MAPA DE RIESGO DE EROSIÓN ACTUAL Y POTENCIAL

PROYECTO “PARQUE EÓLICO EL SAUZAL”

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEXO III

2026

INDICE

1 INTRODUCCIÓN 1
2 OBJETIVOS 2
2.1 Objetivo General 2
2.2 Objetivos Específicos 2
3 METODOLOGÍA 2
3.1 Riesgo de Erosión Actual (REA) 3
3.2 Erodabilidad: 3
3.3 Relieve (pendiente): 4
3.4 Desprotección de Vegetación: 4
3.5 Agresividad Climática (Índice de Fournier o Índice de Fournier Modificado): 6
3.6 Determinación de Nivel de Riesgo de Erosión Actual en Zona V 6
3.7 Determinación de Nivel de Riesgo de Erosión Potencial 8
4 RESULTADOS 9
4.1 Revisión Bibliográfica de Riesgo de Erosión Actual (CIREN, 2010) 9
4.2 Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) 14
4.2.1 Determinación de Erodabilidad al interior del área de influencia 14
4.2.2 Determinación de Relieve al interior del área de influencia 19
4.2.3 Determinación de Desprotección Vegetal al interior del área de influencia 24
4.2.4 Determinación de Agresividad Climática al interior del área de influencia 29
4.2.5 Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) 31
4.3 Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) 36
5 SÍNTESIS 43
6 BIBLIOGRAFÍA 44

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de Riesgo de Erosión Actual o Potencial. 2
Tabla 2. Erodabilidad según Clases Texturales 3
Tabla 3. Vulnerabilidad a la erosión según profundidad efectiva 3
Tabla 4. Modelo de Erodabilidad 4
Tabla 5. Relieve según rangos de pendiente 4
Tabla 6. Definición de Nivel y Rango de Desprotección Vegetal según tipos de cobertura vegetacional . 5
Tabla 7. Nivel de Agresividad Climática 6
Tabla 8. Modelo de Riesgo Edafotopográfico (erodabilidad – pendiente) 7
Tabla 9. Modelo de Vulnerabilidad (Riesgo Edafotopográfico – Desprotección vegetal) 7
Tabla 10. Modelo de Riesgo de Activación de Procesos Erosivos (Vulnerabilidad y Agresividad Climática) 7
Tabla 11. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) 9
Tabla 12. Erodabilidad según clasificación de suelos 14
Tabla 13. Relieve según rangos de pendiente 19
Tabla 14. Formaciones vegetales y niveles de Desprotección vegetal actual asociada 24
Tabla 15. Agresividad climática en el área de influencia 30
Tabla 16. Distribución de Riesgo de Erosión Actual al interior del Área de Influencia. 31
Tabla 17. Distribución de Riesgo de Erosión Potencial al interior del Área de Influencia. 36
Tabla 18. Cambio de Riesgo de Erosión Actual a Riesgo de Erosión Potencial. 37

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (1 de 4)..... 10
Figura 2. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (2 de 4)..... 11
Figura 3. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (3 de 4)..... 12
Figura 4. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (4 de 4)..... 13
Figura 5. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (1 de 4)..... 15
Figura 6. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (2 de 4)..... 16
Figura 7. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (3 de 4)..... 17
Figura 8. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (4 de 4)..... 18
Figura 9. Plano de pendientes del Área de Influencia (1 de 4) 20
Figura 10. Plano de pendientes del Área de Influencia (2 de 4) 21
Figura 11. Plano de pendientes del Área de Influencia (3 de 4) 22
Figura 12. Plano de pendientes del Área de Influencia (4 de 4) 23
Figura 13. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (1 de 4)..... 25
Figura 14. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (2 de 4)..... 26
Figura 15. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (3 de 4)..... 27
Figura 16. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (4 de 4)..... 28
Figura 17. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (1 de 4). 32
Figura 18. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (2 de 4). 33
Figura 19. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (3 de 4). 34
Figura 20. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (4 de 4). 35
Figura 21. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (1 de 4)..... 39
Figura 22. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (2 de 4)..... 40
Figura 23. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (3 de 4)..... 41
Figura 24. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (4 de 4)..... 42

APÉNDICES

Apéndice 1. Información Cartográfica

1 Introducción

El presente informe determina niveles de riesgo de erosión actual y potencial para el área de influencia del componente suelo del proyecto "Parque Eólico Sauzal", de aquí en adelante "el proyecto".

Se determinan niveles de riesgo de erosión diferenciados espacialmente a partir de la combinación de cuatro variables: Niveles de relieve (rangos de pendiente), desprotección vegetal (cobertura vegetal), agresividad climática y erodabilidad del suelo, en un área de influencia equivalente a 429,49 hectáreas. La determinación de niveles de riesgo de erosión se determinó siguiendo las indicaciones contenidas en el estudio "Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos" (SAG, 2016).

El riesgo de erosión potencial del suelo ha sido definido por CIREN (2010) como la capacidad del suelo a erosionarse por efectos hídricos considerando las variables intrínsecas del suelo, topográficas y climáticas. Se refiere a la máxima tasa de erosión que puede darse, específicamente bajo la condición de completa desprotección vegetal (nula cobertura vegetal). Al considerar el nivel de vegetación actual (cobertura vegetal sobre el suelo), además de las variables intrínsecas del suelo, topográficas y climáticas, es posible determinar el riesgo de erosión actual del suelo.

El informe determina riesgo de erosión actual del suelo, reflejando la condición actual o "sin proyecto". Es decir, el riesgo de erosión bajo las actuales condiciones de cobertura vegetal, erodabilidad, relieve y agresividad climática.

La caracterización de cuatro niveles de riesgo de erosión actual, "Baja o nula", "Moderada", "Severa" y "Muy severa", según la terminología utilizada por CIREN (2010); equivalentes a los niveles "Bajo", "Medio", "Alto" y "Muy alto", utilizados por SAG (2016), permite complementar la información generada en la línea de base de suelo del Proyecto, es decir, caracterizar el riesgo de erosión bajo la condición "sin proyecto".

Para la determinación del riesgo de erosión potencial del suelo, que refleja la condición "con proyecto", se modifica la definición anterior, adaptándola para considerar el emplazamiento de las obras proyectadas con carácter permanente.

La caracterización de cuatro niveles de riesgo de erosión potencial, "Bajo", "Medio", "Alto" y "Muy alto", aporta antecedentes para evaluar la significancia de impactos sobre el componente suelo bajo la condición "con proyecto".

De acuerdo con lo establecido en la Ley N° 19.300 y en el Decreto Supremo Nº40/12 "Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental" del Ministerio del Medio Ambiente (Párrafo 2º, Artículo N° 18, literal e.1), el presente acápite da cuenta de los antecedentes que caracterizan el riesgo de erosión de los suelos presentes en el área de influencia del Proyecto Parque Eólico Sauzal (en adelante, "el Proyecto"), a emplazarse en las comunas de Cauquenes (Región del Maule); San Carlos, San Nicolas, Quirihue, Ninhue (Región de Ñuble).

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Caracterizar el riesgo de erosión de los suelos presentes en el área de influencia del proyecto.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el riesgo de erosión actual del área de influencia, en la situación "sin proyecto"
- Determinar el riesgo de erosión potencial del área de influencia, en la situación "con proyecto"

3 Metodología

Los niveles de riesgo de erosión se establecen sobre un área de influencia de 429,49 hectáreas coincidentes con la definición de área de influencia del componente suelo. Para la elaboración del Mapa de Riesgo de Erosión Actual y Mapa de Riesgo de Erosión Potencial se utilizó la metodología especificada en el documento Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016), que define riesgo de erosión como la probabilidad de desencadenar un proceso erosivo por la fuerza externa de la lluvia, y/o el viento o por alguna acción antrópica directa sobre el suelo. El suelo, de acuerdo con sus características internas (textura y profundidad principalmente) y externas (agresividad climática, pendiente y cobertura vegetal de protección principalmente), se encuentra en un estado de mayor o menor vulnerabilidad a perder sus características originales o en formación y con ello a degradarse, reducir su capacidad de uso y reducir su capacidad para sustentar biodiversidad.

En esta sección se revisará específicamente la metodología asociada a las secciones del área de influencia del proyecto que coinciden con las Zonas V según delimitación establecida por SAG (2016).

Los niveles de riesgo de erosión actual o potencial definidos según SAG (2016) se presentan a continuación en la **Tabla 1**

Tabla 1. Nivel de Riesgo de Erosión Actual o Potencial.

Nivel	Descripción
1	Bajo
2	Medio
3	Alto
4	Muy Alto
5	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión

Fuente: Adaptado de Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

El nivel "Áreas no afectas a erosión" (SAG, 2016) u "Otros usos" (CIREN, 2010) se asocia a lugares en los cuales las condiciones originales del suelo han sido modificadas y que son coincidentes con áreas urbanas, industriales, cajas de río y red vial, todas correspondientes a obras preexistentes (caso base) o propias de la condición "sin proyecto".

3.1 Riesgo de Erosión Actual (REA)

De acuerdo con la ubicación del área de influencia, se utiliza la Zona V descrita en la Guía SAG (2016). Los factores considerados en la determinación del nivel de riesgo de erosión actual y potencial en el área de influencia son listados a continuación:

- Niveles de Erodabilidad
- Niveles de Pendiente (relieve)
- Niveles de Desprotección de Vegetación
- Niveles de Agresividad Climática

3.2 Erodabilidad:

Los datos de textura y profundidad de suelo para determinar el factor de Erodabilidad provienen de la Línea de Base de Suelos del Proyecto.

SAG (2016) especifica clases de textura en relación con la erodabilidad del primer horizonte de suelo:

Tabla 2. Erodabilidad según Clases Texturales

Clase Texturales	Erodabilidad por Textura			
	Baja	Media	Alta	Muy Alta
arcillosa, arcillo limosa, y arcillo arenosa				
franca arcillo-limosa, franca arcillosa, franca arcillo-arenosa, arenosa franca y arenosa.				
franca arenosa, franca, franca limosa, limosa. arcillas dispersivas (montmorillonita, illita)				
franca arenosa, franca				

Fuente: Adaptado de Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

Tabla 3. Vulnerabilidad a la erosión según profundidad efectiva

Profundidad efectiva del suelo	Riesgo de erosión			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
suelos muy profundos o profundos, más de 90 cm.				
suelos moderadamente profundos, entre 70 y <90 cm.				
suelos ligeramente profundos, entre 40 y <70cm.				
suelos delgados y muy delgados, menos de 40 cm.				

Fuente: Adaptado de Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

A continuación, en la **Tabla 4** se presenta el detalle de los niveles de erodabilidad utilizados como referencia (SAG, 2016) para la determinación del nivel de riesgo de erosión actual y potencial en el área de influencia.

Tabla 4. Modelo de Erodabilidad

Clase de Profundidad	Clase de Textura			
	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Bajo	1	1	2	3
Medio	1	2	3	3
Alto	2	3	3	4
Muy Alto	2	3	4	4

Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

3.3 Relieve (pendiente):

A continuación, en la **Tabla 5** se definen los niveles de pendiente utilizados como base para la determinación del nivel de riesgo de erosión actual y potencial en el área de influencia, según recomendación de SAG (2016) que define para la Zona V.

Tabla 5. Relieve según rangos de pendiente

Nivel	Rango de Pendiente (%)	Descripción
1	0 a menos de 15%	Riesgo Bajo
2	15 a menos de 45%	Riesgo medio
3	45 a menos de 75%	Riesgo alto
4	75% y más	Riesgo muy alto

Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos Zona Geográfica V: Serranías de la Cordillera de la Costa (SAG, 2016).

Los datos de pendiente para formular este factor provienen de un levantamiento topográfico de precisión encargado por el titular del Proyecto.

3.4 Desprotección de Vegetación:

El índice de desprotección vegetal se estimó en base a las observaciones y registro fotográfico realizado en las campañas de terreno asociadas a la elaboración de la línea de base del proyecto, complementado con fotointerpretación de imágenes satelitales de dominio público.

La cobertura vegetacional, así como su composición y estructura determina el grado de protección o desprotección que entregan al suelo, al ser intervenida por acción antrópica, aumenta la vulnerabilidad del suelo frente a la acción erosiva del agua o del viento y con ello aumenta el riesgo de erosión.

Para efectos de estimar esta variable, a continuación, en la **Tabla 6** se presentan las clases determinadas por el Catastro Nacional de Vegetación Nativa (CONAMA-CONAF citado por SAG, 2016), con el grado de desprotección ya asignado. Los tipos de formaciones vegetales, su ubicación y

superficies fueron obtenidos a partir de la Carta de Ocupación de Tierras (COT) generada a partir de la Línea de Base de Vegetación Terrestre del Proyecto.

Tabla 6. Definición de Nivel y Rango de Desprotección Vegetal según tipos de cobertura vegetacional

Nivel	Rango	Tipo de Cobertura Vegetacional
1	Baja	Bosque Nativo-Renoval Denso
1	Baja	Bosque Nativo-Renoval Semidenso
1	Baja	Bosque Nativo Adulto Denso
1	Baja	Bosque Nativo Adulto Semidenso
1	Baja	Matorral Denso
1	Baja	Matorral Arborescente Denso
1	Baja	Renoval Semidenso
1	Baja	Renoval Denso
1	Baja	Praderas Perennes
1	Baja	Vegas
2	Media	Bosque Nativo achaparrado Semidenso.
2	Media	Bosque Nativo Adulto Abierto
2	Media	Matorral-Suculentas Denso
2	Media	Matorral Semidenso
2	Media	Matorral Arborescente Semidenso
2	Media	Matorral Pradera Semidenso
2	Media	Plantaciones Forestales
2	Media	Plantación Frutal Adulta
2	Media	Cultivo agrícola
3	Alta	Bosque Nativo achaparrado Abierto
3	Alta	Matorral- Suculentas Abierto
3	Alta	Matorral-Suculentas Semidenso
3	Alta	Matorral Abierto
3	Alta	Matorral Arborescente Muy Abierto
3	Alta	Matorral Arborescente Abierto
3	Alta	Matorral Pradera Abierto
3	Alta	Plantaciones jóvenes o recién cosechada
3	Alta	Plantación Frutal joven
3	Alta	Renoval Abierto
4	Muy alta	Bosque Nativo Adulto Muy Abierto
4	Muy alta	Estepa Andina Central
4	Muy alta	Matorral Suculentas Muy Abierto
4	Muy alta	Matorral Muy Abierto
4	Muy alta	Matorral Pradera Muy Abierto
4	Muy alta	Minería industrial
4	Muy alta	Suculentas
4	Muy alta	Renoval Muy Abierto
4	Muy alta	Praderas anuales
4	Muy alta	Rotación cultivo-pradera

Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

3.5 Agresividad Climática (Índice de Fournier o Índice de Fournier Modificado):

Para analizar la Agresividad Climática, se determinó el Índice Fournier (IF) o Índice Fournier Modificado (IFM) usando las precipitaciones mensuales, dado que estos dos índices tienen una buena representación de la agresividad de la lluvia y de su impacto sobre el suelo. Tanto el IF como el IFM corresponden a un índice determinado a partir de series de datos de precipitación mensual y precipitación media anual. SAG (2016) indica para su determinación las siguientes fórmulas:

$$IFj = \frac{\mathrm{Pmax_j}}{Pm} \qquad\qquad IFM = \frac{\sum_1^{12}(P_{ij})^2}{Pm}$$

Donde,

IF_j : Índice Fournier para el año "j"

$Pmax_j$: Precipitación del mes más lluvioso del año "j" (mm)

Pm : Precipitación media anual (mm)

IFM : Índice Fournier Modificado

P_{ij} : Precipitación del mes "i" del año "j" (mm)

La Tabla 3.1-5 presenta la descripción de los cuatro niveles de agresividad climática, en base al valor determinado para el IF o IFM.

Tabla 7. Nivel de Agresividad Climática

Nivel	Descripción Agresividad Climática y Valor IF o IFM
1	Agresividad climática baja: menos de 50
2	Agresividad climática media: 50 a 150
3	Agresividad climática alta: 150 a 200
4	Agresividad climática muy alta: mayor de 200

Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

3.6 Determinación de Nivel de Riesgo de Erosión Actual en Zona V

Para determinar el Nivel de Riesgo de Erosión Actual en las secciones del área de influencia del proyecto asociadas a la Zona V (SAG, 2016), se establecieron cada uno de los factores relevantes descritos más arriba, para luego, utilizando un modelo matricial del software ArcGIS 10.8, combinar espacialmente los distintos niveles de cada factor obteniendo como resultado alguno de los cinco niveles de riesgo de erosión actual previamente definidos.

El modelo es secuencial y parte por el Riesgo Edafotopográfico (erodabilidad – pendiente), luego pasa la Vulnerabilidad del sitio (Riesgo Edafotopográfico – Desprotección vegetal) y finalmente, calcular el Riesgo de Activación de Procesos Erosivos o Riesgo de Erosión (Vulnerabilidad y Agresividad Climática). A continuación, se indica el proceso secuencial de cálculo.

La determinación del Riesgo de Erosión Actual se inicia determinando el Riesgo Edafotopográfico, que considera la combinación de la Clase de Erodabilidad y la Clase de Pendiente en base a la siguiente Matriz.

Tabla 8. Modelo de Riesgo Edafotopográfico (erodabilidad – pendiente)

Clase de Erodabilidad	Clase de Pendiente			
	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Baja	1	1	2	3
Media	1	2	3	3
Alta	2	3	3	4
Muy Alta	3	3	4	4

Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

En la tabla anterior, el Riesgo Edafotopográfico se divide en cuatro clases, donde 1 corresponde a "Riesgo Bajo"; 2 corresponde a "Riesgo Medio"; 3 corresponde a "Riesgo Alto" y 4 corresponde a "Riesgo Muy Alto".

Con el Riesgo Edafotopográfico calculado en base a la tabla anterior, se determina la Clase de Vulnerabilidad, que considera la combinación de la Clase de Riesgo Edafotopográfico y la Clase de Desprotección Vegetal en base a la siguiente Matriz.

Tabla 9. Modelo de Vulnerabilidad (Riesgo Edafotopográfico – Desprotección vegetal)

Riesgo Edafotopográfico	Clase de Desprotección Vegetal			
	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Baja	1	1	2	2
Media	2	2	2	3
Alta	2	3	3	4
Muy Alta	3	4	4	4

(*) Valores corresponde a clase de Vulnerabilidad. Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

En la tabla anterior, la Vulnerabilidad del sitio se divide en cuatro clases, donde 1 corresponde a "Vulnerabilidad Baja"; 2 corresponde a "Vulnerabilidad Media"; 3 corresponde a "Vulnerabilidad Alta" y 4 corresponde a "Vulnerabilidad Muy Alta".

Con la Vulnerabilidad calculada en base a la tabla anterior, se determina el Riesgo de Activación de Procesos Erosivos o Riesgo de Erosión, que considera la combinación de la Clase de Vulnerabilidad y la Clase de Agresividad Climática en base a la siguiente Matriz.

Tabla 10. Modelo de Riesgo de Activación de Procesos Erosivos (Vulnerabilidad y Agresividad Climática)

Clase de Vulnerabilidad	Clase de Agresividad Climática			
	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Baja	1	1	2	2
Media	2	2	2	3
Alta	3	3	3	4
Muy Alta	3	4	4	4

Fuente: Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos (SAG, 2016).

En la tabla anterior, la metodología de SAG (2016), define el Riesgo de Activación de Procesos Erosivos o Riesgo de Erosión del Sitio en cuatro clases, donde 1 corresponde a “Riesgo Bajo”; 2 corresponde a “Riesgo Medio”; 3 corresponde a “Riesgo Alto” y 4 corresponde a “Riesgo Muy Alto”.

3.7 Determinación de Nivel de Riesgo de Erosión Potencial

Para determinar el nivel de riesgo de erosión potencial (REP) en la sección del área de influencia de suelo, se consideró primeramente el área de intervención del Proyecto, la cual se asoció a la superficie de pérdida permanente de suelo por emplazamiento de obras proyectadas. Esa superficie de intervención se clasifica inmediatamente con REP “Áreas carentes de suelo no afectas a erosión”.

En torno al límite perimetral de las áreas de intervención, se establecieron Buffers diferenciados: Buffer externo de 5 metros para fundaciones de tendido eléctrico y plataformas de aerogeneradores; Buffer interno de 2 metros para bahías de detención, caminos entre aerogeneradores, y caminos del tendido eléctrico; y buffer interno de 10 metros para Botaderos. En ese buffer diferenciado, se consideró aumentar en un grado el factor erodabilidad, derivado de aumentos en el grado de compactación del terreno, y/o por alteración de la estructura o arreglo de los horizontes originales del suelo asociados a movimientos de tierra realizados al interior de ese buffer (contiguo al emplazamiento de obras) y además un aumento en el nivel máximo de desprotección vegetal. En las áreas donde solo se involucra solo corta de vegetación (plazas de tendido eléctrico, vuelo de aspa y faja de servidumbre eléctrica) solo se consideró aumento de un grado a la desprotección vegetal.

Los restantes factores considerados para el cálculo de REP: relieve y agresividad climática, se mantuvieron inalterados. Debe considerarse que se tuvo a la vista un modelo de pendientes en la situación con proyecto; la agresividad climática no se ve alterada por la construcción, operación y cierre del proyecto.

4 Resultados

4.1 Revisión Bibliográfica de Riesgo de Erosión Actual (CIREN, 2010)

Se presenta a continuación la descripción realizada en el estudio "*Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región de Maule y Biobío. Síntesis de Resultados*", desarrollado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 2010). Se detalla el Riesgo de Erosión actual identificado en el área de influencia en la **Tabla 11.** Esta información se presenta en **Apéndice 1. Información Cartográfica**.

Tabla 11. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010)

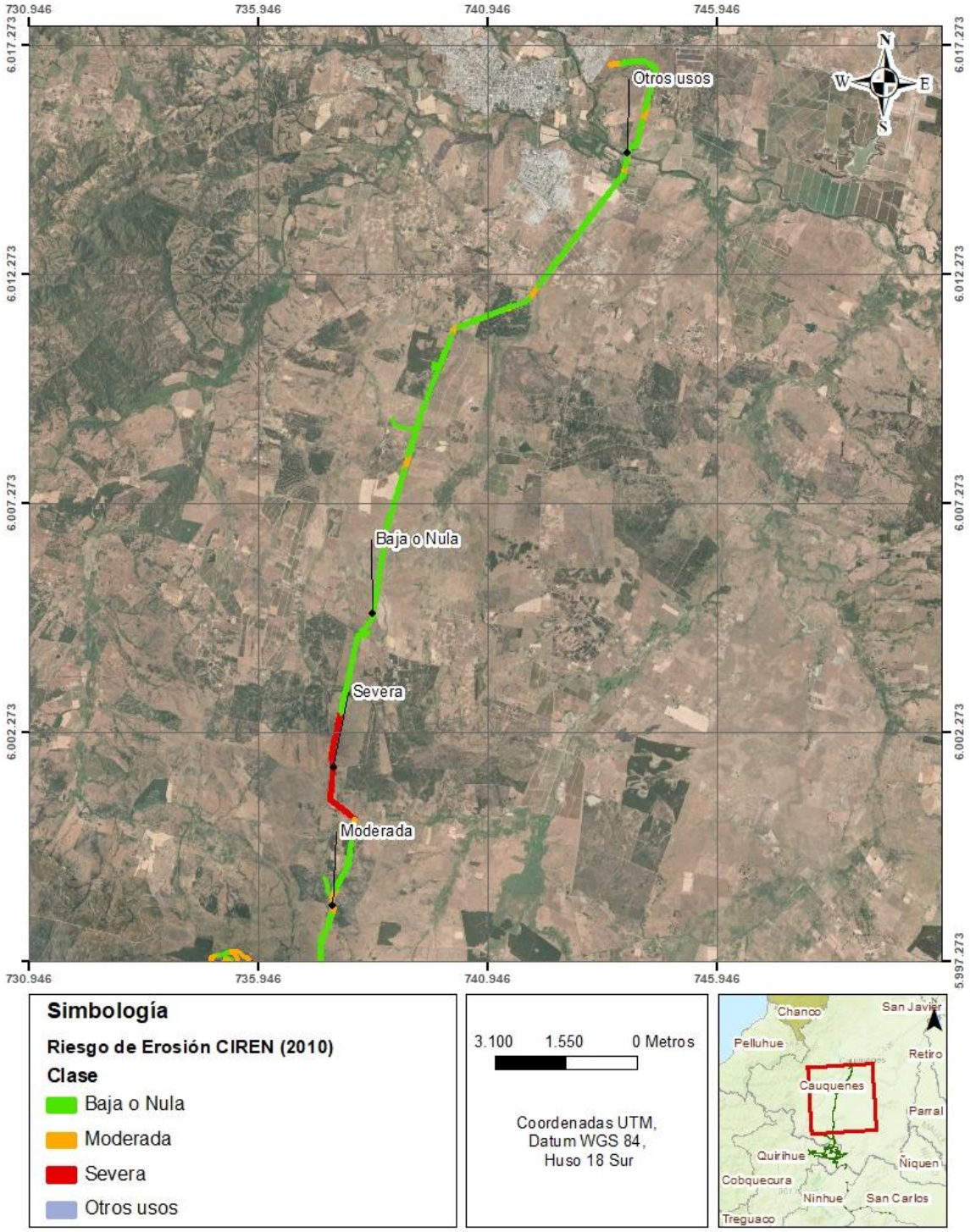
Nivel de Riesgo de Erosión Actual	Rangos de Riesgo de Erosión Actual	Superficie (ha)	Proporción (%)
1	Baja o nula	141,22	32,88
2	Moderada	250,5	58,32
3	Severa	37,17	8,65
5	Otros Usos	0,60	0,14
Superficie total (ha)		429,49	100,00

Fuente: Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010).

Las **Fuente:** *Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010).*

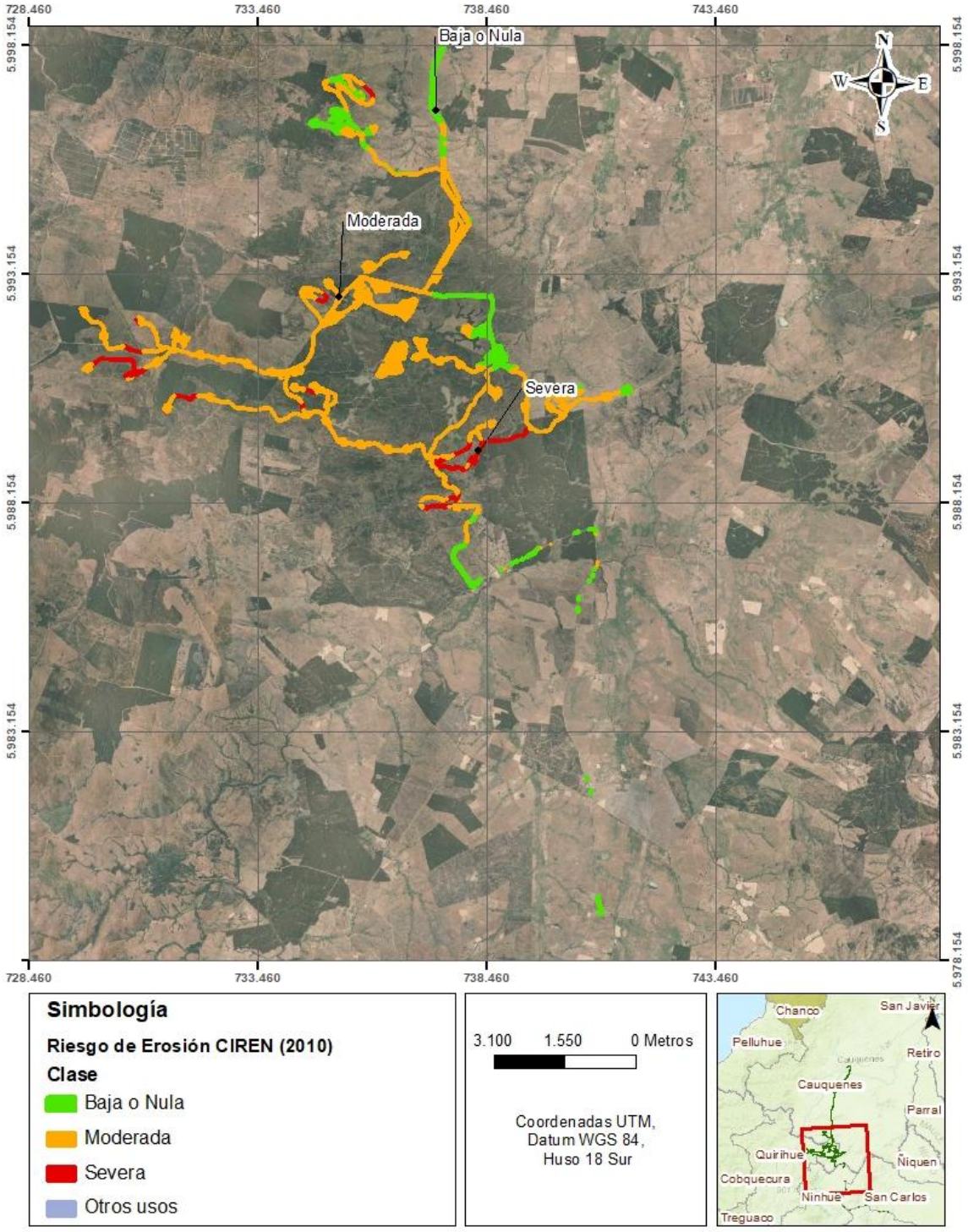
Figura 1, a la **Fuente:** *Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010)*

Figura 4 muestran la distribución espacial de los diferentes rangos de riesgo de erosión actual según CIREN (2010) en el área de influencia.



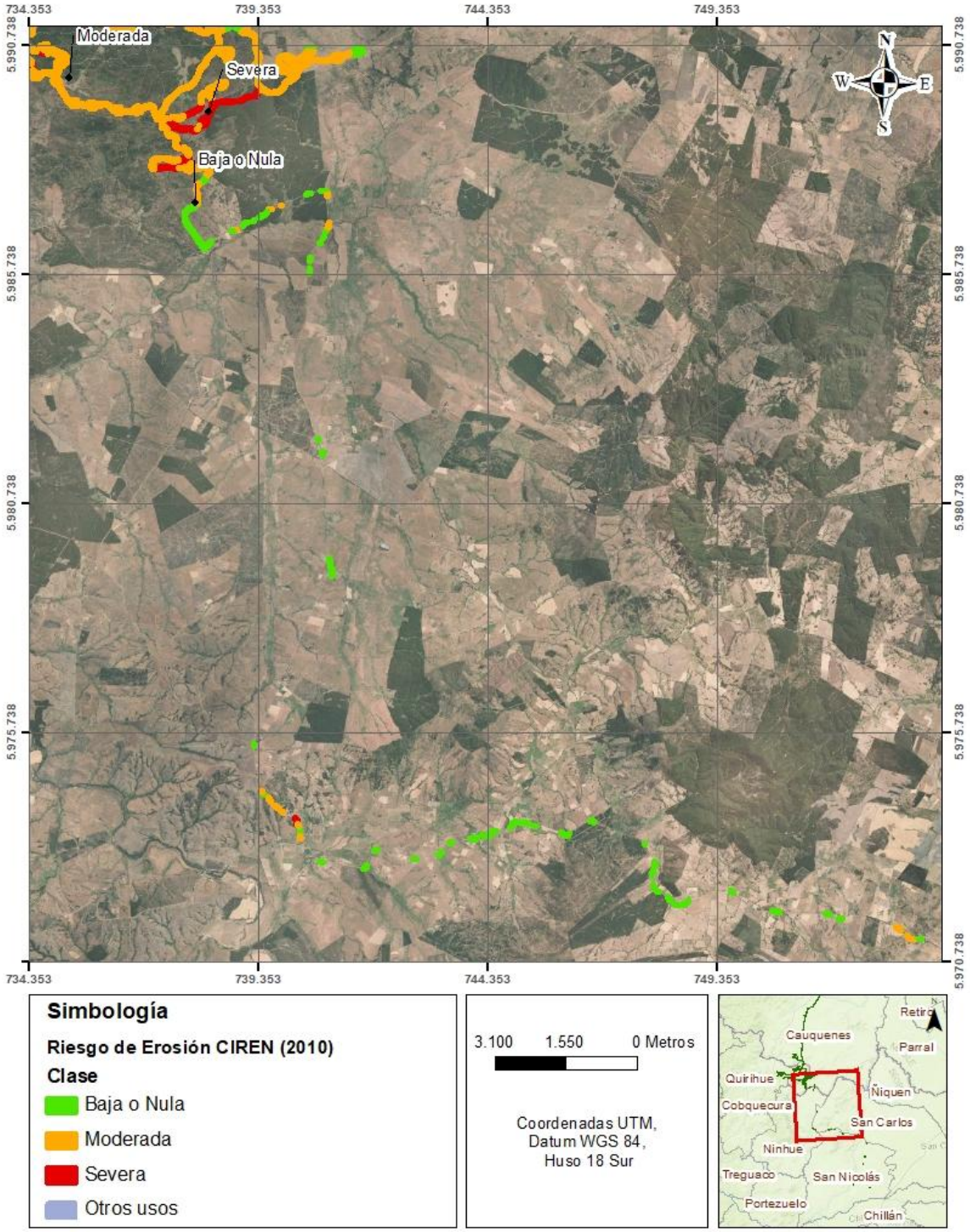
Fuente: Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010).

Figura 1. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (1 de 4)



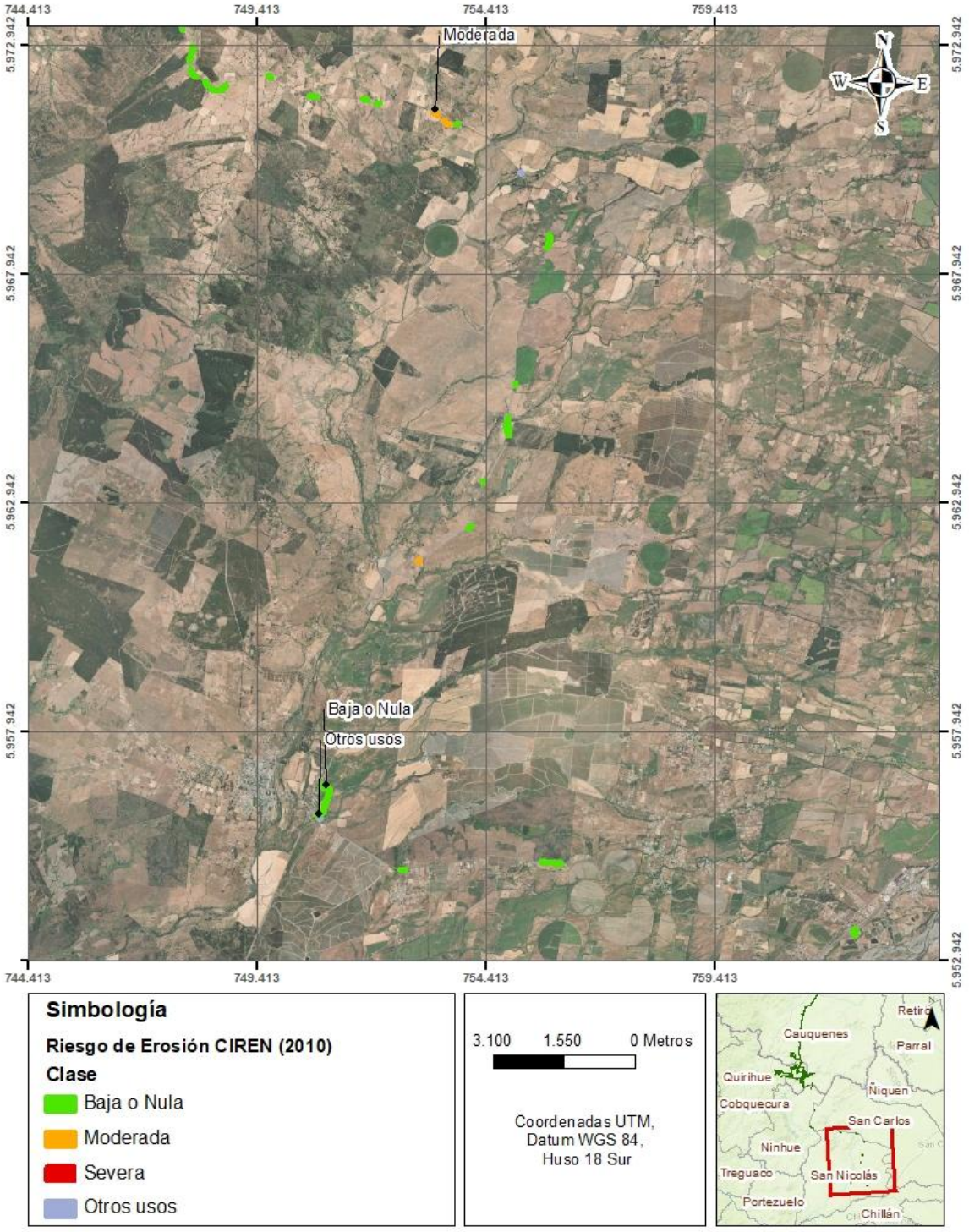
Fuente: Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010).

Figura 2. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (2 de 4)



Fuente: Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010)

Figura 3. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (3 de 4)



Fuente: Elaboración Propia 2026, con datos CIREN (2010)

Figura 4. Riesgo de Erosión Actual según CIREN (2010) en el Área de Influencia (4 de 4)

4.2 Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA)

A continuación, se presenta la información para la elaboración del Mapa de Riesgo de Erosión Actual en base a la metodología descrita.

Se presenta de manera separada cada uno de los parámetros: Erodabilidad, relieve, desprotección vegetal y agresividad climática, para finalizar con el Mapa de Riesgo de Erosión Actual.

4.2.1 Determinación de Erodabilidad al interior del área de influencia

A partir de los antecedentes de la línea de base de Suelo del proyecto, se clasificó con Erodabilidad "Baja" un 31,61% del área de influencia, con Erodabilidad" Media" un 63,20%, "Alta" en un 1,66% y finalmente, un 3,53% de la superficie del área de influencia se encuentra en la categoría "Otros Usos". La categoría otros usos corresponde a sectores definidos como carentes de suelo, estos se asocian principalmente a uso urbano-industrial, sectores poblados y vialidad, todos sectores prexistentes al desarrollo del proyecto.

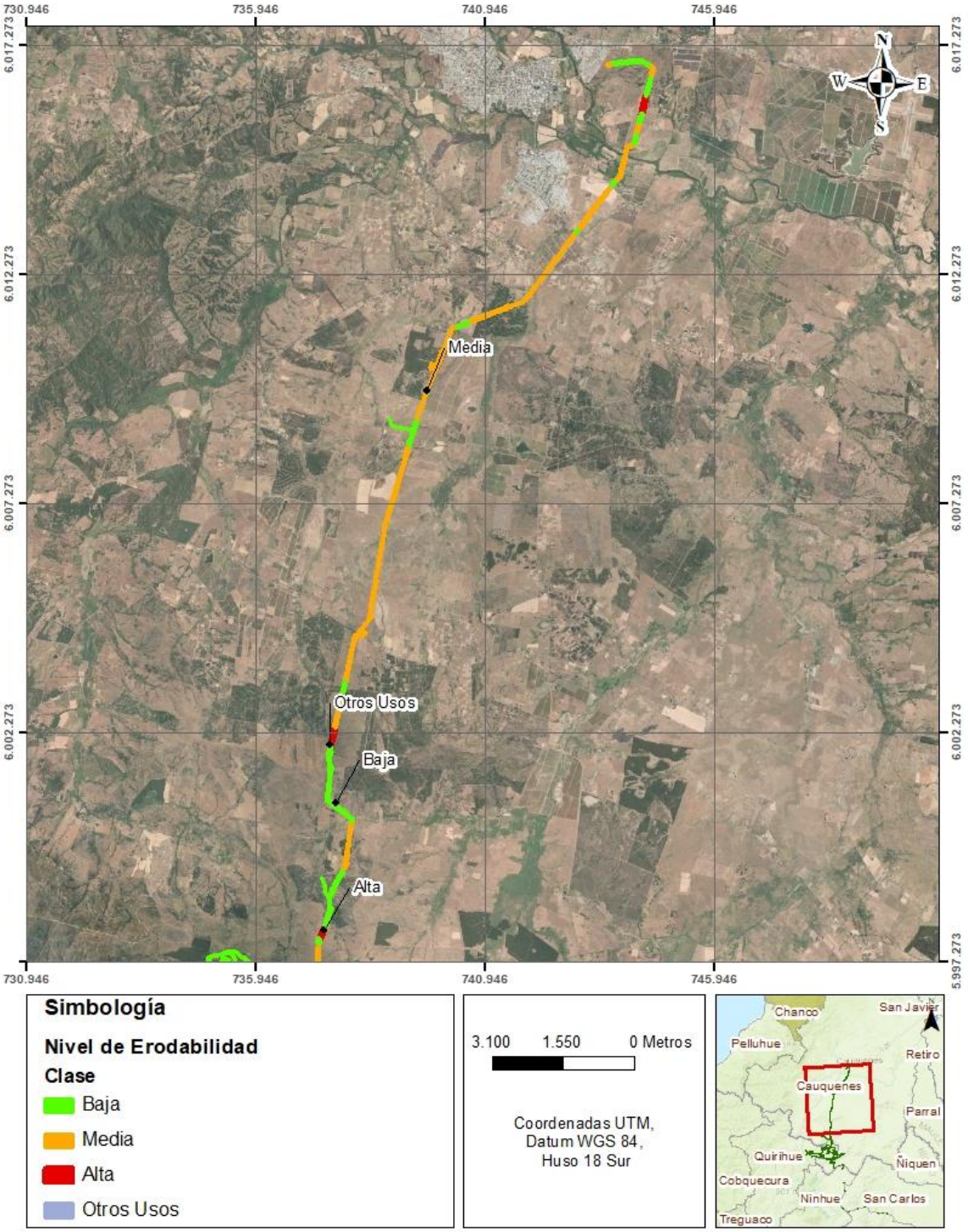
El detalle de los diferentes niveles de erodabilidad identificados en el área de influencia se detalla en la **Tabla 12**. Esta información se presenta en **Apéndice 1. Información Cartográfica**, como parte del archivo "Mapa de Riesgo de Erosión Actual".

Tabla 12. Erodabilidad según clasificación de suelos

Nivel	Erodabilidad	Descripción	Superficie (ha)	Proporción %
1	Baja	Erodabilidad baja	135,75	31,61
2	Media	Erodabilidad media	271,45	63,20
3	Alta	Erodabilidad alta	7,15	1,66
5	Otros usos	N.C.	15,14	3,53
Superficie total			**429,49**	100,00

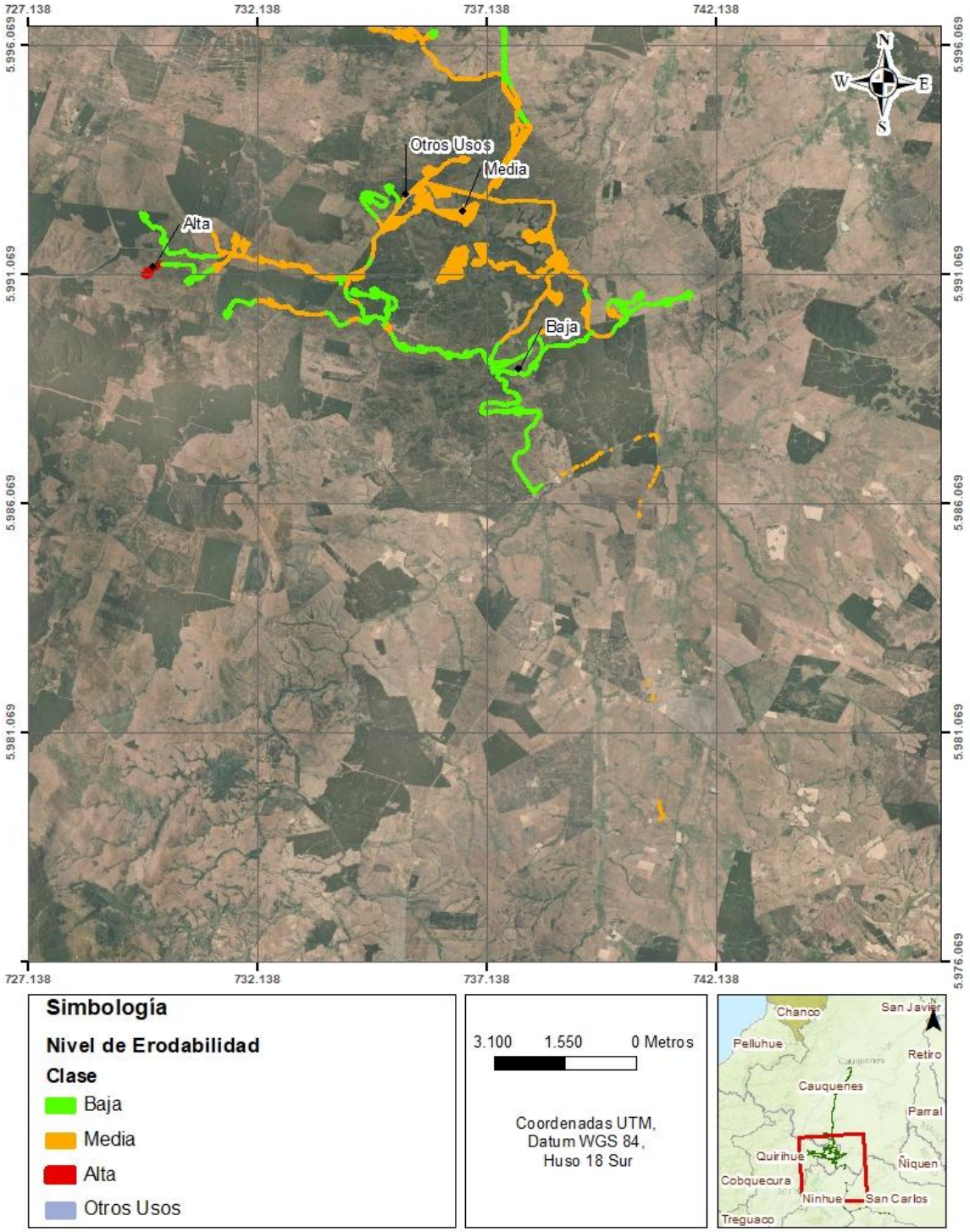
Fuente: Elaboración propia 2026.

La **Figura 5**, **Figura 6**, **Figura 7** y **Figura 8**muestran la distribución espacial de los diferentes rangos de Erodabilidad en el área de influencia.



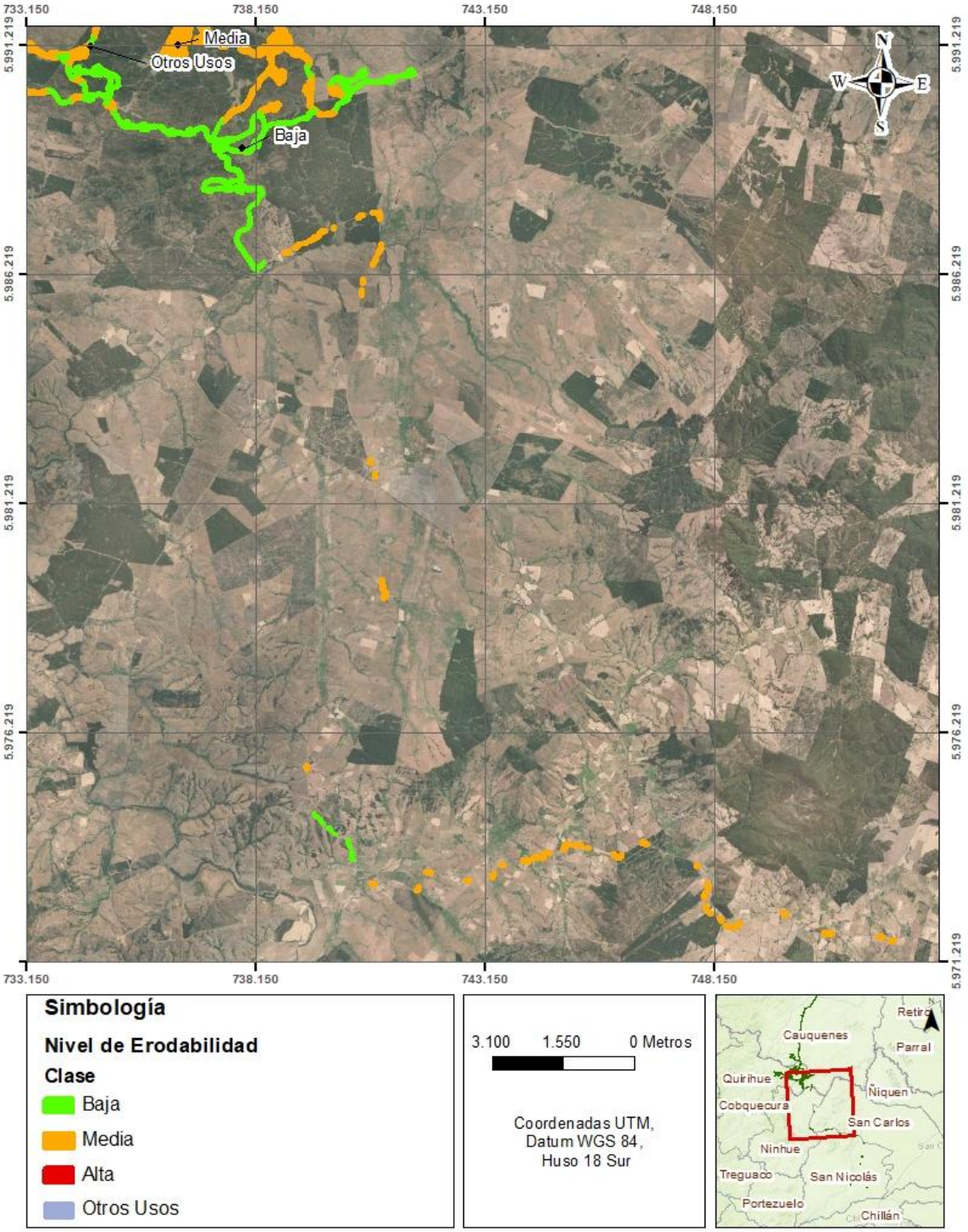
Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 5. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (1 de 4).



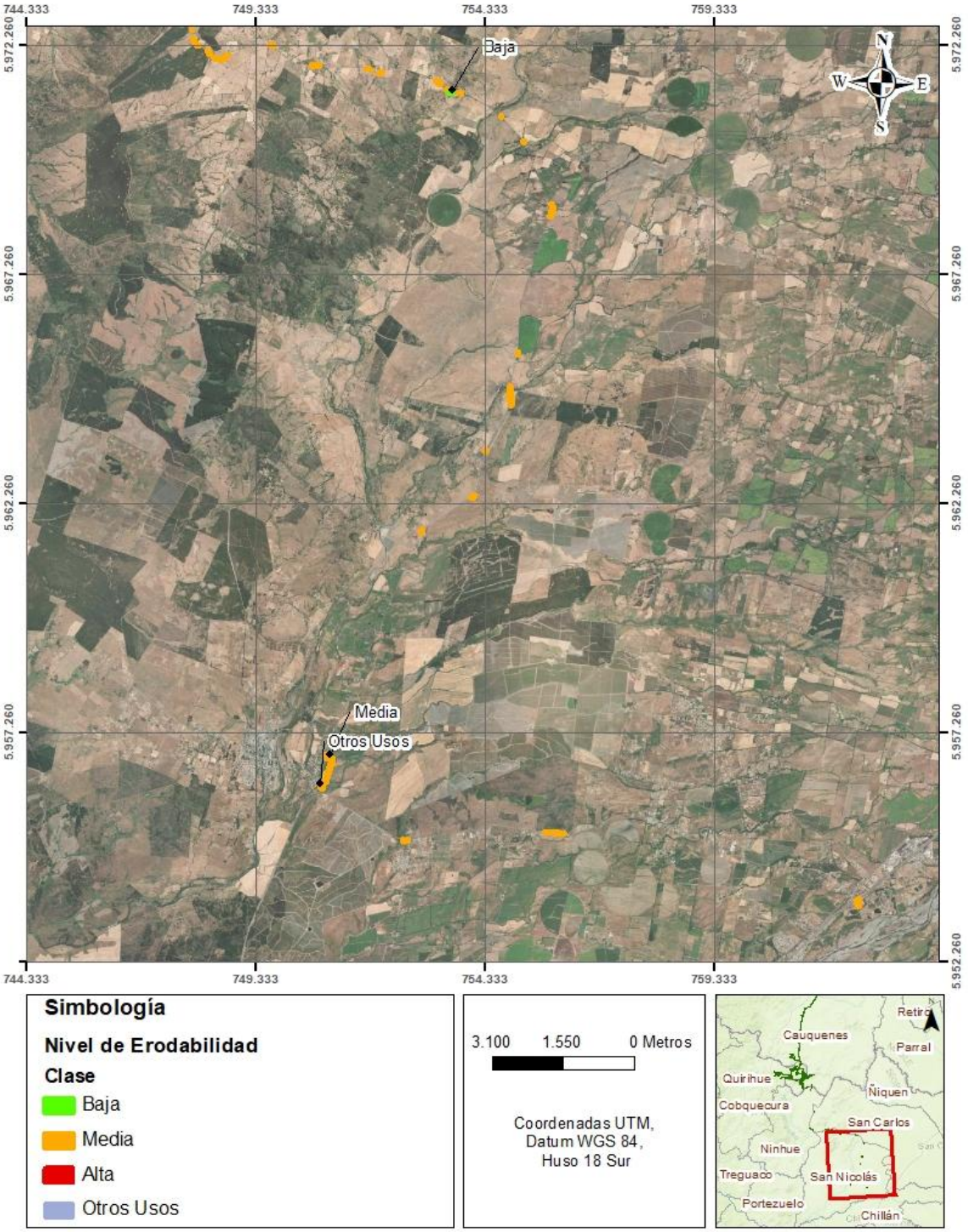
Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 6. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (2 de 4).



Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 7. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (3 de 4).



Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 8. Niveles de Erodabilidad Actual en el Área de Influencia (4 de 4).

4.2.2 Determinación de Relieve al interior del área de influencia

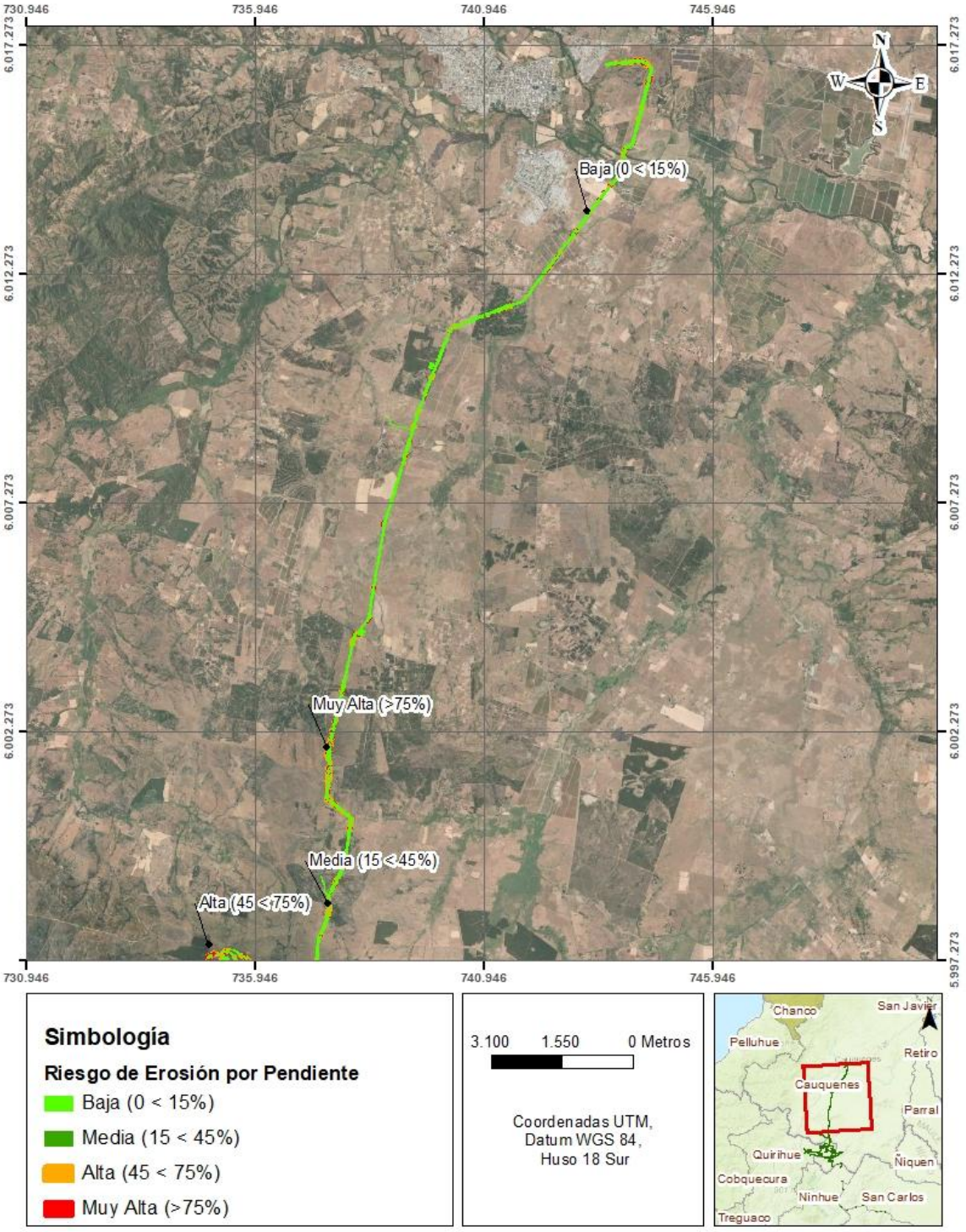
Como resultado del modelo de elevación de pendientes desarrollado en base a curvas de nivel cada 1 metro, tomadas desde levantamiento topográfico LIDAR del proyecto, se determinó que el 76,58% del área de influencia del recurso suelo posee pendientes menores a 15%, rango que se asocia a niveles de riesgo de erosión "Bajo", el 22,17% del área de influencia posee pendientes entre 15 a 45%, que se asocia a niveles de riesgo de erosión "Medio", un 1,11% en rango de 45 a 75%, asociado a riesgos "Altos" y finalmente un 0,14% mayor a 75%, asociado a riesgos "Muy altos", valores que se aprecian en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Relieve según rangos de pendiente

Nivel	Rango de Pendiente (%)	Descripción	Superficie (ha)	Proporción %
1	0 a 15%	Riesgo bajo	328,91	76,58
2	15 a 45%	Riesgo medio	95,21	22,17
3	45 a 75%	Riesgo alto	4,77	1,11
4	Mayor a 75%	Riesgo muy alto	0,6	0,14
Superficie total			429,49	100,00

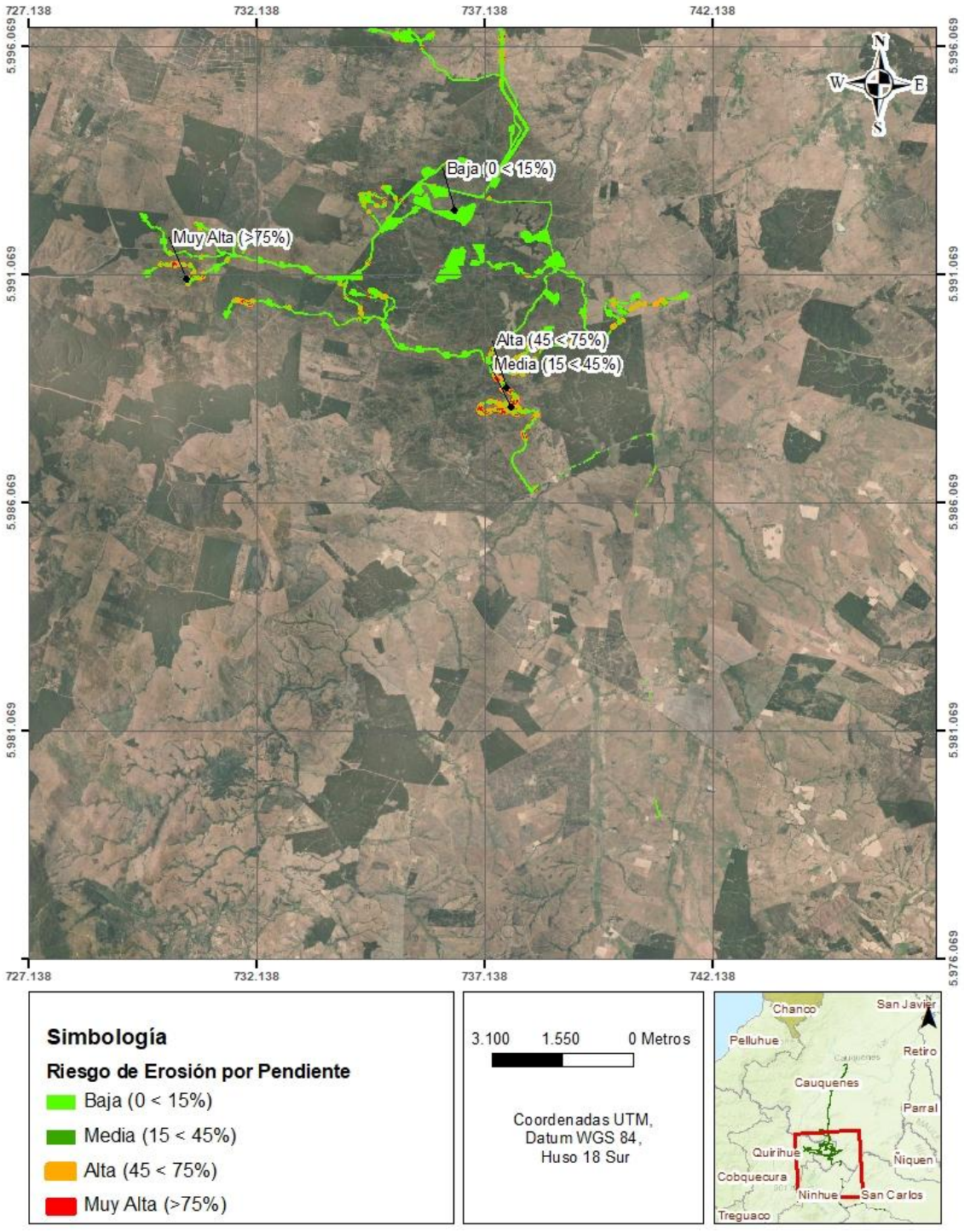
Fuente: Elaboración propia 2026.

Las **Figura 9** a la **Figura 12** muestran la distribución espacial de los diferentes rangos de pendiente recomendados por SAG (2016) al interior del área de influencia. Esta información se presenta en **Apéndice 1. Información Cartográfica**, como parte del archivo "Mapa de Riesgo de Erosión Actual".



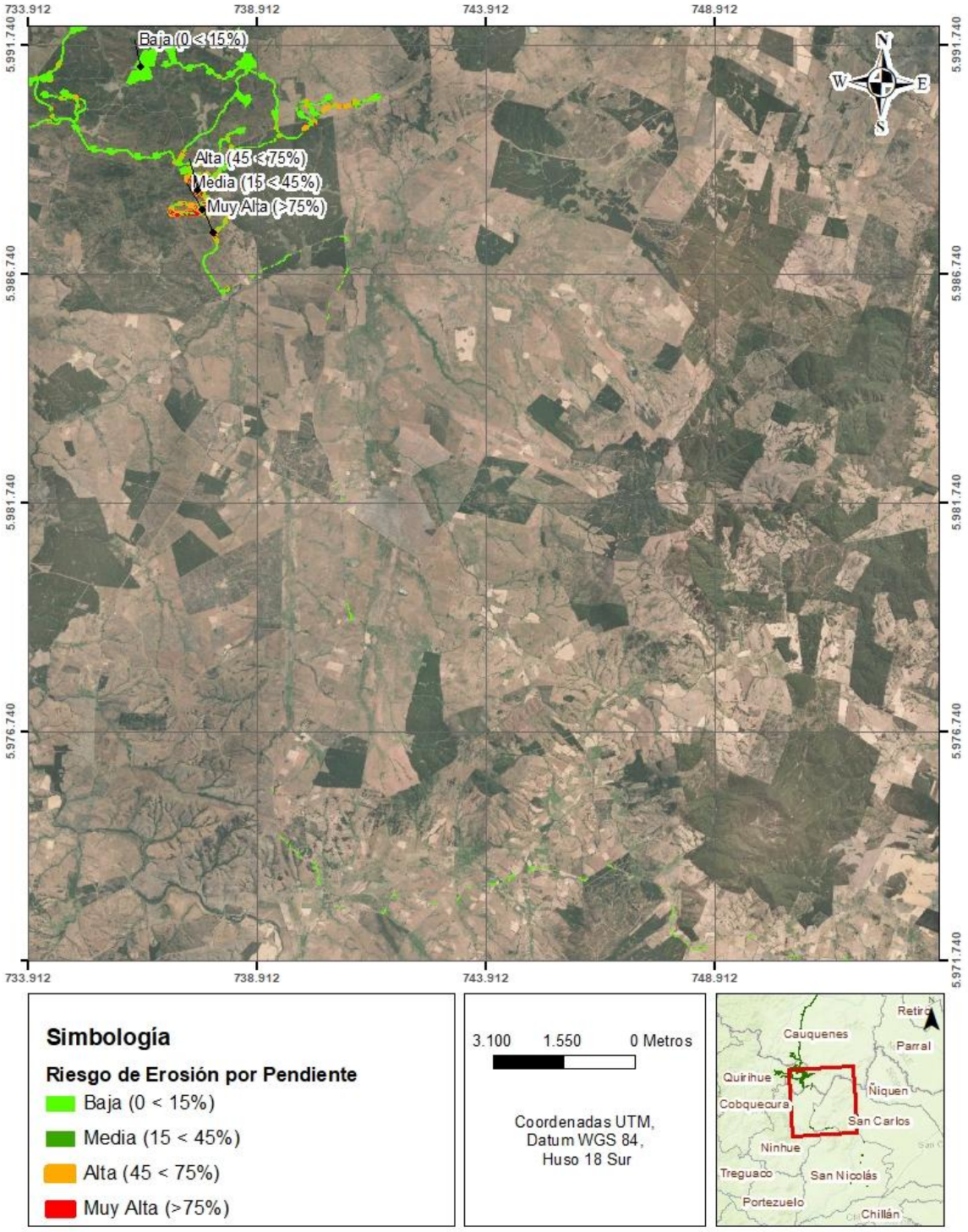
Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 9. Plano de pendientes del Área de Influencia (1 de 4)



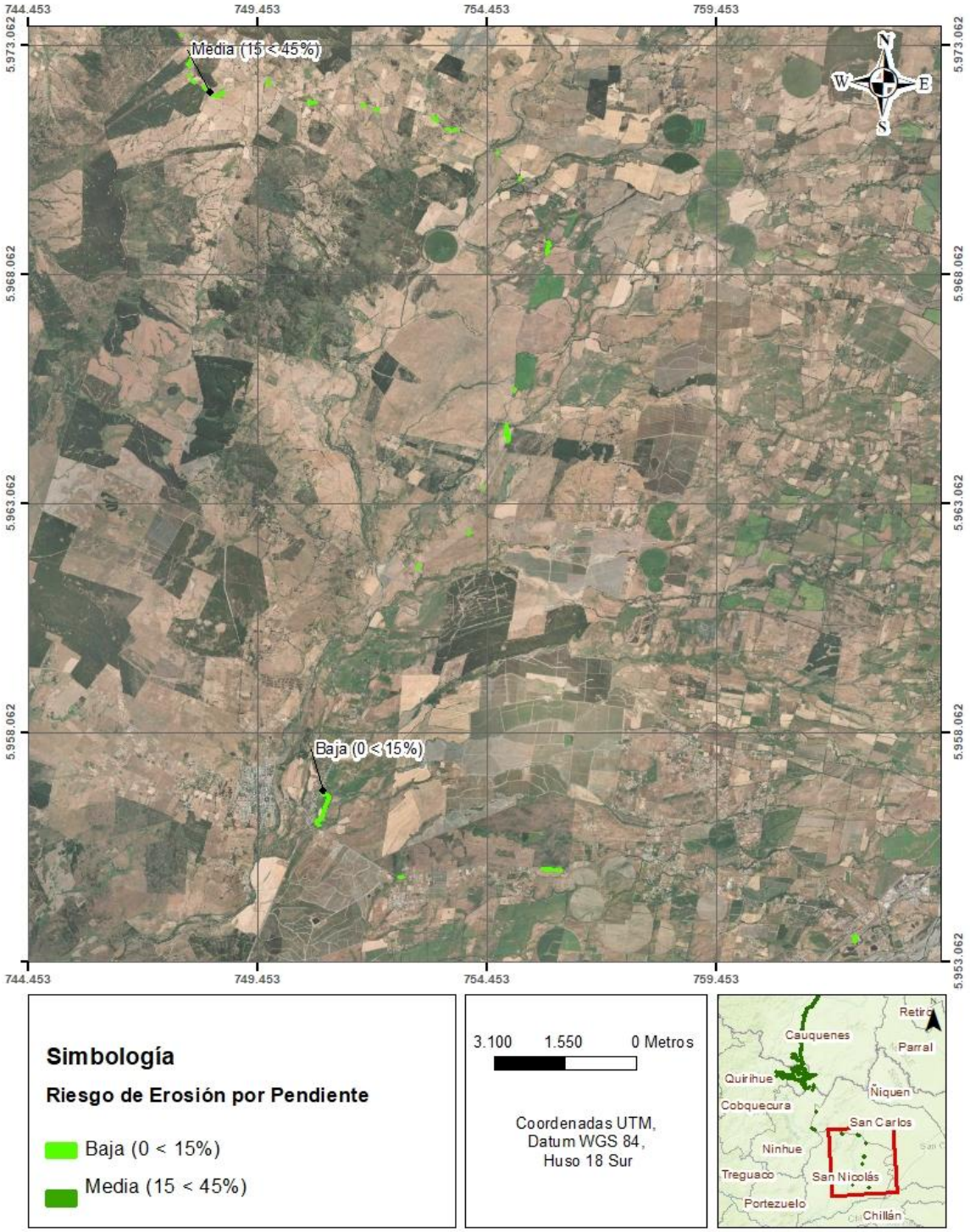
Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 10. Plano de pendientes del Área de Influencia (2 de 4)



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 11. Plano de pendientes del Área de Influencia (3 de 4)



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 12. Plano de pendientes del Área de Influencia (4 de 4)

4.2.3 Determinación de Desprotección Vegetal al interior del área de influencia

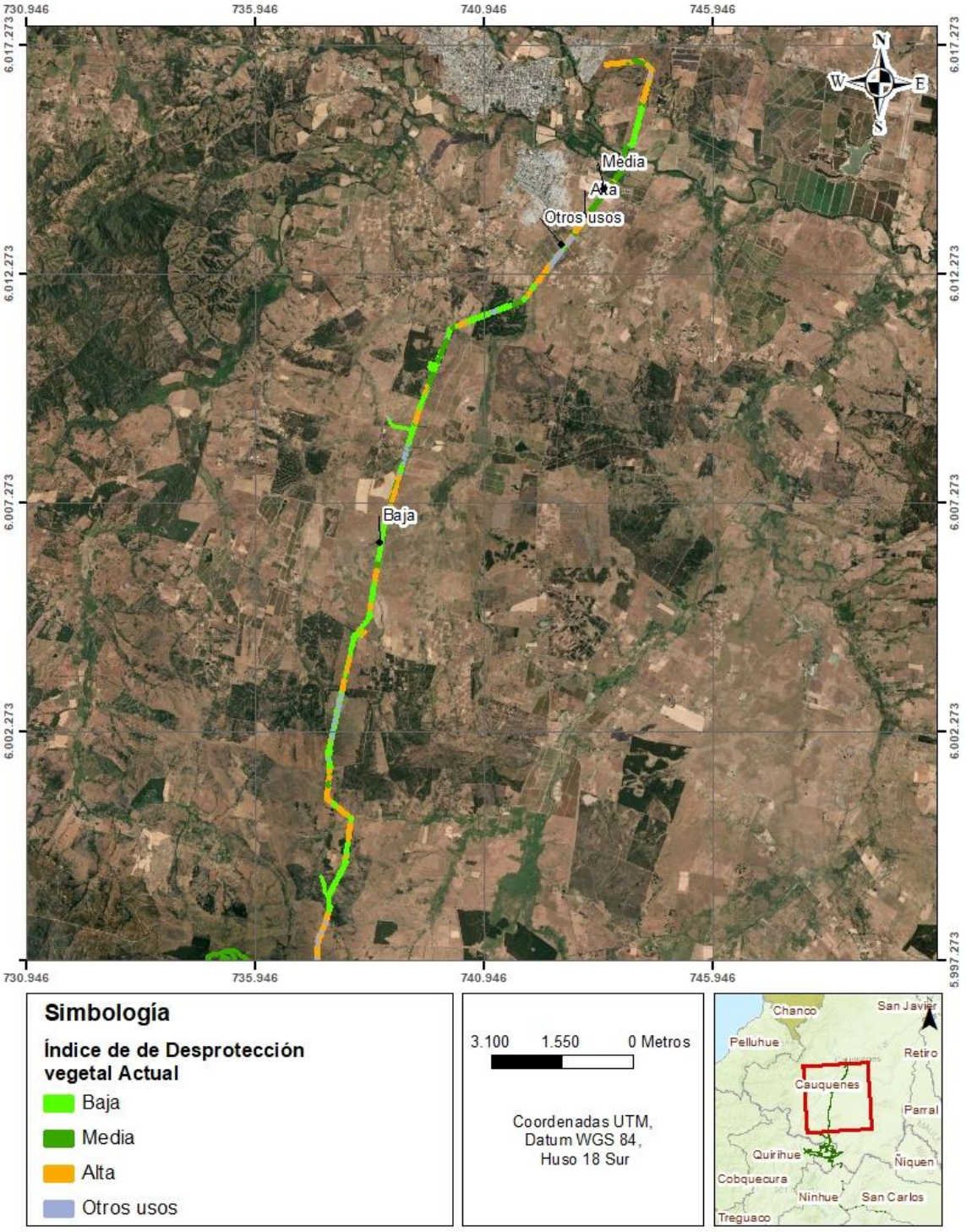
En base descripciones de cobertura vegetacional realizada durante la campaña de terreno de línea de base de suelo, complementado con fotointerpretación de imágenes satelitales, se determinó que la desprotección vegetal se encuentra en los niveles “Baja” en un 18,48; “Media” 67,96%; “Alta” 9,71% y “Muy Alta” 3,85%. La distribución del nivel de desprotección vegetal se describe en la **Tabla 14** presentada a continuación:

Tabla 14. Formaciones vegetales y niveles de Desprotección vegetal actual asociada

Nivel de Desprotección Vegetal	Descripción Desprotección Vegetal	Superficie (ha)	Proporción %
1	Desprotección baja	79,37	18,48
2	Desprotección media	291,89	67,96
3	Desprotección alta	41,7	9,71
5	Otros usos	16,53	3,85
Total		429,49	100,00

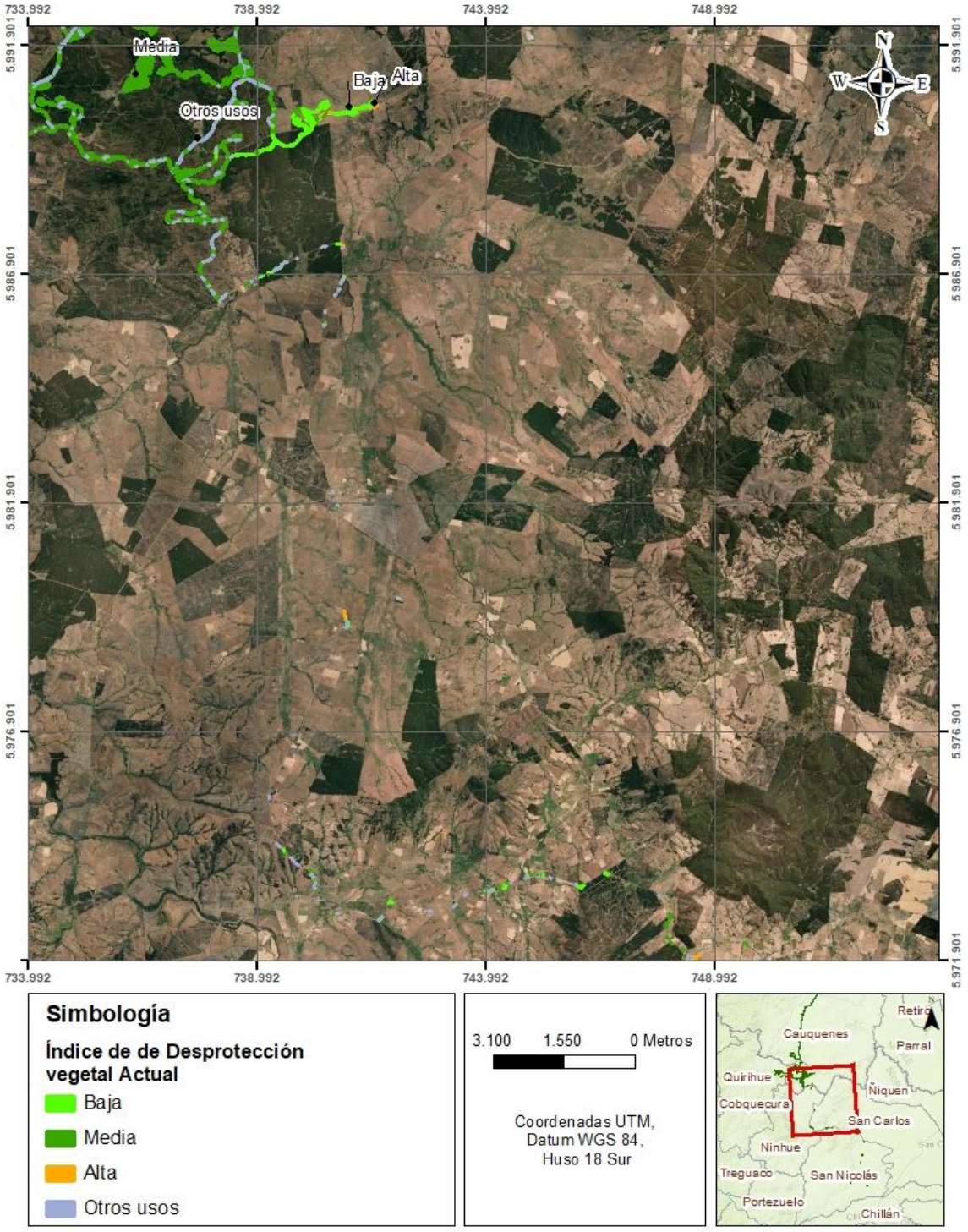
Fuente: Elaboración propia 2026.

Las **Figura 13** a la **Figura 16** muestran la distribución espacial de los diferentes rangos de pendiente recomendados por SAG (2016) al interior del área de influencia. Esta información se presenta en **Apéndice 1. Información Cartográfica**, como parte del archivo “Mapa de Riesgo de Erosión Actual”



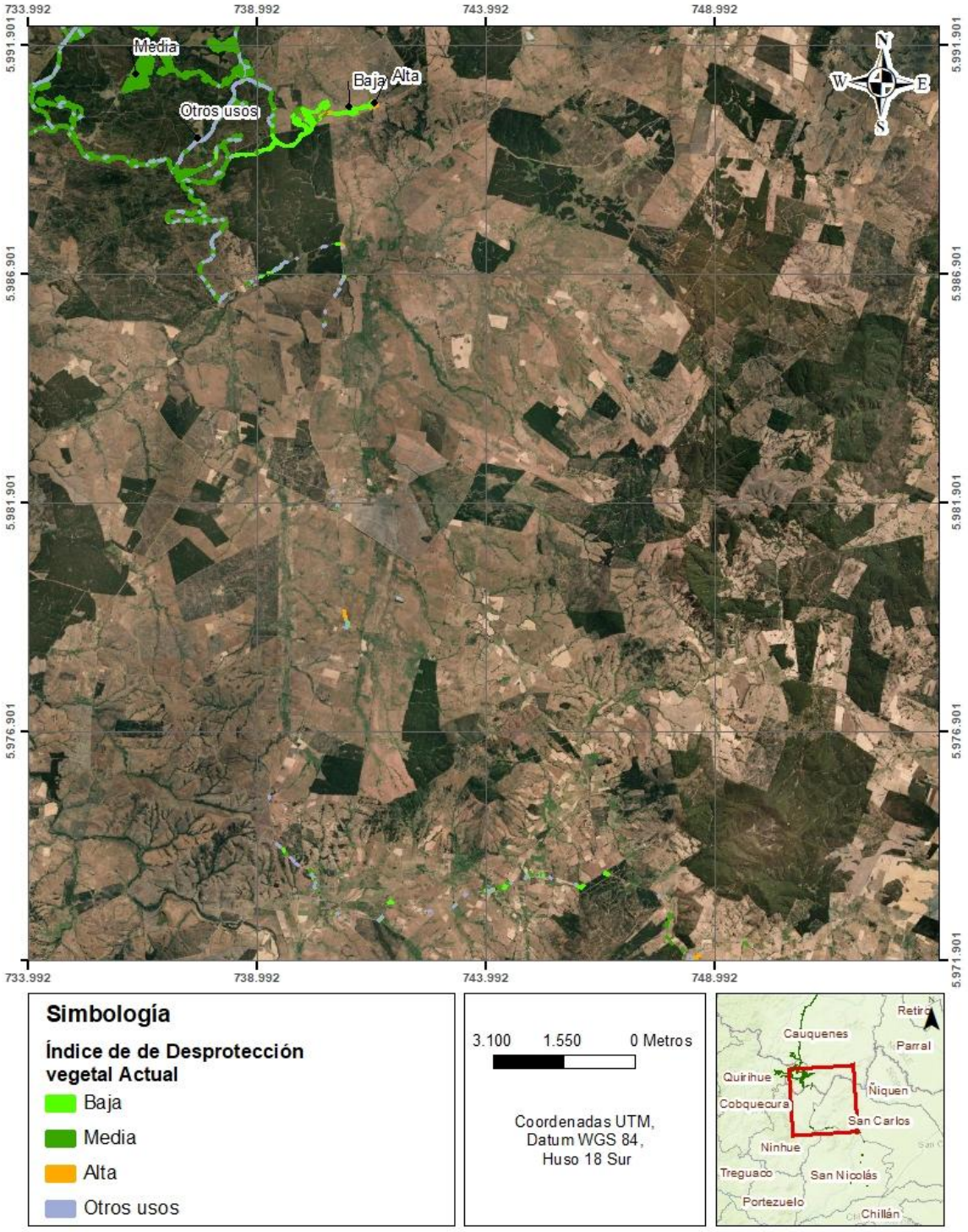
Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 13. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (1 de 4)



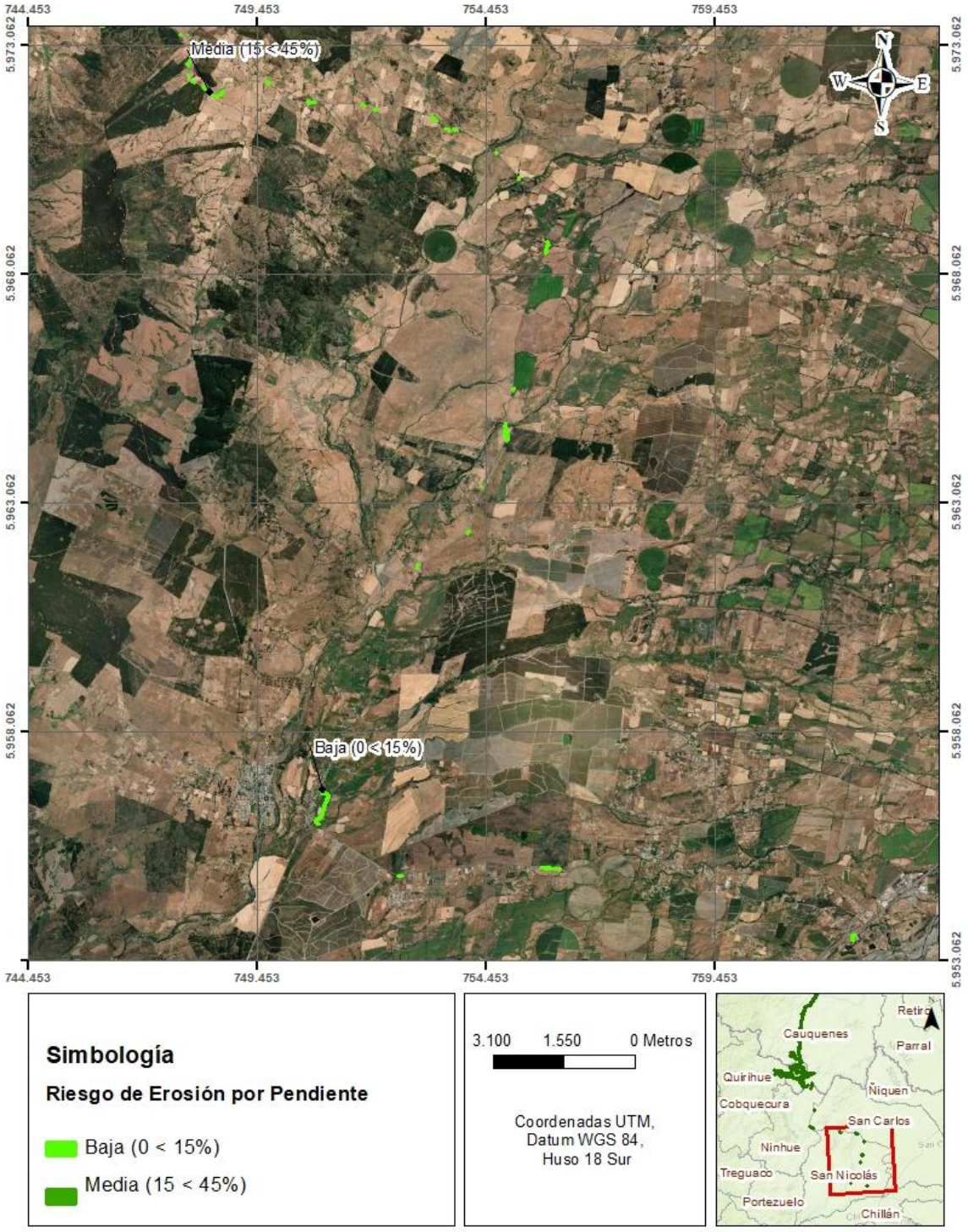
Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 14. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (2 de 4)



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 15. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (3 de 4)



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 16. Índice de Desprotección Vegetal Actual al interior del Área de Influencia (4 de 4)

4.2.4 Determinación de Agresividad Climática al interior del área de influencia

Se realizaron los cálculos del Índice Fournier modificado (IFM) del área de influencia del proyecto, utilizando los datos extraídos de la plataforma ARClim para las comunas, revisada en https://arclim.mma.gob.cl/ en agosto de 2026. A continuación, en la **Tabla 15** se presenta la información climática asociada a precipitación mensual, Índice Fournier modificado (IFM) y la agresividad climática en base a SAG (2016).

Tabla 15. Agresividad climática en el área de influencia

Mes	Cauquenes Precipitación Mensual		Quirihue Precipitación Mensual		Ninhue Precipitación Mensual		San Carlos Precipitación Mensual		San Nicolás Precipitación Mensual	
	Registro Histórico (mm)	Proyección Futuro (mm)	Registro Histórico (mm)	Proyección Futuro (mm)	Registro Histórico (mm)	Proyección Futuro (mm)	Registro Histórico (mm)	Proyección Futuro (mm)	Registro Histórico (mm)	Proyección Futuro (mm)
Enero	6,90	4,83	8,59	5,71	9,07	6,12	11,11	7,95	10,89	7,55
Febrero	12,20	9,72	13,29	10,38	14,28	11,09	20,47	17,21	17,94	13,96
Marzo	17,37	14,36	19,25	15,60	20,23	16,26	23,73	19,82	23,46	18,97
Abril	50,60	40,56	54,70	44,65	53,75	43,72	69,57	56,17	62,12	50,57
Mayo	152,00	120,33	160,09	128,36	150,60	120,08	182,15	145,58	164,60	131,44
Junio	186,93	154,11	195,71	163,60	182,39	152,80	225,11	188,51	199,33	167,44
Julio	170,18	145,57	182,06	155,32	165,08	140,64	195,53	167,96	175,58	149,76
Agosto	126,79	113,44	139,66	126,44	127,77	116,32	153,17	138,68	137,06	125,02
Septiembre	70,87	54,51	76,53	59,25	70,72	54,94	89,23	69,65	78,24	60,83
Octubre	42,34	30,42	46,90	33,87	45,67	33,02	59,00	42,46	51,89	37,47
Noviembre	21,43	15,61	24,40	17,61	24,66	17,90	29,51	21,70	27,51	19,98
Diciembre	13,34	8,80	14,84	9,96	15,31	10,22	20,99	13,88	18,36	12,21
Total Anual (mm)	870,93	712,26	936,04	770,76	879,55	723,11	1079,57	889,54	966,99	795,20
Índice Fournier Modificado	130,43	110,18	137,89	117,81	126,25	107,79	152,14	129,72	135,68	115,94
Agresividad Climática (SAG, 2016)	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Alta	Media	Media	Media

Fuente: Elaboración Propia 2026, con datos ARClim.

4.2.5 Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA)

En base al desarrollo del Mapa de Riesgo de Erosión Actual en el área de influencia, se puede establecer que esta posee una proporción importante de riesgo de erosión actual "Baja", equivalente al 25,33%, el cual se asocia a terrenos con pendiente en su mayoría entre a 0 a 15% y desprotección vegetal "Baja"; seguido de la clase "Media", el cual equivale a 67,13% asociándose a pendientes entre 15 a 45% y desprotección vegetal "Media a Alta". Por otra parte, existe una menor proporción entre riesgo "Alto" con una proporción de 1,22%, asociados a terrenos con pendiente entre 45 y 75% y erodabilidad "Alta". La Unidad "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión", ocupa el 6,32% de la superficie y corresponde a sectores sin suelo preexistentes. A continuación, se presentan los resultados del modelo de estimación de Riesgo de Erosión Actual.

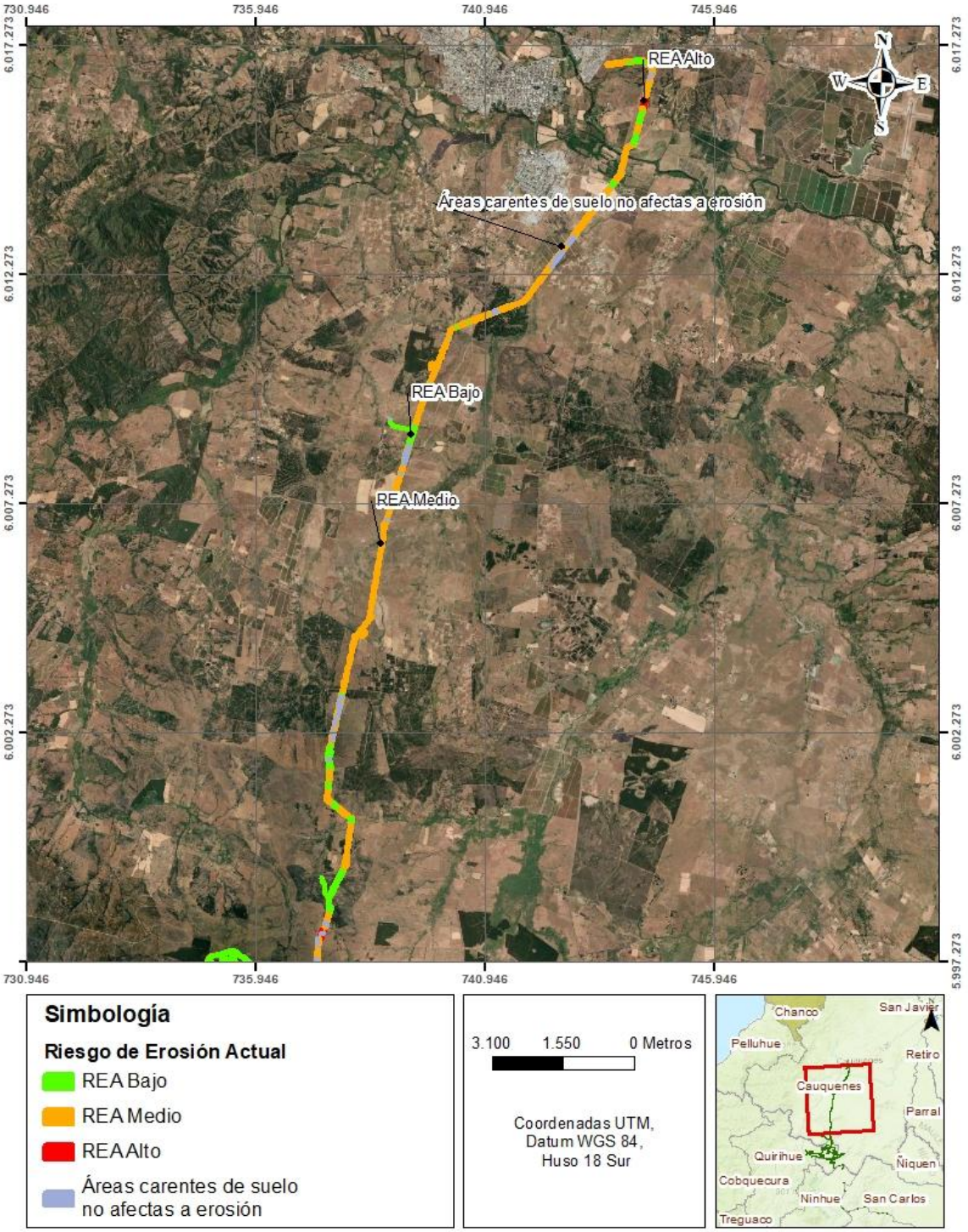
La **Tabla 16** muestra las distintas superficies y proporciones del AI Suelo asociadas a cada rango de REA.

Tabla 16. Distribución de Riesgo de Erosión Actual al interior del Área de Influencia.

Nivel de Riesgo de Erosión Actual	Rangos de Riesgo de Erosión Actual	Superficie (ha)	Proporción (%)
1	Bajo	108,78	25,33
2	Medio	288,30	67,13
3	Alto	5,26	1,22
5	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	27,15	6,32
Superficie total (ha)		**429,49**	**100**

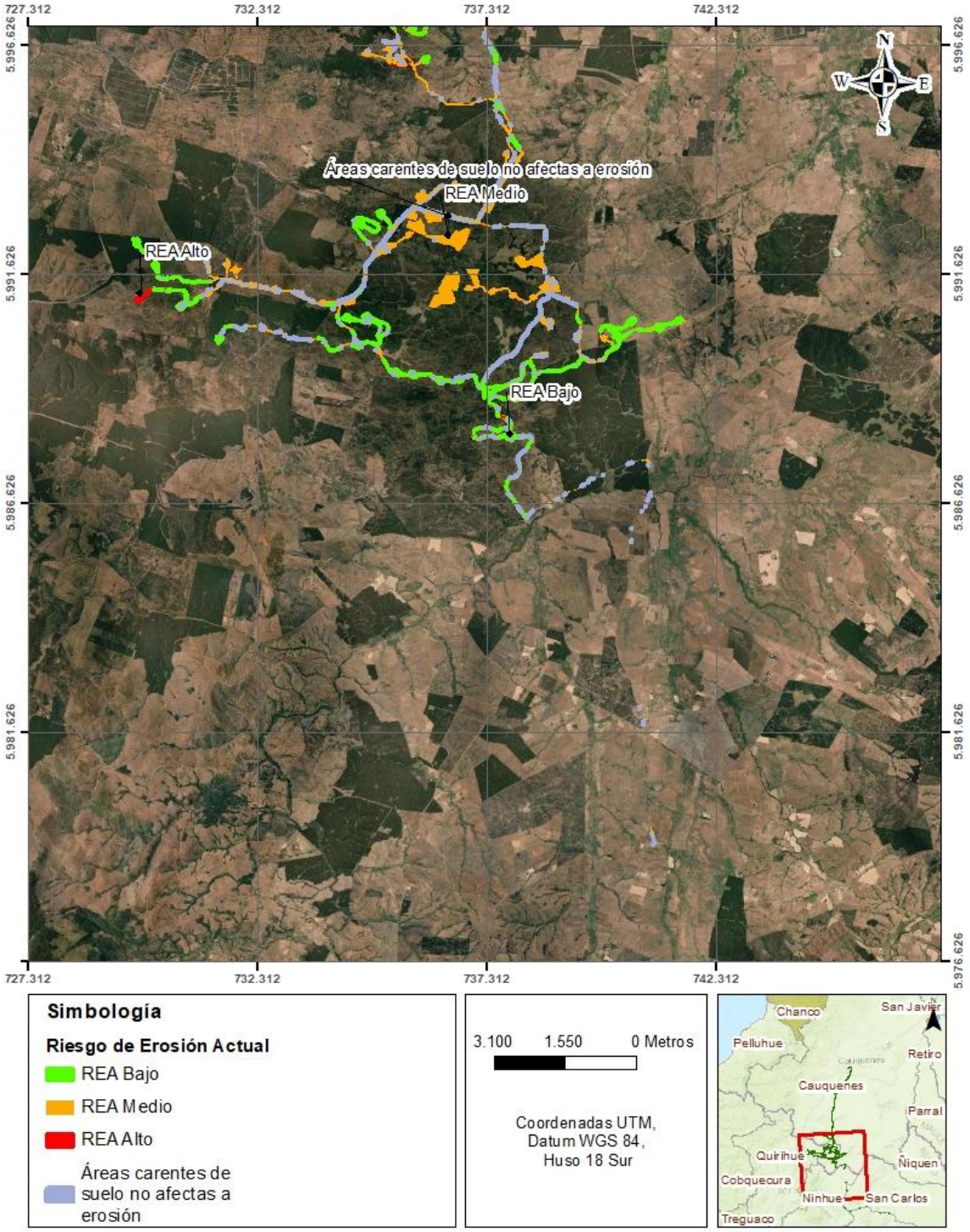
Fuente: Elaboración Propia 2026.

La distribución espacial de los diferentes niveles de riesgo de erosión actual definidos para el área de influencia del proyecto se muestra en las **Figura 17** a la **Figura 20.** Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (4 de 4).. Esta información se presenta en el **Apéndice 1. Información Cartográfica**, como parte del archivo "Mapa de Riesgo de Erosión Actual"**.**



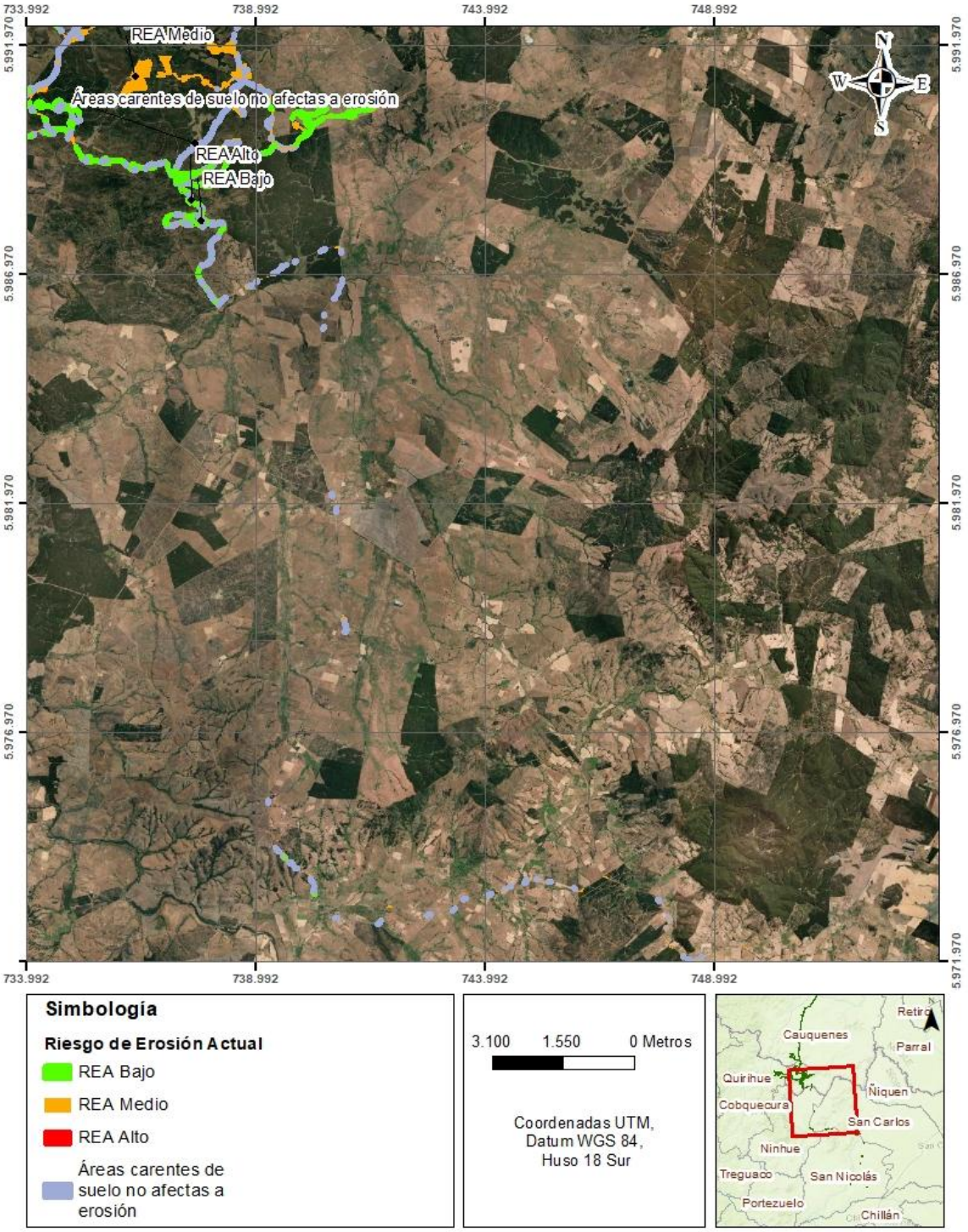
Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 17. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (1 de 4).



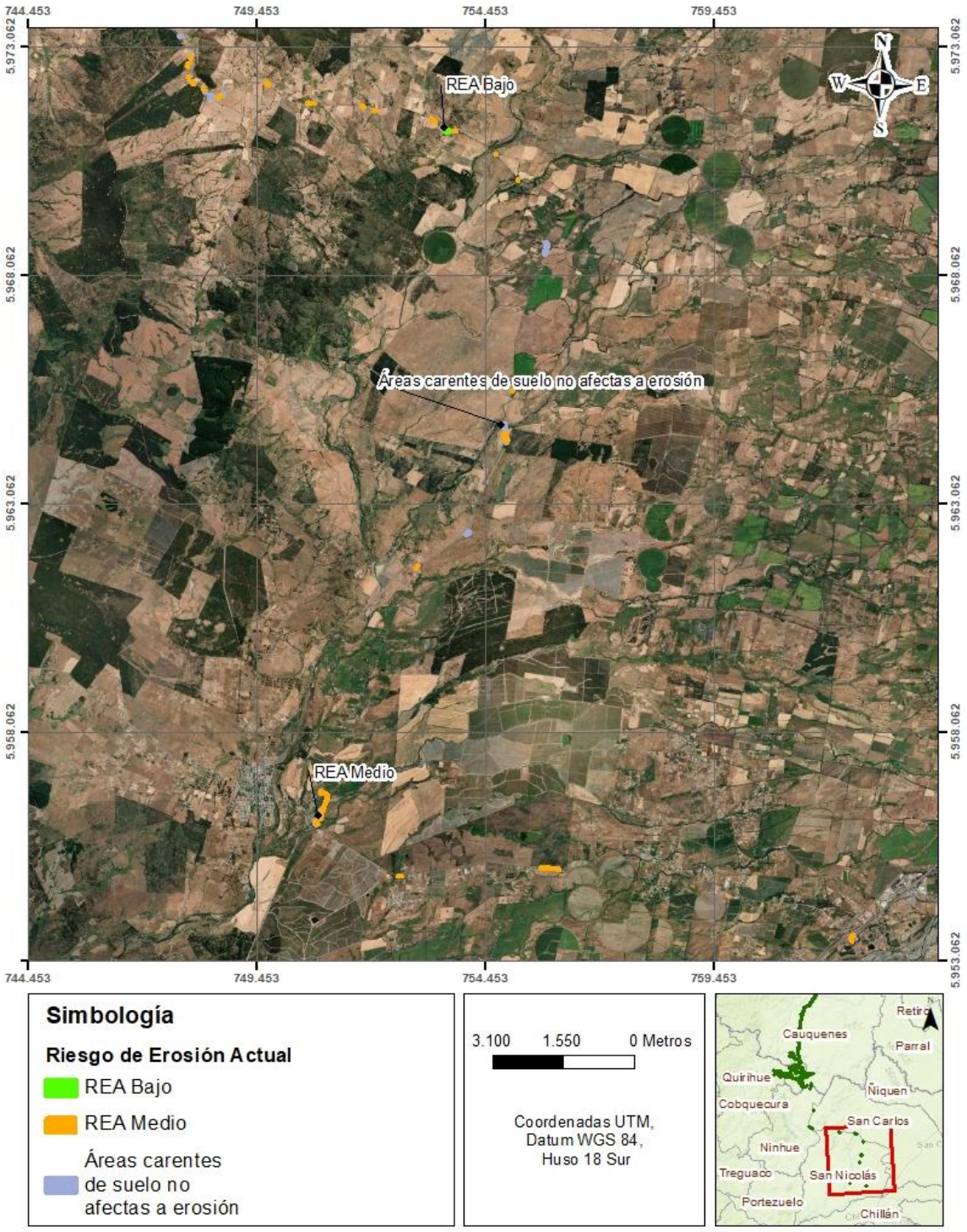
Fuente: Elaboración Propia 2026

Figura 18. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (2 de 4).



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 19. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (3 de 4).



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 20. Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA) al interior del Área de Influencia (4 de 4).

4.3 Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP)

Para determinar el Nivel de Riesgo de Erosión Potencial en el área de influencia, se determinaron cada uno de los factores relevantes descritos más arriba (Erodabilidad, Relieve, Desprotección Vegetal y Agresividad climática o Viento) bajo la situación "con proyecto", es decir, considerando las obras proyectadas más las áreas buffer.

A continuación, **Tabla 17** muestra la distribución de clases de riesgo de erosión potencial, en base a la delimitación de área de intervención (obras proyectadas) más los buffer diferenciados descritos en la **sección 3.7**, respecto de su límite perimetral asociado a paso de maquinaria y de personal de faena y lugar de acopios temporales para los que se consideró aumentar en un grado la erodabilidad y el grado máximo de desprotección vegetal. Respecto de la situación actual (sin proyecto). El 100% del área de intervención se reclasificó como parte de la clase "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión" (Otros usos):

Tabla 17. Distribución de Riesgo de Erosión Potencial al interior del Área de Influencia.

Nivel de Riesgo de Erosión Potencial	Rangos de Riesgo de Erosión Potencial Preliminar	Superficies (ha)	Proporción (%)
1	Bajo	12,33	2,87
2	Medio	105,58	24,58
3	Alto	64,02	14,91
4	Muy alto	2,74	0,64
5	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	244,82	57,00
Superficie total (ha)		**429,49**	**100**

Fuente: Elaboración Propia 2026.

El Mapa de Riesgo de Erosión Potencial muestra una disminución de la clase REP "Baja" (2,87% del AI Suelo) con respecto a la REA "Baja" (25,33% del AI Suelo). La REP "Media" (24,58% del AI Suelo) se reduce fuertemente respecto de la REA "Media" (67,13%). La REP "Alta" (14,91% del AI Suelo) aumenta con respecto de la REA "Alta" (1,22%). Aparece la clase "Muy alta" con un 0,64% y finalmente, la unidad "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión, aumenta fuertemente en REP (57,00% del AI Suelo) respecto del nivel que exhibían en REA (6,32% del AI Suelo).

La **Tabla 18** muestra la variación para cada una de las clases de riesgo de erosión desde la condición "Actual" a la "Potencial". Un poco menos de la mitad de la superficie del AI Suelo pasan a REP 5 (Áreas carentes de suelo no afectas a erosión). En 69,52 hectáreas, se verifica el paso desde REA "Bajo" a REP "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión"; en 146,22 hectáreas se pasó desde REA "Medio" a REP "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión"; en 1,93 hectáreas se pasó desde REA "Alto" a REP "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión". Las áreas en riesgo de erosión clase 5 (determinada en gran parte por el área de intervención), se asumen carentes de suelo, y por lo tanto no afectas a erosión.

Las áreas en las cuales se verifican aumentos de riesgo de erosión se verifican en el buffer. Dentro de este buffer en torno a las obras permanentes del proyecto, hay 26,95 hectáreas que pasan desde REA

"Bajo" a REP "Medio", 63,37 hectáreas que pasan de REA "Medio" a REP "Alto" y 0,06 hectáreas que pasan de REA "Medio" a REP "Muy alto" y 2,68 de REA "Alto" a REP "Muy Alto".

Tabla 18. Cambio de Riesgo de Erosión Actual a Riesgo de Erosión Potencial.

Clase REA	Símbolo REA	Clase REP	Símbolo REP	Hectáreas
Bajo	1	Bajo	1	12,33
Bajo	1	Medio	2	26,95
Bajo	1	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	5	69,52
Medio	2	Medio	2	78,63
Medio	2	Alto	3	63,37
Medio	2	Muy Alto	4	0,06
Medio	2	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	5	146,22
Alto	3	Alto	3	0,65
Alto	3	Muy alto	4	2,68
Alto	3	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	5	1,93
Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	5	Áreas carentes de suelo no afectas a erosión	5	27,15
Total				**429,49**

Fuente: Elaboración Propia 2026.

El aumento del riesgo de erosión en la situación "potencial" (con proyecto), se explica por el aumento un grado la erodabilidad y el grado máximo de desprotección vegetal, en el buffer diferenciado en torno al emplazamiento de obras permanentes.

A continuación, se presentan las medidas de control ante el riesgo de erosión de suelos. Estas medidas se contienen en el **Anexo 01. Actualización Descripción de Proyecto** de la **Adenda**.

a) Medidas de diseño para el control de la erosión.

El diseño de las obras incorpora criterios orientados a limitar la generación de procesos erosivos:

- Los caminos internos se proyectan con una pendiente longitudinal máxima del 8% y un bombeo máximo del 2%, con taludes de corte y relleno estabilizados, lo que reduce la velocidad de escurrimiento superficial y, con ello, la capacidad erosiva de las aguas lluvias.
- Las plataformas se diseñan con pendientes bajas y una terminación de base estabilizada con material granular seleccionado, condición que, conforme al análisis de riesgo de activación de procesos erosivos, reduce la desprotección del suelo en dichas superficies.

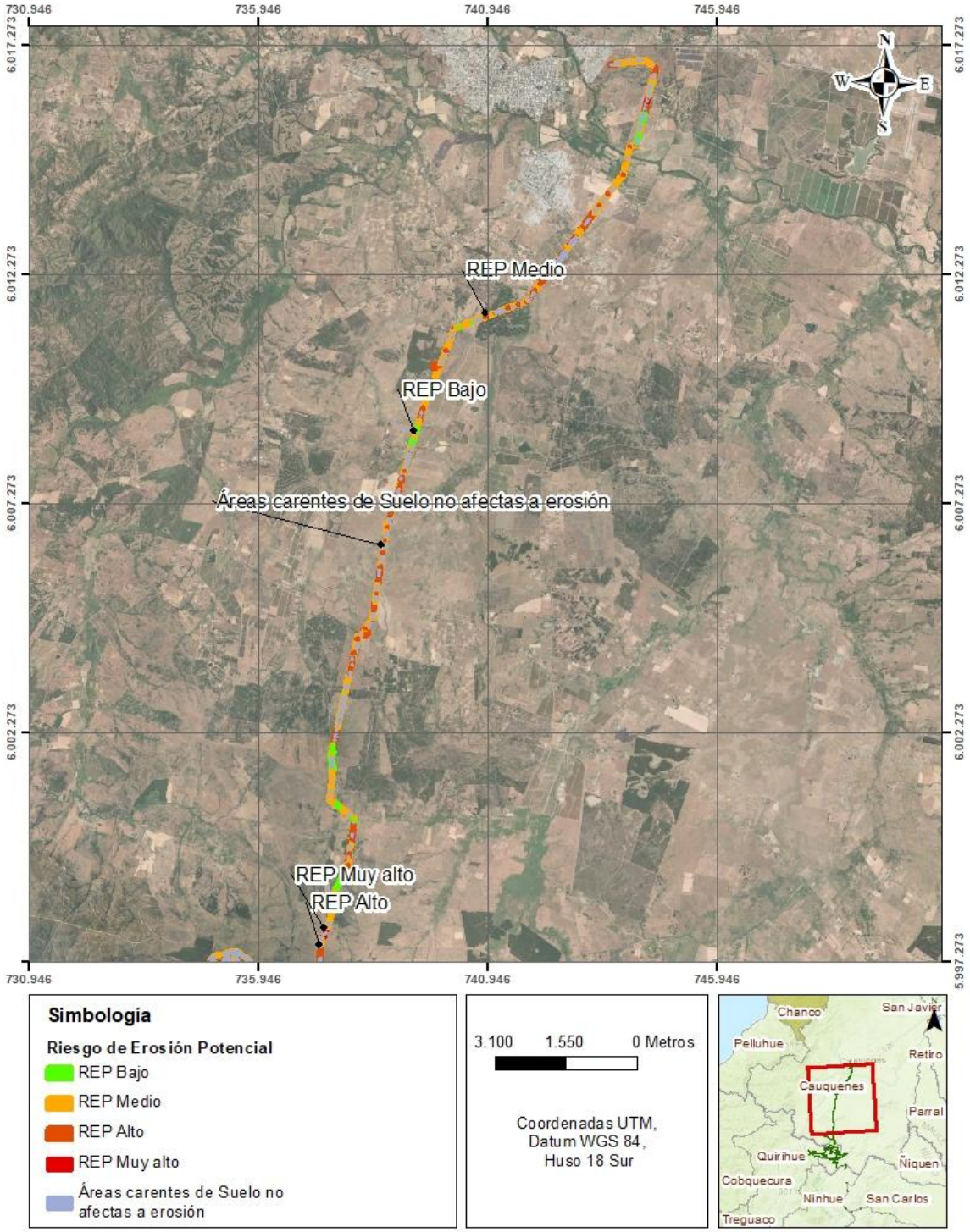
b) Medidas de manejo de aguas lluvias.

Para el control del escurrimiento superficial y la prevención del arrastre de sedimentos hacia terrenos de menor cota, el Proyecto contempla un sistema de manejo de aguas lluvias mediante drenaje superficial, conforme a la Sección 4.106 del Volumen N°4 del Manual de Carreteras, integrado por:

- **Cunetas** excavadas y/o revestidas a lo largo de los cortes de camino, que conducen las aguas lluvias hasta puntos de descarga controlados.
- **Embudos de descarga** de hormigón y **descargas mediante tubo corrugado de media caña**, contemplándose expresamente que, en caso de que por efecto del caudal o de la pendiente se produzcan erosiones del terreno natural en el punto de descarga, se construirá un revestimiento de mampostería de piedra u obra similar que disipe la energía y evite la erosión.
- **Alcantarillas** para dar continuidad a los escurrimientos superficiales que cruzan la plataforma de los caminos.

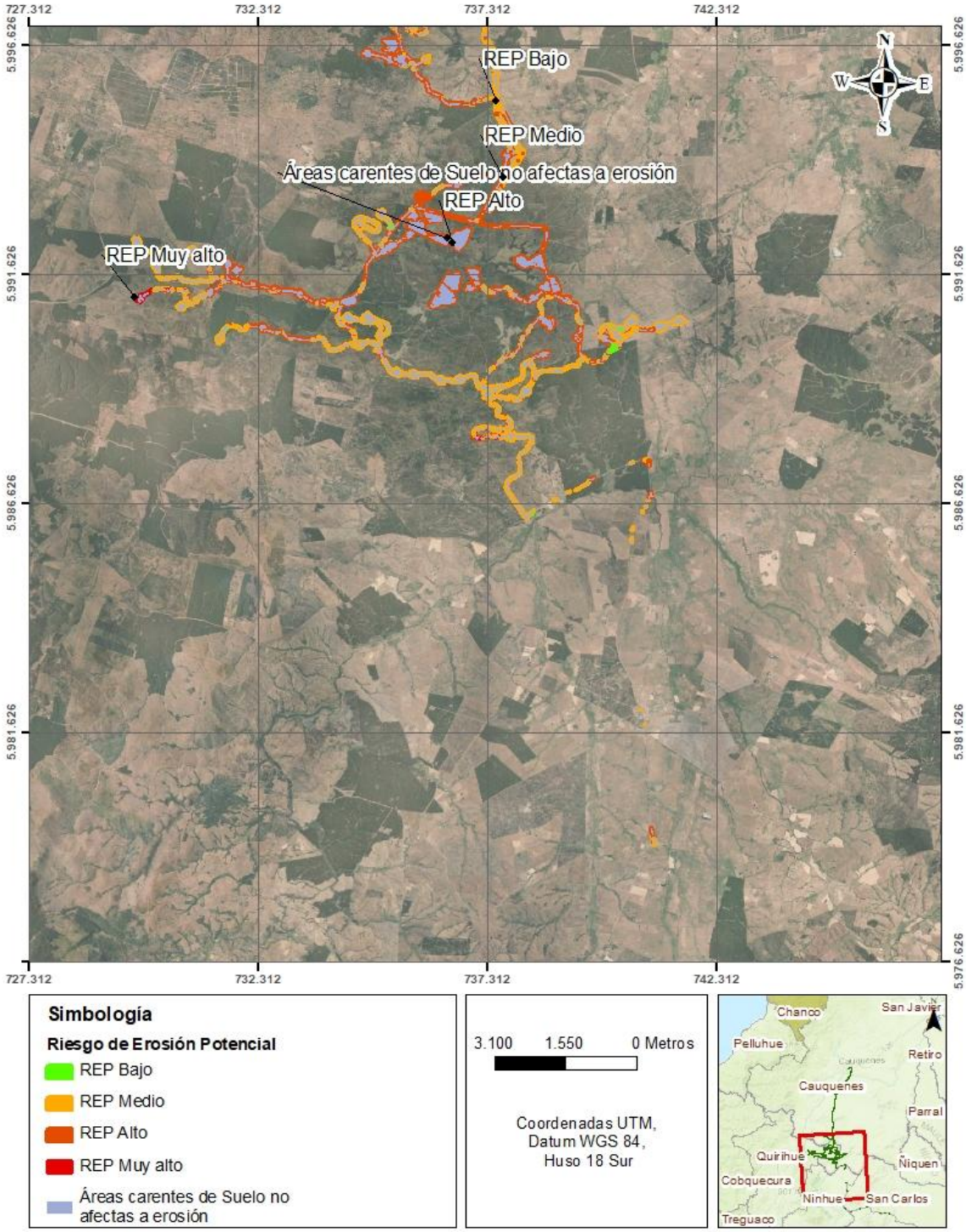
Esto se detalla en el **Anexo 01. Actualización Descripción de Proyecto** de la **Adenda**.

La distribución espacial de los diferentes niveles de riesgo de erosión potencial definidos para el área de influencia del proyecto se muestra en la **Figura 21** hasta la **Figura 24.** Esta información se presenta en **Apéndice 1. Información Cartográfica**, como parte del archivo “Mapa de Riesgo de Erosión Potencial”.



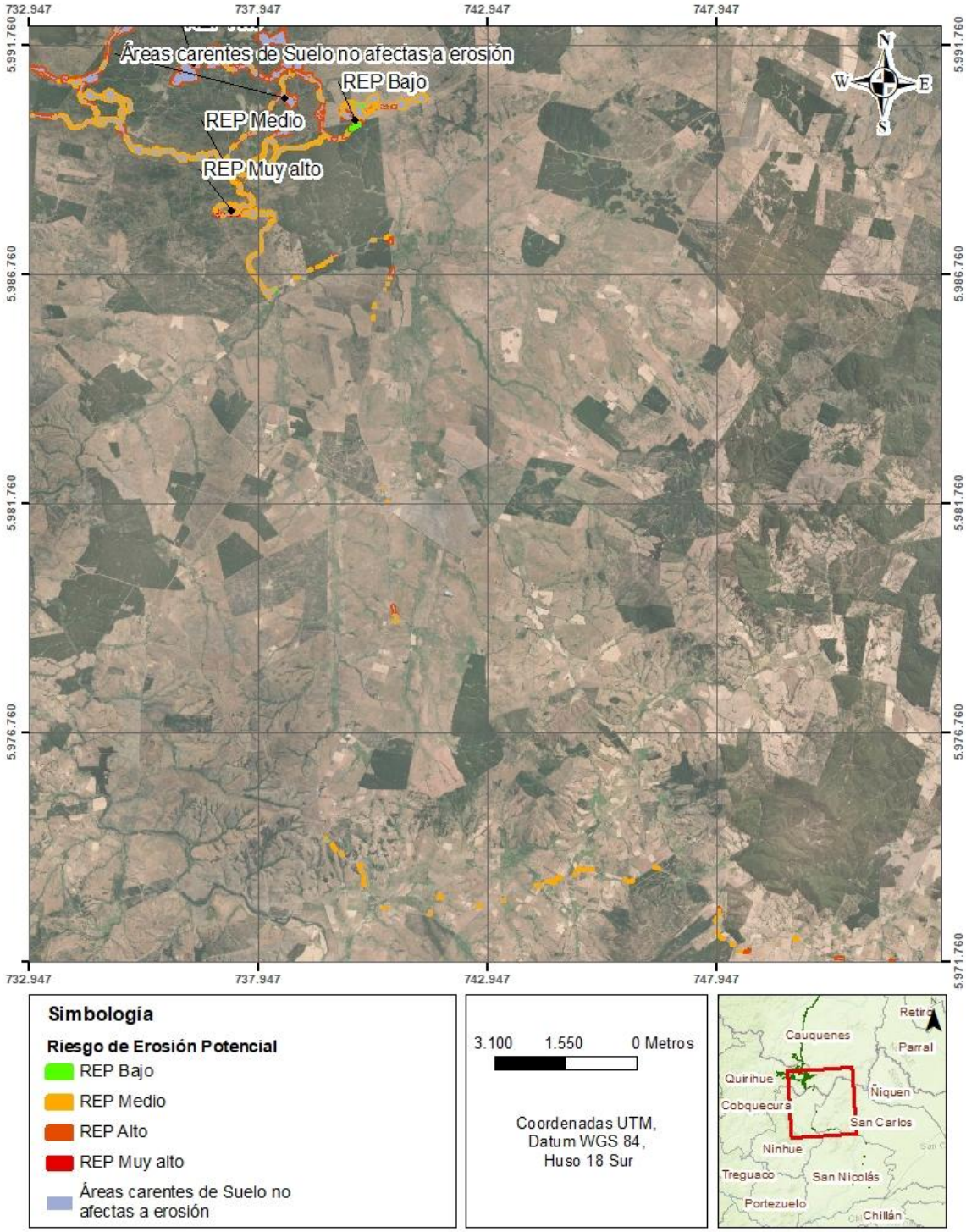
Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 21. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (1 de 4).



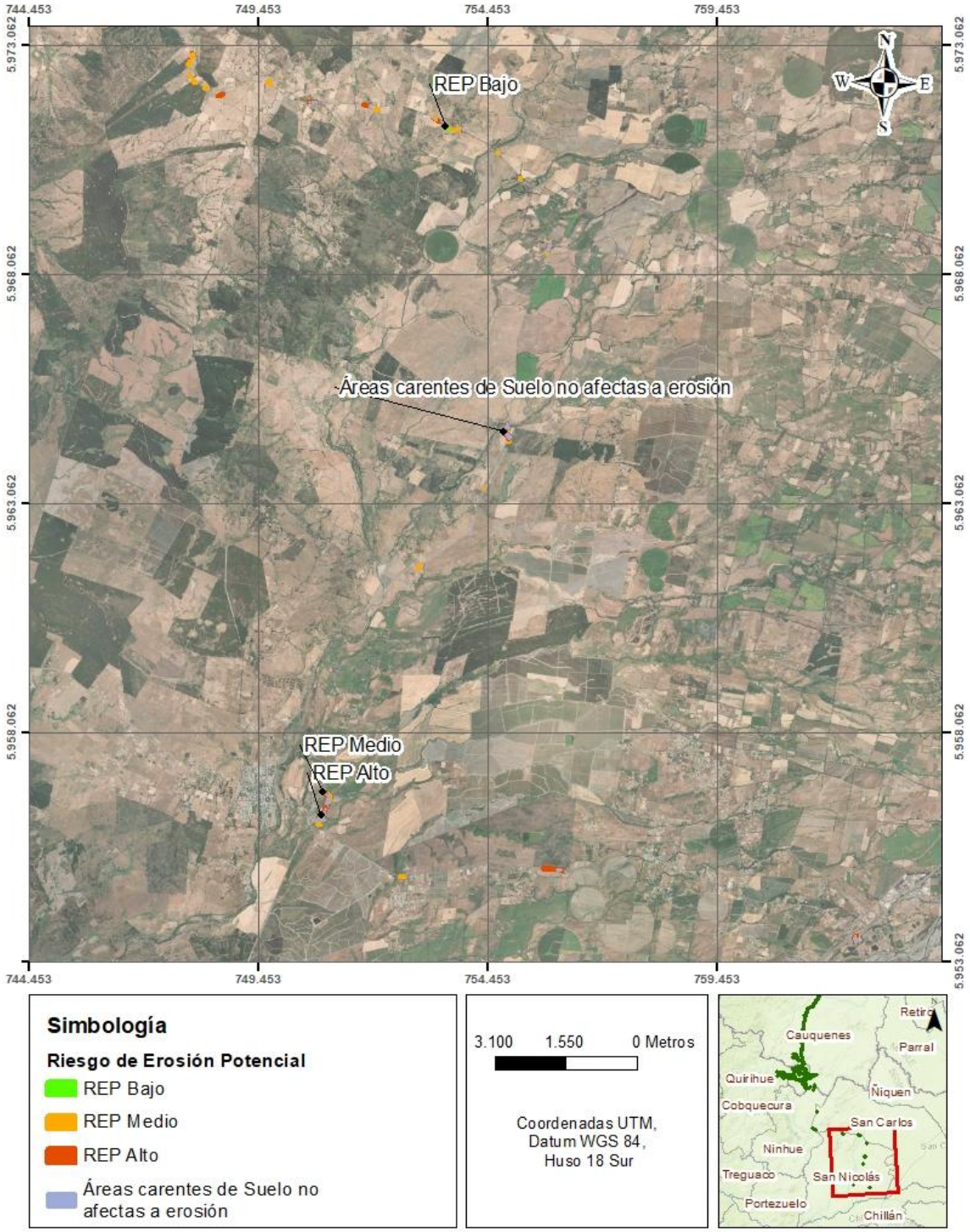
Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 22. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (2 de 4).



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 23. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (3 de 4).



Fuente: Elaboración Propia 2026.

Figura 24. Mapa de Riesgo de Erosión Potencial (REP) en el Área de Influencia (4 de 4).

5 Síntesis

Los Mapas de Riesgo de Erosión Actual y Riesgo de Erosión Potencial se desarrollaron a partir de la metodología establecida por SAG (2016), para toda el Área de Influencia del Proyecto (429,49 hectáreas).

En base al desarrollo del Mapa de Riesgo de Erosión Actual (REA), se puede establecer que esta posee una baja proporción de riesgo de erosión actual "Bajo" equivalente al 25,33% del área de influencia de suelo (AI Suelo). Este nivel de riesgo se asocia mayoritariamente a pendientes (menores a 15%), con erodabilidad "Baja". El REA "Medio" equivale al 67,13% del AI Suelo. Se asocia a mayoritariamente a agresividad climática "Media", y erodabilidad "Media". El REA "Alto" se asocia a pendientes por sobre 15%, y niveles de erodabilidad "Alto" (1,22% del AI Suelo). La **Tabla 16** muestra las distintas superficies y proporciones del AI Suelo asociadas a cada rango de REA.

El Mapa de Riesgo de Erosión Potencial muestra una disminución de la clase REP "Baja" (2,87% del AI Suelo) con respecto a la REA "Baja" (25,33% del AI Suelo). La REP "Media" (24,58% del AI Suelo) se reduce fuertemente respecto de la REA "Media" (67,13%). La REP "Alta" (14,91% del AI Suelo) aumenta con respecto de la REA "Alta" (1,22%). Aparece la clase "Muy alta" con un 0,64% y finalmente, la unidad "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión, aumenta fuertemente en REP (57,00% del AI Suelo) respecto del nivel que exhibían en REA (6,32% del AI Suelo). La **Tabla 17 Tabla 16**muestra las distintas superficies y proporciones del AI Suelo asociadas a cada rango de REP.

Con respecto a la variación para cada una de las clases de riesgo de erosión desde la condición "Actual" a la "Potencial"; Un poco menos de la mitad de la superficie del AI Suelo pasan a REP 5 (Áreas carentes de suelo no afectas a erosión). En 69,52 hectáreas, se verifica el paso desde REA "Bajo" a REP "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión"; en 146,22 hectáreas se pasó desde REA "Medio" a REP "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión"; en 1,93 hectáreas se pasó desde REA "Alto" a REP "Áreas carentes de suelo no afectas a erosión". Las áreas en riesgo de erosión clase 5 (determinada en gran parte por el área de intervención), se asumen carentes de suelo, y por lo tanto no afectas a erosión.

El Proyecto incorpora medidas de diseño y de manejo de aguas lluvias orientadas a prevenir y controlar procesos erosivos. Estas consideran el diseño de caminos y plataformas con pendientes controladas y superficies estabilizadas, junto con un sistema de drenaje superficial compuesto por cunetas, alcantarillas y obras de descarga con disipación de energía, lo que permite reducir la velocidad del escurrimiento, minimizar el arrastre de sedimentos y resguardar la estabilidad de los suelos durante la construcción y operación del Proyecto (**Anexo 01. Actualización Descripción de Proyecto** de la **Adenda**).

Las áreas en las cuales se verifican aumentos de riesgo de erosión se verifican en el buffer. Dentro de este buffer en torno a las obras permanentes del proyecto, hay 26,95 hectáreas que pasan desde REA "Bajo" a REP "Medio", 63,37 hectáreas que pasan de REA "Medio" a REP "Alto" y 0,06 hectáreas que pasan de REA "Medio" a REP "Muy alto" y 2,68 de REA "Alto" a REP "Muy Alto".

6 Bibliografía

CIREN, 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región de Biobío. Síntesis de Resultados. Diciembre 2010. Publicación N° 148. 50 p.

CIREN, 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. Región de Maule. Síntesis de Resultados. Diciembre 2010. Publicación N° 147. 50 p.

SAG, 2016. Evaluación de Impactos de Riesgos de Activación de Procesos Erosivos. Informe Final Asesoría. Modificado por el SAG (Licitación 612-23-116). Septiembre 2016. Servicio Agrícola y Ganadero. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Agrosig Ltda. Consultora Ambiental.