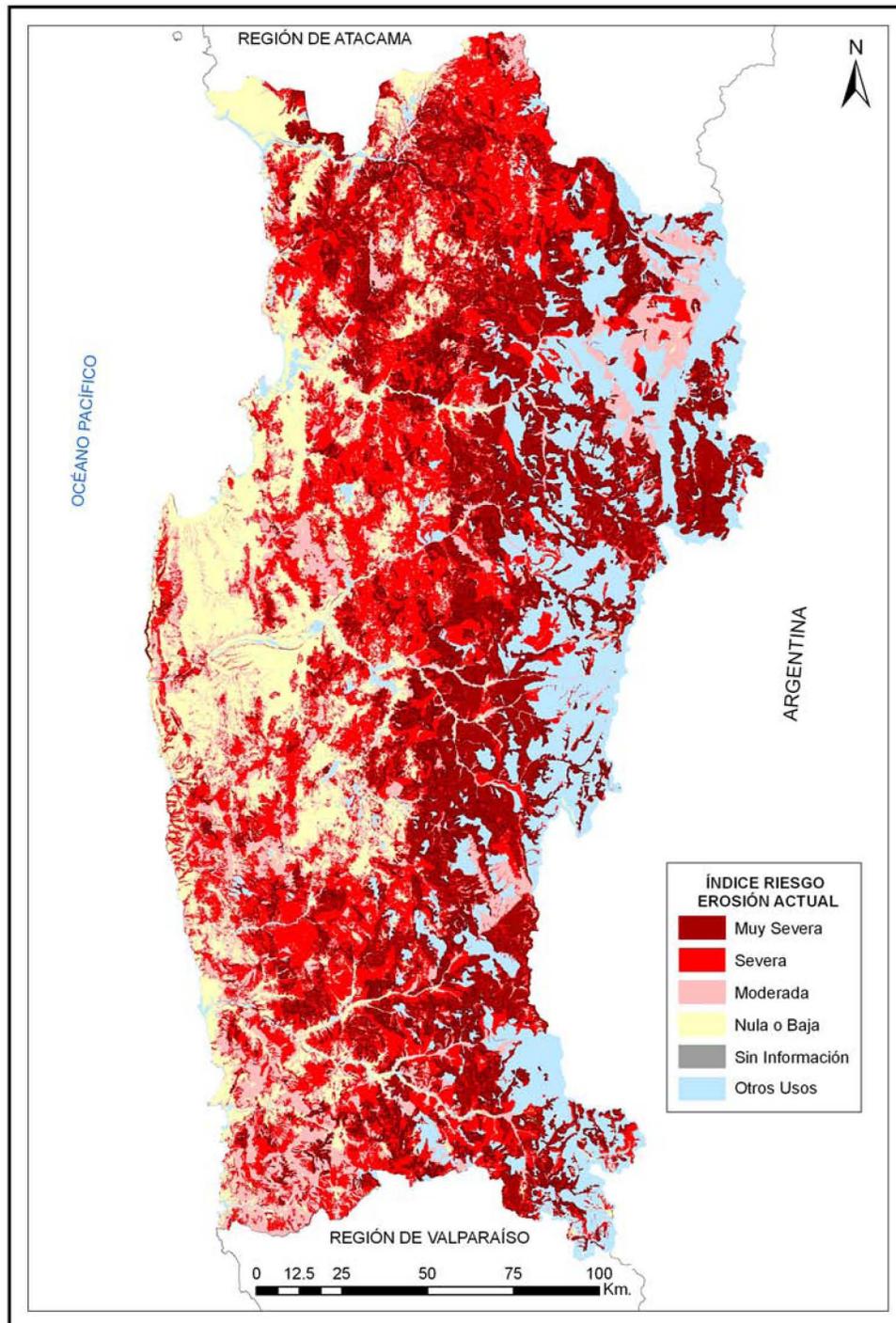


Figura 10. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Coquimbo.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE VALPARAÍSO

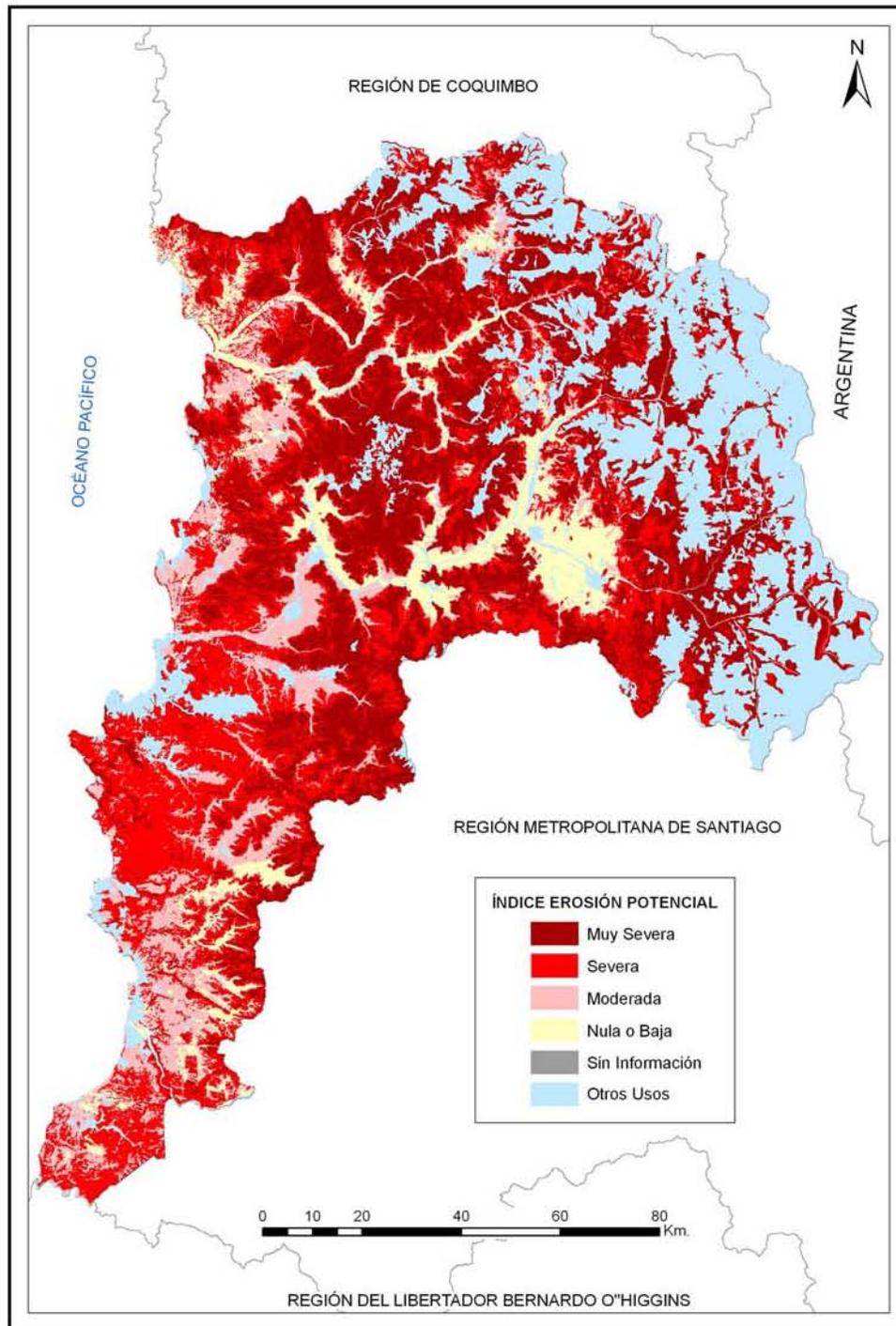


Figura 11. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Valparaíso.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE VALPARAÍSO

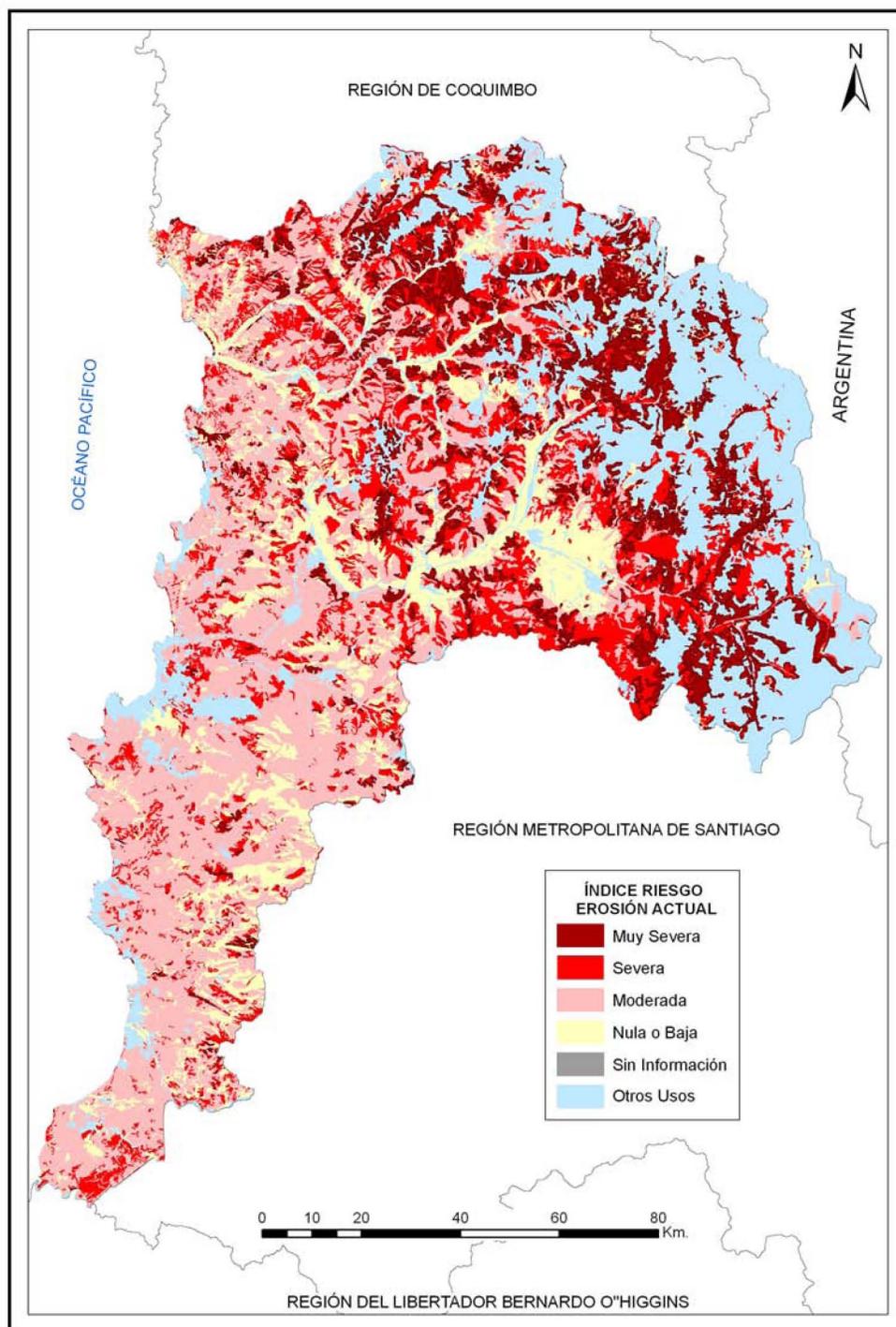


Figura 12. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Valparaíso.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN METROPOLITANA

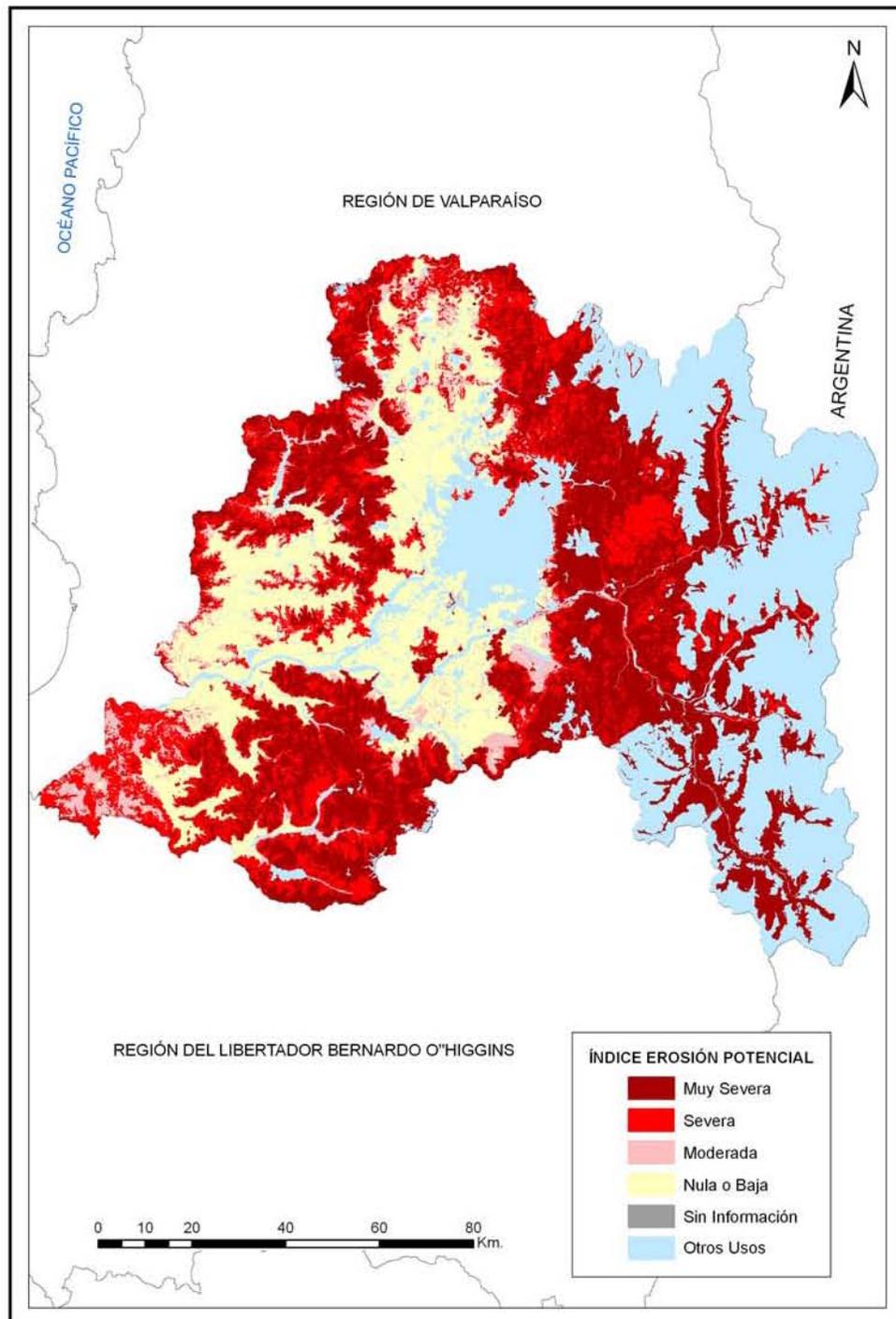


Figura 13. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región Metropolitana.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN METROPOLITANA

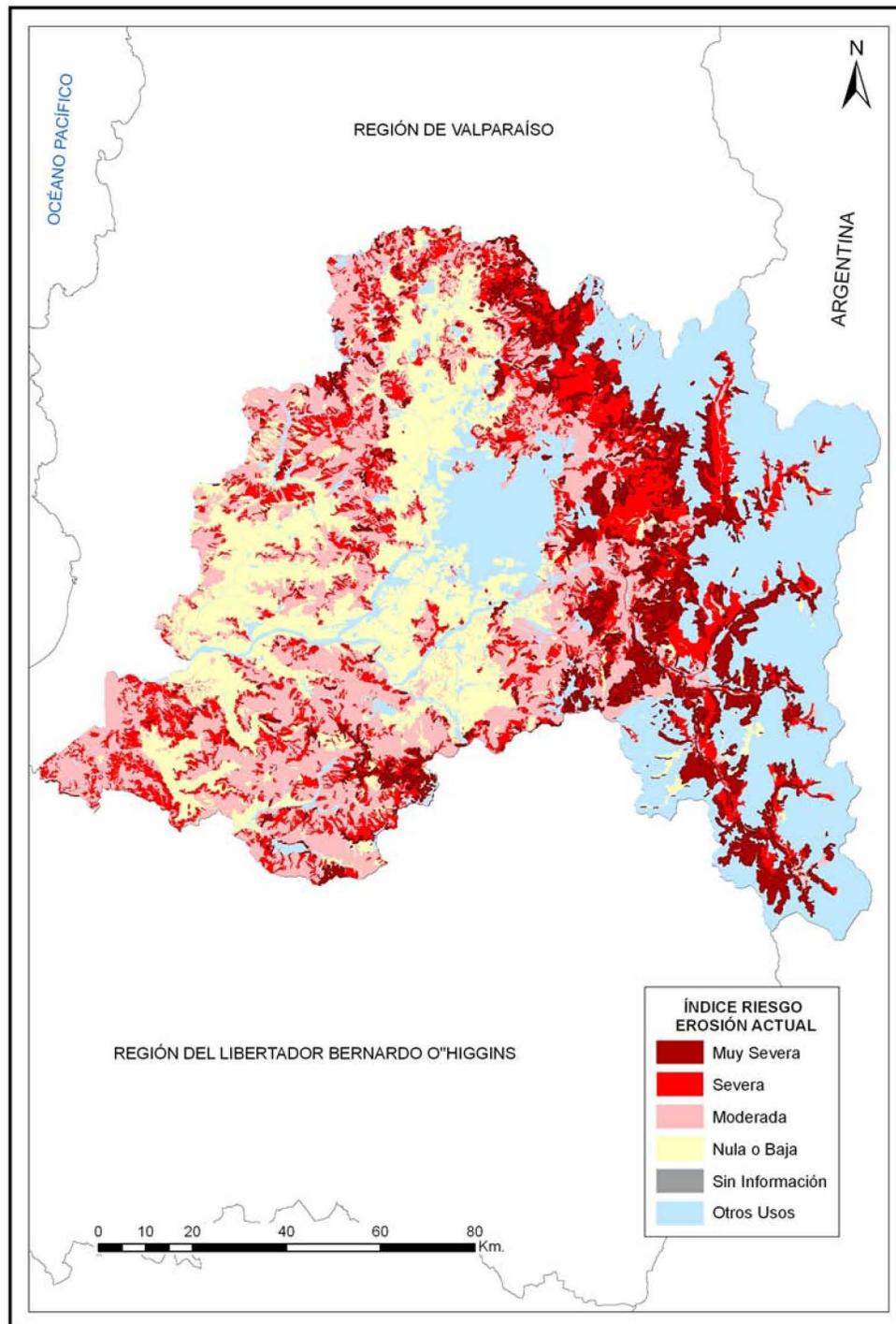


Figura 14. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región Metropolitana.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE O'HIGGINS

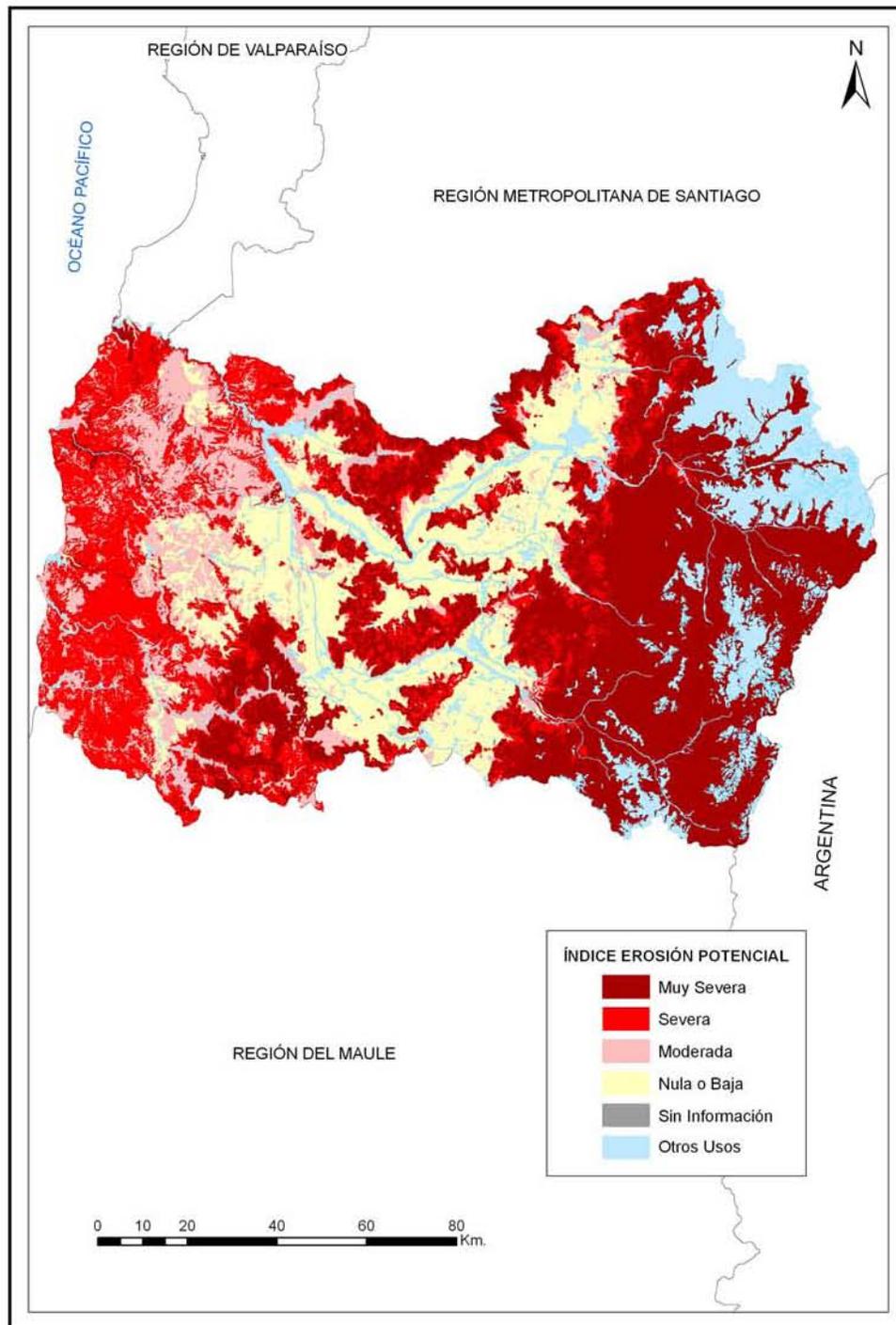


Figura 15. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de O'Higgins.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE O'HIGGINS

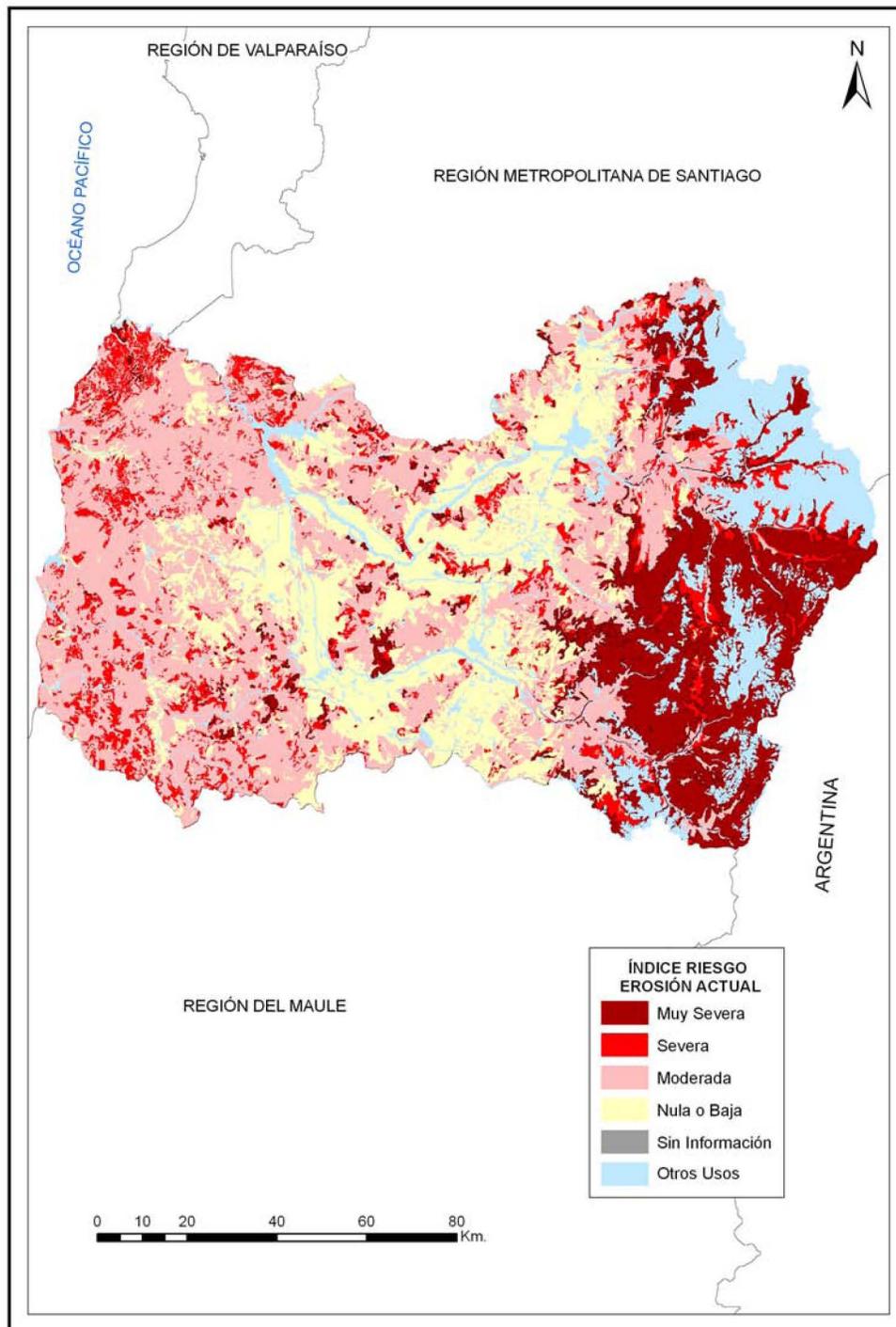


Figura 16. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de O'Higgins.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DEL MAULE

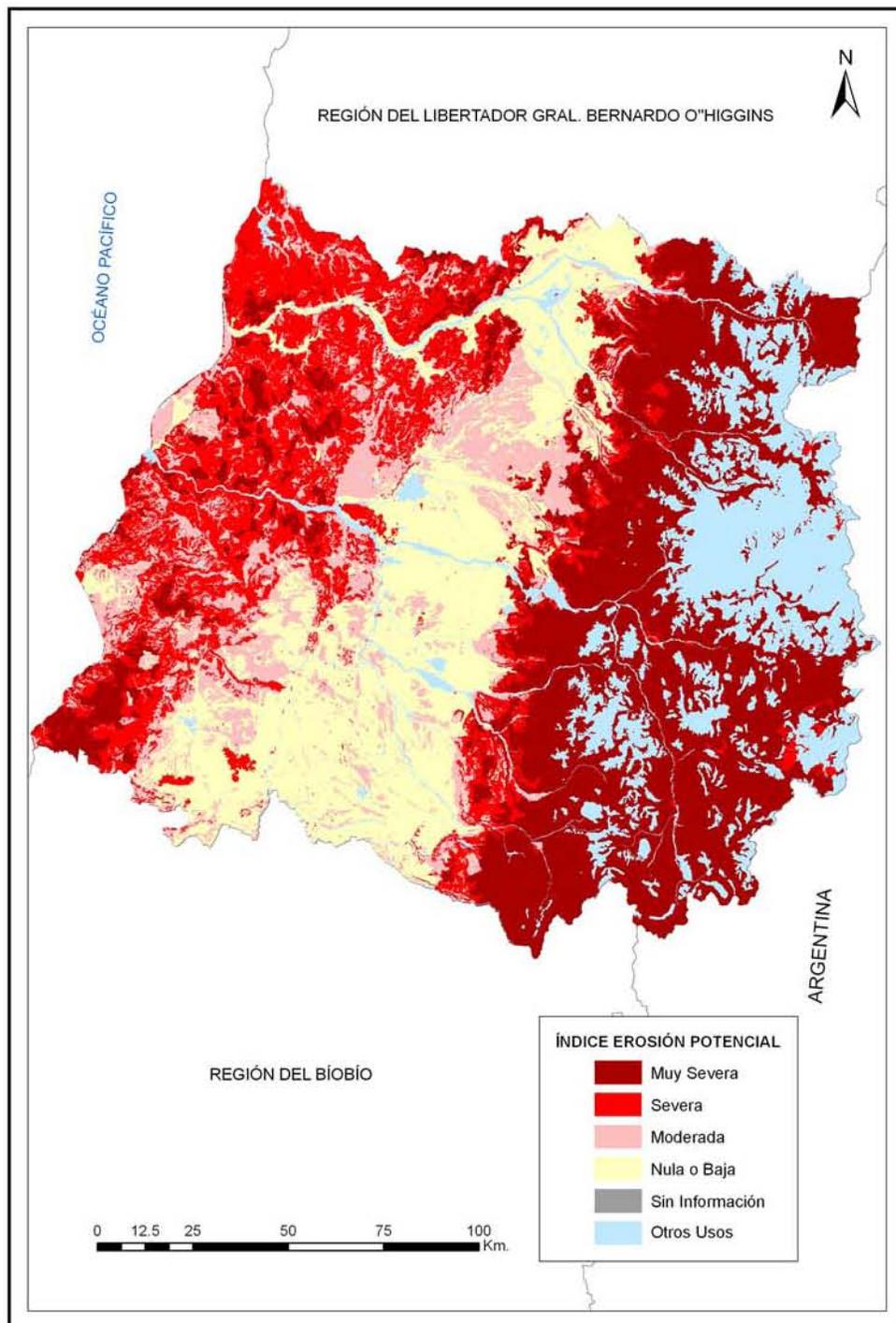


Figura 17. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región del Maule.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DEL MAULE

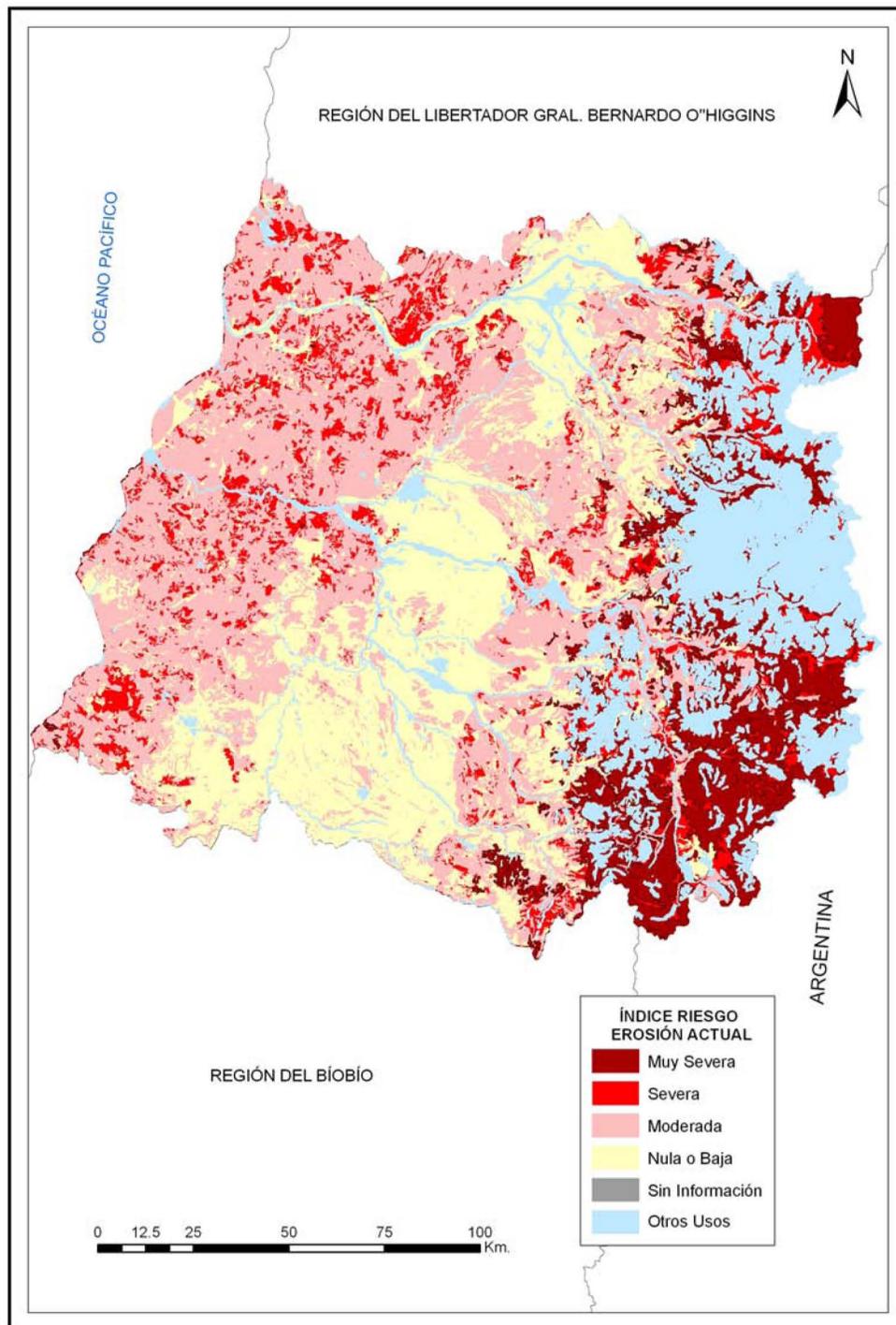


Figura 18. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región del Maule.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DEL BÍO-BÍO

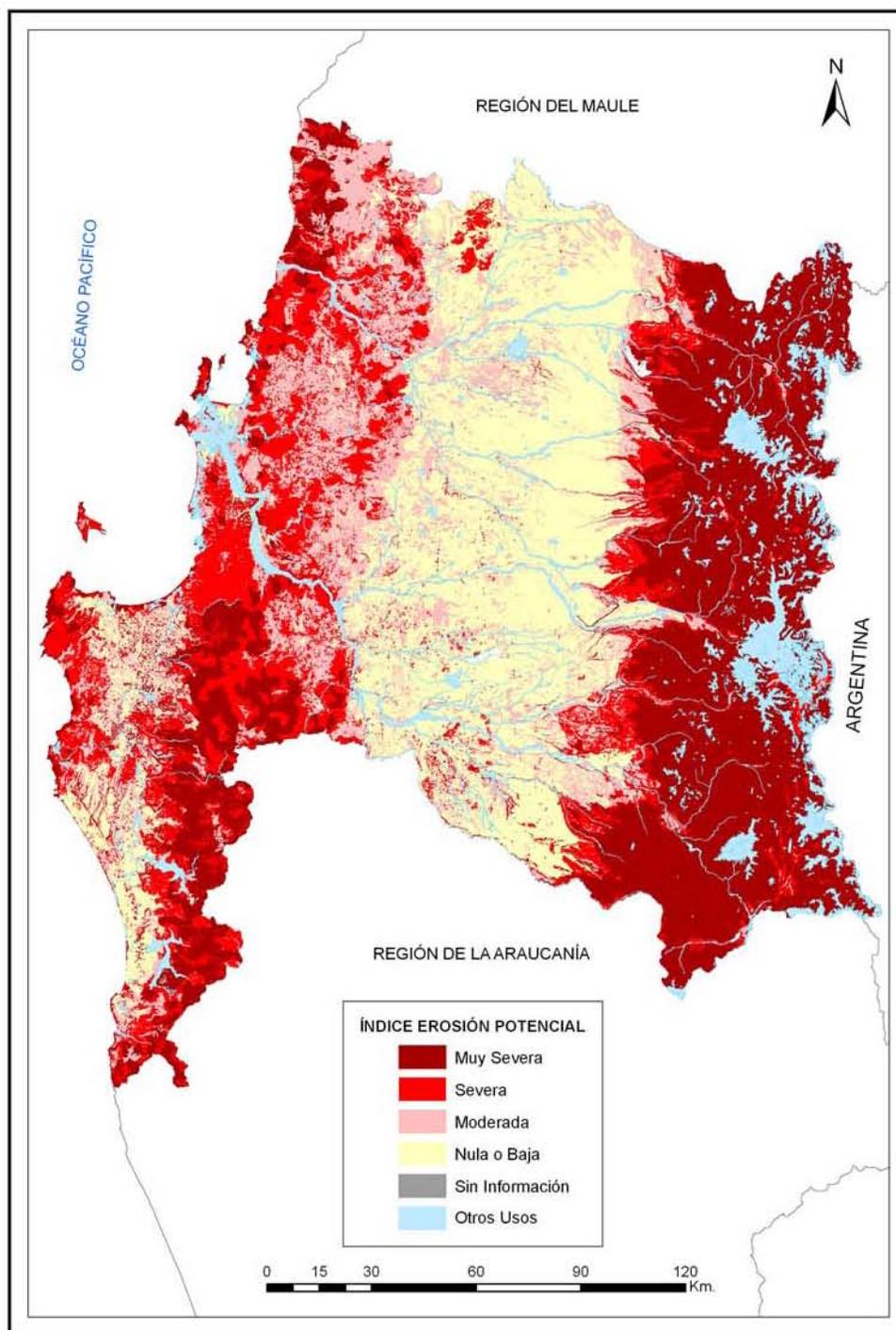


Figura 19. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región del Bío-Bío.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DEL BÍO-BÍO

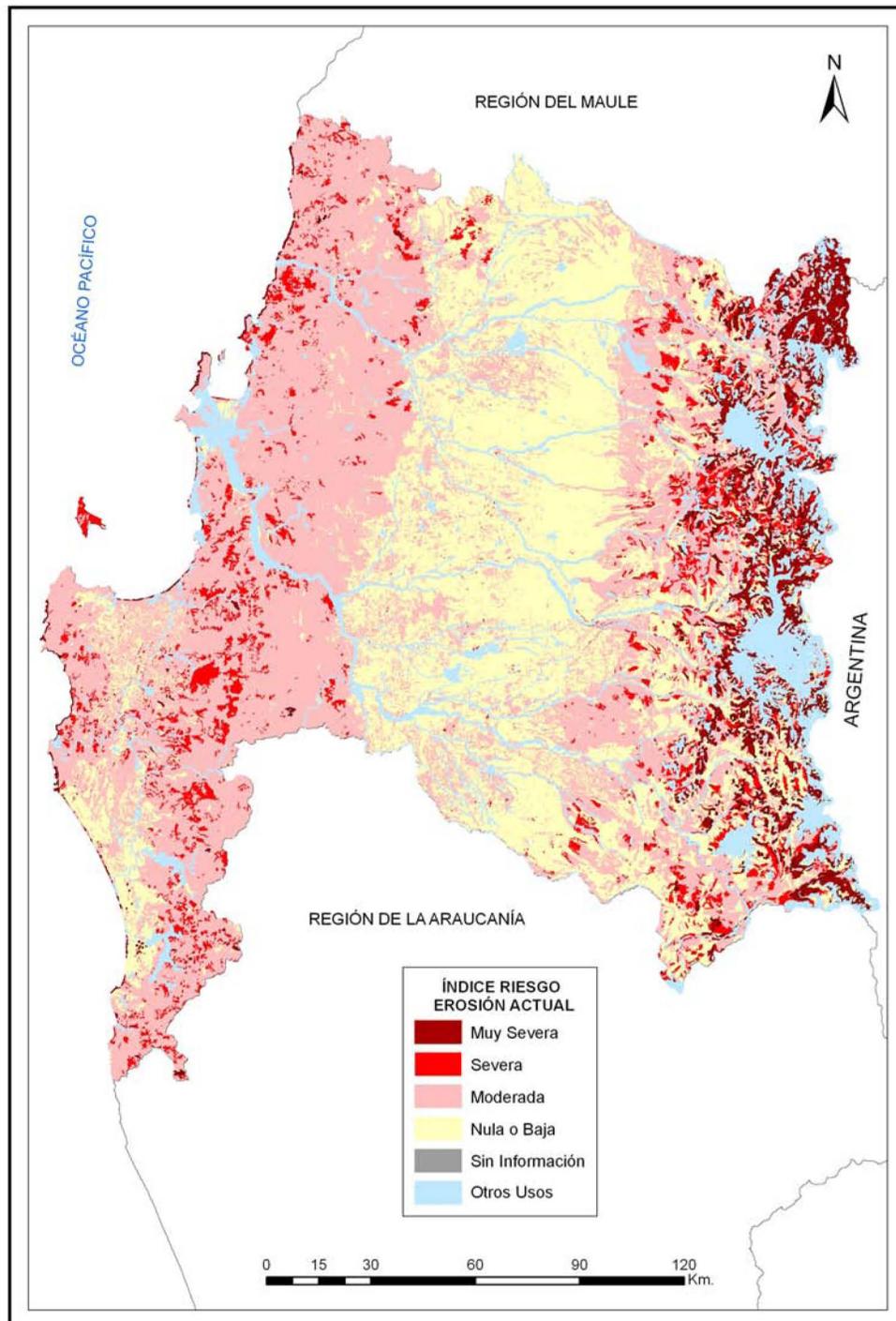


Figura 20. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región del Bío-Bío.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

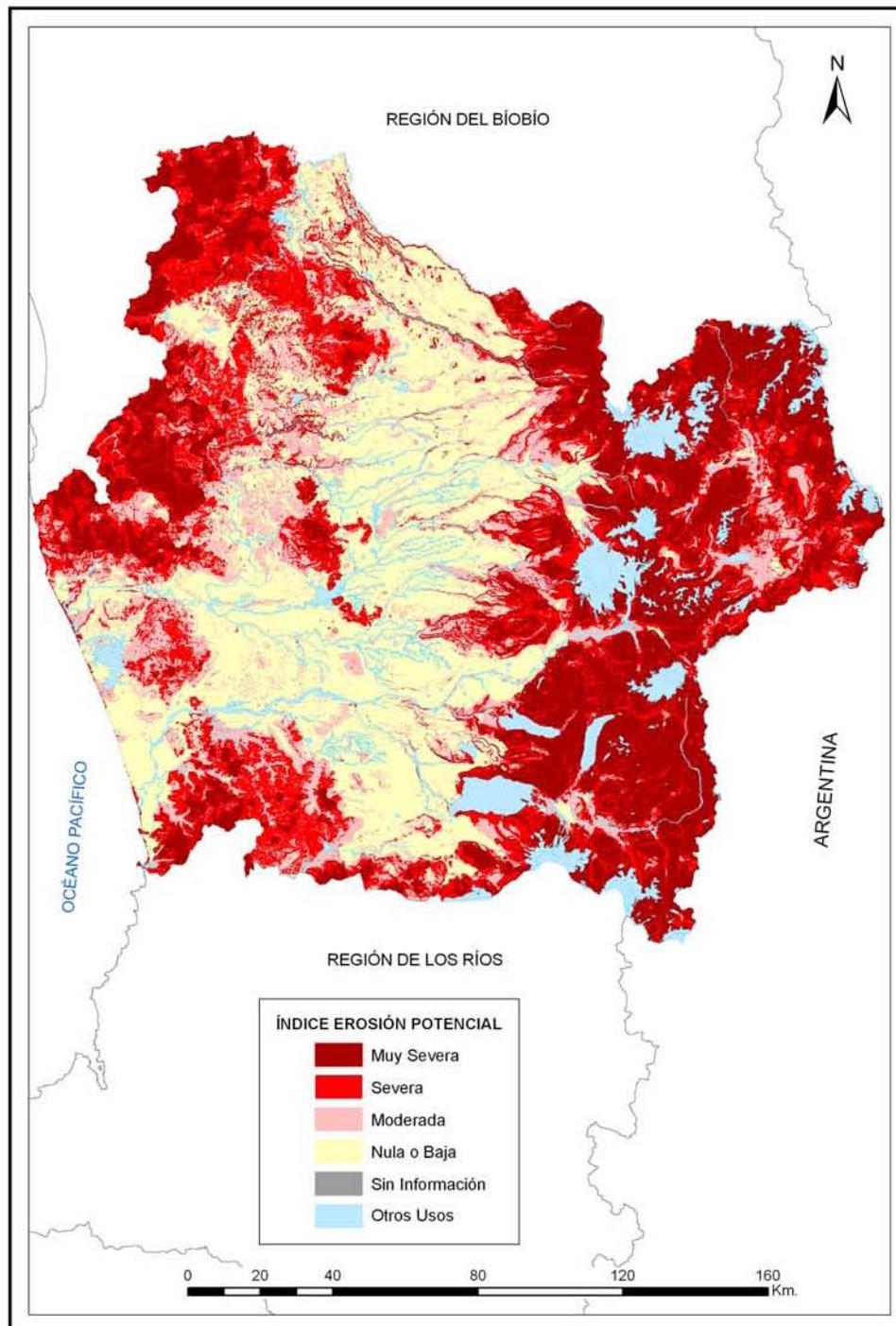


Figura 21. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de La Araucanía.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

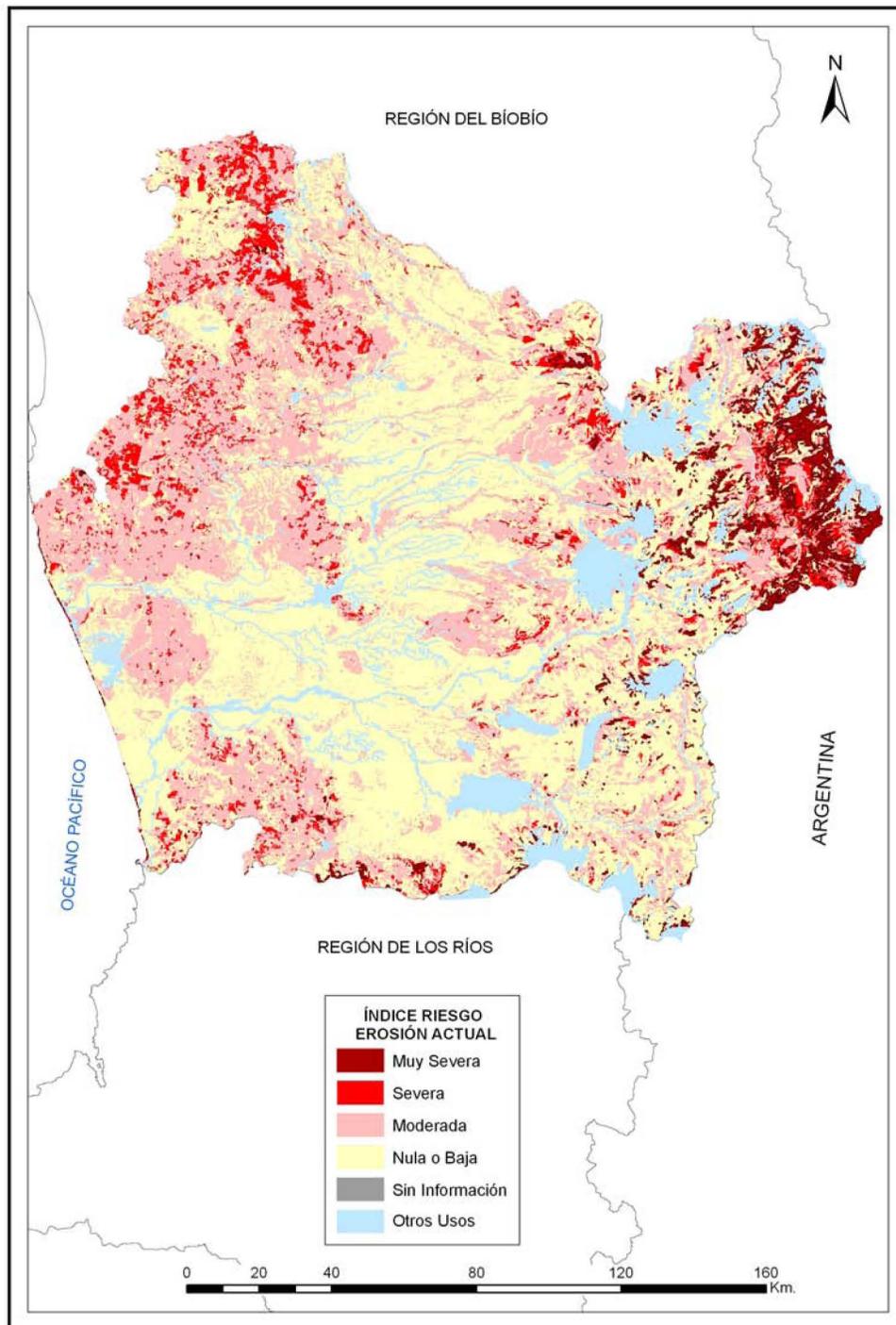


Figura 22. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de La Araucanía.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE LOS RÍOS

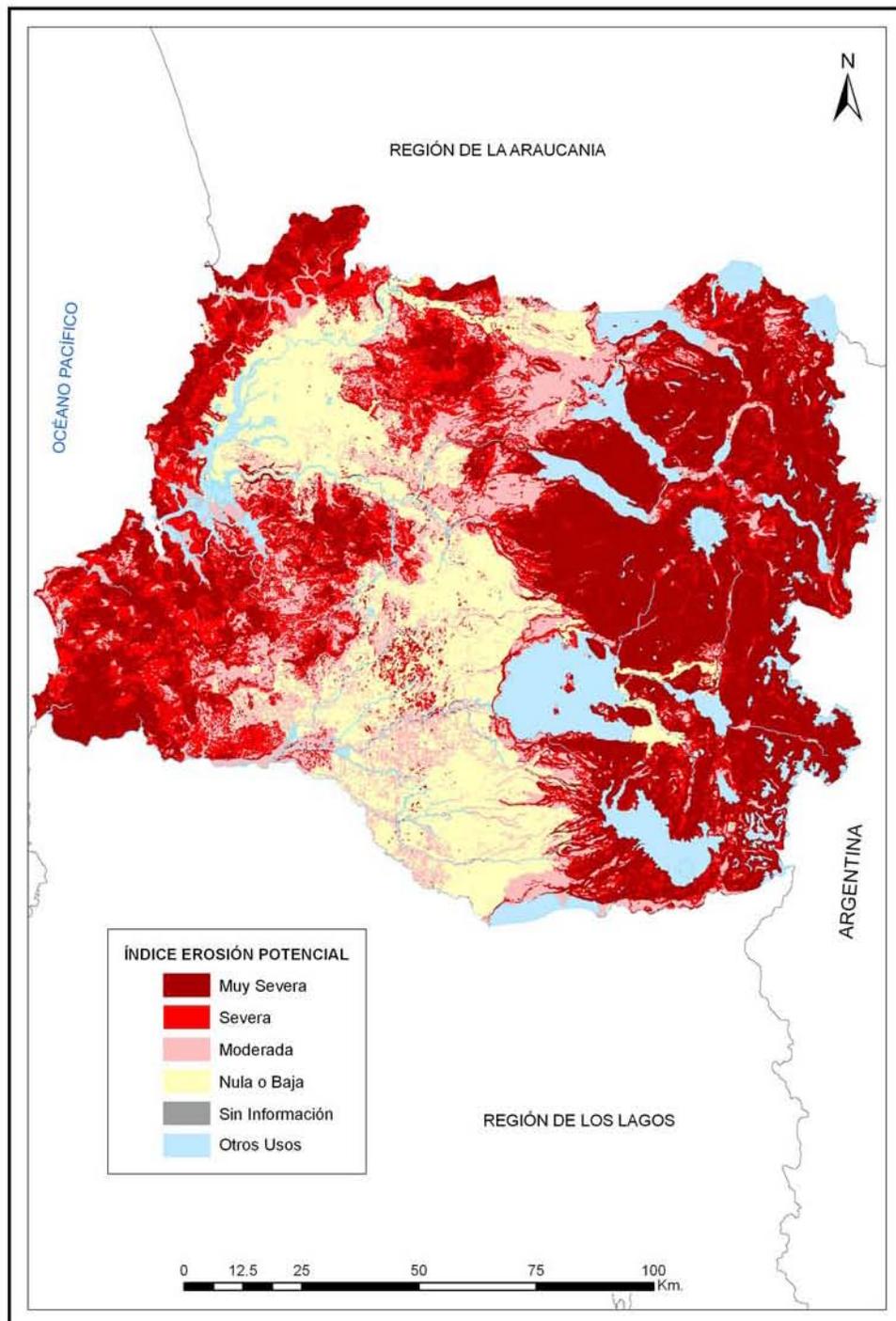


Figura 23. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Los Ríos.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE LOS RÍOS

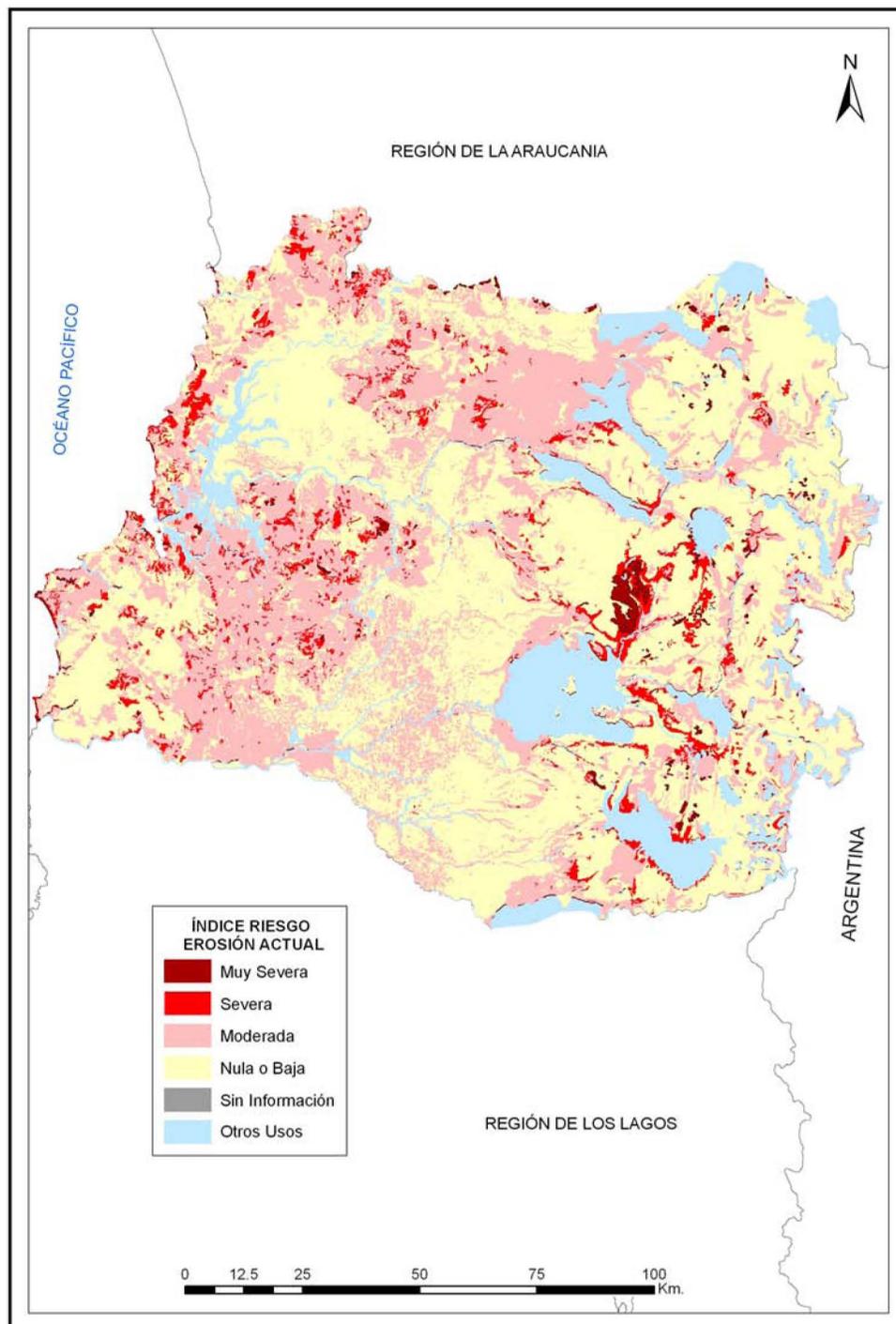


Figura 24. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Los Ríos.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE LOS LAGOS

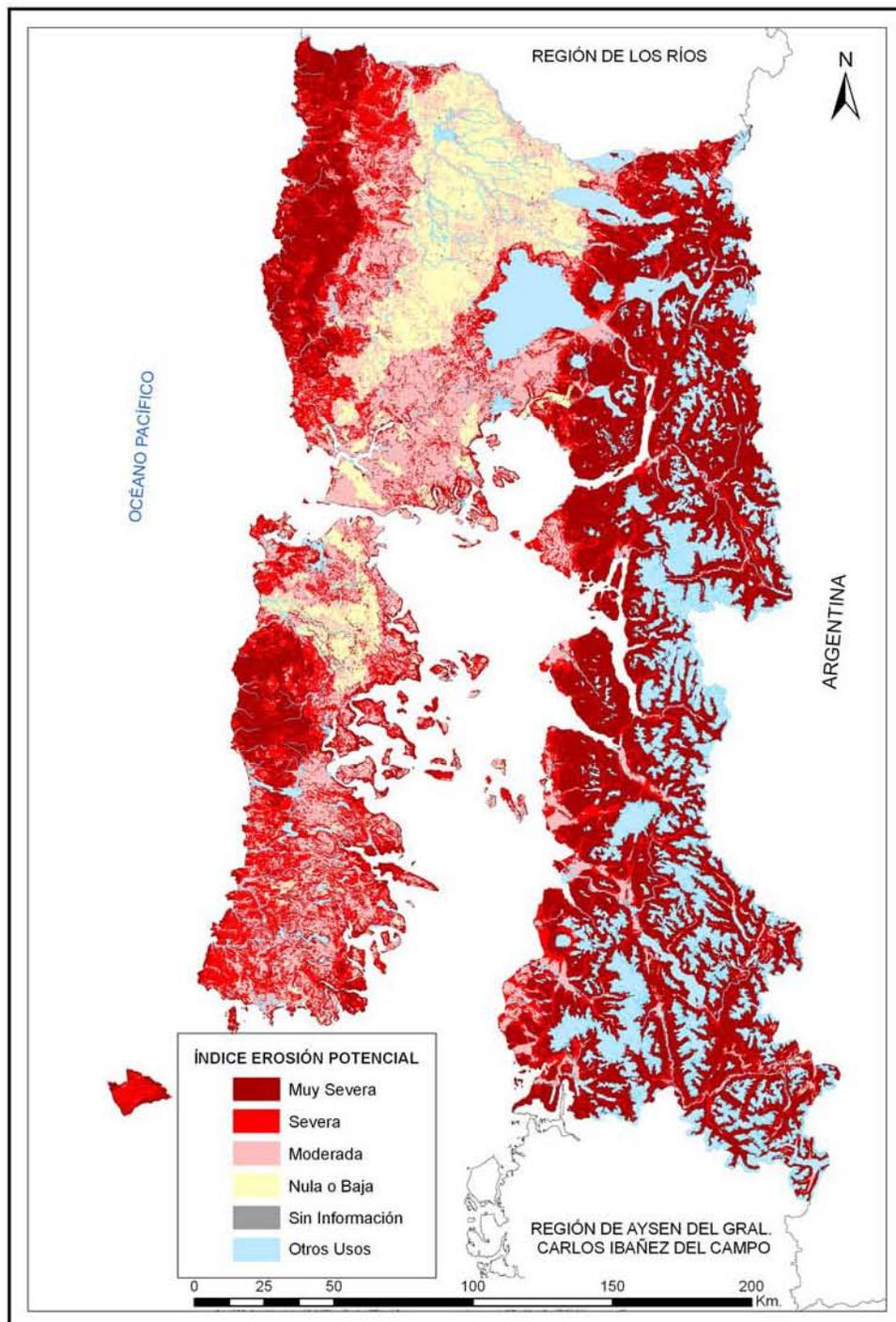


Figura 25. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Los Lagos.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE LOS LAGOS

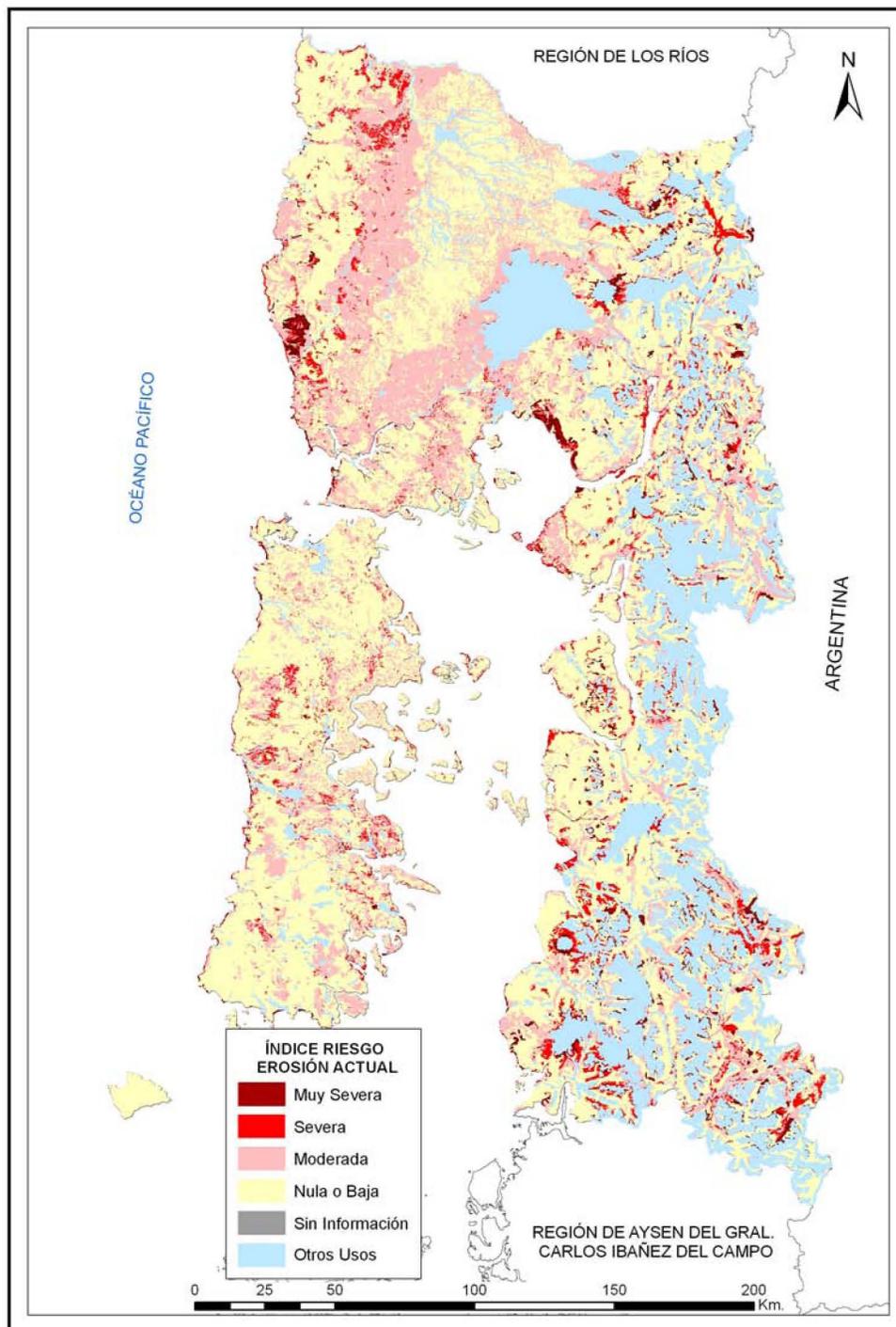


Figura 26. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Los Lagos.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE AYSÉN

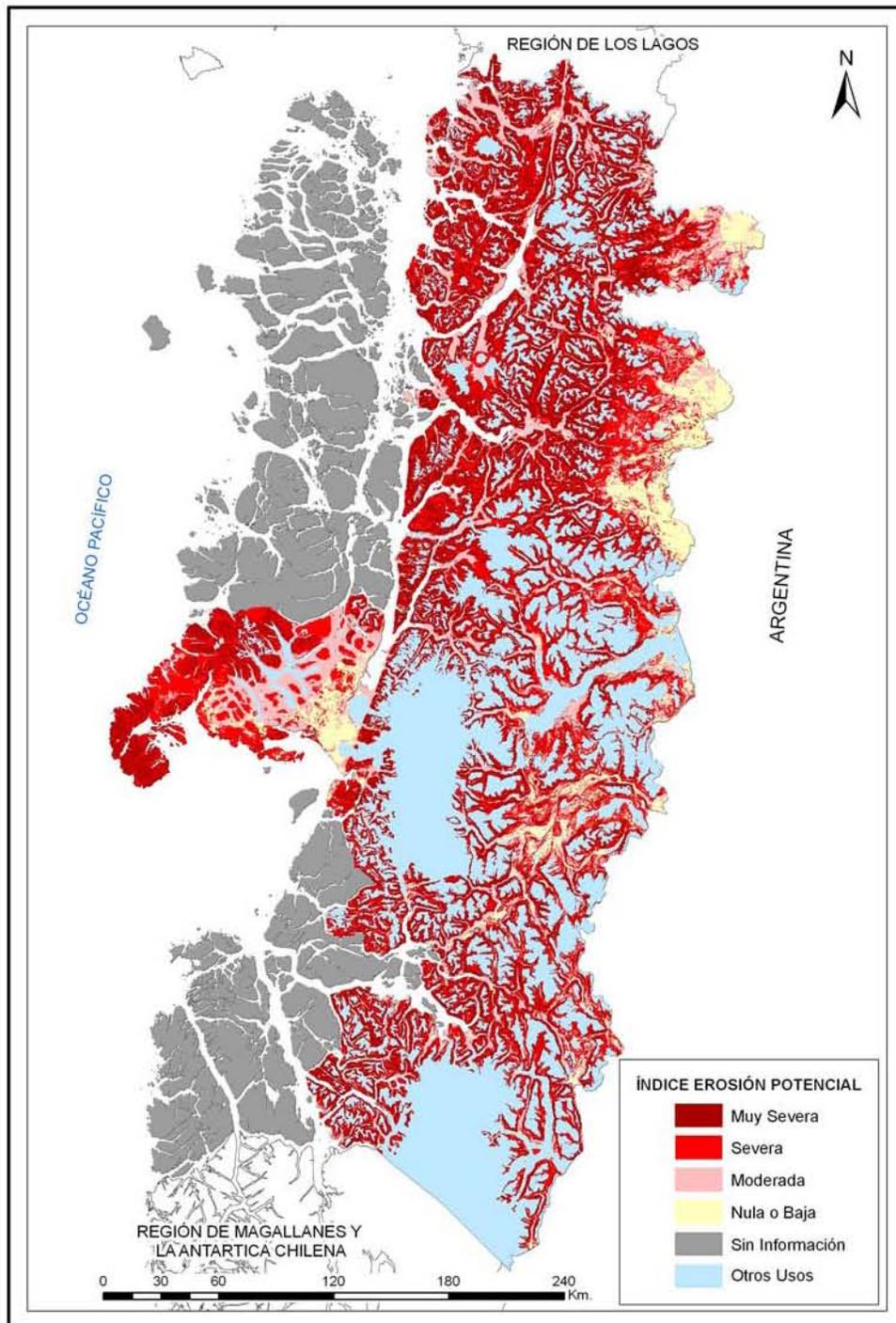


Figura 27. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Aysén.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE AYSÉN

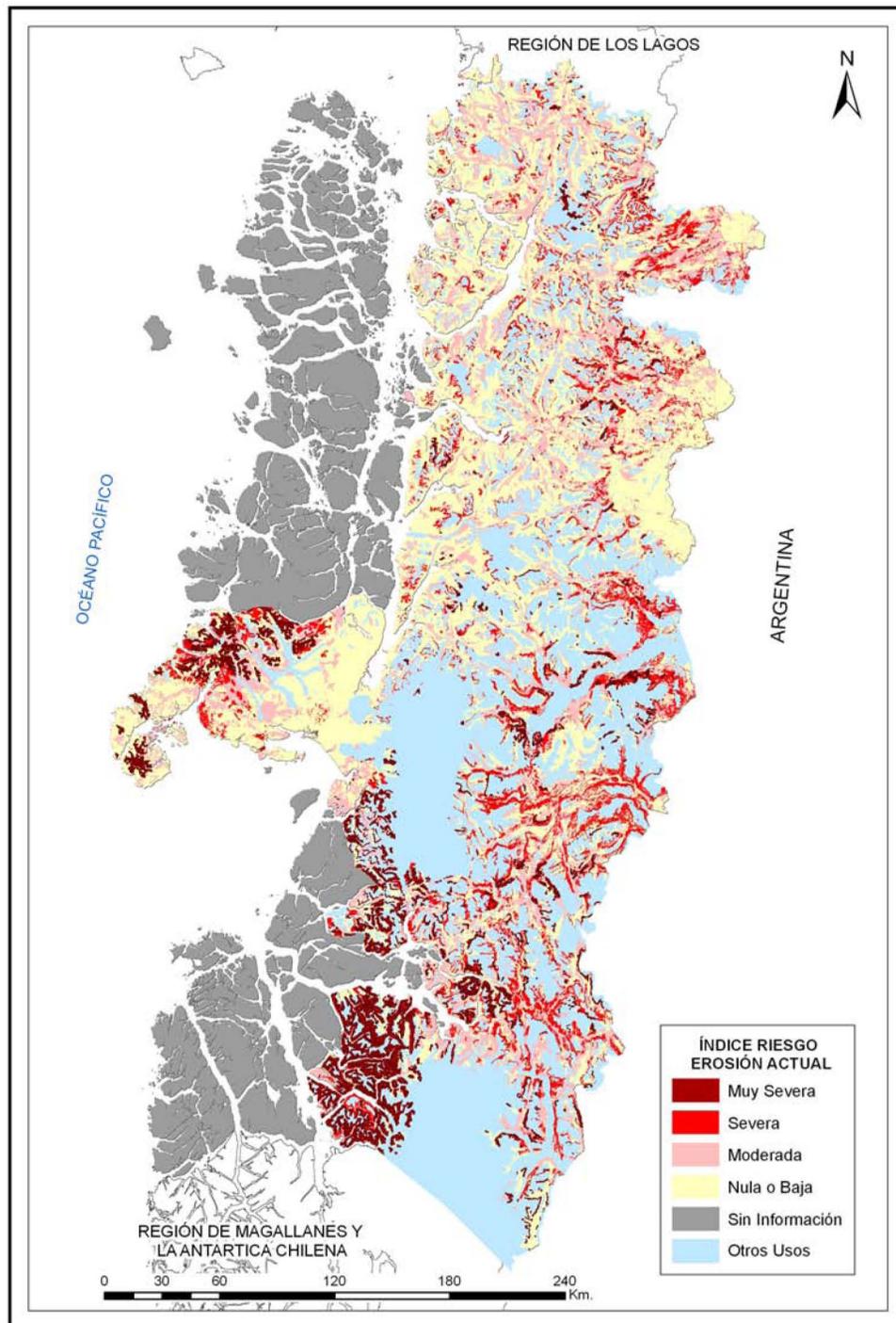


Figura 28. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Aysén.



CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA

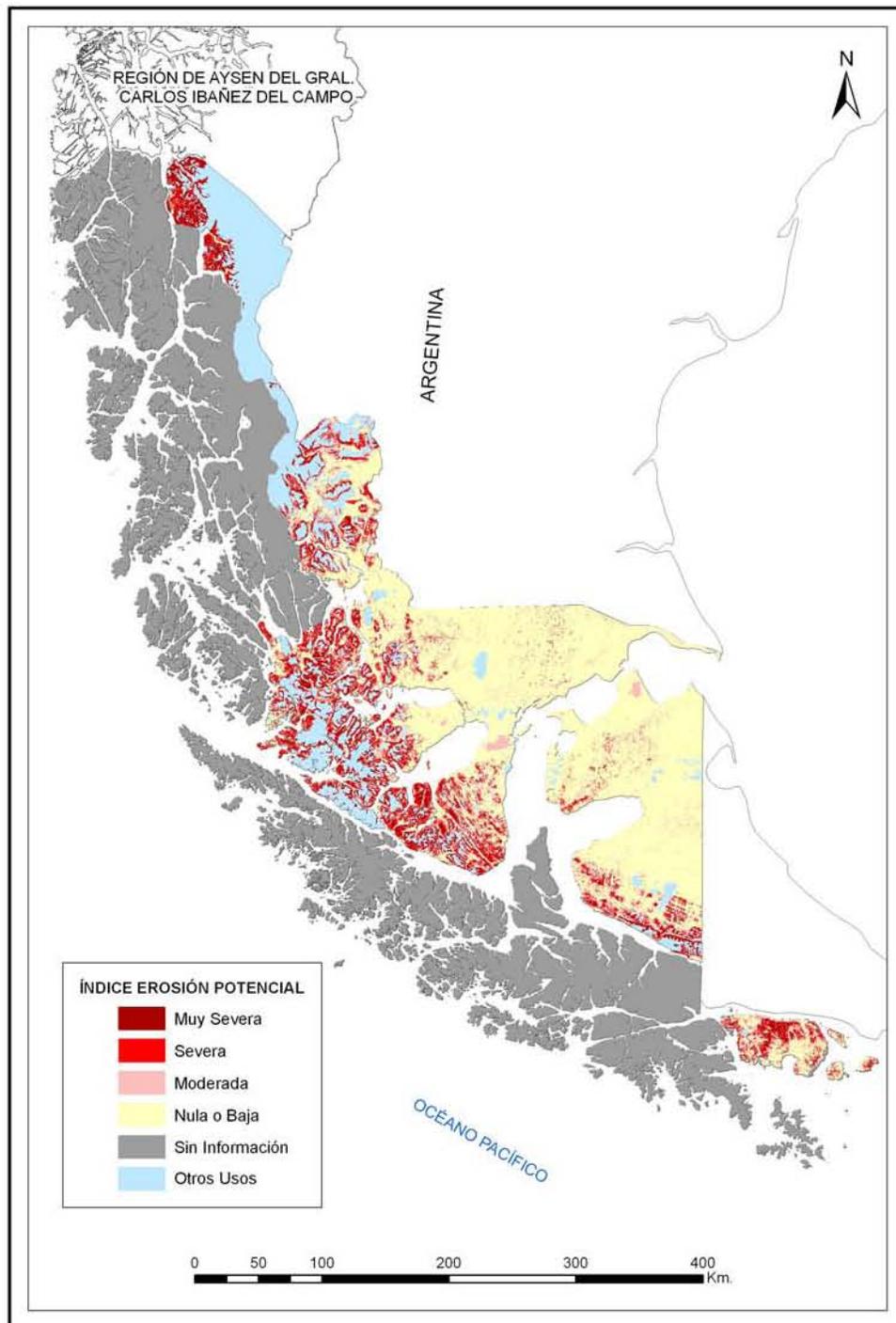


Figura 29. Mapa de riesgo de erosión potencial para la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA DE CHILE

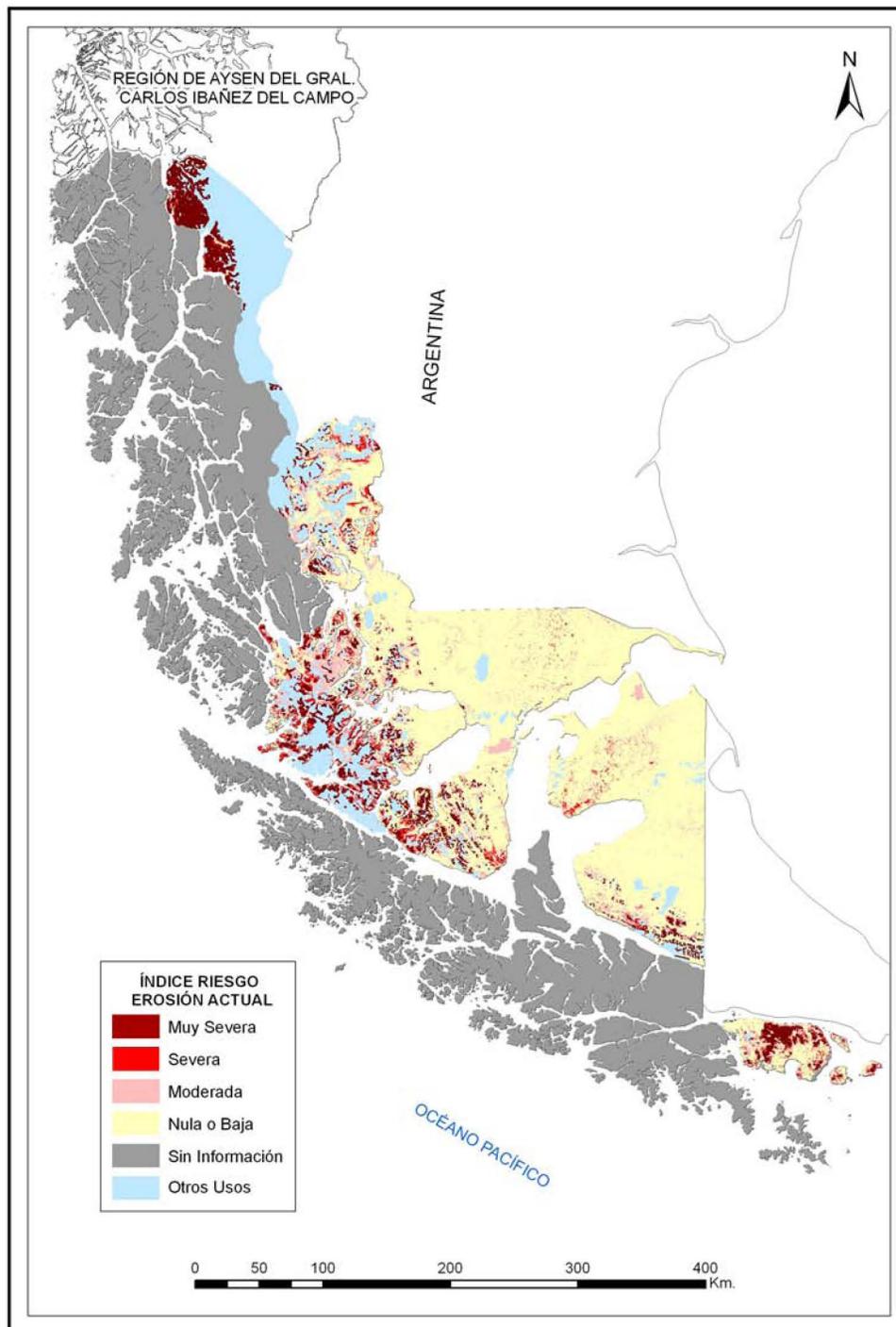


Figura 30. Mapa de riesgo de erosión actual para la Región de Magallanes y antártica Chilena.



Información
para el Desarrollo
y la Innovación



Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile
INFORME FINAL Diciembre 2010
Centro de Información de Recursos Naturales

ANEXO 5

Estadísticas



Cuadro 1. Superficie de erosión actual (en miles de hectáreas) por región.

REGIÓN	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	50	256	172	469	584	0	156	1.480	1.686
TARAPACA	63	1.047	602	1.153	838	0	522	3.640	4.226
ANTOFAGASTA	138	1.371	3.242	3.593	2.021	0	2.237	10.227	12.602
ATACAMA	178	825	537	2.030	629	0	3.367	4.021	7.567
COQUIMBO	210	572	1.142	1.214	492	26	404	3.420	4.060
VALPARAISO	162	244	325	258	80	163	368	907	1.600
METROPOLITANA	354	93	189	213	187	68	435	683	1.541
O'HIGGINS	331	96	454	197	115	126	320	861	1.638
MAULE	656	349	416	378	336	453	446	1.479	3.034
BÍO BÍO	840	393	429	212	149	1.444	245	1.183	3.712
LA ARAUCANIA	1.132	280	241	244	146	944	199	911	3.186
LOS RIOS	427	262	198	80	6	688	177	545	1.837
LOS LAGOS	751	575	423	139	33	2.143	770	1.170	4.834
AYSEN	235	895	743	383	583	4.551	3.407	2.605	10.797
MAGALLANES	1.721	1.123	1.289	590	761	3.090	4.633	3.763	13.207
Total General	7.248	8.382	10.401	11.152	6.960	13.695	17.687	36.895	75.526

Cuadro 2. Superficie de erosión actual (%) por región.

REGIÓN	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	2,98	15,17	10,18	27,81	34,62	0	9,24	87,78	100
TARAPACA	1,5	24,78	14,24	27,29	19,84	0	12,35	86,15	100
ANTOFAGASTA	1,1	10,88	25,73	28,51	16,04	0	17,75	81,15	100
ATACAMA	2,36	10,91	7,09	26,83	8,31	0	44,5	53,14	100
COQUIMBO	5,16	14,08	28,14	29,9	12,13	0,63	9,96	84,25	100
VALPARAISO	10,12	15,27	20,29	16,14	5	10,17	23,03	56,69	100
METROPOLITANA	22,99	6,06	12,3	13,85	12,12	4,41	28,25	44,34	100
O'HIGGINS	20,2	5,88	27,69	12,01	6,99	7,69	19,55	52,56	100
MAULE	21,62	11,5	13,71	12,45	11,07	14,94	14,71	48,74	100
BÍO BÍO	22,63	10,6	11,56	5,7	4	38,9	6,61	31,86	100
LA ARAUCANIA	35,52	8,8	7,56	7,66	4,58	29,64	6,25	28,59	100
LOS RIOS	23,24	14,28	10,75	4,33	0,32	37,44	9,64	29,68	100
LOS LAGOS	15,53	11,89	8,76	2,87	0,69	44,33	15,93	24,21	100
AYSEN	2,17	8,29	6,89	3,55	5,4	42,15	31,55	24,12	100
MAGALLANES	13,03	8,5	9,76	4,47	5,77	23,4	35,08	28,49	100
Total General	9,6	11,1	13,77	14,77	9,22	18,13	23,427	48,85	100

Cuadro 3. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Arica y Parinacota.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	50.204	255.732	171.562	468.745	583.595	0	155.706	1.479.635	1.685.546
ARICA	19.356	132.947	42.713	259.277	398.397	0	19.452	833.334	872.142
ARICA	12.205	80.644	30.143	110.510	242.480	0	5.432	463.777	481.415
CAMARONES	7.151	52.302	12.570	148.767	155.917	0	14.020	369.556	390.727
PARINACOTA	30.848	122.786	128.849	209.468	185.198	0	136.255	646.301	813.404
GENERAL LAGOS	10.412	40.459	28.352	47.341	73.354	0	25.018	189.506	224.936
PUTRE	20.436	82.326	100.498	162.127	111.844	0	111.237	456.795	588.469

Cuadro 4. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Tarapacá.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
TARAPACA	63.322	1.047.229	601.628	1.153.196	838.356	0	521.850	3.640.409	4.225.581
IQUIQUE	0	22.875	58.251	132.840	19.993	0	52.559	233.958	286.518
ALTO HOSPICIO	0	20.666	0	35.245	200	0	1.113	56.111	57.224
IQUIQUE	0	2.209	58.251	97.595	19.792	0	51.446	177.847	229.294
TAMARUGAL	63.322	1.024.355	543.377	1.020.355	818.363	0	469.291	3.406.450	3.939.063
CAMINA	802	17.823	37.724	63.236	94.914	0	5.494	213.697	219.993
COLCHANE	9.522	66.251	118.486	84.667	64.784	0	56.967	334.188	400.678
HUARA	18.452	269.026	100.876	293.310	317.713	0	47.128	980.924	1.046.503
PICA	10.081	236.247	70.301	290.826	157.676	0	132.284	755.050	897.415
POZO ALMONTE	24.465	435.008	215.989	288.317	183.277	0	227.419	1.122.591	1.374.475

Cuadro 5. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Antofagasta.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ANTOFAGASTA	138.126	1.370.598	3.242.116	3.592.831	2.021.379	0	2.237.325	10.226.924	12.602.374
ANTOFAGASTA	3.746	564.179	1.826.524	2.045.093	1.411.805	0	902.183	5.847.601	6.753.530
ANTOFAGASTA	0	253.385	687.692	987.638	623.636	0	519.654	2.552.351	3.072.005
MEJILLONES	0	17.681	71.001	105.243	68.482	0	94.728	262.407	357.135
SIERRA GORDA	3.740	104.957	280.841	414.954	399.183	0	84.689	1.199.935	1.288.364
TALTAL	6	188.155	786.990	537.258	320.504	0	203.112	1.832.908	2.036.026
EL LOA	134.011	751.110	1.055.954	956.412	373.446	0	932.839	3.136.922	4.203.772
CALAMA	4.983	270.348	368.955	554.822	209.288	0	150.816	1.403.413	1.559.211
OLLAGUE	0	20.010	126.116	77.835	16.605	0	50.817	240.567	291.384
SAN P. ATACAMA	129.029	460.751	560.883	323.755	147.553	0	731.205	1.492.942	2.353.176
TOCOPILLA	369	55.310	359.638	591.325	236.128	0	402.303	1.242.401	1.645.073
MARIA ELENA	369	55.310	193.388	498.058	172.210	0	322.988	918.966	1.242.323
TOCOPILLA	0	0	166.250	93.267	63.917	0	79.315	323.435	402.750



Cuadro 6. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Atacama.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ATACAMA	178.452	825.215	536.641	2.029.944	629.080	0	3.367.180	4.020.880	7.566.511
CHANARAL	45.201	374.541	90.349	271.732	117.130	0	1.576.529	853.752	2.475.482
CHANARAL	34.349	58.909	35.586	182.514	42.141	0	223.480	319.149	576.978
DIEGO DE ALMAGRO	10.852	315.633	54.763	89.218	74.989	0	1.353.050	534.603	1.898.505
COPIAPO	70.857	337.574	280.729	1.033.291	203.776	0	1.345.471	1.855.371	3.271.699
CALDERA	2.805	56.651	62.723	90.580	25.748	0	129.371	235.701	367.877
COPIAPO	47.352	234.239	101.346	448.585	84.064	0	863.408	868.234	1.778.993
TIERRA AMARILLA	20.701	46.684	116.660	494.127	93.965	0	352.693	751.436	1.124.829
HUASCO	62.393	113.099	165.563	724.921	308.174	0	445.179	1.311.757	1.819.329
ALTO DEL CARMEN	9.597	8.098	63.136	188.194	73.035	0	273.091	332.463	615.150
FREIRINA	10.614	22.512	15.075	136.437	64.861	0	71.777	238.885	321.276
HUASCO	8.569	533	9.616	79.780	18.258	0	43.313	108.188	160.070
VALLENAR	33.613	81.956	77.736	320.510	152.020	0	56.998	632.222	722.833

Cuadro 7. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Coquimbo.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
COQUIMBO	209.613	571.644	1.142.374	1.213.861	492.364	25.502	404.156	3.420.242	4.059.514
CHOAPA	58.966	179.613	333.781	310.890	47.963	6.939	74.658	872.247	1.012.810
CANELA	8.455	50.100	73.950	69.904	12.566	913	4.359	206.521	220.247
ILLAPEL	19.277	49.810	74.320	86.626	15.639	128	16.748	226.395	262.549
LOS VILOS	6.772	37.699	76.919	49.228	8.026	5.554	2.025	171.872	186.223
SALAMANCA	24.461	42.003	108.592	105.133	11.732	344	51.526	267.460	343.790
ELQUI	48.131	165.591	388.886	470.638	377.867	9.723	230.073	1.402.983	1.690.909
ANDACOLLO	207	2.696	8.978	7.227	9.714	439	1.765	28.615	31.027
COQUIMBO	14.288	66.252	31.665	14.218	4.433	8.621	4.128	116.568	143.606
LA HIGUERA	3.074	28.494	66.103	114.738	185.646	0	18.568	394.981	416.622
LA SERENA	12.773	27.553	49.005	54.138	41.447	295	4.457	172.143	189.668
PAIHUANO	4.483	8.723	44.189	32.711	15.231	87	44.057	100.853	149.480
VICUNA	13.306	31.873	188.946	247.606	121.396	281	157.097	589.822	760.506
LIMARI	102.517	226.440	419.707	432.332	66.533	8.840	99.425	1.145.013	1.355.795
COMBARBALA	7.948	43.750	76.667	43.613	5.894	450	11.265	169.925	189.589
MONTE PATRIA	28.379	30.363	119.442	183.056	18.264	427	56.081	351.126	436.013
OVALLE	53.742	95.753	115.907	91.133	18.024	4.692	5.788	320.817	385.040
PUNITAQUI	7.082	35.641	40.475	39.811	9.657	81	1.177	125.584	133.925
RIO HURTADO	5.365	20.932	67.216	74.719	14.695	3.190	25.113	177.561	211.230

Cuadro 8. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Valparaíso.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
VALPARAISO	161.955	244.249	324.561	258.168	79.966	162.637	368.429	906.943	1.599.964
LOS ANDES	16.255	9.750	41.368	57.402	27.703	2.240	150.763	136.222	305.481
CALLE LARGA	5.124	3.175	8.305	8.209	3.935	179	3.447	23.624	32.374
LOS ANDES	2.144	2.250	13.536	17.992	9.238	247	79.154	43.017	124.562
RINCONADA	3.300	849	4.223	3.055	491	308	45	8.617	12.270
SAN ESTEBAN	5.687	3.476	15.304	28.145	14.039	1.507	68.116	60.964	136.275
MARGA - MARGA	11.684	18.163	29.192	19.429	4.165	26.372	8.876	70.948	117.881
LIMACHE	5.671	5.645	9.423	4.032	703	4.802	1.461	19.803	31.737
OLMUE	2.230	2.540	5.158	5.053	989	6.223	874	13.741	23.068
QUILPUE	3.361	8.965	11.589	9.476	2.472	13.457	4.176	32.502	53.496
VILLA ALEMANA	423	1.013	3.021	869		1.890	2.364	4.902	9.580
PETORCA	32.229	73.661	109.649	96.544	22.279	35.248	89.987	302.133	459.597
CABILDO	11.539	26.597	32.404	35.802	5.877	4.370	28.779	100.680	145.368
LA LIGUA	10.790	19.767	32.217	23.927	1.002	22.023	6.950	76.913	116.676
PAPUDO	1.510	6.074	3.964	1.998	42	2.413	660	12.078	16.661
PETORCA	6.239	10.758	32.821	33.225	15.342	1.230	52.446	92.146	152.060
ZAPALLAR	2.151	10.464	8.242	1.592	17	5.213	1.152	20.316	28.832
QUILLOTA	27.100	16.721	24.684	11.881	4.795	19.756	6.459	58.082	111.397
CALERA	1.559	713	1.009	418	61	1.038	1.080	2.201	5.879
HUUELAS	6.671	3.814	5.913	4.715	968	4.221	581	15.409	26.882
LA CRUZ	2.964	931	1.558	188	54	1.885	245	2.730	7.825
NOGALES	6.787	6.285	9.467	4.752	3.416	6.889	2.917	23.920	40.513
QUILLOTA	9.119	4.978	6.737	1.808	296	5.724	1.635	13.820	30.298
ALGARROBO	77	8.627	2.182	797	0	3.933	2.001	11.606	17.616
CARTAGENA	3.123	4.944	8.910	2.112	0	4.605	854	15.966	24.548
EL QUISCO	57	1.646	719	0	0	1.098	1.595	2.364	5.115
EL TABO	761	2.244	2.113	510	406	3.162	803	5.274	10.000
SAN ANTONIO	3.748	15.698	10.676	5.158	358	2.132	2.047	31.889	39.817
SANTO DOMINGO	3.364	20.637	12.218	2.642	210	9.355	4.982	35.707	53.408
SAN FELIPE DE									
ACONCAGUA	37.913	28.975	46.144	47.916	19.221	3.421	82.162	142.257	265.753
CATEMU	6.858	5.879	10.480	7.728	1.202	1.266	2.884	25.289	36.296
LLAILLAY	5.983	7.155	7.996	7.492	4.435	1.013	841	27.078	34.915
PANQUEHUE	4.844	2.188	2.863	1.430	524	8	206	7.004	12.063
PUTAENDO	6.437	9.758	18.377	27.393	11.761	599	72.749	67.289	147.074
SAN FELIPE	8.098	2.300	3.671	1.580	554	409	1.993	8.105	18.605
SANTA MARIA	5.694	1.695	2.758	2.294	745	126	3.487	7.492	16.799
VALPARAISO	25.643	43.184	36.706	13.776	829	51.312	17.901	94.495	189.351
CASABLANCA	21.357	19.672	17.370	6.896	390	29.510	353	44.328	95.548
CON-CON	229	1.185	476	1.720	7	417	1.397	3.389	5.433
PUCHUNCAVI	1.816	11.236	7.341	1.461	0	6.391	1.890	20.039	30.136
QUINTERO	894	6.708	3.339	212	0	1.081	2.762	10.259	14.996
VALPARAISO	1.347	3.586	6.317	1.705	431	12.166	5.576	12.040	31.129
VINA DEL MAR	0	796	1.862	1.782	0	1.746	5.923	4.440	12.110



Cuadro 9. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región Metropolitana.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
METROPOLITANA DE SANTIAGO	354.241	93.359	189.453	213.450	186.785	68.015	435.293	683.047	1.540.597
CHACABUCO	66.292	11.575	36.542	49.248	28.476	4.660	10.853	125.841	207.646
COLINA	24.425	3.163	14.878	26.491	20.064	978	7.097	64.596	97.096
LAMPA	23.163	4.726	6.604	5.320	3.058	1.273	872	19.708	45.017
TILTIL	18.704	3.685	15.060	17.437	5.353	2.409	2.883	41.537	65.533
CORDILLERA	22.035	11.276	30.309	58.702	106.282	11.077	312.385	206.568	552.064
PIRQUE	13.445	4.316	5.027	5.530	5.119	7.604	3.430	19.991	44.470
PUENTE ALTO	5.369	203	119	486	17	320	2.315	825	8.829
SAN JOSE DE MAIPO	3.220	6.757	25.162	52.686	101.146	3.154	306.640	185.752	498.766
MAIPO	60.103	8.305	12.310	9.266	3.567	8.457	10.064	33.448	112.072
BUIN	17.038	556	557	1.587	0	134	1.680	2.700	21.553
CALERA DE TANGO	6.518	0	15	456	0	0	306	471	7.295
PAINE	26.819	7.678	11.640	6.143	3.567	8.323	3.635	29.029	67.806
SAN BERNARDO	9.728	71	97	1.079	0	0	4.442	1.248	15.418
MELIPILLA	142.943	50.933	87.364	56.111	19.295	41.107	9.895	213.703	407.647
ALHUE	9.317	10.026	28.869	15.003	5.425	12.236	3.741	59.323	84.618
CURACAVI	13.722	9.646	19.196	13.453	894	10.344	2.212	43.189	69.468
MARIA PINTO	20.017	5.147	7.376	921	249	5.425	334	13.692	39.468
MELIPILLA	66.406	18.939	21.159	13.879	1.298	10.190	3.483	55.274	135.354
SAN PEDRO	33.481	7.176	10.764	12.855	11.429	2.911	125	42.224	78.741
SANTIAGO	26.367	8.592	17.820	36.400	27.071	1.547	85.208	89.883	203.006
CERRO NAVIA	236	0	0	0	0	0	876	0	1.112
CONCHALI	2	0	0	0	0	0	1.093	0	1.095
EL BOSQUE	79	0	0	0	0	0	1.326	0	1.405
HUECHURABA	915	501	175	1.448	352	18	1.130	2.477	4.540
LA FLORIDA	373	484	787	458	656	359	3.945	2.385	7.063
LA GRANJA	139	0	0	0	0	0	863	0	1.003
LA PINTANA	2.149	0	0	0	0	0	925	0	3.075
LA REINA	0	0	146	400	25	0	1.762	571	2.333
LAS CONDES	0	316	2.382	1.243	1.386	0	4.608	5.328	9.936
LO BARNECHEA	0	5.037	10.307	29.361	23.176	664	33.823	67.881	102.368
MAIPU	7.533	179	1.438	217	389	82	3.457	2.223	13.295
PENALOEN	0	19	492	402	325	90	4.065	1.236	5.392
PROVIDENCIA	0	144	0	0	0	0	1.283	144	1.426
PUDAHUEL	11.951	1.068	2.008	1.857	667	333	1.912	5.600	19.797
QUILICURA	2.131	31	19	734	0	0	2.806	784	5.721
RECOLETA	0	283	0	0	0	0	1.299	283	1.582
RENCA	858	0	23	262	0	0	1.195	286	2.339
VITACURA	0	531	42	18	95	0	2.144	686	2.830
OTRAS COMUNAS**	0	0	0	0	0	0	16.694	0	16.694
TALAGANTE	36.501	2.678	5.108	3.724	2.094	1.167	6.890	13.604	58.162
EL MONTE	7.139	383	1.927	26	87	933	1.030	2.423	11.525
ISLA DE MAIPO	10.751	1.696	2.976	1.553	0	198	1.729	6.225	18.902
PADRE HURTADO	5.084	413	138	97	993	35	1.277	1.641	8.037
PENAFLORES	4.337	102	67	7	888	0	1.575	1.064	6.976
TALAGANTE	9.191	85	0	2.041	126	0	1.279	2.251	12.721

Cuadro 10. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de O'Higgins.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
O'HIGGINS	330.874	96.293	453.593	196.769	114.529	126.032	320.246	861.183	1.638.336
CACHAPOAL	188.027	37.321	128.267	86.125	71.071	18.268	210.129	322.784	739.208
CODEGUA	9.327	1.954	3.555	3.864	3.688	8	6.218	13.061	28.614
COINCO	5.211	173	2.506	1.205	168	0	682	4.052	9.944
COLTAUCO	9.805	820	5.517	959	147	3.594	1.118	7.443	21.959
DONIHUE	3.211	1.124	1.867	1.060	54	0	573	4.105	7.890
GRANEROS	7.826	924	1.299	851	98	32	273	3.172	11.304
LAS CABRAS	21.329	1.341	23.209	14.630	4.147	5.846	4.442	43.327	74.944
MACHALI	5.069	7.654	22.243	29.042	38.708	1.099	155.577	97.647	259.393
MALLOA	7.430	602	2.894	268	0	0	191	3.764	11.385
MOSTAZAL	10.594	5.311	6.771	8.808	12.462	224	8.362	33.351	52.532
OLIVAR	3.495	0	49	61	0	0	790	111	4.395
PEUMO	7.512	158	2.732	1.367	477	2.608	808	4.733	15.662
PICHIDEGUA	17.495	501	6.550	5.154	327	487	1.529	12.532	32.043
QUINTA DETILCOCO	7.328	224	1.366	249	10	11	243	1.849	9.431
RANCAGUA	14.534	1.373	3.900	2.685	0	490	3.163	7.958	26.146
RENGO	19.700	4.462	10.127	7.578	3.446	0	13.630	25.613	58.943
REQUINOA	15.274	9.140	18.148	5.865	6.453	381	11.717	39.606	66.979
SAN VICENTE	22.885	1.560	15.536	2.477	886	3.487	812	20.459	47.643
CARDENAL CARO	16.511	27.512	152.959	57.862	6.281	64.941	4.706	244.613	330.770
LA ESTRELLA	535	5.169	28.096	8.065	18	233	1.368	41.348	43.485
LITUECHE	2.986	6.980	32.032	9.363	1.588	8.144	709	49.962	61.802
MARCHIGUE	8.980	4.635	39.770	5.227	10	7.037	485	49.642	66.145
NAVIDAD	1.272	1.397	9.943	13.037	548	3.324	632	24.925	30.153
PAREDONES	636	1.593	15.575	16.755	4.117	15.121	184	38.040	53.981
PICHILEMU	2.101	7.737	27.543	5.415	0	31.083	1.327	40.695	75.206
COLCHAGUA	126.337	31.460	172.367	52.782	37.177	42.823	105.412	293.786	568.358
CHEPICA	15.613	690	28.241	2.285	205	1.818	393	31.422	49.246
CHIMBARONGO	29.292	4.672	6.678	1.226	292	6.635	1.973	12.868	50.768
LOLOL	3.628	4.649	37.849	7.165	1.214	5.006	154	50.877	59.665
NANCAGUA	5.018	66	2.530	775	286	1.836	643	3.656	11.153
PALMILLA	15.762	224	4.673	549	96	1.886	606	5.542	23.796
PERALILLO	15.533	520	9.677	1.333	326	325	489	11.856	28.203
PLACILLA	6.701	537	4.888	184	6	1.304	1.006	5.614	14.625
PUMANQUE	204	2.607	30.498	6.027	631	4.152	39	39.763	44.158
SAN FERNANDO	18.997	16.427	27.239	31.989	33.157	18.279	98.830	108.813	244.918
SANTA CRUZ	15.590	1.068	20.093	1.249	965	1.582	1.278	23.375	41.825



Cuadro 11. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región del Maule.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
MAULE	655.859	349.000	416.095	377.755	335.798	453.270	446.251	1.478.648	3.034.028
CAUQUENES	9.744	77.229	95.529	58.595	3.307	53.610	5.665	234.660	303.679
CAUQUENES	6.561	56.078	72.669	46.919	3.249	26.510	1.497	178.915	213.483
CHANCO	2.968	12.552	14.470	7.147	33	12.944	2.773	34.203	52.888
PELLUHUE	215	8.598	8.390	4.529	25	14.155	1.395	21.543	37.307
CURICO	135.100	75.233	98.677	104.297	77.377	82.535	157.791	355.584	731.010
CURICO	25.887	8.597	11.987	17.190	16.585	20.836	32.556	54.359	133.638
HUALANE	6.868	11.114	19.372	16.183	4.605	3.957	939	51.274	63.039
LICANTEN	2.919	7.309	3.468	4.766	896	6.891	1.130	16.439	27.379
MOLINA	25.744	11.928	10.364	12.150	15.950	21.695	56.520	50.392	154.350
RAUCO	6.901	1.741	12.380	7.218	719	333	1.140	22.058	30.433
ROMERAL	13.892	11.354	8.369	23.749	31.842	12.186	57.992	75.314	159.383
SAGRADA FAMILIA	20.152	2.850	14.651	12.207	3.333	468	1.713	33.040	55.373
TENO	31.599	4.977	8.020	3.028	2.552	8.322	3.677	18.577	62.175
VICHUQUEN	1.139	15.364	10.065	7.807	894	7.846	2.123	34.130	45.239
LINARES	320.575	81.353	103.893	101.534	151.551	149.701	96.248	438.331	1.004.855
COLBUN	19.085	13.308	26.040	47.107	107.606	21.199	53.723	194.061	288.068
LINARES	33.808	16.383	13.416	9.440	15.313	34.335	25.087	54.552	147.783
LONGAVI	57.436	9.755	9.892	11.909	12.001	36.021	8.292	43.556	145.305
PARRAL	70.899	11.786	12.830	7.646	11.607	45.629	4.416	43.870	164.814
RETIRO	66.252	13.759	1.071	0	0	851	709	14.830	82.643
SAN JAVIER	30.247	16.362	40.481	24.590	5.016	11.666	3.040	86.449	131.402
VILLA ALEGRE	17.940	0	98	591	0	0	425	689	19.054
YERBAS BUENAS	24.907	0	65	250	7	0	556	322	25.786
TALCA	190.439	115.185	117.996	113.328	103.564	167.425	186.548	450.073	994.485
CONSTITUCION	3.663	37.176	22.571	9.321	845	53.923	7.275	69.913	134.775
CUREPTO	5.940	23.984	26.756	25.527	4.688	17.584	2.943	80.955	107.421
EMPEDRADO	976	16.942	8.106	7.880	500	21.635	80	33.428	56.120
MAULE	13.503	2.178	5.057	211	654	642	1.757	8.100	24.002
PELARCO	20.970	1.477	3.181	2.481	603	4.036	308	7.742	33.056
PENCAHUE	18.180	14.643	28.469	17.931	5.905	9.909	528	66.948	95.564
RIO CLARO	34.781	809	1.625	1.178	628	3.275	593	4.240	42.889
SAN CLEMENTE	52.813	17.295	19.481	46.422	89.692	56.399	169.010	172.890	451.111
SAN RAFAEL	22.346	521	1.779	1.264	0	22	431	3.563	26.362
TALCA	17.268	158	973	1.114	50	0	3.623	2.294	23.185

Cuadro 12. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región del Bío Bío.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
BÍO BÍO	840.102	393.409	429.058	211.569	148.624	1.443.818	245.470	1.182.660	3.712.051
ARAUCO	83.081	28.493	62.883	29.662	1.715	318.365	21.767	122.753	545.966
ARAUCO	21.870	4.211	13.294	2.872	299	51.501	2.885	20.676	96.933
CANETE	35.279	2.026	5.744	5.941	158	54.011	5.966	13.869	109.124
CONTULMO	2.268	2.143	7.873	5.347	305	43.104	2.862	15.667	63.902
CURANILAHUE	1.012	6.132	18.336	6.256	333	67.358	1.144	31.058	100.572
LEBU	10.303	2.168	5.811	957	0	29.647	2.835	8.935	51.721
LOS ALAMOS	5.419	5.707	4.357	2.538	12	39.957	2.283	12.614	60.273
TIRUA	6.931	6.107	7.469	5.750	609	32.786	3.791	19.935	63.443
CONCEPCION	17.784	24.880	70.304	20.911	526	186.977	27.898	116.620	349.280
CHIGUAYANTE	83	0	110	286	0	4.627	2.349	396	7.455
CONCEPCION	1.523	480	2.403	682	53	13.960	3.035	3.618	22.136
CORONEL	3.026	3.307	2.158	2.879	33	13.072	3.967	8.376	28.442
FLORIDA	294	4.692	23.356	2.089	0	30.069	136	30.137	60.637
HUALPEN	1.674	98	191	0	0	1.464	2.113	289	5.539
HUALQUI	3.373	3.954	12.682	3.055	0	27.459	3.071	19.690	53.594
LOTA	163	330	1.831	1.573	82	6.715	728	3.815	11.422
PENCO	697	920	1.127	354	0	6.918	883	2.402	10.900
SAN PEDRO DE LA PAZ	1.046	575	802	823	0	3.913	4.103	2.200	11.263
SANTA JUANA	3.767	5.014	15.985	5.845	58	44.376	2.766	26.903	77.811
TALCAHUANO	2.051	387	60	0	0	3.829	3.311	447	9.637
TOME	88	5.123	9.599	3.324	301	30.574	1.436	18.347	50.444
BÍO BÍO	299.027	164.900	155.932	93.742	73.424	594.062	118.243	487.998	1.499.330
ALTO BÍO BÍO	17	22.254	17.184	26.400	13.825	59.318	30.351	79.662	169.348
ANTUCO	854	28.728	11.410	25.611	34.920	36.602	50.577	100.669	188.701
CABRERO	40.538	892	672	0	0	22.885	873	1.564	65.859
LAJA	12.231	2.988	3.293	175	0	14.093	1.605	6.456	34.386
LOS ANGELES	123.265	5.250	1.580	272	0	38.978	5.720	7.102	175.065
MULCHEN	28.207	25.354	24.557	6.233	378	104.807	3.015	56.522	192.551
NACIMIENTO	2.439	4.883	19.939	1.792	0	59.870	2.033	26.614	90.956
NEGRETE	11.678	469	95	90	0	2.537	790	654	15.660
QUILACO	2.187	13.595	21.867	7.341	3.888	59.622	4.493	46.690	112.993
QUILLECO	24.428	16.902	9.681	4.495	1.844	51.715	3.177	32.921	112.242
SAN ROSENDO	1.074	472	2.227	487	0	3.988	1.005	3.186	9.254
SANTA BARBARA	10.468	22.263	18.666	14.759	14.373	77.809	9.923	70.062	168.263
TUCAPEL	21.678	9.763	5.909	5.161	4.196	40.909	3.561	25.029	91.178
YUMBEL	19.961	11.086	18.852	927	0	20.928	1.120	30.865	72.875

**Cuadro 12.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región del Bío Bío (continuación).

PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
ÑUBLE	440.210	175.137	139.939	67.255	72.959	344.415	77.562	455.290	1.317.476
BULNES	38.073	1.425	468	0	0	1.785	853	1.894	42.605
CHILLAN	39.373	2.952	1.940	0	0	6.271	3.526	4.892	54.062
CHILLAN VIEJO	13.555	2.585	1.391	0	0	1.391	1.171	3.976	20.094
COBQUECURA	2.169	8.507	7.228	3.513	617	34.371	1.163	19.865	57.567
COELEMU	1.716	3.664	10.949	2.339	850	13.581	1.745	17.801	34.843
COIHUECO	34.435	33.650	21.339	9.163	9.898	53.499	14.002	74.049	175.985
EL CARMEN	29.539	10.741	3.077	4.033	308	18.376	665	18.158	66.738
NINHUE	8.596	12.016	6.792	1.303	707	10.319	545	20.818	40.279
NIQUEN	41.433	1.422	1.642	0	0	4.400	514	3.064	49.411
PEMUCO	27.557	6.328	622	250	254	20.735	449	7.453	56.193
PINTO	13.970	22.698	8.317	9.329	20.419	22.198	19.292	60.764	116.224
PORTEZUELO	6.624	4.470	5.901	2.162	172	8.831	1.079	12.705	29.239
QUILLON	11.591	3.522	12.477	2.620	0	9.923	611	18.619	40.744
QUIRIHUE	1.646	11.098	14.423	5.174	801	25.757	238	31.496	59.137
RANQUIL	2.025	2.944	5.487	1.141	84	12.468	726	9.655	24.874
SAN CARLOS	69.370	3.916	5.764	601	0	5.673	2.473	10.281	87.796
SAN FABIAN	60	26.084	13.839	21.061	36.498	37.591	20.256	97.481	155.388
SAN IGNACIO	29.589	2.831	0	0	0	2.405	1.510	2.831	36.335
SAN NICOLAS	33.874	4.485	4.173	2.352	773	8.305	2.268	11.783	56.230
TREGUACO	1.720	1.969	10.589	677	241	14.282	1.769	13.476	31.247
YUNGAY	33.295	7.832	3.522	1.537	1.337	32.255	2.706	14.229	82.484

Cuadro 13. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de La Araucanía.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
LA ARAUCANIA	1.131.867	280.462	240.869	243.915	145.854	944.302	199.079	911.101	3.186.348
CAUTIN	755.140	119.194	119.204	91.644	39.491	576.044	139.290	369.532	1.842.006
CARAHUE	27.805	18.139	28.699	11.570	8.246	36.902	3.318	66.654	134.679
CHOL CHOL	20.218	2.179	8.701	6.897	2.595	11.910	926	20.372	53.425
CUNCO	64.233	8.458	4.989	3.597	1.695	61.916	8.974	18.739	153.863
CURARREHUE	4.683	9.600	5.592	4.282	8.145	72.380	12.067	27.620	116.751
FREIRE	74.170	3.894	509	1.375	0	10.753	3.061	5.778	93.763
GALVARINO	27.874	3.553	3.525	13.527	959	6.803	619	21.564	56.861
GORBEA	32.570	10.230	6.528	1.872	49	16.536	1.444	18.679	69.229
LAUTARO	63.139	4.699	3.549	1.337	49	16.390	1.417	9.634	90.580
LONCOCHE	35.935	4.804	11.233	607	371	38.600	5.597	17.016	97.148
MELIPEUCO	9.348	8.535	5.916	6.682	5.862	49.540	25.683	26.996	111.566
NUEVA IMPERIAL	44.084	2.173	2.726	4.546	586	6.835	1.515	10.032	62.465
PADRE LAS CASAS	29.531	2.493	1.745	1.927	423	2.922	1.228	6.588	40.269
PERQUENCO	29.272	1.705	297	64	0	1.427	431	2.066	33.195
PITRUFQUEN	42.702	647	1.850	28	194	9.722	3.115	2.720	58.259
PUCON	16.733	8.464	5.664	4.742	3.652	80.851	23.220	22.521	143.325
PUERTO SAAVEDRA	7.813	2.268	3.379	12.660	4.143	441	8.943	22.450	39.648
TEMUCO	22.171	2.909	3.787	5.135	189	9.323	3.256	12.020	46.769
TEODORO SCHMIDT	31.123	6.052	4.096	5.166	994	8.023	2.839	16.308	58.293
TOLTEN	35.880	5.945	4.635	2.720	503	42.314	1.280	13.802	93.276
VILCUN	80.544	9.714	7.977	2.286	836	50.540	7.530	20.812	159.427
VILLARRICA	55.311	2.732	3.806	624	0	43.916	22.826	7.162	129.216
MALLECO	376.726	161.269	121.665	152.271	106.363	366.258	59.789	541.568	1.344.342
ANGOL	11.117	20.017	22.379	10.622	4.774	49.904	1.271	57.792	120.084
COLLIPULLI	57.465	7.224	14.417	13.401	700	37.334	298	35.742	130.838
CURACAUTIN	41.920	16.892	8.316	4.384	4.815	75.501	14.521	34.407	166.349
ERCILLA	31.661	2.502	4.404	1.699	1.060	8.360	180	9.665	49.866
LONQUIMAY	12.067	50.841	43.687	76.882	69.104	98.029	40.913	240.515	391.524
LOS SAUCES	22.614	13.092	5.091	11.969	13.942	18.194	171	44.094	85.073
LUMACO	17.743	17.573	7.846	17.053	10.682	40.354	223	53.153	111.473
PUREN	11.049	20.675	2.473	5.995	863	5.611	0	30.007	46.667
RENAICO	13.990	2.871	4.975	304	0	3.912	428	8.151	26.481
TRAIQUEN	51.941	8.407	7.658	9.864	423	10.904	619	26.352	89.817
VICTORIA	105.159	1.174	419	99	0	18.154	1.165	1.692	126.170

**Cuadro 14.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Los Ríos.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
LOS RÍOS	427.014	262.314	197.556	79.588	5.835	687.966	177.131	545.293	1.837.405
RANCO	220.199	94.562	79.470	36.047	3.847	285.625	99.281	213.927	819.031
FUTRONO	30.861	36.007	18.884	8.775	222	88.459	26.037	63.888	209.244
LA UNION	72.744	26.445	16.028	9.694	3.031	79.500	6.988	55.199	214.431
LAGO RANCO	15.091	6.999	26.416	12.471	0	65.784	46.930	45.886	173.690
RIO BUENO	101.502	25.110	18.142	5.107	595	51.883	19.326	48.954	221.666
VALDIVIA	206.816	167.752	118.086	43.541	1.988	402.342	77.850	331.367	1.018.374
CORRAL	2.665	14.384	7.127	4.302	1.417	42.335	1.868	27.231	74.099
LANCO	13.243	5.933	13.656	1.172	0	15.742	3.567	20.761	53.314
LOS LAGOS	35.409	35.209	15.830	9.339	124	74.103	8.485	60.502	178.499
MAFIL	19.748	6.056	6.644	2.877	0	22.352	347	15.576	58.023
MARIQUINA	36.258	22.703	12.070	6.041	0	51.027	4.344	40.814	132.444
PAILLACO	54.553	5.578	4.932	1.392	0	24.278	276	11.902	91.009
PANGUIPULLI	29.136	67.093	48.363	15.776	429	120.248	47.661	131.660	328.705
VALDIVIA	15.803	10.796	9.463	2.642	18	52.257	11.302	22.919	102.281

Cuadro 15. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Los Lagos.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
LOS LAGOS	750.762	574.689	423.464	138.923	33.268	2.142.577	770.059	1.170.344	4.833.742
CHILOE	40.276	205.920	193.167	68.543	2.407	389.887	30.194	470.038	930.395
ANCUD	7.119	52.868	33.907	1.269	638	75.563	4.982	88.682	176.346
CASTRO	778	8.536	21.744	2.206	0	12.867	777	32.486	46.909
CHONCHI	3.198	25.399	36.408	6.901	0	56.953	7.756	68.709	136.616
CURACO DE VELEZ	0	5.784	906	0	0	1.177	23	6.690	7.890
DALCAHUE	4.687	17.521	33.751	10.153	1.365	56.105	433	62.790	124.015
PUQUELDON	225	8.503	0	0	0	884	56	8.503	9.667
QUEILEN	0	14.086	2.364	361	0	15.776	1.201	16.811	33.788
QUELLON	24.248	50.464	43.603	47.653	136	155.854	14.662	141.856	336.621
QUEMCHI	14	9.215	19.883	0	269	13.665	240	29.367	43.285
QUINCHAO	7	13.544	601	0	0	1.042	64	14.145	15.259
LLANQUIHUE	333.955	167.238	86.327	26.776	21.839	569.753	264.011	302.180	1.469.899
CALBUCO	24.428	19.729	5.934	5.534	0	1.412	1.044	31.196	58.080
COCHAMO	6.677	23.392	14.404	5.440	1.472	255.340	103.525	44.708	410.250
FRESIA	34.191	17.567	13.712	5.598	11.588	45.827	563	48.465	129.046
FRUTILLAR	46.489	3.400	3.732	1.598	0	8.925	32.934	8.730	97.077
LLANQUIHUE	22.934	4.509	2.903	605	0	5.316	8.581	8.017	44.848
LOS MUERMOS	38.619	23.988	16.417	2.342	5.579	34.270	450	48.326	121.665
MAULLIN	62.322	12.348	1.173	372	0	994	1.384	13.894	78.595
PUERTO MONTT	53.786	38.135	10.968	2.759	0	33.154	26.986	51.862	165.788
PUERTO VARAS	44.510	24.170	17.085	2.528	3.199	184.515	88.543	46.983	364.550
OSORNO	303.600	86.861	80.635	17.025	3.803	358.072	78.023	188.325	928.020
OSORNO	60.855	13.662	8.838	173	0	8.722	3.477	22.673	95.727
PUERTO OCTAY	67.925	8.067	1.591	1.606	822	66.434	36.214	12.086	182.659
PURRANQUE	44.988	10.136	27.196	5.446	2.197	54.483	770	44.975	145.217
PUYEHUE	50.026	5.821	1.921	399	74	67.961	35.194	8.216	161.397
RIO NEGRO	40.611	9.946	20.522	6.723	14	47.621	1.250	37.205	126.687
SAN JUAN DE LA COSTA	5.440	25.792	13.169	2.494	696	105.091	524	42.151	153.206
SAN PABLO	33.753	13.437	7.398	183	0	7.761	595	21.018	63.127
PALENA	72.931	114.670	63.335	26.578	5.218	824.864	397.831	209.801	1.505.428
CHAITEN	50.530	58.184	32.169	11.992	4.759	485.326	183.639	107.104	826.599
FUTALEUFU	3.502	11.422	9.142	3.666	152	56.847	39.326	24.383	124.057
HUALAIHUE	6.815	30.677	9.778	2.581	173	145.925	93.165	43.209	289.114
PALENA	12.085	14.387	12.245	8.339	134	136.766	81.702	35.104	265.657

**Cuadro 16.** Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Aysén.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
AYSÉN DEL GRAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO	234.739	894.658	743.452	383.082	583.362	4.550.713	3.406.655	2.604.554	10.796.661
AISEN	96.963	745.733	461.420	81.943	223.092	2.156.042	808.000	1.512.189	4.573.194
AISEN	29.760	590.552	339.964	43.790	7.190	1.384.458	574.794	981.496	2.970.508
CISNES	67.202	136.964	116.839	16.415	200.134	769.857	232.375	470.352	1.539.786
GUAITECAS	0	18.217	4.618	21.738	15.769	1.727	831	60.342	62.900
CAPITAN PRAT	45.982	46.836	88.643	117.043	104.800	1.730.809	1.635.930	357.321	3.770.042
COCHRANE	23.937	12.269	36.834	76.311	70.773	287.373	408.830	196.188	916.327
TORTEL	13.667	32.724	50.718	0	2.789	1.210.671	712.950	86.231	2.023.518
VILLA O'HIGGINS	8.379	1.843	1.091	40.731	31.237	232.766	514.150	74.902	830.196
COIHAIQUE	69.677	80.556	168.864	93.882	154.456	402.833	304.292	497.759	1.274.561
COIHAIQUE	49.731	60.303	109.177	84.022	74.129	177.063	173.291	327.631	727.716
LAGO VERDE	19.946	20.254	59.686	9.860	80.328	225.770	131.001	170.128	546.844
GENERAL CARRERA	22.117	21.532	24.525	90.214	101.013	261.028	658.434	237.285	1.178.864
CHILE CHICO	13.303	10.554	9.236	65.009	49.520	92.539	337.090	134.318	577.249
RIO IBÁÑEZ	8.815	10.979	15.290	25.205	51.494	168.490	321.343	102.967	601.615

Cuadro 17. Superficie de erosión (hectáreas), según categoría de erosión, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN MUY SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO*	TOTAL REGIONAL
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	1.721.164	1.122.852	1.288.585	589.987	761.475	3.090.437	4.632.607	3.762.899	13.207.107
ANTARTICA CHILENA	53.814	7.358	1.153	0	0	620.899	934.598	8.511	1.617.822
CABO DE HORNO	53.814	7.358	1.153	0	0	620.899	934.598	8.511	1.617.822
MAGALLANES	608.728	485.765	443.346	241.327	124.119	864.171	983.048	1.294.556	3.750.502
LAGUNA BLANCA	39.293	54.227	110.598	62.631	57.759	17.792	12.294	285.215	354.594
PUNTA ARENAS	334.502	48.720	108.279	26.723	940	624.236	669.492	184.662	1.812.892
RIO VERDE	190.113	50.207	117.892	26.715	1.186	222.143	298.334	196.001	906.591
SAN GREGORIO	44.820	332.610	106.577	125.257	64.234	0	2.927	628.678	676.425
TIERRA DEL FUEGO	296.488	335.922	491.641	221.694	27.131	498.168	220.226	1.076.389	2.091.272
PORVENIR	122.652	176.172	308.971	135.153	16.609	15.433	19.044	636.905	794.034
PRIMAVERA	59.196	109.444	114.998	67.190	699	0	111	292.331	351.638
TIMAUKEL	114.640	50.307	67.672	19.351	9.822	482.735	201.071	147.153	945.600
ULTIMA ESPERANZA	762.134	293.806	352.445	126.966	610.225	1.107.199	2.494.736	1.383.442	5.747.510
NATALES	743.885	213.852	308.447	86.671	608.141	1.010.506	2.240.902	1.217.110	5.212.404
TORRES DEL PAINE	18.248	79.955	43.998	40.295	2.084	96.692	253.833	166.332	535.106

NOTA: Donde otras categorías corresponde a la suma de los otros usos y las áreas de exclusión (sin información). Suelo erosionado es la suma de superficie de las clases ligera, moderada, severa y muy severa.

Cuadro 18. Superficie de riesgo de erosión actual (en miles de hectáreas) por región.

REGIÓN	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORIAS	TOTAL GENERAL
ARICA Y PARINACOTA	554	347	364	261	160	1.686
TARAPACA	1.971	800	617	404	434	4.227
ANTOFAGASTA	7.376	1.888	1.242	551	1.547	12.605
ATACAMA	1.972	836	1.189	1.018	2.554	7.569
COQUIMBO	543	722	1.361	1.024	411	4.061
VALPARAISO	192	564	327	138	379	1.601
METROPOLITANA DE SANTIAGO	291	378	278	124	470	1.541
O'HIGGINS	364	658	192	232	192	1.639
MAULE	836	1.144	323	286	447	3.035
BÍO BÍO	1.284	1.758	281	135	255	3.713
LA ARAUCANIA	1.594	1.084	233	71	205	3.187
LOS RIOS	936	615	95	15	176	1.838
LOS LAGOS	2.526	1.203	283	50	780	4.842
AISEN DEL GRAL CARLOS IBANEZ DEL CAMPO	2.712	1.557	835	263	5.477	10.845
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	4.164	757	390	204	7.774	13.289
Total general	27.313	14.311	8.012	4.778	21.262	75.676

Cuadro 19. Superficie de riesgo de erosión actual (%) por región.

REGIÓN	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORIAS	TOTAL GENERAL
ARICA Y PARINACOTA	32,86	20,59	21,6	15,45	9,5	100
TARAPACA	46,63	18,92	14,61	9,57	10,27	100
ANTOFAGASTA	58,52	14,98	9,85	4,37	12,28	100
ATACAMA	26,06	11,05	15,7	13,45	33,74	100
COQUIMBO	13,37	17,78	33,52	25,21	10,13	100
VALPARAISO	12,01	35,26	20,41	8,64	23,68	100
METROPOLITANA DE SANTIAGO	18,86	24,52	18,04	8,07	30,51	100
O'HIGGINS	22,19	40,15	11,75	14,18	11,73	100
MAULE	27,54	37,69	10,63	9,41	14,73	100
BÍO BÍO	34,57	47,34	7,58	3,64	6,87	100
LA ARAUCANIA	50	34,01	7,32	2,24	6,42	100
LOS RIOS	50,93	33,44	5,19	0,84	9,59	100
LOS LAGOS	52,16	24,86	5,85	1,03	16,1	100
AISEN DEL GRAL CARLOS IBANEZ DEL CAMPO	25,01	14,35	7,7	2,43	50,51	100
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	31,33	5,69	2,93	1,53	58,5	100
Total general	36,09	18,91	10,59	6,31	28,1	100

**Cuadro 20.** Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Arica y Parinacota.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	554.149	347.166	364.260	260.612	160.248	1.686.435
ARICA	276.386	186.379	181.951	204.208	23.550	872.473
ARICA	163.876	113.916	87.359	107.822	8.697	481.670
CAMARONES	112.510	72.463	94.592	96.386	14.853	390.803
PARINACOTA	277.763	160.788	182.309	56.405	136.698	813.962
GENERAL LAGOS	88.172	44.864	62.068	5.117	24.996	225.218
PUTRE	189.591	115.923	120.241	51.288	111.702	588.745

Cuadro 21. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Tarapacá.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
TARAPACA	1.971.026	799.906	617.434	404.451	433.964	4.226.781
IQUIQUE	144.232	53.970	43.497	17.677	27.548	286.924
ALTO HOSPICIO	32.524	13.478	7.837	2.269	1.113	57.221
IQUIQUE	111.708	40.492	35.660	15.407	26.435	229.702
TAMARUGAL	1.826.794	745.936	573.937	386.774	406.416	3.939.857
CAMINA	74.706	43.680	51.752	44.329	5.501	219.969
COLCHANE	155.606	100.963	68.573	18.689	57.120	400.951
HUARA	476.421	182.859	182.998	160.219	44.224	1.046.722
PICA	333.155	248.715	150.673	80.388	84.872	897.802
POZO ALMONTE	786.906	169.718	119.941	83.149	214.699	1.374.414

Cuadro 22. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Antofagasta.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ANTOFAGASTA	7.376.232	1.887.923	1.241.678	551.426	1.547.370	12.604.629
ANTOFAGASTA	4.483.811	936.915	592.375	231.730	509.804	6.754.636
ANTOFAGASTA	1.799.095	458.644	292.663	123.741	398.472	3.072.615
MEJILLONES	212.358	63.556	40.839	24.578	16.038	357.369
SIERRA GORDA	1.106.547	106.713	37.978	7.671	29.398	1.288.307
TALTAL	1.365.811	308.002	220.895	75.740	65.897	2.036.344
EL LOA	1.709.954	823.847	566.902	278.631	825.340	4.204.673
CALAMA	919.683	272.278	205.990	95.695	65.616	1.559.261
OLLAGUE	70.076	56.198	74.556	39.862	50.927	291.619
SAN P. ATACAMA	720.195	495.371	286.356	143.074	708.797	2.353.793
TOCOPILLA	1.182.467	127.162	82.401	41.065	212.226	1.645.320
MARIA ELENA	950.145	77.212	40.294	19.573	155.033	1.242.257
TOCOPILLA	232.322	49.949	42.107	21.491	57.193	403.062

Cuadro 23. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Atacama.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ATACAMA	1.972.119	836.194	1.188.516	1.018.193	2.553.639	7.568.661
CHANARAL	768.042	239.214	175.217	85.246	1.208.213	2.475.932
CHANARAL	266.239	103.802	83.820	45.352	77.924	577.136
DIEGO DE ALMAGRO	501.804	135.412	91.397	39.894	1.130.289	1.898.796
COPIAPO	809.441	371.265	523.059	543.127	1.025.903	3.272.796
CALDERA	204.596	67.292	43.391	18.503	34.516	368.298
COPIAPO	530.035	212.034	224.124	174.294	638.889	1.779.375
TIERRA AMARILLA	74.810	91.940	255.544	350.330	352.498	1.125.122
HUASCO	394.635	225.714	490.239	389.821	319.523	1.819.933
ALTO DEL CARMEN	5.592	21.970	101.343	211.939	274.540	615.383
FREIRINA	107.031	58.487	106.542	43.275	6.147	321.483
HUASCO	61.381	38.358	40.970	9.225	10.340	160.275
VALLENAR	220.632	106.899	241.384	125.381	28.496	722.792

Cuadro 24. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Coquimbo.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
COQUIMBO	542.802	722.116	1.361.205	1.023.765	411.330	4.061.218
CHOAPA	85.077	223.873	388.697	238.473	77.245	1.013.365
CANELA	35.869	65.839	96.448	18.215	4.002	220.373
ILLAPEL	16.664	39.967	107.780	80.660	17.528	262.598
LOS VILOS	24.639	84.729	61.100	13.098	2.797	186.362
SALAMANCA	7.905	33.339	123.369	126.500	52.918	344.032
ELQUI	207.109	247.965	563.803	444.986	227.773	1.691.636
ANDACOLLO	5.000	5.748	16.773	1.735	1.775	31.032
COQUIMBO	79.223	30.394	29.087	1.116	3.994	143.813
LA HIGUERA	70.050	63.203	200.274	71.059	12.171	416.758
LA SERENA	40.518	41.602	72.210	29.621	5.778	189.730
PAIHUANO	97	8.137	18.375	77.928	44.979	149.516
VICUNA	12.221	98.881	227.083	263.526	159.076	760.787
LIMARI	250.616	250.277	408.705	340.306	106.313	1.356.217
COMBARBALA	34.338	41.644	51.691	49.482	12.424	189.578
MONTE PATRIA	13.037	41.886	122.759	198.975	59.550	436.207
OVALLE	155.525	99.922	108.216	15.067	6.521	385.252
PUNITAQUI	38.783	39.460	50.276	3.531	1.863	133.914
RIO HURTADO	8.933	27.365	75.763	73.251	25.955	211.266



Cuadro 25. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Valparaíso.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
VALPARAISO	192.299	564.496	326.682	138.249	379.012	1.600.738
LOS ANDES	15.829	21.452	70.870	44.794	152.693	305.637
CALLE LARGA	3.878	4.508	15.529	4.690	3.767	32.372
LOS ANDES	3.022	6.795	16.276	19.079	79.485	124.656
RINCONADA	2.825	2.350	4.982	1.855	255	12.267
SAN ESTEBAN	6.103	7.798	34.083	19.170	69.186	136.341
MARGA - MARGA	15.730	75.978	14.868	1.408	9.889	117.874
LIMACHE	1.304	23.455	4.887	101	1.989	31.735
OLMUE	4.729	12.643	4.067	473	1.154	23.067
QUILPUE	8.239	35.423	4.737	829	4.264	53.491
VILLA ALEMANA	1.458	4.457	1.177	6	2.483	9.580
PETORCA	46.999	151.045	117.643	52.918	91.120	459.725
CABILDO	12.871	39.697	39.443	22.782	30.567	145.360
LA LIGUA	18.485	57.388	31.540	4.320	5.012	116.745
PAPUDO	2.411	10.495	3.140	129	524	16.698
PETORCA	9.537	26.898	38.095	24.394	53.122	152.046
ZAPALLAR	3.695	16.568	5.424	1.293	1.897	28.876
QUILLOTA	26.061	51.611	22.993	3.165	7.559	111.390
CALERA	1.730	1.714	722	661	1.053	5.879
HIJUELAS	6.425	13.060	5.870	623	903	26.881
LA CRUZ	704	5.831	800	158	331	7.825
NOGALES	11.971	12.517	11.000	1.600	3.422	40.510
QUILLOTA	5.231	18.488	4.602	123	1.851	30.295
SAN ANTONIO	18.755	97.374	20.172	985	13.403	150.689
ALGARROBO	282	12.609	2.675	65	2.005	17.636
CARTAGENA	6.445	13.475	3.137	645	863	24.566
EL QUISCO	0	2.670	725	6	1.738	5.139
EL TABO	313	7.583	723	17	1.383	10.018
SAN ANTONIO	7.297	24.358	5.138	216	2.837	39.847
SANTO DOMINGO	4.417	36.680	7.774	36	4.576	53.483
SAN FELIPE DE ACONCAGUA	40.588	48.271	58.505	33.678	84.758	265.801
CATEMU	4.258	13.095	12.450	3.177	3.316	36.295
LLAILLAY	5.321	12.703	13.709	2.116	1.061	34.909
PANQUEHUE	4.012	2.998	3.068	1.675	309	12.062
PUTAENDO	13.348	12.476	22.976	24.564	73.765	147.129
SAN FELIPE	8.315	4.067	2.935	818	2.473	18.608
SANTA MARIA	5.335	2.933	3.368	1.327	3.835	16.798
VALPARAISO	28.337	118.765	21.630	1.301	19.589	189.623
CASABLANCA	21.276	62.470	9.992	797	1.056	95.590
CON-CON	0	2.449	1.395	71	1.531	5.446
PUCHUNCAVI	3.450	19.762	4.071	341	2.549	30.172
QUINTERO	440	10.773	1.971	35	1.840	15.059
VALPARAISO	1.451	20.808	2.468	16	6.474	31.217
VINA DEL MAR	1.720	2.503	1.734	43	6.140	12.139

Cuadro 26. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región Metropolitana.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
METROPOLITANA DE SANTIAGO	290.594	377.838	277.971	124.334	470.206	1.540.942
CHACABUCO	59.384	62.086	52.520	14.792	18.854	207.637
COLINA	21.555	22.671	29.782	12.063	11.021	97.091
LAMPA	21.347	13.360	6.361	1.161	2.785	45.012
TILTIL	16.483	26.056	16.377	1.569	5.049	65.533
CORDILLERA	18.598	55.475	79.891	79.924	318.581	552.468
PIRQUE	5.803	21.196	7.813	4.221	5.435	44.467
PUENTE ALTO	1.937	1.670	785	70	4.367	8.829
SAN JOSE DE MAIPO	10.858	32.609	71.294	75.633	308.778	499.172
MAIPO	45.118	35.317	13.342	3.779	14.509	112.065
BUIN	13.783	3.643	1.423	236	2.468	21.554
CALERA DE TANGO	5.529	181	396	0	1.189	7.295
PAINE	17.941	30.988	10.444	3.529	4.898	67.801
SAN BERNARDO	7.865	504	1.079	14	5.954	15.416
MELIPILLA	114.880	182.850	84.268	8.832	16.794	407.623
ALHUE	9.644	43.264	20.135	5.593	5.976	84.613
CURACAVI	12.033	33.385	18.700	1.754	3.591	69.463
MARIA PINTO	22.032	13.106	3.420	51	859	39.467
MELIPILLA	57.233	51.159	20.097	1.263	5.596	135.348
SAN PEDRO	13.938	41.936	21.915	172	772	78.732
SANTIAGO	21.131	29.741	43.546	16.897	91.678	202.993
CERRO NAVIA	156	0	0	0	957	1.113
EL BOSQUE	4	0	0	0	1.400	1.405
HUECHURABA	437	1.480	1.121	124	1.378	4.540
LA FLORIDA	207	1.453	842	401	4.160	7.062
LA PINTANA	1.419	0	0	0	1.655	3.074
LA REINA	0	258	262	25	1.787	2.332
LAS CONDES	96	3.435	1.113	607	4.685	9.936
LO BARNECHEA	866	17.455	34.588	15.263	34.190	102.362
MAIPU	6.045	1.260	1.186	0	4.802	13.294
PENALOEN	0	591	513	200	4.089	5.392
PROVIDENCIA	21	131	0	0	1.275	1.427
PUDAHUEL	9.382	2.556	3.319	188	4.352	19.796
QUILICURA	1.942	385	312	0	3.081	5.720
RECOLETA	0	179	60	0	1.344	1.583
RENCA	506	133	116	0	1.582	2.338
VITACURA	49	426	115	88	2.152	2.829
OTRAS COMUNAS**	0	0	0	0	15.103	15.103
TALAGANTE	31.483	12.369	4.404	110	9.790	58.157
EL MONTE	6.875	2.961	265	0	1.424	11.525
ISLA DE MAIPO	8.093	5.693	2.649	110	2.354	18.899
PADRE HURTADO	4.508	1.194	594	0	1.742	8.038
PENAFLORE	3.808	705	334	0	2.128	6.975
TALAGANTE	8.199	1.815	564	0	2.141	12.720



Cuadro 27. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de O'Higgins.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
O'HIGGINS	363.665	657.993	192.459	232.314	192.208	1.638.638
CACHAPOAL	170.364	217.353	84.247	125.190	142.132	739.286
CODEGUA	8.085	7.677	3.125	3.151	6.573	28.612
COINCO	4.258	2.317	2.100	399	871	9.945
COLTAUCO	8.872	9.206	1.656	797	1.428	21.959
DONIHUE	3.976	2.641	336	70	866	7.889
GRANEROS	7.574	2.676	532	83	438	11.303
LAS CABRAS	14.215	44.085	10.123	808	5.704	74.935
MACHALI	6.374	33.403	36.258	82.387	101.088	259.510
MALLOA	6.325	2.523	1.838	130	571	11.387
MOSTAZAL	7.813	18.734	9.062	8.056	8.863	52.528
OLIVAR	3.278	149	18	0	946	4.391
PEUMO	7.224	6.296	928	182	1.031	15.661
PICHIDEGUA	12.999	14.466	1.939	491	2.146	32.041
QUINTA DE TILCOCO	6.767	1.471	777	28	387	9.430
RANCAGUA	13.018	7.108	1.995	117	3.907	26.145
RENGO	19.674	17.831	4.058	14.864	2.511	58.938
REQUINOA	16.355	29.870	5.639	12.034	3.076	66.974
SAN VICENTE	23.557	16.899	3.865	1.592	1.724	47.637
CARDENAL CARO	35.241	229.513	58.856	1.242	6.096	330.949
LA ESTRELLA	1.158	36.017	4.703	23	1.584	43.484
LITUECHE	6.481	46.208	8.273	99	790	61.851
MARCHIGUE	23.110	36.487	5.416	124	1.005	66.143
NAVIDAD	744	13.784	14.065	889	687	30.169
PAREDONES	1.180	38.479	13.802	20	521	54.001
PICHILEMU	2.568	58.539	12.599	86	1.509	75.301
COLCHAGUA	158.059	211.126	49.355	105.882	43.980	568.403
CHEPICA	17.015	27.776	3.747	170	530	49.239
CHIMBARONGO	33.372	12.788	1.541	227	2.835	50.764
LOLOL	6.274	41.352	10.146	971	922	59.665
NANCAGUA	6.110	3.153	636	627	627	11.153
PALMILLA	15.027	5.590	2.078	212	887	23.794
PERALILLO	19.034	7.624	469	75	998	28.201
PLACILLA	6.194	6.865	491	3	1.071	14.624
PUMANQUE	9.032	27.798	6.722	226	378	44.157
SAN FERNANDO	30.807	59.979	19.548	100.838	33.815	244.986
SANTA CRUZ	15.194	18.201	3.978	2.533	1.916	41.822

Cuadro 28. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región del Maule.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
MAULE	835.747	1.143.946	322.592	285.580	446.928	3.034.794
CAUQUENES	103.992	166.369	29.953	696	2.770	303.780
CAUQUENES	92.206	104.160	14.862	0	2.241	213.469
CHANCO	9.157	39.934	3.480	34	327	52.932
PELLUHUE	2.628	22.275	11.611	662	203	37.379
CURICO	166.515	249.416	102.825	62.071	150.427	731.255
CURICO	42.420	31.446	12.652	12.770	34.449	133.736
HUALANE	5.233	38.304	18.215	131	1.150	63.033
LICANTEN	3.593	19.022	4.040	66	723	27.443
MOLINA	42.366	29.688	7.640	17.142	57.529	154.366
RAUCO	6.415	20.018	2.656	45	1.299	30.433
ROMERAL	15.514	36.016	30.942	29.776	47.217	159.465
SAGRADA FAMILIA	18.760	25.219	9.304	10	2.078	55.371
TENO	29.460	19.106	7.480	2.122	4.003	62.171
VICHUQUEN	2.754	30.596	9.897	10	1.978	45.235
LINARES	401.047	271.512	77.575	147.257	107.589	1.004.979
COLBUN	28.418	58.541	31.557	113.315	56.406	288.239
LINARES	62.760	35.786	10.167	11.254	27.808	147.775
LONGAM	61.843	50.407	10.747	12.692	9.603	145.293
PARRAL	96.120	43.669	9.796	9.919	5.305	164.811
RETIRO	71.359	9.812	74	0	1.388	82.633
SAN JAVIER	42.591	68.188	15.091	76	5.443	131.389
VILLA ALEGRE	15.179	3.150	102	0	625	19.056
YERBAS BUENAS	22.776	1.958	41	0	1.009	25.784
TALCA	164.193	456.649	112.239	75.557	186.143	994.781
CONSTITUCION	10.320	101.830	19.189	376	3.142	134.856
CUREPTO	8.402	75.087	22.268	78	1.651	107.487
EMPEDRADO	3.986	43.578	8.405	0	151	56.119
MAULE	15.520	3.227	2.432	0	2.822	24.001
PELARCO	9.663	21.844	1.153	0	395	33.056
PENCAHUE	4.512	75.060	14.699	0	1.291	95.561
RIO CLARO	22.199	18.588	1.298	0	796	42.881
SAN CLEMENTE	66.212	96.301	42.266	75.103	171.393	451.274
SAN RAFAEL	7.874	17.631	401	0	458	26.364
TALCA	15.505	3.505	129	0	4.043	23.181



Cuadro 29. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región del Bío Bío.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
BÍO BÍO	1.283.601	1.757.858	281.407	135.237	255.234	3.713.338
ARAUCO	89.516	381.041	58.283	2.374	15.182	546.396
ARAUCO	14.143	74.591	5.982	576	1.813	97.105
CANETE	30.059	66.676	8.796	151	3.503	109.186
CONTULMO	1.619	49.351	9.595	312	3.018	63.895
CURANILAHUE	11.555	70.801	16.841	109	1.261	100.567
LEBU	10.544	34.541	5.314	611	861	51.870
LOS ALAMOS	11.775	41.947	4.863	37	1.622	60.244
TIRUA	9.822	43.134	6.891	577	3.104	63.529
CONCEPCION	8.439	278.439	33.426	1.150	28.249	349.702
CHIGUAYANTE	105	4.941	48	0	2.359	7.453
CONCEPCION	356	17.742	594	0	3.442	22.134
CORONEL	1.021	17.954	6.023	98	3.489	28.585
FLORIDA	1.266	58.132	964	0	268	60.631
HUALPEN	78	3.426	8	7	2.071	5.590
HUALQUI	1.078	45.251	3.627	0	3.632	53.588
LOTA	0	8.372	2.314	9	737	11.432
PENCO	669	9.014	362	24	846	10.916
SN PEDRO DE LA PAZ	1.624	4.830	659	41	4.127	11.281
SANTA JUANA	615	62.316	11.907	148	2.819	77.805
TALCAHUANO	1.500	4.461	257	404	3.130	9.750
TOME	126	41.998	6.663	420	1.329	50.537
BÍO BÍO	647.837	554.190	105.128	64.166	128.194	1.499.515
ALTO BÍO BÍO	51.315	43.450	23.938	20.234	30.542	169.479
ANTUCO	38.654	41.950	28.615	29.116	50.503	188.838
CABRERO	49.649	14.485	155	0	1.564	65.853
LAJA	20.070	12.606	35	0	1.672	34.384
LOS ANGELES	130.109	33.965	348	0	10.627	175.049
MULCHEN	118.965	61.503	6.839	113	5.114	192.535
NACIMIENTO	4.949	80.508	3.185	166	2.143	90.951
NEGRETE	10.444	4.233	0	0	981	15.659
QUILACO	42.615	52.156	12.329	1.542	4.348	112.990
QUILLECO	68.582	33.669	4.955	1.057	3.972	112.236
SAN ROSENDO	1.539	6.690	0	0	1.024	9.252
SANTA BARBARA	48.772	82.490	15.315	11.379	10.293	168.248
TUCAPEL	38.419	38.865	9.249	560	4.078	91.171
YUMBEL	23.756	47.619	164	0	1.331	72.870

Cuadro 29. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región del Bío Bío (continuación).

PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ÑUBLE	537.809	544.188	84.570	67.548	83.610	1.317.725
BULNES	35.268	6.098	14	0	1.225	42.606
CHILLAN	36.196	13.489	30	0	4.345	54.061
CHILLAN VIEJO	9.379	9.290	28	0	1.396	20.092
COBQUECURA	39	50.285	6.556	761	75	57.716
COLEMU	111	27.581	5.440	79	1.521	34.732
COIHUECO	56.101	75.208	19.509	8.313	16.864	175.995
EL CARMEN	44.560	20.540	597	0	1.035	66.731
NINHUE	13.294	24.348	1.990	17	626	40.274
NIQUEN	37.295	10.962	37	0	1.115	49.410
PEMUCO	42.214	11.729	1.196	10	1.043	56.192
PINTO	32.070	33.599	16.465	14.195	19.950	116.278
PORTEZUELO	2.546	23.556	1.984	34	1.117	29.237
QUILLON	8.420	29.582	1.878	0	857	40.737
QUIRIHUE	4.026	52.280	2.402	217	212	59.137
RANQUIL	1.553	22.169	392	0	759	24.873
SAN CARLOS	67.352	15.530	2.306	0	2.594	87.782
SAN FABIAN	20.370	54.259	16.857	43.383	20.676	155.545
SAN IGNACIO	32.205	2.444	1	0	1.683	36.333
SAN NICOLAS	40.715	12.694	1.119	0	1.697	56.225
TREGUACO	391	26.762	2.331	62	1.745	31.291
YUNGAY	53.701	21.781	3.439	478	3.078	82.477



Cuadro 30. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de La Araucanía.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
LA ARAUCANIA	1.593.570	1.083.960	233.187	71.432	204.719	3.186.867
CAUTIN	1.053.182	570.531	67.522	12.234	138.878	1.842.347
CARAHUE	27.036	92.841	12.422	446	1.987	134.733
CHOL CHOL	21.308	29.575	1.666	35	838	53.423
CUNCO	105.021	33.575	4.553	557	10.145	153.851
CURARREHUE	66.741	32.250	2.884	2.288	12.820	116.982
FREIRE	80.919	8.061	26	0	4.752	93.759
GALVARINO	20.240	33.040	2.907	10	661	56.857
GORBEA	37.712	27.505	2.774	93	1.138	69.222
LAUTARO	60.274	24.396	2.046	8	3.854	90.578
LONCOCHE	47.891	38.672	7.984	1.920	676	97.142
MELIPEUCO	53.746	24.716	4.112	2.957	26.044	111.576
NUEVA IMPERIAL	39.145	21.116	567	18	1.616	62.462
PADRE LAS CASAS	31.307	6.106	1.052	0	1.803	40.267
PERQUENCO	27.974	3.350	10	0	1.858	33.191
PITRUFQUEN	46.083	7.171	1.540	0	3.459	58.252
PUCON	83.341	29.852	4.098	2.113	23.910	143.313
PUERTO SAAVEDRA	17.846	14.274	453	107	7.016	39.695
TEMUCO	20.313	20.500	2.235	21	3.694	46.763
TEODORO SCHMIDT	38.368	16.514	695	48	2.693	58.318
TOLTEN	50.055	34.400	6.886	266	1.733	93.340
VILCUN	93.205	51.048	4.988	161	10.013	159.414
VILLARRICA	84.660	21.569	3.625	1.187	18.166	129.207
MALLECO	540.387	513.429	165.664	59.198	65.841	1.344.520
ANGOL	44.466	46.437	26.604	375	2.196	120.078
COLLIPULLI	79.134	39.722	8.735	2.011	1.222	130.823
CURACAUTIN	70.671	67.939	10.608	2.005	15.109	166.331
ERCILLA	23.755	23.186	2.345	0	576	49.863
LONQUIMAY	122.918	110.727	61.868	54.775	41.490	391.778
LOS SAUCES	22.406	43.455	18.683	0	519	85.062
LUMACO	16.654	70.498	24.008	0	305	111.465
PUREN	18.833	22.778	4.504	0	553	46.667
RENAICO	14.625	10.058	1.004	7	787	26.482
TRAIQUEN	27.734	54.946	6.199	25	905	89.809
VICTORIA	99.193	23.682	1.107	0	2.178	126.160

Cuadro 31. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Los Ríos.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
LOS RÍOS	936.149	614.680	95.435	15.464	176.326	1.838.055
RANCO	433.095	231.440	44.224	10.269	100.236	819.263
FUTRONO	119.806	38.437	17.836	7.391	25.862	209.332
LA UNIÓN	98.795	98.525	9.961	570	6.658	214.509
LAGO RANCO	76.045	35.667	11.722	1.962	48.361	173.756
RÍO BUENO	138.449	58.810	4.705	346	19.355	221.665
VALDIVIA	503.055	383.241	51.211	5.196	76.091	1.018.792
CORRAL	26.380	38.106	6.967	428	2.342	74.224
LANCO	26.898	23.174	2.427	497	310	53.306
LOS LAGOS	104.571	54.609	9.265	951	9.092	178.488
MAFIL	35.592	19.592	2.483	28	323	58.018
MARIQUINA	65.334	53.839	9.723	205	3.420	132.520
PAILLACO	40.988	45.542	3.595	196	683	91.004
PANGUIPULLI	169.924	101.342	7.339	2.571	47.702	328.878
VALDIVIA	33.368	47.037	9.413	319	12.218	102.354



Cuadro 32. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Los Lagos.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
LOS LAGOS	2.525.503	1.203.476	283.461	49.860	779.624	4.841.924
CHIOLE	651.201	216.286	40.706	1.541	23.687	933.422
ANCUD	136.698	31.013	3.959	349	4.303	176.322
CASTRO	34.714	9.104	2.498	75	808	47.199
CHONCHI	74.546	45.214	9.671	337	7.035	136.803
CURACO DE VELEZ	5.014	2.806	110	0	50	7.980
DALCAHUE	82.576	33.127	8.118	44	292	124.157
PUQUELDON	5.993	3.431	21	0	98	9.543
QUEILEN	14.201	14.245	4.284	14	1.300	34.044
QUELLON	254.552	64.486	8.752	695	9.402	337.887
QUEMCHI	30.931	10.277	2.296	9	324	43.838
QUINCHAO	11.976	2.584	998	18	75	15.650
LLANQUIHUE	668.131	445.567	84.113	17.837	256.514	1.472.161
CALBUCO	33.568	22.411	2.023	143	615	58.760
COCHAMO	180.476	88.687	29.153	5.541	107.021	410.878
FRESIA	59.234	56.901	9.519	2.775	680	129.109
FRUTILLAR	41.433	22.323	297	152	32.867	97.071
LLANQUIHUE	12.874	22.955	288	15	8.712	44.845
LOS MUERMOS	44.857	68.676	7.681	153	466	121.833
MAULLIN	46.775	29.494	1.927	414	351	78.962
PUERTO MONTT	92.114	47.336	9.576	4.028	12.956	166.010
PUERTO VARAS	156.799	86.783	23.650	4.614	92.846	364.692
OSORNO	494.962	303.603	40.776	5.177	83.772	928.289
OSORNO	60.131	27.537	3.003	0	5.045	95.716
PUERTO OCTAY	83.130	52.846	6.886	1.776	38.006	182.644
PURRANQUE	71.038	67.301	4.847	303	1.802	145.292
PUYEHUE	82.219	34.797	6.341	2.913	35.177	161.448
RIO NEGRO	74.749	47.470	3.044	65	1.428	126.755
SAN JUAN DE LA COSTA	93.496	45.581	13.055	120	1.058	153.310
SAN PABLO	30.200	28.070	3.599	0	1.255	63.124
PALENA	711.209	238.021	117.866	25.305	415.651	1.508.051
CHAITEN	439.069	116.820	66.184	14.571	191.388	828.033
FUTALEUFU	36.507	31.195	12.033	3.410	41.122	124.266
HUALAIHUE	130.192	44.748	19.500	1.743	93.694	289.877
PALENA	105.440	45.258	20.149	5.581	89.447	265.876

Cuadro 33. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Aysén.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
AYSÉN DEL GRAL CARLOS						
IBÁÑEZ DEL CAMPO	2.711.985	1.556.640	835.284	263.390	5.477.228	10.844.527
AISEN	1.542.905	662.533	222.642	49.987	2.122.680	4.600.746
AISEN	1.024.355	379.337	162.383	46.605	1.373.024	2.985.704
CISNES	518.550	283.195	60.259	3.382	685.202	1.550.589
GUAITECAS	0	0	0	0	64.454	64.454
CAPITAN PRAT	404.505	455.383	350.097	189.630	2.389.508	3.789.122
COCHRANE	175.452	160.942	152.659	15.393	412.187	916.632
TORTEL	136.954	170.658	111.594	161.096	1.461.578	2.041.881
VILLA O'HIGGINS	92.098	123.783	85.845	13.141	515.743	830.609
COIHAIQUE	549.122	277.530	140.978	5.701	302.314	1.275.646
COIHAIQUE	358.293	138.772	57.939	2.597	170.652	728.252
LAGO VERDE	190.829	138.758	83.039	3.105	131.663	547.394
GENERAL CARRERA	215.453	161.195	121.568	18.072	662.725	1.179.013
CHILE CHICO	86.558	75.791	63.631	11.888	339.488	577.355
RIO IBÁÑEZ	128.895	85.404	57.937	6.184	323.238	601.658

Cuadro 34. Superficie de Riesgo de erosión actual (hectáreas), Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA						
ANTÁRTICA CHILENA*	4.163.895	756.745	389.934	203.720	7.774.435	13.288.729
ANTÁRTICA CHILENA*	130.245	74.488	47.124	23.701	1.356.946	1.632.505
CABO DE HORNOS	130.245	74.488	47.124	23.701	1.356.946	1.632.505
MAGALLANES	1.744.495	278.899	158.405	54.853	1.539.952	3.776.604
LAGUNA BLANCA	321.936	11.200	896	0	20.633	354.665
PUNTA ARENAS	439.065	102.610	56.079	18.386	1.216.856	1.832.995
RIO VERDE	347.648	133.726	93.997	36.441	299.922	911.733
SAN GREGORIO	635.847	31.363	7.432	27	2.541	677.210
TIERRA DEL FUEGO	1.552.285	119.530	32.985	7.350	381.577	2.093.727
PORVENIR	706.460	51.599	13.825	17	22.664	794.565
PRIMAVERA	328.198	21.169	1.784	0	995	352.145
TIMAUKEL	517.627	46.762	17.376	7.333	357.918	947.017
ÚLTIMA ESPERANZA	736.870	283.828	151.420	117.815	4.495.960	5.785.893
NATALES	558.987	219.703	120.059	114.250	4.245.558	5.258.557
TORRES DEL PAINE	177.884	64.125	31.361	3.565	250.402	527.337

NOTA: Otras categorías corresponde a la suma de los otros usos y las áreas de exclusión (sin información). * No se estudió la comuna de Antártica

**Cuadro 35.** Superficie de erosión potencial (en miles de hectáreas) por región.

REGIÓN	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	546	345	353	283	160	1.686
TARAPACA	1.967	799	620	407	434	4.227
ANTOFAGASTA	7.370	1.890	1.225	572	1.547	12.605
ATACAMA	1.971	832	1.089	1.123	2.553	7.569
COQUIMBO	529	489	922	1.710	411	4.061
VALPARAISO	107	189	421	506	379	1.601
METROPOLITANA DE SANTIAGO	256	86	264	464	470	1.541
O'HIGGINS	290	208	339	610	193	1.639
MAULE	629	423	588	947	448	3.035
BÍO BÍO	989	716	653	1.098	257	3.713
LA ARAUCANIA	916	526	662	875	208	3.187
LOS RIOS	341	315	320	687	177	1.838
LOS LAGOS	417	919	878	1.843	784	4.842
AISEN DEL GRAL CARLOS IBANEZ DEL CAMPO	395	1.007	1.418	2.544	5.480	10.845
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	3.548	814	687	466	7.774	13.289
Total general	20.270	9.557	10.440	14.135	21.274	75.677

Cuadro 36. Superficie de riesgo de erosión potencial (%) por región.

REGIÓN	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	32,38	20,43	20,93	16,76	9,5	100
TARAPACA	46,54	18,91	14,67	9,62	10,27	100
ANTOFAGASTA	58,47	14,99	9,72	4,54	12,28	100
ATACAMA	26,04	10,99	14,39	14,84	33,74	100
COQUIMBO	13,03	12,03	22,71	42,11	10,11	100
VALPARAISO	6,66	11,82	26,28	31,58	23,67	100
METROPOLITANA DE SANTIAGO	16,61	5,6	17,14	30,12	30,52	100
O'HIGGINS	17,67	12,67	20,68	37,22	11,77	100
MAULE	20,72	13,93	19,39	31,21	14,75	100
BÍO BÍO	26,63	19,29	17,59	29,58	6,91	100
LA ARAUCANIA	28,73	16,5	20,78	27,47	6,52	100
LOS RIOS	18,53	17,12	17,39	37,36	9,61	100
LOS LAGOS	8,62	18,99	18,14	38,06	16,19	100
AISEN DEL GRAL CARLOS IBANEZ DEL CAMPO	3,65	9,29	13,08	23,46	50,53	100
MAGALLANES Y LA ANTARTICA CHILENA	26,7	6,12	5,17	3,51	58,5	100
Total general	26,79	12,63	13,8	18,68	28,11	100

Cuadro 37. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Arica y Parinacota.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	546.014	344.617	352.998	282.632	160.175	1.686.435
ARICA	276.374	183.734	183.375	205.469	23.521	872.473
ARICA	163.874	112.499	88.081	108.531	8.686	481.670
CAMARONES	112.501	71.235	95.294	96.938	14.835	390.803
PARINACOTA	269.640	160.883	169.623	77.163	136.653	813.962
GENERAL LAGOS	80.748	47.327	60.349	11.799	24.995	225.218
PUTRE	188.892	113.556	109.274	65.364	111.658	588.745

Cuadro 38. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Tarapacá.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
TARAPACÁ	1.967.284	799.123	619.930	406.503	433.941	4.226.781
IQUIQUE	144.225	53.994	43.488	17.670	27.547	286.924
ALTO HOSPICIO	32.527	13.480	7.830	2.272	1.113	57.221
IQUIQUE	111.698	40.514	35.658	15.399	26.434	229.702
TAMARUGAL	1.823.059	745.129	576.442	388.833	406.394	3.939.857
CAMINA	74.710	42.449	52.432	44.872	5.506	219.969
COLCHANE	155.476	101.052	68.610	18.699	57.114	400.951
HUARA	473.180	183.068	184.855	161.393	44.226	1.046.722
PICA	332.788	248.967	150.466	80.720	84.860	897.802
POZO ALMONTE	786.906	169.593	120.079	83.148	214.688	1.374.414

Cuadro 39. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Antofagasta.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ANTOFAGASTA	7.370.047	1.890.038	1.224.881	572.117	1.547.491	12.604.574
ANTOFAGASTA	4.483.343	937.097	591.928	232.407	509.807	6.754.581
ANTOFAGASTA	1.799.066	458.646	292.690	123.730	398.483	3.072.615
MEJILLONES	212.332	63.590	40.838	24.576	16.033	357.369
SIERRA GORDA	1.106.540	106.716	37.977	7.671	29.403	1.288.307
TALTAL	1.365.405	308.145	220.422	76.429	65.888	2.036.289
EL LOA	1.704.602	825.568	550.457	298.643	825.404	4.204.673
CALAMA	914.847	274.561	202.515	101.717	65.620	1.559.261
OILAGUE	70.033	56.278	74.507	39.856	50.944	291.619
SAN P. ATACAMA	719.722	494.729	273.434	157.069	708.839	2.353.793
TOCOPILLA	1.182.103	127.373	82.496	41.067	212.281	1.645.320
MARIA ELENA	949.806	77.425	40.367	19.573	155.087	1.242.257
TOCOPILLA	232.297	49.948	42.130	21.493	57.194	403.062

**Cuadro 40.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Atacama.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ATACAMA	1.970.657	832.108	1.089.263	1.123.317	2.553.371	7.568.716
CHANARAL	768.051	239.332	175.197	85.304	1.208.104	2.475.987
CHANARAL	266.232	103.846	83.794	45.400	77.920	577.191
DIEGO DE ALMAGRO	501.819	135.486	91.403	39.904	1.130.184	1.898.796
COPIAPO	808.019	370.873	520.146	547.933	1.025.824	3.272.796
CALDERA	204.563	67.312	43.411	18.500	34.513	368.298
COPIAPO	529.673	212.237	220.313	178.329	638.823	1.779.375
TIERRA AMARILLA	73.784	91.324	256.422	351.104	352.488	1.125.122
HUASCO	394.587	221.903	393.920	490.080	319.443	1.819.933
ALTO DEL CARMEN	5.621	18.398	83.265	233.657	274.443	615.383
FREIRINA	107.023	58.439	91.259	58.603	6.158	321.483
HUASCO	61.340	38.401	35.780	14.413	10.340	160.275
VALLENAR	220.602	106.665	183.615	183.408	28.502	722.792

Cuadro 41. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Coquimbo.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
COQUIMBO	529.323	488.682	922.316	1.710.304	410.593	4.061.218
CHOAPA	75.855	105.506	279.547	475.367	77.090	1.013.365
CANELA	35.952	42.395	71.509	66.534	3.983	220.373
ILLAPEL	14.743	26.892	67.420	136.044	17.499	262.598
LOS VILOS	20.034	17.363	61.201	84.921	2.843	186.362
SALAMANCA	5.126	18.857	79.417	187.868	52.764	344.032
ELQUI	206.379	175.075	358.293	724.558	227.331	1.691.636
ANDACOLLO	4.979	5.539	8.752	9.990	1.773	31.032
COQUIMBO	79.056	25.553	24.020	11.192	3.992	143.813
LA HIGUERA	69.517	61.239	120.641	153.253	12.106	416.758
LA SERENA	40.550	35.026	53.998	54.389	5.766	189.730
PAIHUANO	97	5.955	17.733	80.799	44.932	149.516
VICUNA	12.180	41.763	133.148	414.934	158.762	760.787
LIMARI	247.090	208.101	284.476	510.379	106.171	1.356.217
COMBARBALA	34.085	31.554	39.104	72.430	12.405	189.578
MONTE PATRIA	12.261	31.524	80.859	252.059	59.504	436.207
OVALLE	154.068	90.995	80.168	53.524	6.497	385.252
PUNITAQUI	38.461	32.822	37.237	23.549	1.844	133.914
RIO HURTADO	8.215	21.206	47.106	108.816	25.922	211.266

Cuadro 42. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Valparaíso.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
VALPARAISO	106.566	189.169	420.613	505.569	378.821	1.600.738
LOS ANDES	12.402	4.707	42.129	93.705	152.692	305.637
CALLE LARGA	3.872	1.075	10.412	13.227	3.785	32.372
LOS ANDES	1.339	391	10.540	32.882	79.504	124.656
RINCONADA	2.778	981	3.690	4.518	301	12.267
SAN ESTEBAN	4.413	2.261	17.487	43.079	69.101	136.341
MARGA - MARGA	78	13.109	51.734	43.055	9.897	117.874
LIMACHE	0	6.997	15.406	7.340	1.991	31.735
OLMUE	14	1.785	5.501	14.602	1.165	23.067
QUILPUE	64	3.596	26.501	19.073	4.258	53.491
VILLA ALEMANA	0	730	4.326	2.041	2.484	9.581
PETORCA	30.275	48.483	98.571	191.526	90.870	459.725
CABILDO	6.669	8.442	27.477	72.296	30.476	145.360
LA LIGUA	13.014	15.670	32.918	50.164	4.979	116.745
PAPUDO	2.125	6.037	4.700	3.301	536	16.698
PETORCA	6.140	10.845	23.994	58.100	52.967	152.046
ZAPALLAR	2.328	7.489	9.483	7.665	1.912	28.876
QUILLOTA	9.432	16.917	28.705	48.731	7.604	111.390
CALERA	635	835	726	2.632	1.051	5.879
HIJUELAS	2.891	3.288	7.054	12.753	894	26.881
LA CRUZ	35	2.567	1.832	3.062	329	7.825
NOGALES	5.833	2.129	8.723	20.374	3.451	40.510
QUILLOTA	37	8.099	10.370	9.910	1.879	30.295
SAN ANTONIO	11.350	47.839	67.783	10.311	13.405	150.689
ALGARROBO	24	2.223	12.467	917	2.006	17.636
CARTAGENA	3.248	6.900	8.155	5.407	856	24.566
EL QUISCO	0	894	2.455	54	1.735	5.139
EL TABO	271	4.697	3.357	319	1.374	10.018
SAN ANTONIO	5.198	15.625	13.257	2.940	2.828	39.847
SANTO DOMINGO	2.610	17.501	28.093	674	4.605	53.483
SAN FELIPE DE ACONCAGUA	33.947	15.861	43.615	87.607	84.772	265.801
CATEMU	4.127	2.581	6.754	19.522	3.311	36.295
LLAILLAY	5.069	2.012	11.650	15.116	1.063	34.909
PANQUEHUE	3.995	930	2.118	4.699	319	12.062
PUTAENDO	7.471	6.944	18.441	40.583	73.690	147.129
SAN FELIPE	8.006	1.610	2.096	4.386	2.510	18.608
SANTA MARIA	5.279	1.785	2.556	3.300	3.878	16.798
VALPARAISO	9.081	42.253	88.076	30.633	19.580	189.623
CASABLANCA	8.229	23.148	46.928	16.238	1.048	95.590
CON-CON	0	1.013	2.687	216	1.529	5.446
PUCHUNCAVI	536	7.131	10.430	9.512	2.564	30.172
QUINTERO	274	6.350	5.257	1.329	1.849	15.059
VALPARAISO	42	4.425	17.642	2.639	6.468	31.217
VINA DEL MAR	0	185	5.131	699	6.124	12.139



Cuadro 43. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región Metropolitana.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
METROPOLITANA DE SANTIAGO	255.940	86.308	264.157	464.181	470.356	1.540.942
CHACABUCO	57.566	24.277	50.884	55.982	18.927	207.637
COLINA	21.310	9.671	26.356	28.741	11.014	97.091
LAMPA	20.411	4.420	6.065	11.292	2.824	45.012
TILTIL	15.845	10.186	18.463	15.950	5.089	65.533
CORDILLERA	5.796	6.787	38.070	183.112	318.703	552.468
PIRQUE	4.051	5.528	7.746	21.725	5.418	44.467
PUENTE ALTO	1.745	1.051	768	897	4.368	8.829
SAN JOSE DE MAIPO	0	208	29.556	160.490	308.918	499.172
MAIPO	42.774	9.690	14.350	30.776	14.475	112.065
BUIN	13.761	2.306	899	2.113	2.474	21.554
CALERA DE TANGO	5.522	95	198	299	1.182	7.295
PAINÉ	15.654	6.873	12.732	27.649	4.893	67.801
SAN BERNARDO	7.837	416	521	715	5.926	15.416
MELIPILLA	98.417	39.052	125.167	128.163	16.824	407.623
ALHUE	3.653	1.867	29.231	43.904	5.959	84.613
CURACAVI	7.132	3.957	19.820	34.957	3.597	69.463
MARIA PINTO	18.327	4.807	9.308	6.161	864	39.467
MELIPILLA	55.981	11.725	27.794	34.265	5.584	135.348
SAN PEDRO	13.324	16.697	39.014	8.877	820	78.732
SANTIAGO	20.192	3.721	27.891	59.544	91.644	202.993
CERRO NAVIA	154	0	0	0	959	1.114
EL BOSQUE	5	0	0	0	1.400	1.405
HUECHURABA	435	370	1.151	1.204	1.380	4.540
LA FLORIDA	125	360	346	2.073	4.158	7.062
LA PINTANA	1.420	0	0	0	1.655	3.074
LA REINA	0	44	151	350	1.787	2.332
LAS CONDES	96	459	902	3.793	4.686	9.936
LO BARNECHEA	125	708	20.792	46.596	34.142	102.362
MAIPU	6.036	394	980	1.082	4.801	13.294
PENALOLEN	0	61	171	1.080	4.080	5.392
PROVIDENCIA	19	42	91	0	1.274	1.427
PUDAHUEL	9.292	849	2.282	3.000	4.374	19.796
QUILICURA	1.941	288	413	0	3.078	5.720
RECOLETA	0	52	185	2	1.344	1.583
RENCA	502	56	194	0	1.585	2.338
VITACURA	41	38	233	365	2.152	2.829
OTRAS COMUNAS**	0	0	0	0	18.789	18.789
TALAGANTE	31.195	2.780	7.794	6.603	9.784	58.157
EL MONTE	6.630	741	2.485	246	1.423	11.525
ISLA DE MAIPO	8.073	1.152	2.140	5.185	2.349	18.899
PADRE HURTADO	4.504	376	1.118	301	1.739	8.038
PENAFLOR	3.801	230	814	0	2.130	6.975
TALAGANTE	8.187	282	1.238	871	2.142	12.720

Cuadro 44. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de O'Higgins.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
O'HIGGINS	289.540	207.546	338.880	609.847	192.824	1.638.638
CACHAPOAL	140.054	44.829	80.115	331.893	142.394	739.286
CODEGUA	6.399	1.949	3.429	10.229	6.605	28.612
COINCO	4.208	988	2.220	1.644	885	9.945
COLTAUCO	7.541	2.080	2.777	8.139	1.422	21.959
DONIHUE	2.212	602	1.631	2.571	872	7.889
GRANEROS	6.248	1.355	847	2.401	453	11.303
LAS CABRAS	9.987	14.468	25.055	19.727	5.698	74.935
MACHALI	2.477	1.508	5.512	148.772	101.241	259.510
MALLOA	6.097	837	1.125	2.724	605	11.387
MOSTAZAL	5.938	4.071	8.567	25.113	8.840	52.528
OLIVAR	3.278	63	6	99	946	4.391
PEUMO	6.212	797	1.958	5.660	1.034	15.661
PICHIDEGUA	12.857	6.188	4.612	6.230	2.154	32.041
QUINTA DE TILCOCO	6.742	459	791	1.050	388	9.430
RANCAGUA	11.388	1.317	2.503	7.015	3.922	26.145
RENGO	16.006	2.482	5.413	32.482	2.555	58.938
REQUINOA	11.741	3.032	5.105	44.039	3.057	66.974
SAN VICENTE	20.723	2.631	8.565	13.999	1.719	47.637
CARDENAL CARO	30.295	109.682	172.752	11.990	6.230	330.949
LA ESTRELLA	964	24.507	15.667	741	1.605	43.484
LITUECHE	4.835	28.531	25.274	2.352	859	61.851
MARCHIGUE	22.959	26.769	14.133	1.249	1.033	66.143
NAVIDAD	367	4.989	20.053	4.065	695	30.169
PAREDONES	555	10.161	42.275	476	533	54.001
PICHILEMU	614	14.724	55.350	3.108	1.505	75.301
COLCHAGUA	119.191	53.035	86.013	265.964	44.200	568.403
CHEPICA	12.282	6.799	14.718	14.886	553	49.239
CHIMBARONGO	25.756	2.915	6.350	12.894	2.848	50.764
LOLOL	4.170	15.678	19.515	19.345	956	59.665
NANCAGUA	5.289	302	1.814	3.115	632	11.153
PALMILLA	14.610	1.383	2.514	4.394	893	23.794
PERALILLO	18.378	3.651	2.951	2.225	996	28.201
PLACILLA	5.586	1.044	2.728	4.201	1.065	14.624
PUMANQUE	8.005	12.108	18.646	4.992	406	44.157
SAN FERNANDO	11.576	4.663	13.250	181.588	33.909	244.986
SANTA CRUZ	13.540	4.491	3.527	18.322	1.941	41.822



Cuadro 45. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región del Maule.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
MAULE	628.685	422.764	588.438	947.200	447.708	3.034.794
CAUQUENES	96.426	91.494	75.110	37.736	3.014	303.780
CAUQUENES	89.158	66.669	44.912	10.253	2.477	213.469
CHANCO	7.173	21.637	17.888	5.911	323	52.932
PELLUHUE	95	3.189	12.310	21.572	213	37.379
CURICO	106.672	45.811	164.228	264.022	150.521	731.255
CURICO	22.778	3.257	10.385	62.828	34.488	133.736
HUALANE	3.682	10.205	41.203	6.793	1.151	63.033
LICANTEN	3.009	1.403	16.854	5.463	713	27.443
MOLINA	20.268	6.401	12.199	57.982	57.515	154.366
RAUCO	5.581	3.066	12.308	8.175	1.304	30.433
ROMERAL	7.202	3.988	5.697	95.355	47.224	159.465
SAGRADA FAMILIA	16.791	7.250	24.579	4.674	2.077	55.371
TENO	27.194	4.007	5.023	21.917	4.032	62.171
VICHUQUEN	167	6.235	35.979	836	2.018	45.235
LINARES	305.840	104.309	91.720	395.144	107.965	1.004.979
COLBUN	12.099	6.155	8.024	205.487	56.473	288.238
LINARES	30.029	6.537	12.016	71.314	27.879	147.775
LONGAVI	43.558	17.004	20.391	54.694	9.646	145.293
PARRAL	73.577	16.628	12.563	56.606	5.436	164.811
RETIRO	71.265	9.724	214	16	1.414	82.633
SAN JAVIER	37.353	43.277	38.298	6.995	5.466	131.389
VILLA ALEGRE	15.182	3.088	138	21	627	19.056
YERBAS BUENAS	22.776	1.895	76	11	1.025	25.784
TALCA	119.746	181.150	257.379	250.298	186.208	994.781
CONSTITUCION	4.867	30.766	77.289	18.791	3.144	134.856
CUREPTO	6.507	17.608	69.821	11.901	1.650	107.487
EMPEDRADO	1.861	19.476	30.644	3.984	154	56.119
MAULE	15.436	794	4.822	127	2.822	24.001
PELARCO	8.845	19.474	2.234	2.107	396	33.056
PENCAHUE	3.442	37.028	47.273	6.527	1.291	95.561
RIO CLARO	20.666	16.387	1.689	3.331	808	42.881
SAN CLEMENTE	34.797	19.720	21.896	203.422	171.440	451.274
SAN RAFAEL	7.830	17.000	1.026	54	454	26.364
TALCA	15.497	2.895	686	55	4.049	23.181

Cuadro 46. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región del Bío Bío.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
BÍO BÍO	988.734	716.361	653.293	1.098.389	256.562	3.713.338
ARAUCO	83.209	110.892	170.902	166.158	15.236	546.396
ARAUCO	13.738	22.815	40.725	18.005	1.822	97.105
CANETE	28.471	20.002	27.813	29.370	3.529	109.186
CONTULMO	93	2.826	18.416	39.571	2.990	63.895
CURANILAHUE	11.364	21.853	28.687	37.380	1.283	100.567
LEBU	9.724	16.618	19.474	5.194	861	51.870
LOS ALAMOS	10.621	13.724	18.179	16.078	1.642	60.244
TIRUA	9.198	13.054	17.608	20.561	3.109	63.529
CONCEPCION	8.311	116.355	158.729	37.958	28.349	349.702
CHIGUAYANTE	108	3.568	1.243	177	2.356	7.453
CONCEPCION	355	5.720	11.006	1.575	3.478	22.134
CORONEL	1.003	5.804	14.815	3.479	3.485	28.585
FLORIDA	1.285	37.755	21.259	21	311	60.631
HUALPEN	77	1.556	822	1.059	2.077	5.590
HUALQUI	1.075	16.751	29.467	2.651	3.643	53.588
LOTA		912	9.337	446	737	11.432
PENCO	653	4.315	4.623	470	855	10.916
SN PEDRO DE LA PAZ	1.568	2.140	2.919	530	4.125	11.281
SANTA JUANA	602	16.389	39.024	18.967	2.822	77.805
TALCAHUANO	1.486	595	1.595	2.945	3.129	9.750
TOME	101	20.848	22.620	5.637	1.330	50.537
BÍO BÍO	427.207	222.714	163.427	557.097	129.069	1.499.515
ALTO BÍO BÍO	0	1.410	9.602	127.877	30.589	169.479
ANTUCO	2.711	7.783	12.544	115.124	50.676	188.838
CABRERO	49.444	13.808	873	139	1.589	65.853
LAJA	20.007	10.910	1.795	0	1.672	34.384
LOS ANGELES	129.350	31.289	3.321	257	10.832	175.049
MULCHEN	87.064	26.450	24.542	49.131	5.348	192.535
NACIMIENTO	4.737	25.792	35.714	22.550	2.158	90.951
NEGRETE	10.433	3.693	527	0	1.006	15.659
QUILACO	10.758	14.053	10.539	73.241	4.399	112.990
QUILLECO	51.433	16.060	8.315	32.407	4.022	112.236
SAN ROSENDO	1.459	4.569	2.060	139	1.025	9.252
SANTA BARBARA	13.823	19.172	27.716	97.199	10.338	168.248
TUCAPEL	22.501	8.725	16.911	38.951	4.083	91.171
YUMBEL	23.487	39.000	8.969	82	1.331	72.870

**Cuadro 46.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región del Bío Bío (continuación).

PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
ÑUBLE	470.006	266.400	160.234	337.176	83.908	1.317.725
BULNES	35.099	6.088	165	21	1.232	42.606
CHILLAN	36.147	13.030	470	82	4.333	54.061
CHILLAN VIEJO	9.375	9.143	148	0	1.426	20.092
COBQUECURA	33	19.389	11.576	26.644	75	57.716
COELEMU	115	9.201	20.892	2.995	1.529	34.732
COIHUECO	35.101	19.573	20.111	84.315	16.894	175.995
EL CARMEN	37.648	9.378	10.692	7.949	1.065	66.731
NINHUE	13.285	16.547	8.945	852	646	40.274
NIQUEN	37.090	10.880	274	30	1.136	49.410
PEMUCO	40.101	8.787	3.220	3.017	1.067	56.192
PINTO	18.781	4.503	5.742	67.259	19.993	116.278
PORTEZUELO	2.265	17.749	7.942	147	1.134	29.237
QUILLON	8.148	19.666	11.509	563	850	40.737
QUIRIHUE	4.009	38.969	13.499	2.443	217	59.137
RANQUIL	1.520	12.138	10.087	365	763	24.873
SAN CARLOS	67.119	11.416	6.611	31	2.605	87.782
SAN FABIAN	1.668	6.369	7.841	118.925	20.742	155.545
SAN IGNACIO	32.122	2.458	27	50	1.676	36.333
SAN NICOLAS	40.419	10.427	3.664	13	1.701	56.225
TREGUACO	403	11.529	12.055	5.548	1.756	31.291
YUNGAY	49.557	9.160	4.763	15.926	3.071	82.477

Cuadro 47. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de La Araucanía.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
LA ARAUCANIA	915.651	525.725	662.389	875.324	207.777	3.186.867
CAUTIN	636.715	310.520	329.445	424.611	141.057	1.842.347
CARAHUE	14.064	36.916	42.331	39.435	1.989	134.735
CHOL CHOL	19.571	19.913	7.982	5.050	907	53.423
CUNCO	52.445	18.504	20.578	52.071	10.253	153.851
CURARREHUE	0	2.670	17.285	84.190	12.838	116.982
FREIRE	77.551	10.610	522	76	4.999	93.759
GALVARINO	18.379	24.089	9.756	3.861	772	56.857
GORBEA	24.200	19.491	21.317	2.916	1.298	69.222
LAUTARO	55.127	14.958	11.484	4.938	4.071	90.578
LONCOCHE	26.315	23.689	35.330	10.965	844	97.142
MELIPEUCO	832	6.658	15.246	62.828	26.013	111.576
NUEVA IMPERIAL	38.308	11.114	9.171	2.223	1.646	62.462
PADRE LAS CASAS	30.771	3.578	3.183	805	1.930	40.267
PERQUENCO	27.704	3.255	288	18	1.926	33.191
PITRUFQUEN	36.261	11.802	5.377	1.143	3.669	58.252
PUCON	2.519	9.149	25.538	82.135	23.972	143.313
PUERTO SAAVEDRA	16.987	11.661	3.821	208	7.016	39.693
TEMUCO	18.979	9.176	9.517	5.385	3.706	46.763
TEODORO SCHMIDT	36.254	12.358	6.128	886	2.693	58.318
TOLTEN	26.864	14.701	26.844	23.136	1.795	93.340
VILCUN	66.487	27.870	30.294	24.296	10.466	159.414
VILLARRICA	47.096	18.358	27.453	18.046	18.254	129.207
MALLECO	278.937	215.205	332.944	450.714	66.720	1.344.520
ANGOL	11.380	15.174	42.014	49.264	2.246	120.078
COLLIPULLI	57.013	17.882	19.334	35.127	1.467	130.823
CURACAUTIN	28.671	27.932	30.469	64.066	15.193	166.331
ERCILLA	20.611	13.509	11.990	3.129	624	49.863
LONQUIMAY	2.182	43.142	93.709	211.234	41.512	391.778
LOS SAUCES	11.715	14.810	43.205	14.794	537	85.062
LUMACO	3.912	14.091	47.047	46.086	328	111.465
PUREN	9.741	7.159	12.563	16.653	552	46.667
RENAICO	13.729	6.224	3.622	2.086	821	26.482
TRAIQUEN	24.960	33.740	23.966	6.030	1.114	89.809
VICTORIA	95.022	21.542	5.025	2.245	2.326	126.160

**Cuadro 48.** Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Los Ríos.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
LOS RÍOS	340.605	314.658	319.550	686.611	176.631	1.838.055
RANCO	164.123	130.248	112.026	312.472	100.393	819.263
FUTRONO	19.881	11.601	17.055	134.932	25.863	209.332
LA UNIÓN	38.256	51.319	57.228	61.013	6.694	214.509
LAGO RANCO	10.996	13.511	20.736	80.211	48.301	173.756
RIO BUENO	94.990	53.816	17.007	36.317	19.535	221.665
VALDIVIA	176.482	184.411	207.524	374.138	76.238	1.018.792
CORRAL	70	8.497	24.993	38.288	2.376	74.224
LANCO	14.046	9.913	14.778	14.139	430	53.306
LOS LAGOS	29.762	43.880	30.359	65.376	9.110	178.488
MAFIL	29.825	9.783	12.920	5.150	340	58.018
MARIQUINA	37.786	16.499	34.620	40.095	3.520	132.520
PAILLACO	36.243	25.669	19.003	9.392	698	91.004
PANGUIPULLI	8.072	48.074	44.482	180.673	47.577	328.878
VALDIVIA	20.677	22.095	26.370	21.026	12.186	102.354

Cuadro 49. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Los Lagos.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
LOS LAGOS	417.449	919.317	878.151	1.843.067	783.932	4.841.916
CHILE	68.294	301.358	358.308	179.848	25.613	933.421
ANCUD	40.457	66.749	45.534	18.938	4.644	176.322
CASTRO	156	11.216	15.237	19.652	938	47.199
CHONCHI	1.006	45.300	53.218	29.932	7.347	136.803
CURACO DE VELEZ	0	2.434	3.522	1.974	49	7.980
DALCAHUE	15.073	21.882	35.008	51.540	653	124.157
PUQUELDON	127	4.819	2.571	1.932	94	9.543
QUEILEN	284	9.448	15.336	7.638	1.338	34.044
QUELLON	5.015	117.733	167.347	37.704	10.089	337.887
QUEMCHI	6.154	18.895	13.380	5.021	387	43.838
QUINCHAO	22	2.882	7.156	5.516	75	15.650
LLANQUIHUE	123.925	320.415	198.665	571.624	257.532	1.472.161
CALBUCO	3.940	33.853	14.347	6.003	617	58.760
COCHAMO	4	3.032	27.191	273.419	107.232	410.878
FRESIA	25.011	36.287	30.464	36.303	1.044	129.109
FRUTILLAR	39.698	15.456	7.158	1.850	32.909	97.071
LLANQUIHUE	11.156	16.140	8.176	666	8.707	44.845
LOS MUERMOS	15.544	53.641	39.359	12.729	561	121.833
MAULLIN	14.469	53.039	8.963	2.066	425	78.962
PUERTO MONTT	13.548	52.555	26.666	60.163	13.078	166.010
PUERTO VARAS	554	56.411	36.342	178.426	92.959	364.692
OSORNO	224.237	206.385	156.311	257.129	84.224	928.286
OSORNO	58.190	24.131	7.884	457	5.054	95.716
PUERTO OCTAY	40.533	36.461	20.814	46.813	38.022	182.644
PURRANQUE	32.283	43.963	23.867	43.231	1.948	145.292
PUYEHUE	30.579	29.209	21.263	45.141	35.255	161.448
RIO NEGRO	37.331	29.838	18.611	39.461	1.511	126.752
SAN JUAN DE LA COSTA	1.053	21.040	51.739	78.320	1.157	153.310
SAN PABLO	24.267	21.743	12.134	3.704	1.276	63.124
PALENA	993	91.160	164.867	834.466	416.563	1.508.049
CHAITEN	377	62.400	109.610	463.836	191.807	828.031
FUTALEUFU	261	4.616	5.891	72.214	41.284	124.266
HUALAIHUE	31	13.442	30.126	152.461	93.815	289.876
PALENA	324	10.702	19.239	145.954	89.656	265.876



Cuadro 50. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Aysén.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
AYSÉN DEL GRAL CARLOS						
IBÁÑEZ DEL CAMPO	395.455	1.007.143	1.418.442	2.543.787	5.479.836	10.844.663
AISEN	78.894	480.746	632.315	1.285.126	2.123.680	4.600.761
AISEN	76.607	321.325	469.851	744.612	1.373.324	2.985.719
CISNES	2.288	159.421	162.464	540.514	685.902	1.550.589
GUAITECAS	0	0	0	0	64.454	64.454
CAPITAN PRAT	74.364	242.962	349.034	732.568	2.390.310	3.789.238
COCHRANE	57.765	99.189	144.477	202.754	412.447	916.632
TORTEL	7.090	86.601	117.790	368.498	1.462.016	2.041.995
VILLA O'HIGGINS	9.509	57.172	86.766	161.316	515.847	830.611
COIHAIQUE	213.744	181.317	270.092	307.695	302.802	1.275.651
COIHAIQUE	169.010	95.598	178.679	114.108	170.863	728.257
LAGO VERDE	44.734	85.719	91.413	193.588	131.940	547.394
GENERAL CARRERA	28.453	102.117	167.001	218.398	663.043	1.179.013
CHILE CHICO	19.240	57.030	68.859	92.622	339.603	577.355
RIO IBÁÑEZ	9.213	45.087	98.142	125.776	323.440	601.658

Cuadro 51. Superficie de Riesgo de erosión potencial (hectáreas), Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

REGIÓN, PROVINCIAS Y COMUNAS	BAJA O NULA	MODERADA	SEVERA	MUY SEVERA	OTRAS CATEGORÍAS	TOTAL REGIONAL
MAGALLANES						
Y LA ANTARTICA CHILENA	3.548.296	813.711	686.891	465.904	7.774.039	13.288.841
ANTARTICA CHILENA	109.660	84.483	55.904	25.527	1.356.932	1.632.505
CABO DE HORNOS	109.660	84.483	55.904	25.527	1.356.932	1.632.505
MAGALLANES	1.450.959	317.006	289.461	179.401	1.539.889	3.776.716
LAGUNA BLANCA	316.608	15.607	1.799	12	20.639	354.665
PUNTA ARENAS	236.497	155.867	129.691	94.123	1.216.929	1.833.107
RIO VERDE	266.132	110.741	149.961	85.124	299.776	911.733
SAN GREGORIO	631.721	34.792	8.010	141	2.546	677.210
TIERRA DEL FUEGO	1.421.610	175.753	80.649	34.088	381.627	2.093.727
PORVENIR	701.591	54.900	14.448	908	22.717	794.565
PRIMAVERA	326.269	22.806	1.971	104	996	352.145
TIMAUKEL	393.750	98.047	64.230	33.076	357.914	947.017
ULTIMA ESPERANZA	566.067	236.468	260.878	226.889	4.495.591	5.785.893
NATALES	437.204	170.157	210.114	195.749	4.245.332	5.258.557
TORRES DEL PAINE	128.863	66.311	50.763	31.140	250.259	527.337

NOTA: Otras categorías corresponde a la suma de los otros usos y las áreas de exclusión (sin información).

Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile

INFORME FINAL Diciembre 2010

Centro de Información de Recursos Naturales

→ 10. EQUIPO DE TRABAJO





10. Equipo de Trabajo

El equipo técnico que participó en el desarrollo del proyecto fue el siguiente:

Director de Proyecto: Juan Pablo Flores Villanelo, Ing.For. DEA.
Director Alternativo: Marión Espinosa Toro, Ing.Agr. MSc.
Asesor Temático: Eduardo Martínez Herrera, Ing.For. Dr.
Asesor Satelital: Pedro Muñoz Aguayo. Geog.

Desarrollo y Apoyo Terreno

Pablo Avendaño Vercellino, Ing.Agr.
Patricio Torres Fuentes, Ing.Agr.
Gabriel Henríquez Armijo, Ing.Agr. MSc
Isaac Ahumada Fonseca, Ing.For. MBA(c)
Rodolfo Freres González, Ing. Agr.
Catalina Hernández Silva, Ing. Agr.
Carolina Leiva Madrid, Ing.Agr.
Claudia Sanguesa Pool, Ing.For. MSc.
Marcelo Retamal Gajardo, Cart.
Balfredo Toledo Hernández, Cart.
Luz María Marín Arce, Cart.
Gabriel Ortiz Flores, Cart.
Claudia González Bustamante, Ing.Amb. MSc.

Coordinadores de Proyecto

Mario Lagos Subiabre, Servicio Agrícola Ganadero - SAG
Sergio Maldonado Solís - Servicio Agrícola Ganadero - SAG
David Aracena Lassarre, Instituto de Desarrollo Agropecuario - INDAP
Patricio Grez Marchant, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA
José Ramírez Cabello, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA
Roberto Lisboa Valle, Corporación Nacional Forestal - CONAF

Asistente Financiero

Leonor Villablanca Faúndez - CIREN

Agradecimientos

Agradecer a todas las personas que facilitaron y trabajaron en el desarrollo de este estudio, en especial, a los profesionales del MINAGRI de cada región del país. Al equipo de profesionales temáticos y cartógrafos de CIREN que aportaron su experiencia y detalle al trabajo presentado. A los Coordinadores Nacionales de CONAF, SAG, ODEPA e INDAP.

WWW.CIREN.CL

ciren

DETERMINACIÓN DE LA EROSIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE LOS SUELOS DE CHILE

CIREN > Centro de Información de Recursos Naturales
Manuel Montt 1164, Providencia.
Fono (56-2) 200 89 00
www.ciren.cl
Santiago de Chile - 2010

InnovaChile
CORFO

ciren
Centro de Información de Recursos Naturales

Información
para el Desarrollo
y la Innovación

