



Publicación del Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.
Registro de Propiedad Intelectual N° 162.466
ISBN: 978-956-7153-81-7
Publicación CIREN N° 133



Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.
Directora Ejecutiva: Ximena Acuña U.
Manuel Montt 1164, Providencia.
Santiago, Chile.
Teléfono: 56-2-2008900
Abril, 2007



Publicación del Centro de Información
de Recursos Naturales, CIREN.

CONTENIDO

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	SUPERFICIE ACTUAL DE FRUTALES EN LADERAS Y ZONAS INTERVENIDAS PARA POTENCIAL CULTIVO.	3
2.1	Cartografía y superficies de plantaciones actuales y áreas potenciales (en preparación) de frutales en laderas	3
2.1.1	Cuenca Petorca	3
2.1.2	Cuenca La Ligua	5
2.1.3	Cuenca Aconcagua	7
2.1.4	Cuenca Casablanca	9
2.2	Superficies totales de frutales en las cuencas bajo estudio	10
2.2.1	Superficies, según clases de pendiente	11
2.2.2	Superficies, según coberturas vegetacionales intervenidas	12
3	MODELO GENERAL DE RIESGO	13
3.1	Vulnerabilidad físico-ambiental	15
3.1.1	Degradación específica de laderas	16
3.1.2	Vulnerabilidad geología-suelo	18
3.1.3	Vulnerabilidad hídrica de laderas	23
3.1.4	Resultado índice de vulnerabilidad físico-ambiental	27
3.1.4.1	Cuenca Petorca	27
3.1.4.2	Cuenca La Ligua	28
3.1.4.3	Cuenca Aconcagua	29
3.1.4.4	Cuenca Casablanca	30
3.2	Vulnerabilidad biológica	31
3.2.1	Evaluación de la vulnerabilidad de la vegetación y flora	32
3.2.1.1	Cuenca Petorca	37
3.2.1.2	Cuenca Ligua	38
3.2.1.3	Cuenca Aconcagua	39
3.2.1.4	Cuenca Casablanca	40
3.2.2	Evaluación de la vulnerabilidad de fauna natural	41
3.2.2.1	Cuenca Petorca	41
3.2.2.2	Cuenca La Ligua	42
3.2.2.3	Cuenca Aconcagua	43
3.2.2.4	Cuenca Casablanca	44
3.2.3	Resultados de vulnerabilidad biológica	44
3.2.3.1	Cuenca Petorca	45
3.2.3.2	Cuenca La Ligua	46
3.2.3.3	Cuenca Aconcagua	47
3.2.3.4	Cuenca Casablanca	48
3.3	Vulnerabilidad antrópica	49
3.3.1	Cuenca Petorca	49
3.3.2	Cuenca La Ligua	50
3.3.3	Cuenca Aconcagua	51
3.3.4	Cuenca Casablanca	51
3.4	Resultado de vulnerabilidad final por cuencas	53
3.4.1	Cuenca Petorca	54
3.4.2	Cuenca La Ligua	55
3.4.3	Cuenca Aconcagua	56



CONTENIDO

3.4.4	Cuenca Casablanca	57
3.5	Resultado de riesgo	58
3.5.1	Riesgo por cuencas	58
3.5.1.1	Cuenca Petorca	58
3.5.1.2	Cuenca Ligua	59
3.5.1.3	Cuenca Aconcagua	60
3.5.2	Superficies en categoría de riesgo	61
3.5.3	Predios en zonas de riesgo por cuencas	61
3.5.3.1	Cuenca Petorca	62
3.5.3.2	Cuenca La Ligua	63
3.5.3.3	Cuenca Aconcagua	64
3.5.3.4	Cuenca Casablanca	65
4	PERCEPCIÓN DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE FRUTALES EN LADERAS	66
4.1	Superficie y total de encuestados por cuenca	66
4.1.1	Cuenca Petorca	66
4.1.2	Cuenca La Ligua	66
4.1.3	Cuenca Aconcagua	67
4.1.4	Cuenca Casablanca	67
4.2	Principales factores que han disminuido los recursos hídricos en la cuenca en los últimos 10 años. Según agricultores encuestados	67
4.3	Problemas de canales de riego que se asocian a los cultivos en laderas. Porcentajes de respuestas del total encuestados	68
4.5	Evaluación general del impacto generado por las plantaciones en laderas en las localidades	69
5	BIBLIOGRAFÍA	70



PRESENTACIÓN

Las plantaciones de frutales en laderas han tenido un desarrollo creciente en los distintos valles agrícolas del país, introduciéndose cambios de uso del suelo en ecosistemas que son altamente frágiles, tanto por el equilibrio entre los factores topográficos, vegetacionales y el suelo, como por constituir muchas veces, especialmente en las zonas costeras, sitios con características relictuales, que mantienen una importante biodiversidad y, en otros casos, corresponden a zonas donde los suelos se han recuperado, después de procesos largos y costosos.

Sin embargo, existen también sitios donde el cambio de uso del suelo resulta ser beneficioso, tanto del punto de vista ambiental, por cuanto se introduce vegetación en zonas deterioradas, como del punto de vista económico, al incorporar tierras improductivas al desarrollo regional y nacional.

Por otro lado, el conocimiento técnico y los niveles tecnológicos actuales, permiten aplicar buenas prácticas agrícolas, minimizando los impactos negativos de estas intervenciones. Por ello, el proyecto “Determinación y Evaluación de la Fragilidad de Laderas en la Cuenca de Casablanca y en las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Petorca, La Ligua y Aconcagua, V Región”, se centró en la elaboración de una herramienta que permitiera a los organismos públicos y a los privados planificar el territorio, respetando la fragilidad de las laderas y disminuyendo los riesgos de la intervención.

El objetivo general planteado para las 4 cuencas estudiadas, fue determinar la situación de fragilidad o vulnerabilidad, tanto para las zonas en laderas plantadas con frutales como para las potenciales de ser plantadas.

En esta publicación se presenta un resumen de los resultados obtenidos que dan cuenta del modelo de vulnerabilidad y riesgo aplicado; de la superficie existente, a febrero del año 2007, de frutales en laderas sobre el 8% de pendiente; de la cobertura de vegetación reemplazada; de los predios que se encuentran involucrados en las zonas de riesgo y, de la percepción que tienen de las plantaciones en ladera, los agricultores de los valles de las cuencas hidrográficas de Petorca, La Ligua, Aconcagua y la cuenca de Casablanca, en la V Región. Así mismo, entrega todos los antecedentes cartográficos generados, para permitir apoyar el ordenamiento territorial de las cuencas estudiadas.

Estos resultados y el sistema de información creado, en conjunto con los documentos que el SAG ha elaborado para la conservación de suelos en las laderas, integran los instrumentos necesarios para avanzar a plantaciones ambientalmente sustentable y así puedan seguir representando un importante aporte a la economía nacional y local, según afirman los propios agricultores de los valles involucrados.

El Centro de Información de Recursos Naturales CIREN, entidad ejecutora, con el financiamiento de INNOVA CHILE de CORFO y en conjunto con la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura de la V Región y del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, pertenecientes al Ministerio de Agricultura, como entidades asociadas, a quienes se agradece su valiosa participación, entregan un nuevo aporte de información para el desarrollo regional.

PATRICIO LARA G.
DIRECTOR DEL PROYECTO



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto INNOVA de CORFO, ejecutado por CIREN “Determinación y Evaluación de la Fragilidad de Laderas en la Cuenca de Casablanca y en las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Petorca, La Ligua y Aconcagua, V Región”, se propuso cuantificar para estas cuencas, la superficie correspondiente a frutales plantados en laderas, incluyéndolas zonas en preparación, determinar la fragilidad, concepto que se asimilará al de Vulnerabilidad de las laderas, como el riesgo y la percepción socioeconómica de los agricultores de los valles involucrados.

Como resultados se explicitan las superficies plantadas en laderas y las formaciones vegetacionales reemplazadas, tanto por las actuales plantaciones como por los terrenos en preparación (potenciales). Este levantamiento se realizó mediante campaña de terreno utilizando como información base la proveniente del Catastro Frutícola Nacional de CIREN, aplicando como elemento de verificación, además de las imágenes satelitales Landsat TM, las imágenes Quickbird e IKONOS, cuyas resoluciones de 2,4 m y 4 m respectivamente, permiten obtener un mayor detalle y minimizar los errores de comisión y omisión.

Posteriormente, se desarrollan y presentan los índices físico-ambiental, biológico y antrópico, los que conforman el modelo de vulnerabilidad aplicado que entrega como resultado la jerarquización del territorio en las clases baja o nula, moderada, alta y muy alta vulnerabilidad. Finalmente, en estas zonas, en conjunto con la actual distribución de plantaciones en laderas, se determina el riesgo de cada cuenca estudiada y mediante una encuesta a los agricultores se obtuvo la percepción socio económica del problema, cuyo resultado se presenta en forma resumida.

El equipo técnico que desarrolló el proyecto estuvo conformado por profesionales de CIREN y apoyo externo:

Director de Proyecto:	Patricio Lara G. Ingeniero Agrónomo
Director Alterno:	Marion Espinosa T. Ingeniero Agrónomo
Asesor:	Roberto Castro R. Ingeniero Forestal, Dr. Percepción Remota y SIG
Desarrollo Ingenieros Agrónomos:	Marion Espinosa T. Patricio Lara G. Pablo Norambuena V. Bárbara Hermosilla H. Carolina Leiva M.
Ingeniero Forestal:	Roberto Castro R
Geólogo:	Raquel Acedo L.
Encargado SIG Ingeniero en Computación Cartógrafos	Ariel Avendaño Balfredo Toledo H. Gabriel Ortiz F. Luz M. Marin A.
Estudio Flora y Fauna	Claudio Reyes H. Ing. Forestal. Msc. Gestión y Planificación Ambiental Gustavo Mieres U. Ing. Forestal Alvaro Ubilla R. Ing. Forestal Juan C. Torres M. Biólogo, Msc. Ciencias Biológicas c/m Ecología
Estudio Socio Económico	Oscar Liendo P. Geógrafo Pablo Bravo G. Antropólogo Sergio Alarcón H. Geógrafo Marcos Lienlaf L. Geógrafo

2. SUPERFICIE ACTUAL DE FRUTALES EN LADERAS Y ZONAS INTERVENIDAS PARA POTENCIALES PLANTACIONES

El inventario de las actuales plantaciones en laderas y las zonas intervenidas para potenciales plantaciones entregó como resultado la cartografía de las actuales plantaciones (en color verde) y las zonas intervenidas para potenciales cultivos (en color rojo), situación determinada al mes de febrero del año 2007 con las correspondientes superficies (figuras 1, 2, 3, 4 y tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

2.1 Cartografía y superficies de plantaciones actuales y áreas potenciales (en preparación) de frutales en laderas

2.1.1 Cuenca Petorca

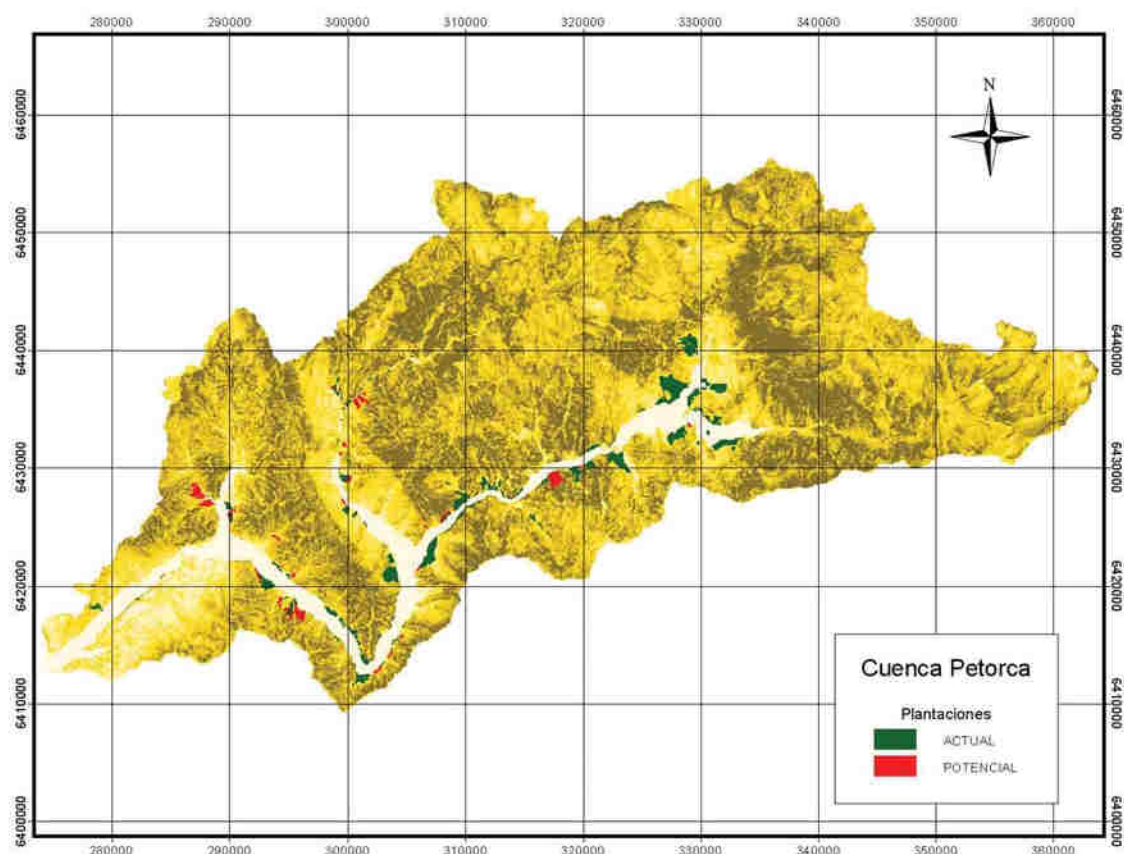


Figura 1. Distribución de frutales en laderas. Cuenca Petorca.

2. SUPERFICIE ACTUAL DE FRUTALES EN LADERAS Y ZONAS INTERVENIDAS PARA POTENCIALES PLANTACIONES

Tabla 1. Superficies (ha) de frutales en Petorca, por clases de pendiente

PENDIENTE	POTENCIAL	ACTUAL	TOTAL	PORCENTAJE
8 - 15 %	137,7	774,4	912,1	34,8
15 - 30 %	237,1	735,7	972,8	37,1
30 - 45 %	188,0	251,1	439,1	16,7
45 - 60 %	44,6	135,0	179,6	6,8
> 60 %	35,6	83,8	119,4	4,6
TOTAL	643,0	1.979,9	2.622,9	100,0

Tabla 2. Superficie (ha) frutales en Petorca, según cobertura vegetal sustituida

DESCRIPCION DE VEGETACIÓN	POTENCIAL	ACTUAL	TOTAL	PORCENTAJE
Ciudades-Pueblos-Zonas. Indust.		4,5	4,5	0,2
Matorral Abierto	92,7	667,0	759,7	29,0
Matorral Arborescente Muy Abierto		4,9	4,9	0,2
Matorral Arborescente Semidenso	7,1	54,8	61,9	2,4
Matorral Arborescente Abierto		0,8	0,8	0,0
Matorral Arborescente Denso	0,5		0,5	0,0
Matorral Denso	46,8	46,8	93,6	3,6
Matorral Muy Abierto	34,2	370,7	404,9	15,4
Matorral Semidenso	194,9	348,0	542,9	20,7
Matorral-Suculentas Abierto	156,9	367,0	523,9	20,0
Matorral-Suculentas Semidenso	8,0	10,9	18,9	0,7
Plantación	9,8	29,8	39,7	1,5
Praderas Anuales	79,0	74,8	153,8	5,9
Renoval Semidenso	1,0		1,0	0,0
Terrenos de Uso Agrícola	12,2		12,2	0,5
TOTAL GENERAL	643,0	1.979,9	2.622,9	100,0

Tal como se puede leer de ambas tablas, Petorca presenta un 23,7% de la superficie plantada, equivalente 469,9 ha en pendiente mayor o igual a 30%. Por otro lado, 449,6 ha de las plantadas corresponde a reemplazo de matorrales semidensos y densos, lo que representa el 22,7% de la superficie plantada.

2.1.2 Cuenca La Ligua

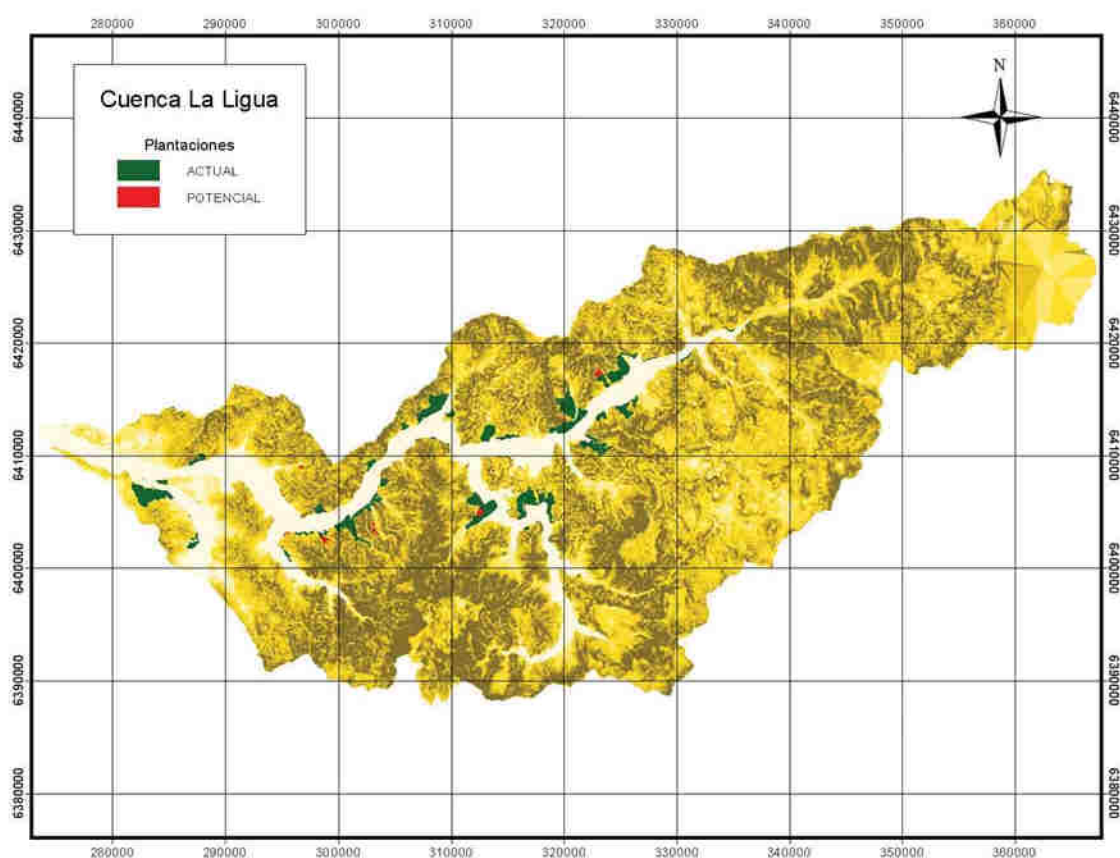


Figura 2. Distribución de frutales en laderas. Cuenca La Ligua.

Tabla 3. Superficies (ha) de frutales en La Ligua, por clases de pendiente

PENDIENTE	POTENCIAL	ACTUAL	TOTAL	PORCENTAJE
8 - 15 %	6,6	561,7	568,3	22,7
15 - 30 %	40,4	1.112,9	1.153,3	46,0
30 - 45 %	45,5	487,3	532,8	21,2
45 - 60 %	3,4	200,4	203,9	8,1
> 60 %	3,4	46,8	50,3	2,0
TOTAL	99,4	2.409,2	2.508,5	100

Tabla 4. Superficie (ha) frutales en La Ligua, según cobertura vegetal sustituida

DESCRIPCION DE VEGETACIÓN	EN PREPARACIÓN	PLANTADA	TOTAL	PORCENTAJE
Lago-Laguna-Embalse-Tranque		3,3	3,3	0,1
Matorral Abierto	31,9	1.142,4	1.174,2	46,8
Matorral Arborescente Muy Abierto	27,2	494,1	521,3	20,8
Matorral Arborescente Semidenso		33,1	33,1	1,3
Matorral Arborescente Abierto		18,0	18,0	0,7
Matorral Denso	10,7	162,2	172,9	6,9
Matorral Muy Abierto		98,4	98,4	3,9
Matorral Semidenso	17,0	300,5	317,6	12,7
Plantación		47,6	47,6	1,9
Praderas Anuales	12,6	77,1	89,7	3,6
Renoval Semidenso		21,5	21,5	0,9
Rotación Cultivo-Pradera		10,9	10,9	0,4
Terrenos de Uso Agrícola				0,0
TOTAL GENERAL	99,4	2.409,2	2.508,5	100,0

En el caso de La Ligua, 734,5 ha de la superficie plantada se encuentra en pendiente mayor o igual a 30%, equivalente al 30,5%. En cuanto a cobertura vegetal, 517,3 ha reemplazaron matorrales semidensos y densos, equivalentes al 21,5 %.

2.1.3 Cuenca Aconcagua

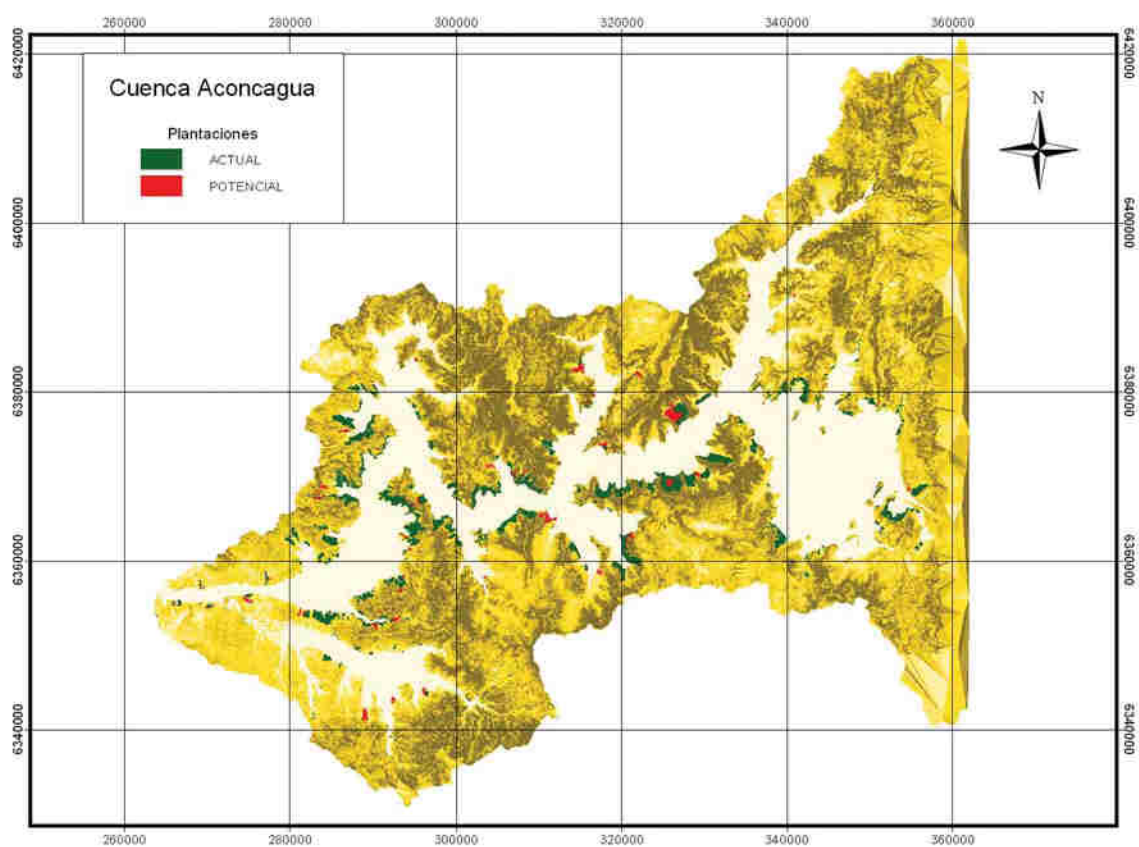


Figura 3. Distribución de frutales en laderas. Cuenca Aconcagua.

Tabla 5. Superficies (ha) de frutales en Aconcagua, por clases de pendiente

PENDIENTE	POTENCIAL	ACTUAL	TOTAL	PORCENTAJE
8 - 15 %	310,9	1.672,1	1.983,0	18,7
15 - 30 %	444,4	4.034,2	4.478,6	42,3
30 - 45 %	210,9	2.333,4	2.544,3	24,0
45 - 60 %	126,4	865,2	991,6	9,4
> 60 %	97,4	493,4	590,8	5,6
TOTAL	1.190,0	9.398,3	10.588,3	100

Tabla 6. Superficie (ha) frutales en Aconcagua, según cobertura vegetal sustituida

DESCRIPCION DE VEGETACIÓN	EN PREPARACIÓN	PLANTADA	TOTAL	PORCENTAJE
Cajas de Ríos		12,5	12,5	0,1
Ciudades-Pueblos-Zonas. Indust.		44,3	44,3	0,4
Matorral Abierto	250,6	3.122,3	3.372,9	31,9
Matorral Arborescente Muy Abierto		98,8	98,8	0,9
Matorral Arborescente Semidenso	155,5	816,1	971,5	9,2
Matorral Arborescente Abierto	71,2	219,8	291,0	2,7
Matorral Arborescente Denso	12,3	78,3	90,6	0,9
Matorral Denso	88,5	251,2	339,7	3,2
Matorral Muy Abierto	233,5	1.129,6	1.363,1	12,9
Matorral Semidenso	248,2	2.716,2	2.964,4	28,0
Matorral-Suculenta Muy Abierto	28,7	7,0	35,7	0,3
Matorral-Suculentas Abierto	49,3	160,0	209,3	2,0
Matorral-Suculentas Semidenso	0,0	216,8	216,8	2,0
Planta. Joven-Recién Cosechada		142,7	142,7	1,3
Plantación	7,5	21,1	28,5	0,3
Praderas Anuales	1,4	25,2	26,6	0,3
Renoval Abierto	8,1	44,6	52,7	0,5
Renoval Denso		54,0	54,0	0,5
Renoval Semidenso	12,2	99,9	112,0	1,1
Rotación Cultivo-Pradera	23,0	76,9	99,9	0,9
Terrenos de Uso Agrícola		61,3	61,3	0,6
TOTAL GENERAL	1.190,0	9.398,3	10.588,3	100

En Aconcagua, 3.692,0 ha. que representan el 39,3% se encuentran en zonas con pendiente mayor o igual a 30%, mientras que la superficie reemplazada por matorrales semidensos y densos es de 4.015,7 ha, equivalente al 42,7% de la superficie plantada en la cuenca.

2.1.4 Cuenca Casablanca

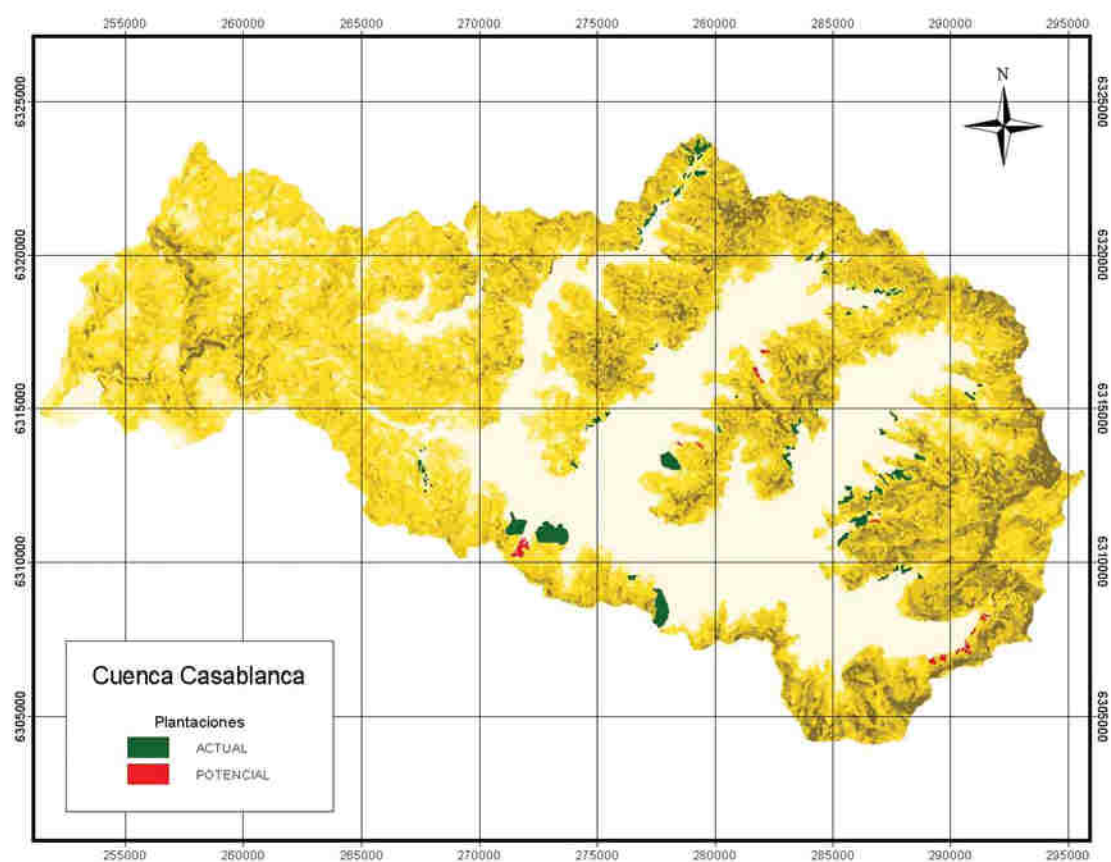


Figura 4. Distribución de frutales en laderas. Cuenca Casablanca.

Tabla 7. Superficies (ha) de frutales en Casablanca, por clases de pendiente

PENDIENTE	POTENCIAL	ACTUAL	TOTAL	PORCENTAJE
8 - 15 %	15,6	175	190,6	38,7
15 - 30 %	30,0	220,4	250,4	50,8
30 - 45 %	4,4	38,4	42,8	8,7
45 - 60 %	1,9	6,3	8,2	1,7
> 60 %		0,8	0,8	0,1
TOTAL	51,9	440,8	492,7	100

Tabla 8. Superficie (ha) frutales en Casablanca, según cobertura vegetal sustituida

DESCRIPCION DE VEGETACIÓN	EN PREPARACIÓN	PLANTADA	TOTAL	PORCENTAJE
Matorral Abierto	6,0	75,3	81,3	16,5
Matorral Arborescente Muy Abierto	0,1	3,1	3,2	0,7
Matorral Arborescente Semidenso	1,6	80,6	82,2	16,7
Matorral Arborescente Abierto		114,9	114,9	23,3
Matorral Arborescente Denso	29,1		29,1	5,9
Matorral Muy Abierto	3,2	6,0	9,2	1,9
Matorral Semidenso	7,6	39,6	47,2	9,6
Planta Joven-Recien Cosechada		3,6	3,6	0,7
Plantación		25,8	25,8	5,2
Praderas Anuales	0,1		0,1	0,0
Renoval Abierto	3,6	38,2	41,8	8,5
Renoval Semidenso	0,6	52,1	52,7	10,7
Rotación Cultivo-Pradera		1,6	1,6	0,3
Terrenos de Uso Agrícola				0,0
TOTAL GENERAL	51,9	440,8	492,6	100

Casablanca presenta 45,5 ha en pendientes iguales o mayores al 30% (10,3%) y 172,3 ha de matorrales densos y semidensos, incluyendo renovales, equivalente al 39,1%. Se tiene por consiguiente, una cuenca con pendiente moderada pero con una intervención de formaciones vegetacionales de matorrales semidensos y densos, superiores a las cuencas de Petorca y la Ligua, hecho explicable por la gradiente vegetal norte-sur

2.2 Superficie total de frutales en las cuencas bajo estudio

En las tablas 9 y 10 se presenta el resumen de las superficies actuales plantadas con frutales y las potenciales, según clases de pendiente, y cobertura vegetal reemplazada, respectivamente.

2. SUPERFICIE ACTUAL DE FRUTALES EN LADERAS Y ZONAS INTERVENIDAS PARA POTENCIALES PLANTACIONES

Tabla 9. Total de superficies (ha) de frutales y en preparación, en laderas según clases de pendiente

CUENCAS	8 - 15%	15 - 30%	30 - 45%	45 - 60%	> 60%	TOTAL
Petorca - actual	774,4	735,7	251,1	135,0	83,8	1.979,9
Petorca - potencial	137,7	237,1	188,0	44,6	35,6	643,0
Total Petorca	912,1	972,8	439,1	179,6	119,4	2.622,9
La Ligua - actual	561,7	1.112,9	487,3	200,4	46,8	2.409,2
La Ligua - potencial	6,6	40,4	45,5	3,4	3,4	99,4
Total La Ligua	568,3	1.153,3	532,8	203,9	50,3	2.508,5
Aconcagua - actual	1.672,1	4.034,2	2.333,4	865,2	493,4	9.398,3
Aconcagua - potencial	310,9	444,4	210,9	126,4	97,4	1.190,0
Total Aconcagua	1.983,0	4.478,6	2.544,3	991,6	590,8	10.588,3
Casablanca - actual	175,0	220,4	38,5	6,3	0,8	440,8
Casablanca - potencial	15,6	30,0	4,4	1,9		51,9
Total Casablanca	190,6	250,4	42,8	8,2	0,8	492,7
Total superficie actual	3.183,2	6.103,2	3.110,1	1.206,9	624,8	14.228,2
Total superficie potencial	470,8	751,9	448,8	176,3	136,5	1.984,2
Total superficie en laderas	3.654,0	6.855,1	3.558,9	1.383,2	761,2	16.212,4

La Tabla 9 indica que existen 16.212,4 ha que se han intervenido en las laderas de las cuatro cuencas en estudio, de las cuales 14.228,2 ha se encuentran con plantaciones a febrero 2007 y 1.984,2 ha corresponden a suelos en preparación cuyo destino será en un alto porcentaje de frutales en laderas.

La distribución total de la superficie plantada en laderas, indica que un 65,3% se encuentra en pendientes entre 8 y 30% con un total de 9.286,4 ha y el 34,7% en pendientes mayores a 30%, que corresponde a 4.941,8 ha.

2. SUPERFICIE ACTUAL DE FRUTALES EN LADERAS Y ZONAS INTERVENIDAS PARA POTENCIALES PLANTACIONES

Tabla 10. Superficies intervenidas en laderas, según cobertura vegetal

DESCRIPCIÓN	POTENCIAL	ACTUAL	TOTAL	PORCENTAJE
Matorral Abierto	381,1	5006,9	5388,1	33,2
Matorral Arborescente Muy Abierto	27,3	600,9	628,2	3,9
Matorral Arborescente Semidenso	164,2	984,6	1148,8	7,1
Matorral Arborescente Abierto	71,2	353,5	424,6	2,6
Matorral Arborescente Denso	41,9	78,3	120,2	0,7
Matorral Denso	146,0	460,2	606,2	3,7
Matorral Muy Abierto	270,9	1604,7	1875,6	11,6
Matorral Semidenso	467,8	3404,3	3872,0	23,9
Matorral-Suculenta Muy Abierto	28,7	7,0	35,7	0,2
Matorral-Suculentas Abierto	206,2	527,0	733,2	4,5
Matorral-Suculentas Semidenso	8,0	227,7	235,7	1,5
Planta. Joven-Recién Cosechada	0,0	146,3	146,3	0,9
Plantación	17,3	124,3	141,6	0,9
Praderas Anuales	93,0	177,1	270,1	1,7
Renoval Abierto	11,7	82,8	94,5	0,6
Renoval Denso	0,0	54,0	54,0	0,3
Renoval Semidenso	13,7	173,5	187,2	1,2
Rotación Cultivo-Pradera	23,0	89,4	112,4	0,7
Terrenos de Uso Agrícola	12,2	61,3	73,4	0,5
Cajas de Ríos	0,0	12,5	12,5	0,1
Ciudades-Pueblos-Zonas Indus.	0,0	48,7	48,7	0,3
Lago-Laguna-Embalse-Tranque	0,0	3,3	3,3	0,0
TOTAL	1984,2	14228,1	16212,4	100

De la tabla resumen se tiene que se han reemplazado por actuales cultivos en laderas, 5.154,9 ha de matorrales, matorrales arborescentes y renovales, con coberturas semidensas y densas, equivalentes al 36,2% de la superficie total; de igual forma, del total de la superficie en preparación, 833,6 ha equivalentes al 42,0% del total intervenido, se encuentran en formaciones similares.

3. MODELO GENERAL DE RIESGO

El objetivo del estudio es determinar y evaluar las laderas plantadas con frutales, la situación de fragilidad, las coberturas vegetacionales intervenidas, incluyendo las zonas en preparación en el área de estudio, comprendida por las Cuencas de Petorca, La Ligua, Aconcagua y Casablanca.

Con la finalidad anterior se describe la metodología utilizada (Figura 5) y el modelo de vulnerabilidad aplicado. En él se considera el concepto de Riesgo (R) de un sistema a sufrir un desastre, como el resultado de calcular la potencial acción de una amenaza determinada (A), con las condiciones de vulnerabilidad (V) del sistema ($R = A \times V$).

De esta forma, la evaluación del Riesgo permite establecer limitaciones y tiene como objetivo identificar zonas peligrosas en el espacio, donde el uso de suelo colocaría a las estructuras en peligro o riesgo de ser dañadas o destruidas.

La introducción de plantaciones en laderas se plantea, por consiguiente, como una amenaza que actúa sobre la vulnerabilidad del sistema que esta integrado por factores de diversidad florística, fauna, suelo, agua, infraestructura y población, el cual puede perder el equilibrio y provocar desastres, de no mediar “buenas prácticas agrícolas” y una adecuada planificación del territorio.

Metodología

Se siguió una metodología multicriterio cuya característica principal es la diversidad de factores que se integran en el proceso de evaluación. La particularidad está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad. En este caso es un método de evaluación multicriterio, de variables discretas, con medición de preferencias por agregación de criterios mediante juicio de expertos (Figura 5).

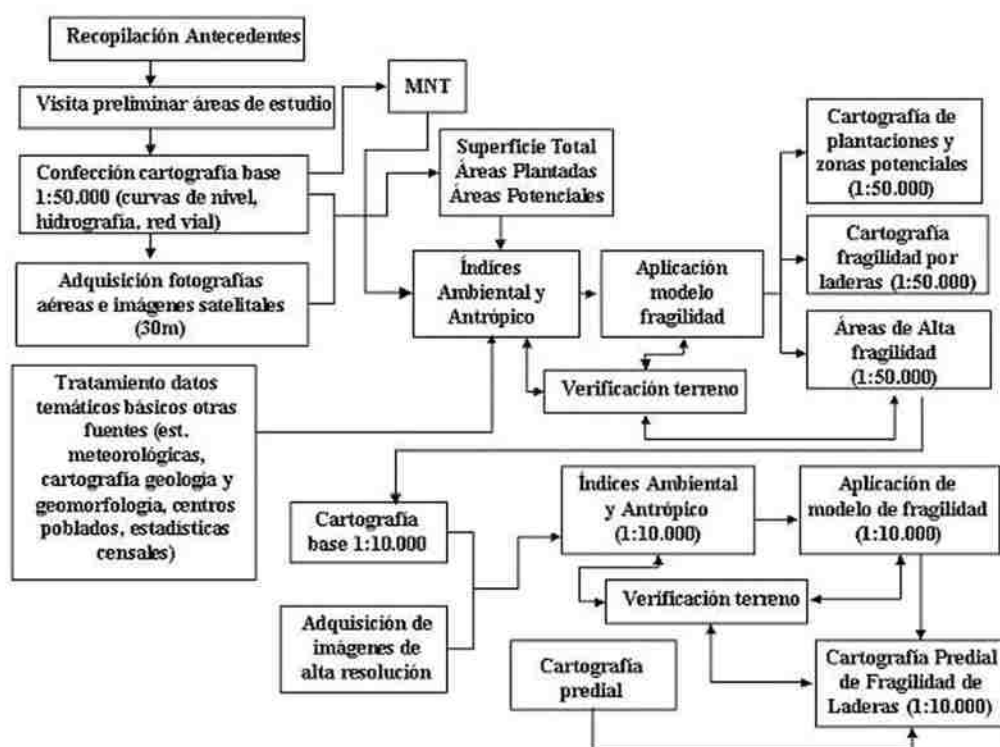


Figura 5. Diagrama metodológico general.

En una primera etapa se plantea la construcción de la vulnerabilidad a partir de una serie de datos básicos correspondientes a la configuración de los elementos de fragilidad física de las laderas, biológicos y antrópicos (Figura 6).

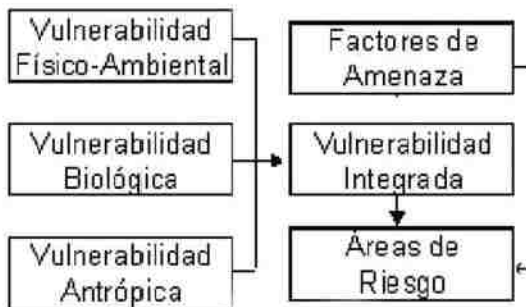


Figura 6. Modelo General de Riesgo.

La zonificación de vulnerabilidad se plasma, por consiguiente, en la obtención de tres subíndices, que se integran mediante modelos matriciales, elaborados con consulta a expertos.

Unidad de estudio

La base del estudio, como unidad cartográfica de análisis, correspondió a las microcuencas definidas en cada cuenca a partir de la construcción de un Modelo Numérico del Terreno (MNT) y constituyen la cartografía base, según se muestra en las figuras 8, 9, 10 y 11.

La construcción del MNT se realizó con el apoyo de la estructura hídrica, caminos y curvas de nivel en 3D, más la utilización de datos satelitales y fotografías aéreas, el resultado fue un MNT con error menor a 5 m en X y 7 m en Z (Figura 7).



Figura 7. Modelo Numérico del Terreno (MNT) para la zona de Casablanca.



Figura 8. Petorca. 1.635 microcuencas con tamaño promedio de 121 ha.



Figura 10. Aconcagua. 3.083 microcuencas, con un tamaño promedio de 156 ha.



Figura 9. La Ligua. 1.652 microcuencas, con tamaño promedio de 11 ha.

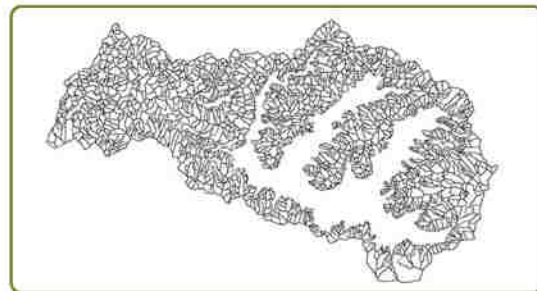


Figura 11. Casablanca. 1.646 microcuencas con un tamaño promedio de 37 ha.

3.1 Vulnerabilidad Físico-Ambiental

El índice de vulnerabilidad físico-ambiental está integrado por la degradación específica, de riesgo hidrológico, fragilidad de suelo y vulnerabilidad geológica y su desarrollo siguió la metodología que se indica en la Figura 12.

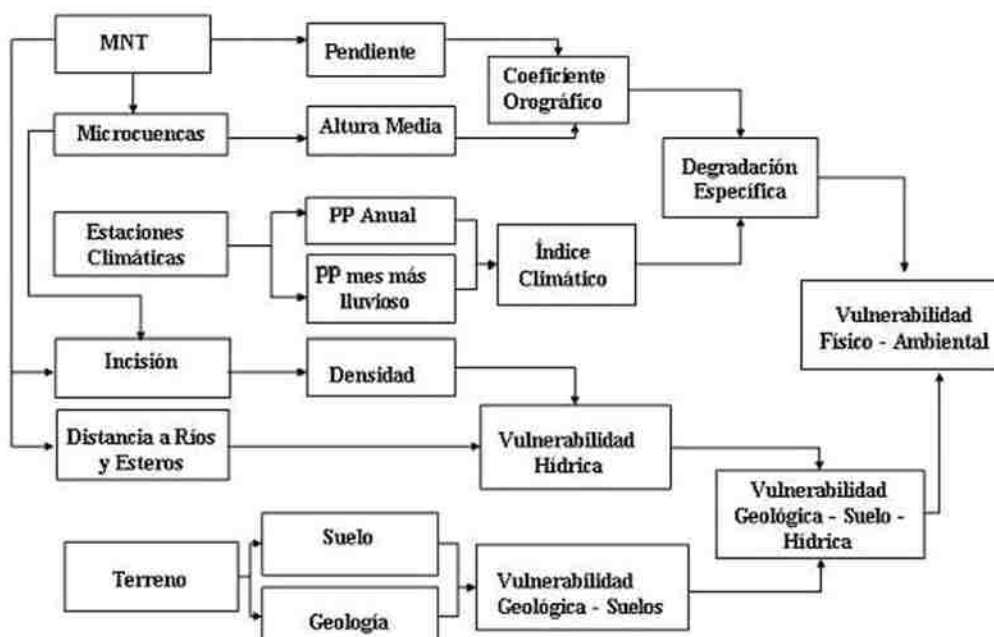


Figura 12. Diagrama metodológico vulnerabilidad físico-ambiental.

La vulnerabilidad físico-ambiental considera la potencialidad del territorio a degradarse, de suceder eventos externos, sean naturales o inducidos.

3.1.1 Degradación específica de laderas

Este índice corresponde a la degradación del suelo bajo los efectos de la acción de la precipitación y en función de la orotopografía del lugar, correspondiendo a la siguiente expresión:

$$qs = 2.65 \log (P/P^*) + 0.46 \log (Co - 1.56)$$

Donde:

qs = Potencial de degradación específica, en T/año

P = Módulo de precipitación anual o módulo pluviométrico

P* = Precipitación del mes de máxima pluviosidad

Co = Coeficiente orográfico, en porcentaje

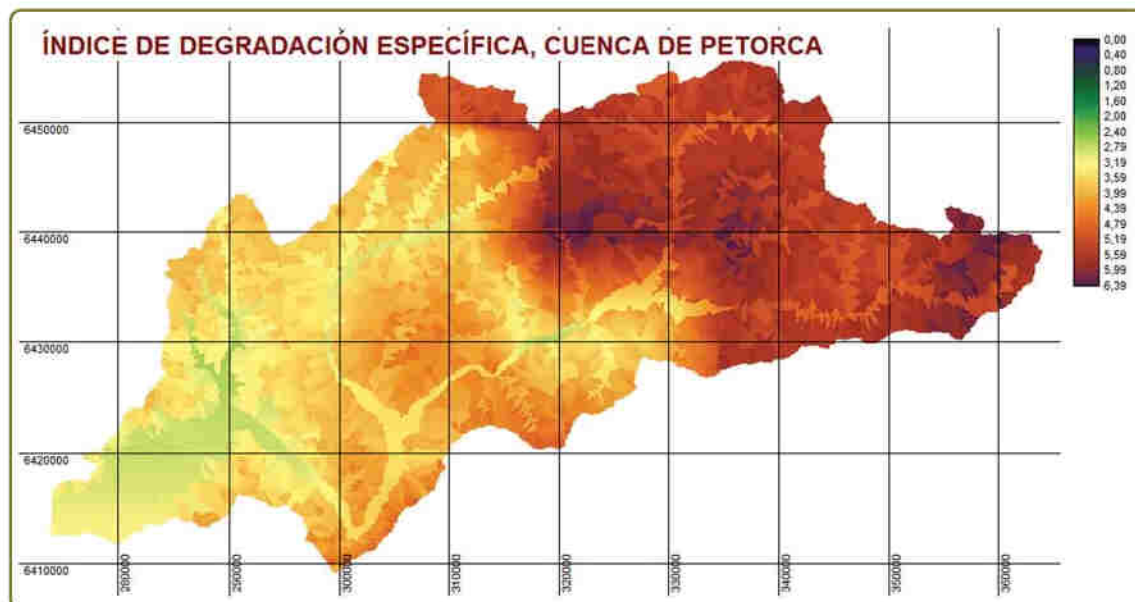


Figura 13. Índice de degradación específica de Petorca.

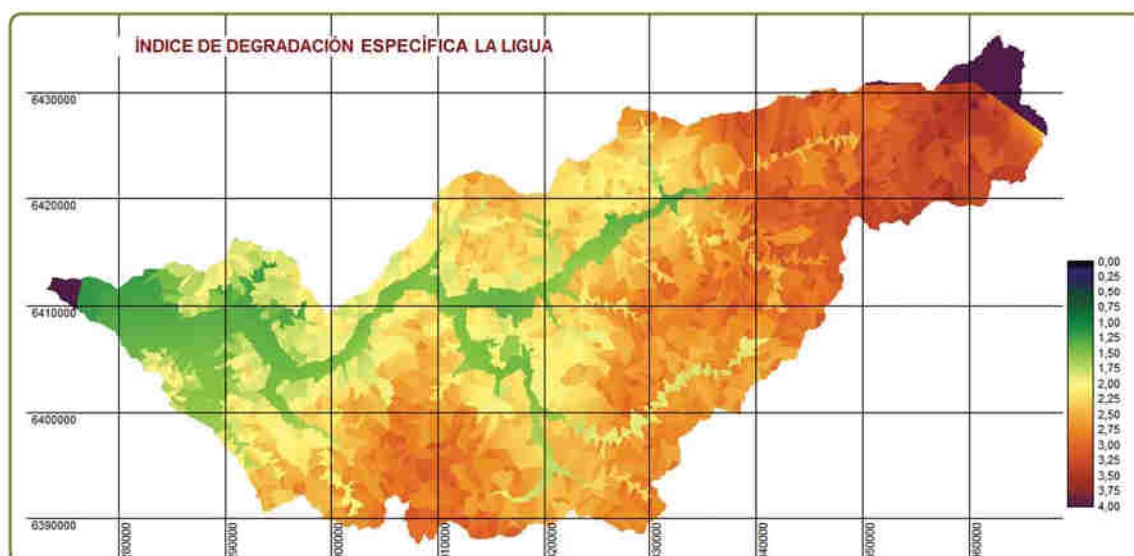


Figura 14. Índice de degradación específica de La Ligua.

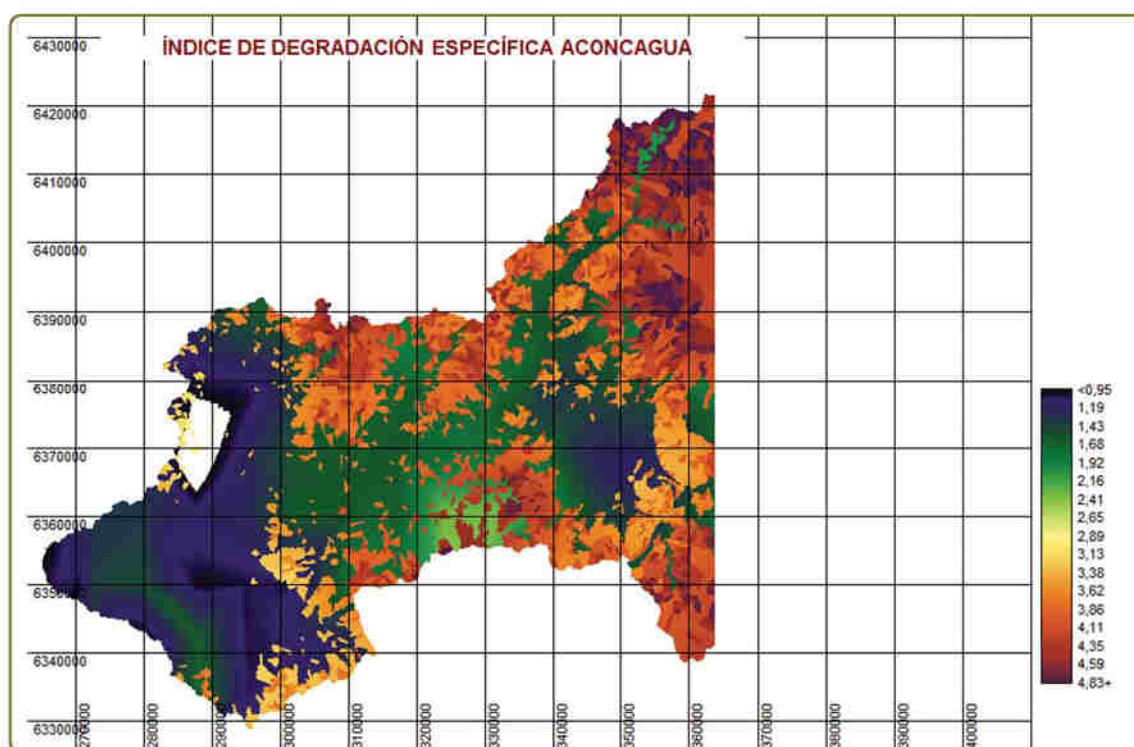


Figura 15. Índice de degradación específica de Aconcagua.

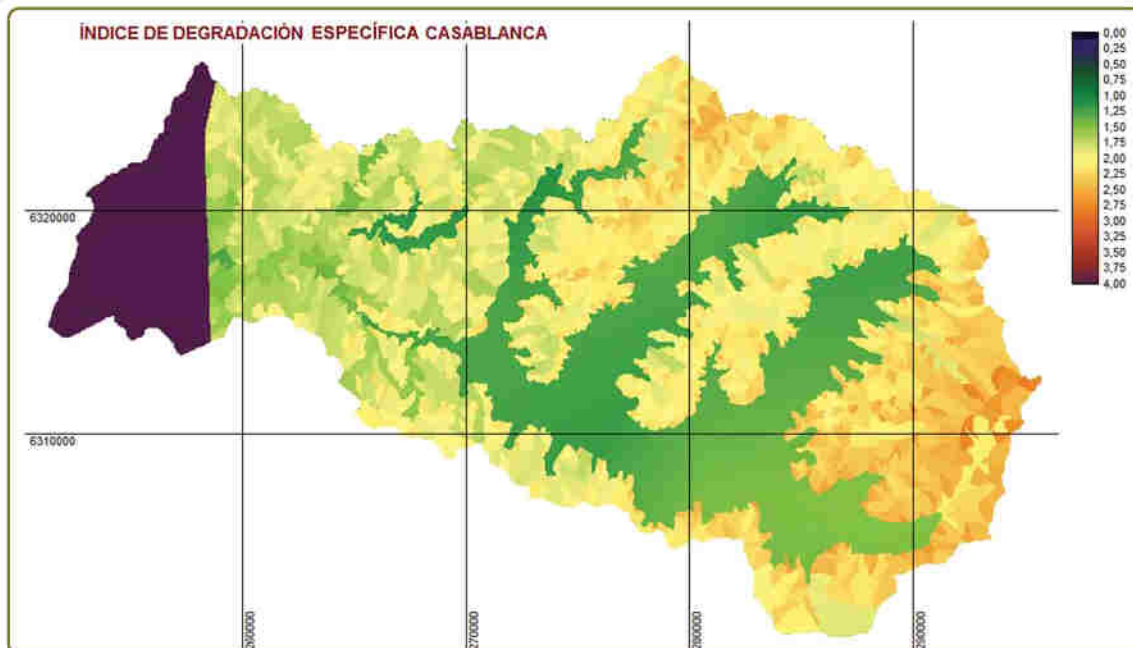


Figura 16. Índice de degradación específica de Casablanca.

3.1.2 Vulnerabilidad geología-suelo

Las plantaciones de frutales en laderas concentran la escorrentía superficial en las zonas intercamellón, por ello y la forma de alteración que introducen al suelo, es importante la variable suelo y geología, especialmente por la probabilidad de desarrollarse los denominados “procesos en laderas” (Tarbuck, 1999), entendiéndose por esto, los movimientos pendiente bajo de roca, regolito y suelo, bajo la influencia directa de la gravedad. La saturación de los suelos en camellón, pueden revestir, entonces, una amenaza, especialmente si el substrato geológico es impermeable.

La vulnerabilidad geológica se define, por consiguiente, por las propiedades de infiltración, clasificando de esta manera los distintos espacios geológicos de cada una de las cuencas en estudio, variable que en conjunto con la variable suelo (textura y profundidad) permitieron determinar la vulnerabilidad geo-edafológica de las laderas de las cuencas (figuras 17, 18, 19 y 20).

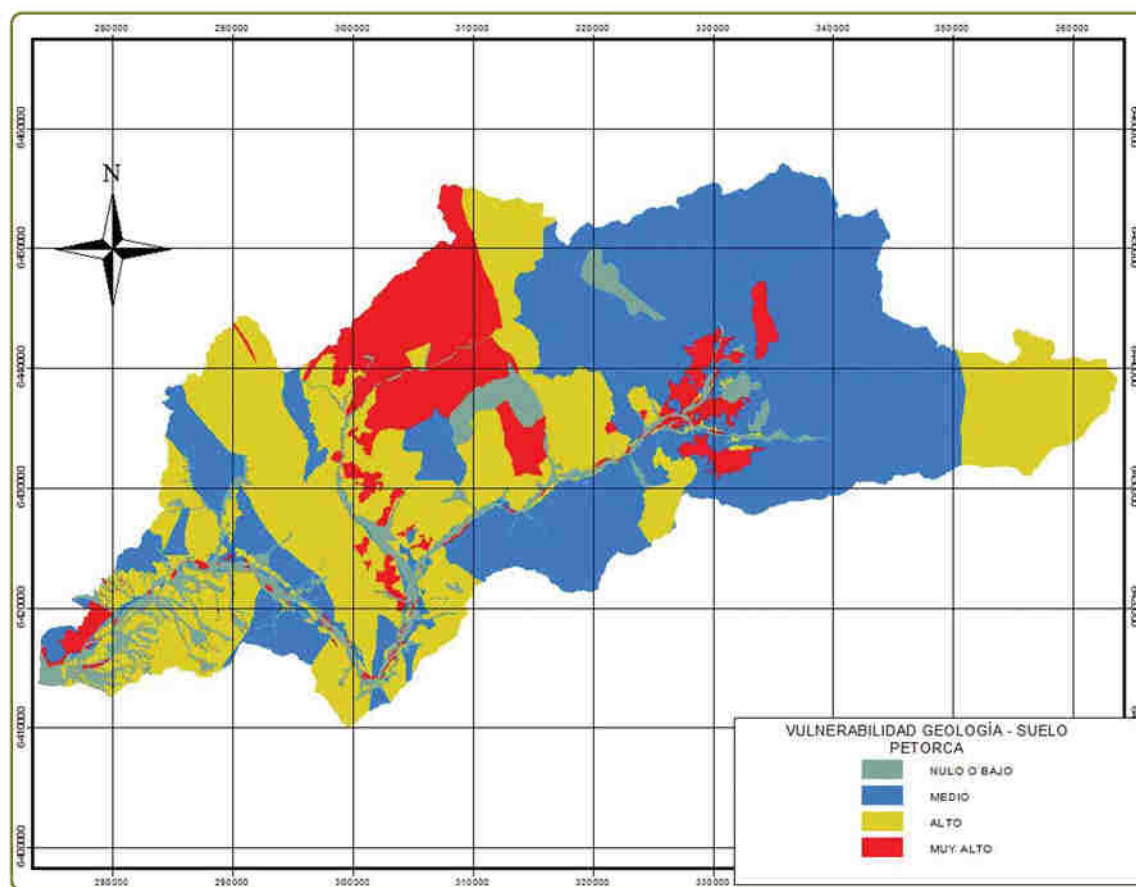


Figura 17. Vulnerabilidad de geología - suelo. Cuenca Petorca.

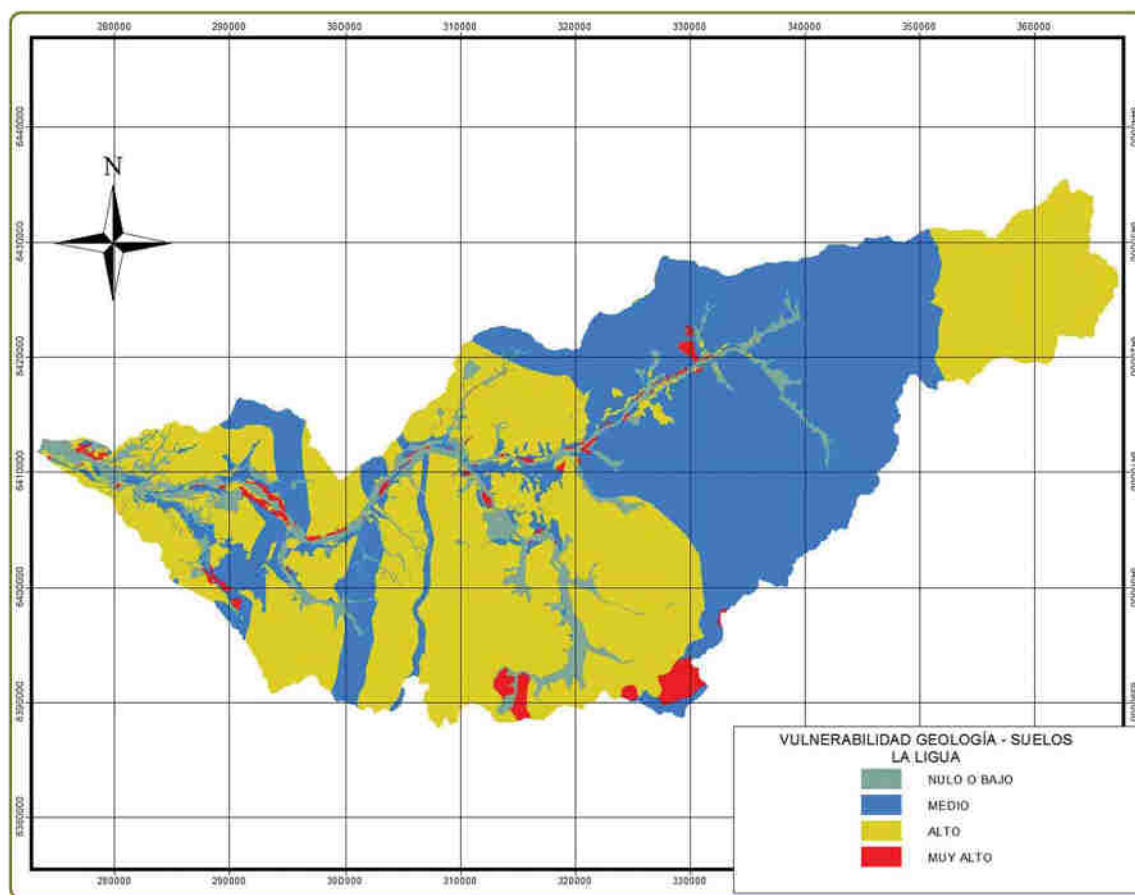


Figura 18. Vulnerabilidad geología - suelo. Cuenca La Ligua.

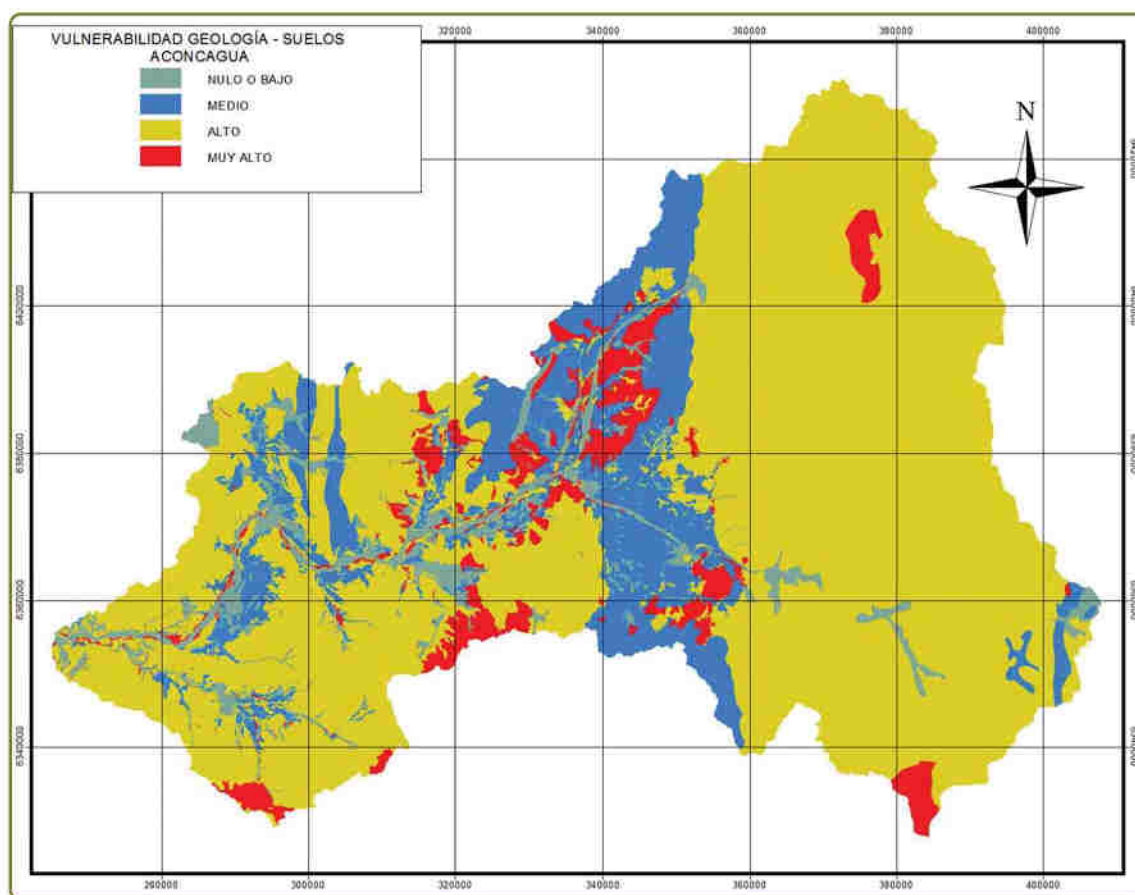


Figura 19. Vulnerabilidad geología - suelo. Cuenca Aconcagua.

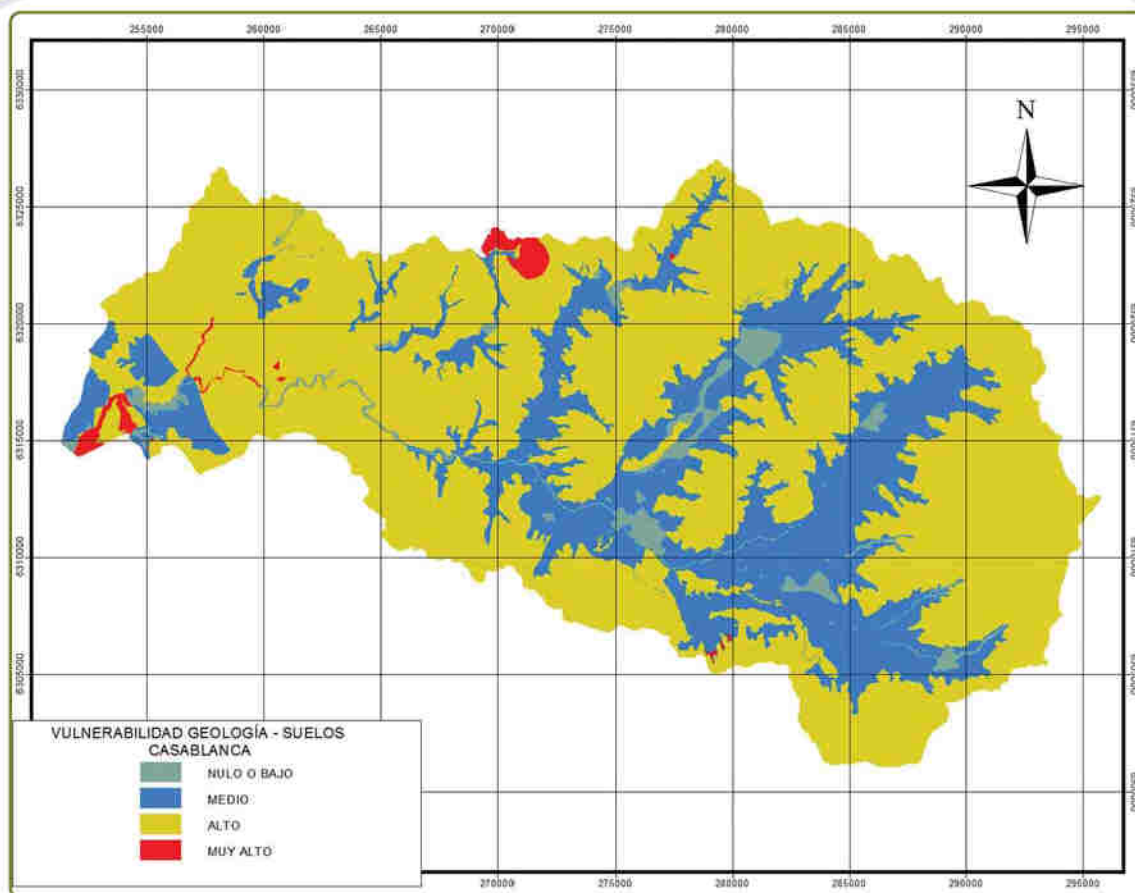


Figura 20. Vulnerabilidad geología - suelo. Cuenca Casablanca.

Los resultados obtenidos por cuenca se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11. Superficies por vulnerabilidad geología - suelo por cuencas

VULNERABILIDAD	SUPERFICIE (ha)			
	PETORCA	LIGUA	ACONCAGUA	CASABLANCA
1	16.418,7	14.778,9	49.045,1	1.915,9
2	88.816,2	84.494,4	109.748,5	16.166,1
3	68.615,1	95.820,2	529.661,8	44.000,3
4	24.680,0	3.596,4	44.513,0	606,6

3.1.3 Vulnerabilidad hídrica de laderas

La densidad de drenaje se clasificó en cuatro clases de riesgo, considerando que a mayor densidad, mayor escurrimiento superficial y mayor es el riesgo de pérdida de suelo, tal como lo establece la metodología desarrollada para la zona Centro - Sur por el Service Geologique International (BRGM, 1996).

Se agregó en el análisis, a la variable anterior, la distancia promedio de las microcuencas a los sistemas hídricos formados separadamente por los esteros y por los ríos, utilizándose el promedio de ambas distancias como el riesgo de colmatación de estos cursos de agua (figuras 21, 22, 23 y 24).

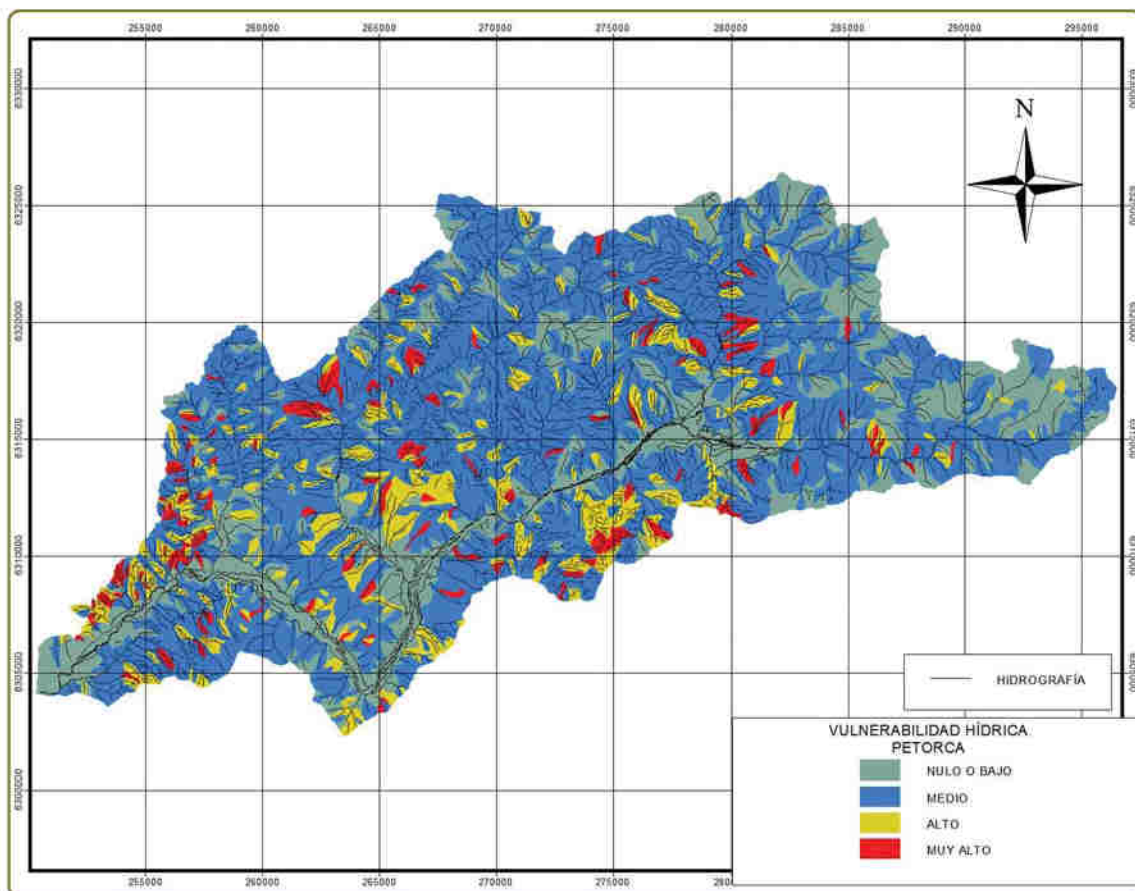


Figura 21. Vulnerabilidad hídrica. Cuenca Petorca.

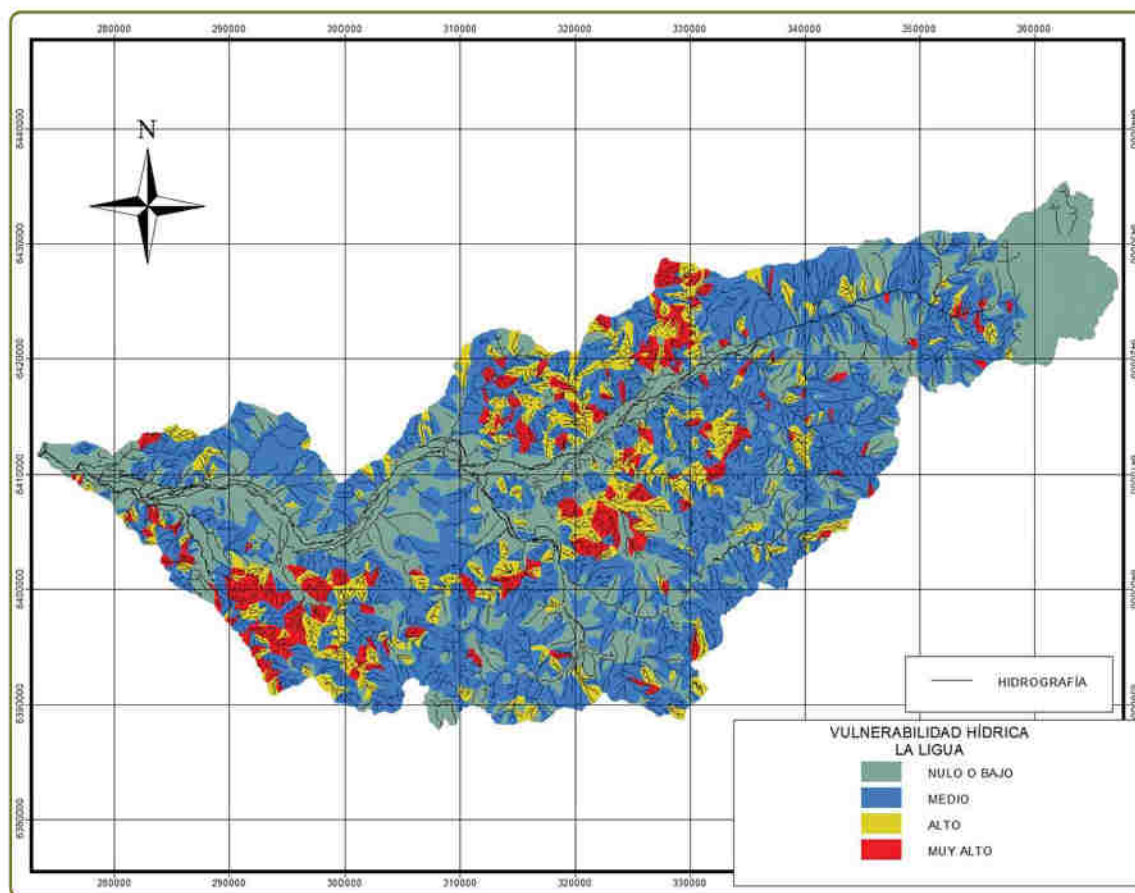


Figura 22. Vulnerabilidad hídrica. Cuenca La Ligua.

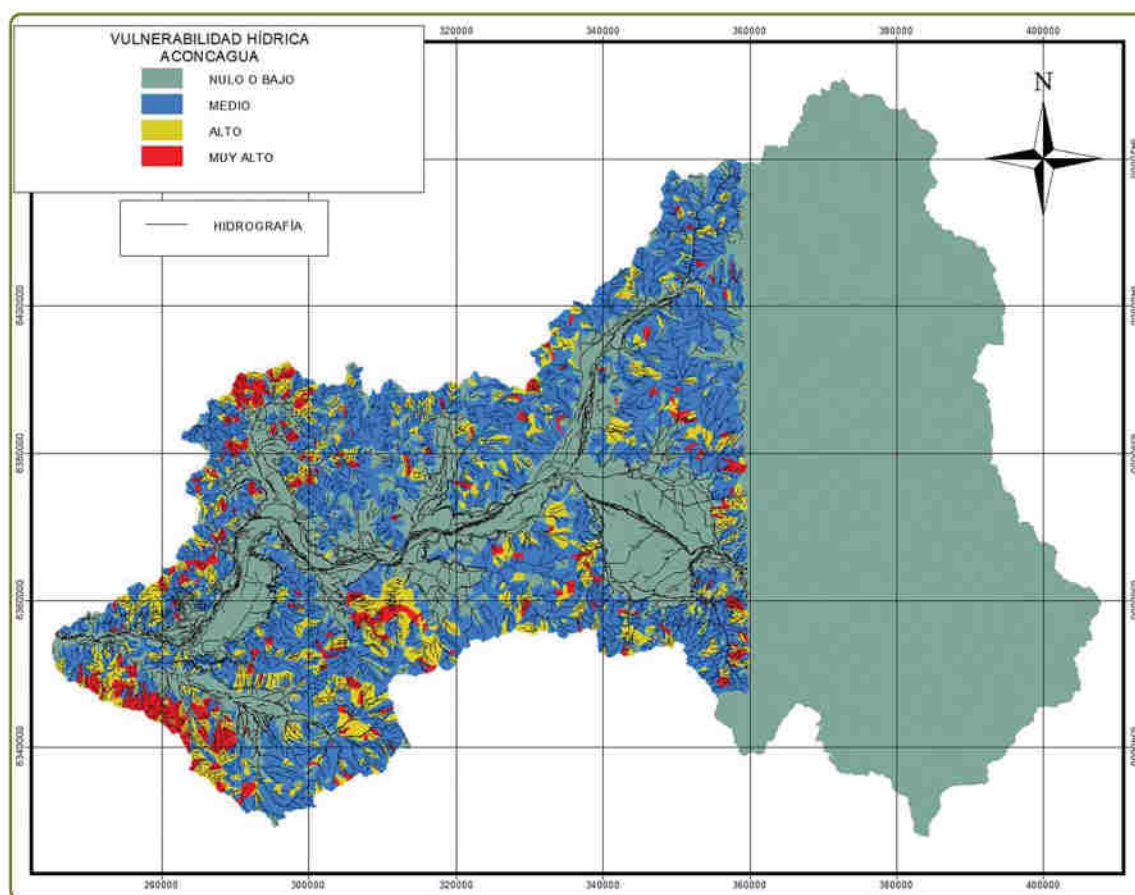


Figura 23. Vulnerabilidad hídrica. Cuenca Aconcagua.

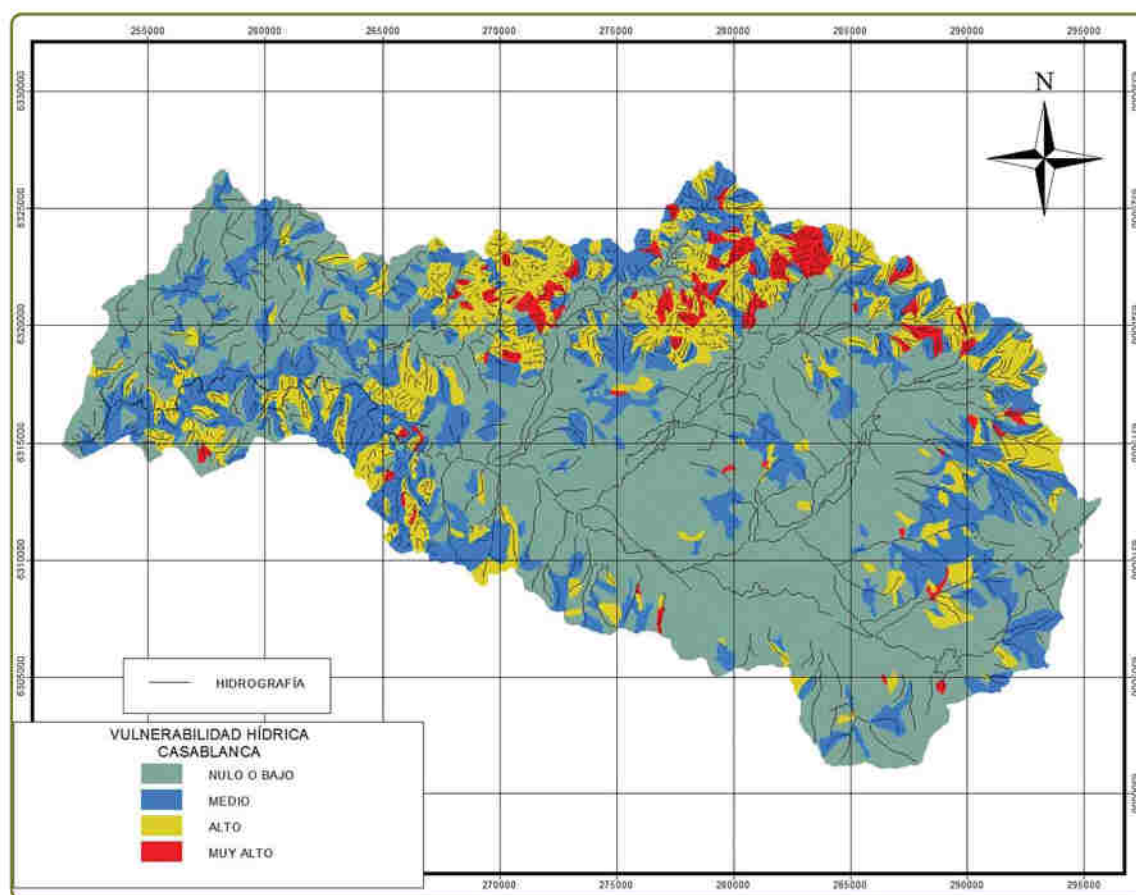


Figura 24. Vulnerabilidad hídrica. Cuenca Casablanca.

3.1.4 Resultado Índice de vulnerabilidad físico-ambiental

El resultado final de la vulnerabilidad físico-ambiental se estableció mediante un modelo matricial que combina las variables descritas en dos y luego se combinan sus resultados, como se indica en la Tabla 12. El resultado en las figuras 25,26,27, 28 y las superficies por cuenca en la Tabla 13.

Tabla 12. Modelo de vulnerabilidad físico-ambiental (geología, suelo, hídrico -degradación específica)

Geo-edafo-hídrico/ Deg. específica	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	3
3	2	2	3	4
4	2	3	4	4

3.1.4.1 Cuenca Petorca

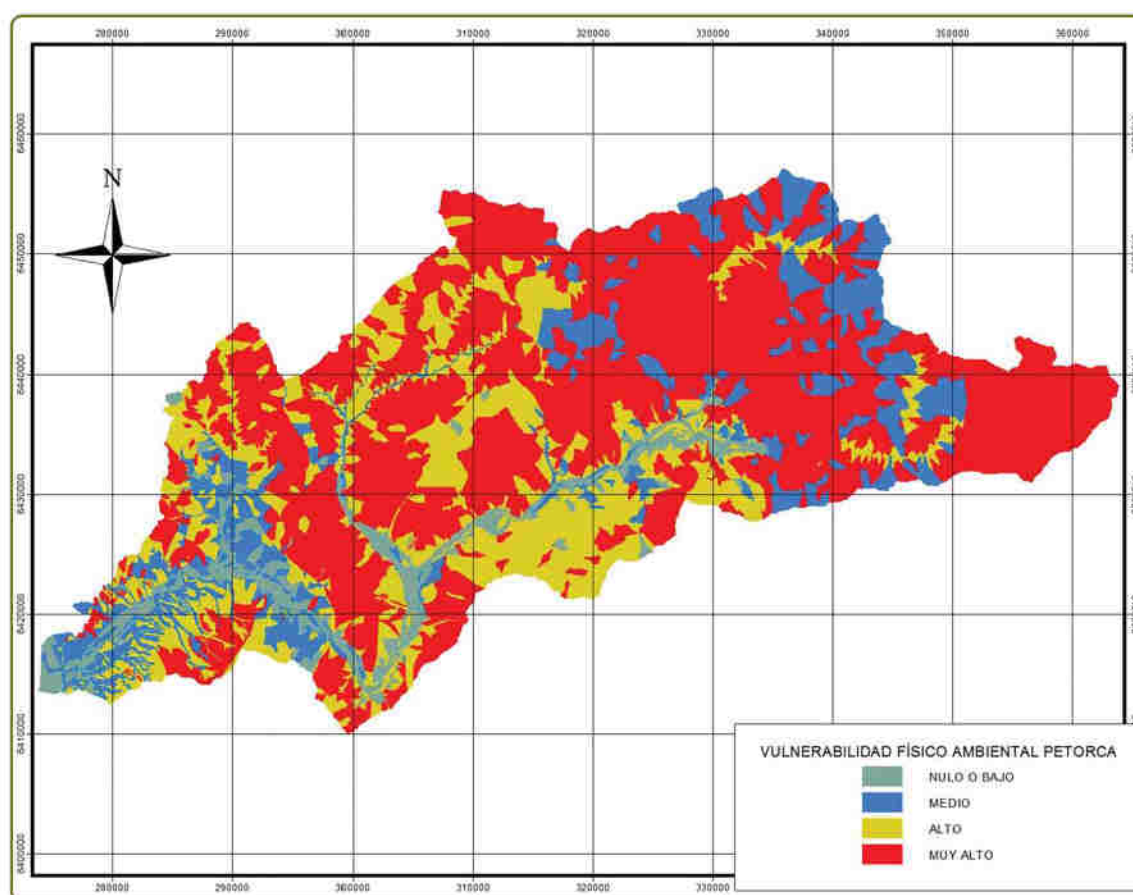


Figura 25. Vulnerabilidad físico-ambiental. Cuenca Petorca.

3.1.4.2 Cuenca La Ligua

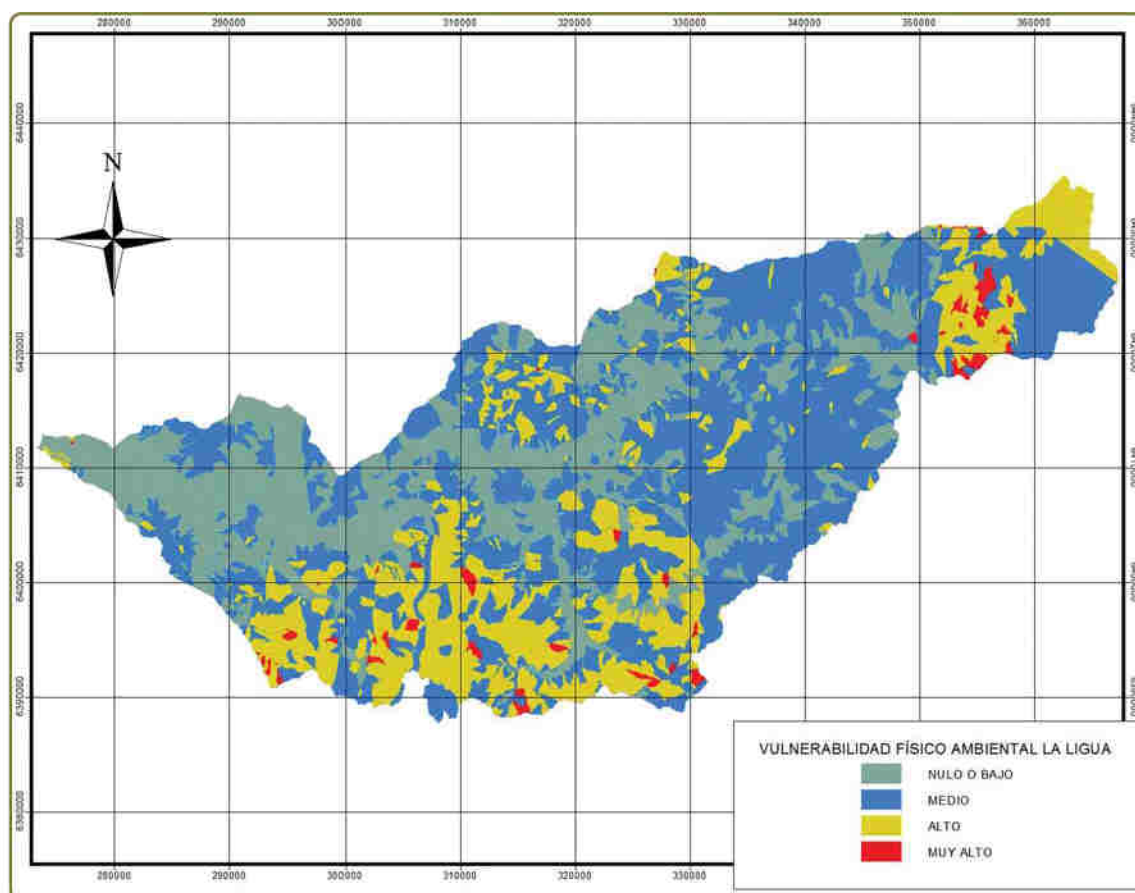


Figura 26. Vulnerabilidad físico-ambiental. Cuenca La Ligua.

3.1.4.3 Cuenca Aconcagua

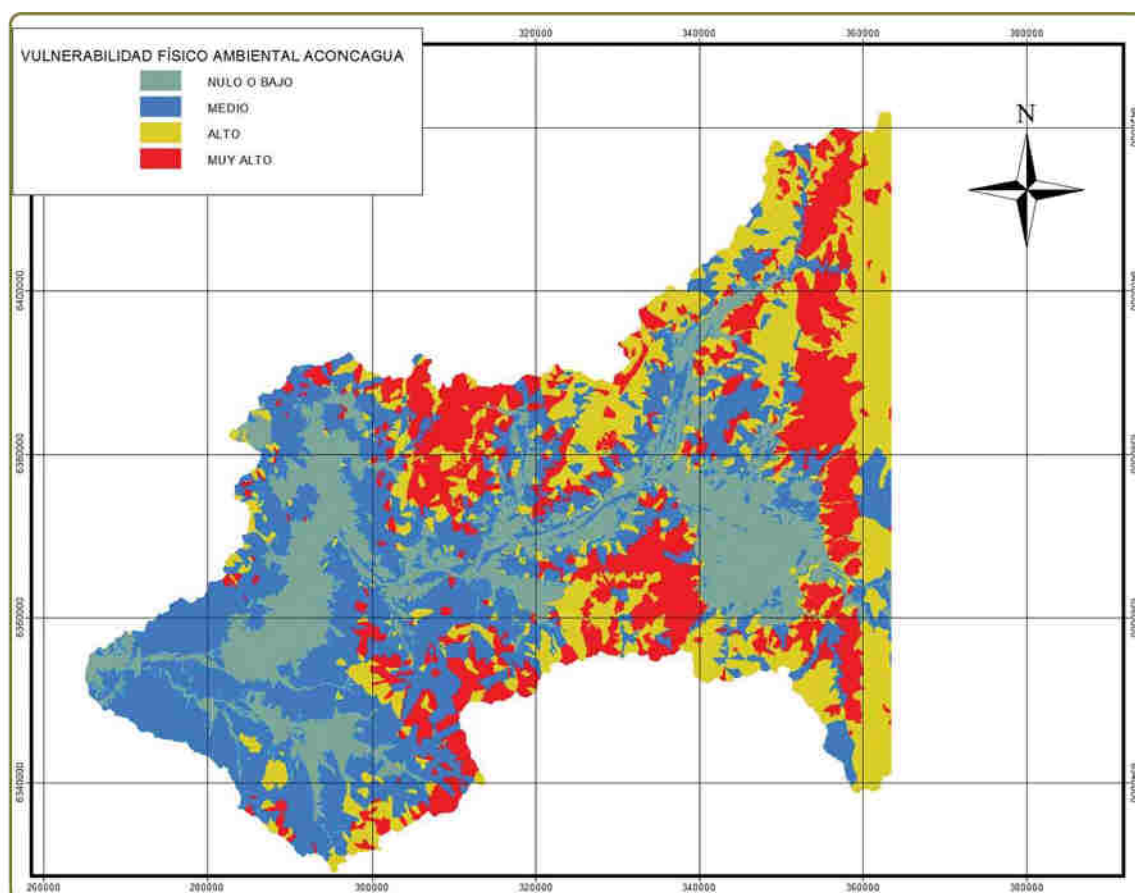


Figura 27. Vulnerabilidad físico-ambiental. Cuenca Aconcagua.

3.1.4.4 Cuenca Casablanca

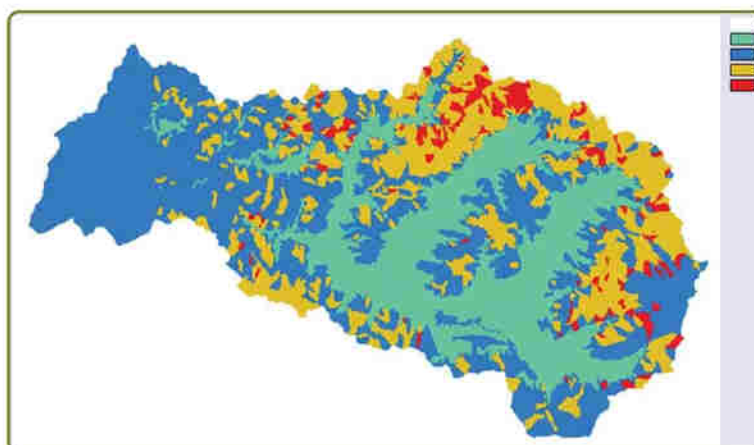


Figura 28. Vulnerabilidad físico-ambiental. Cuenca Casablanca.

VULNERABILIDAD	SUPERFICIE (ha)			
	PETORCA	LIGUA	ACONCAGUA	CASABLANCA
1	12.250,2	61.764,7	95.202,7	16.645,0
2	29.846,4	91.372,5	152.739,8	28.352,7
3	46.133,8	42.529,9	109.649,5	15.063,7
4	110.096,5	2.813,6	90.761,6	2.523,4

De la Tabla 13 y de la distribución espacial que presentan las clases de vulnerabilidad en las cuencas, se deduce que la cuenca de mayor vulnerabilidad físico-ambiental es Petorca, no obstante en términos de superficie, la de mayor fragilidad es Aconcagua, siendo Casablanca la de menor fragilidad o vulnerabilidad, tanto por la superficie como por la distribución espacial de la clase de muy alta vulnerabilidad (4).

3.2 Vulnerabilidad biológica

Este índice está compuesto por la vulnerabilidad asociada a la vegetación y a la fauna, a partir de los factores de naturalidad, singularidad y conservación en que se encuentran las formaciones vegetales y de la fragilidad de hábitat, conservación y corredores biológicos de fauna, en cada cuenca en estudio, tal como se muestra en la Figura 29.

Para el desarrollo de este índice se realizó un estudio descriptivo a partir de la cartografía de vegetación desarrollada por el proyecto, la cual se verificó en terreno, al igual que la flora y fauna.

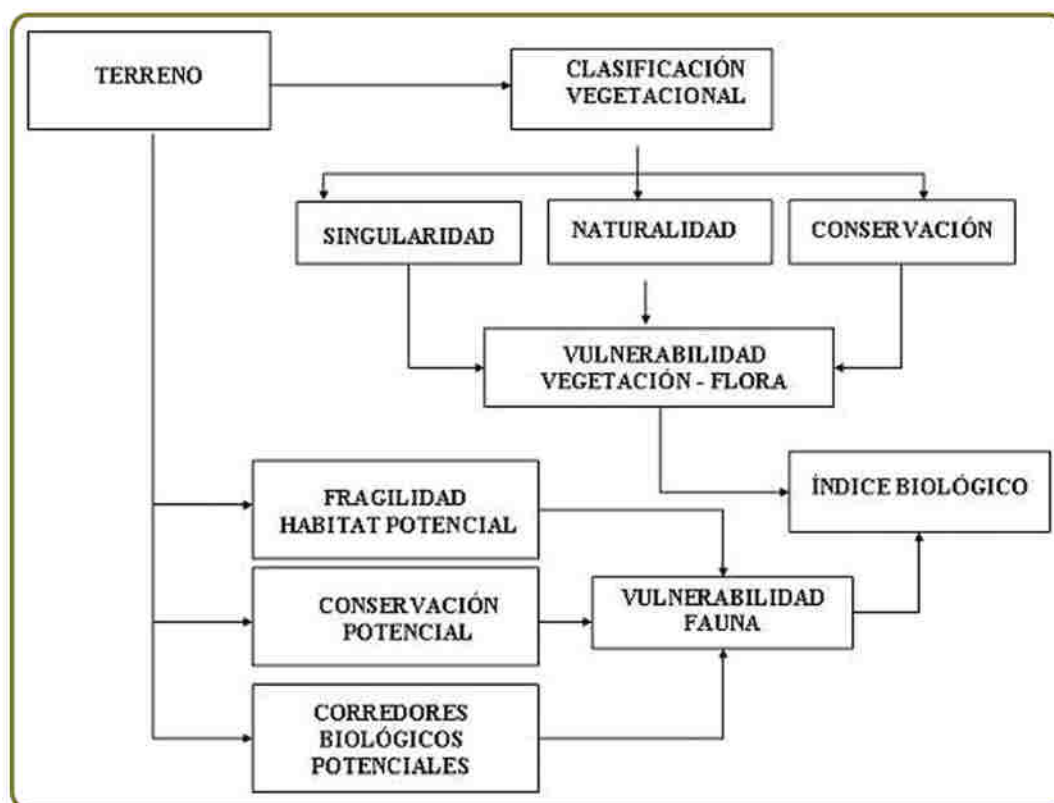


Figura 29. Diagrama metodológico del índice biológico.

3.2.1 Evaluación de vulnerabilidad de la vegetación y flora

La cartografía de coberturas vegetacionales de cada cuenca, actualizadas a la fecha de las imágenes satelitales (marzo de 2005) y verificadas en terreno en octubre de 2006, se determinó a partir de un proceso de clasificación supervisada segmentada (Castro, 2002)

teniendo como base los resultados del Catastro Nacional de Vegetación Nativa (CONAF-CONAMA, 1997). Los resultados se presentan en las figuras 30, 31, 32 y 33.

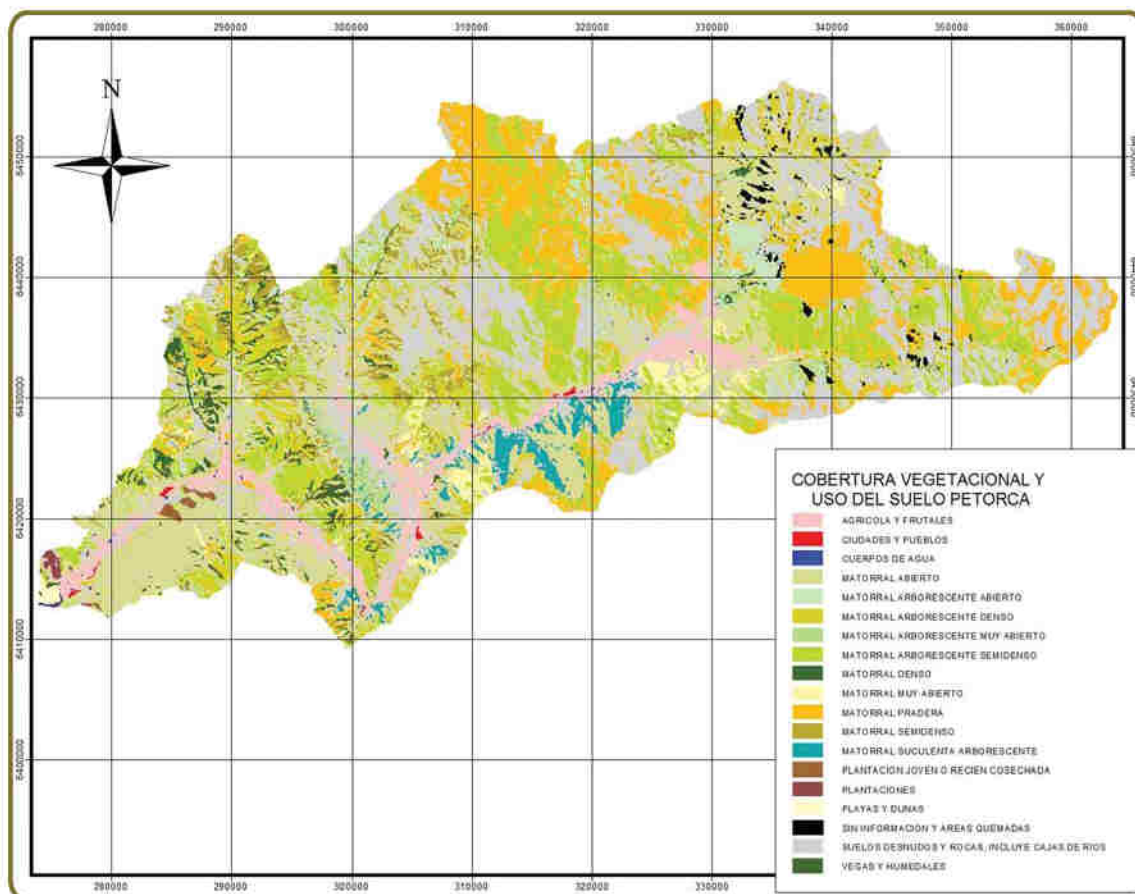


Figura 30. Cobertura vegetal y uso del suelo. Cuenca Petorca

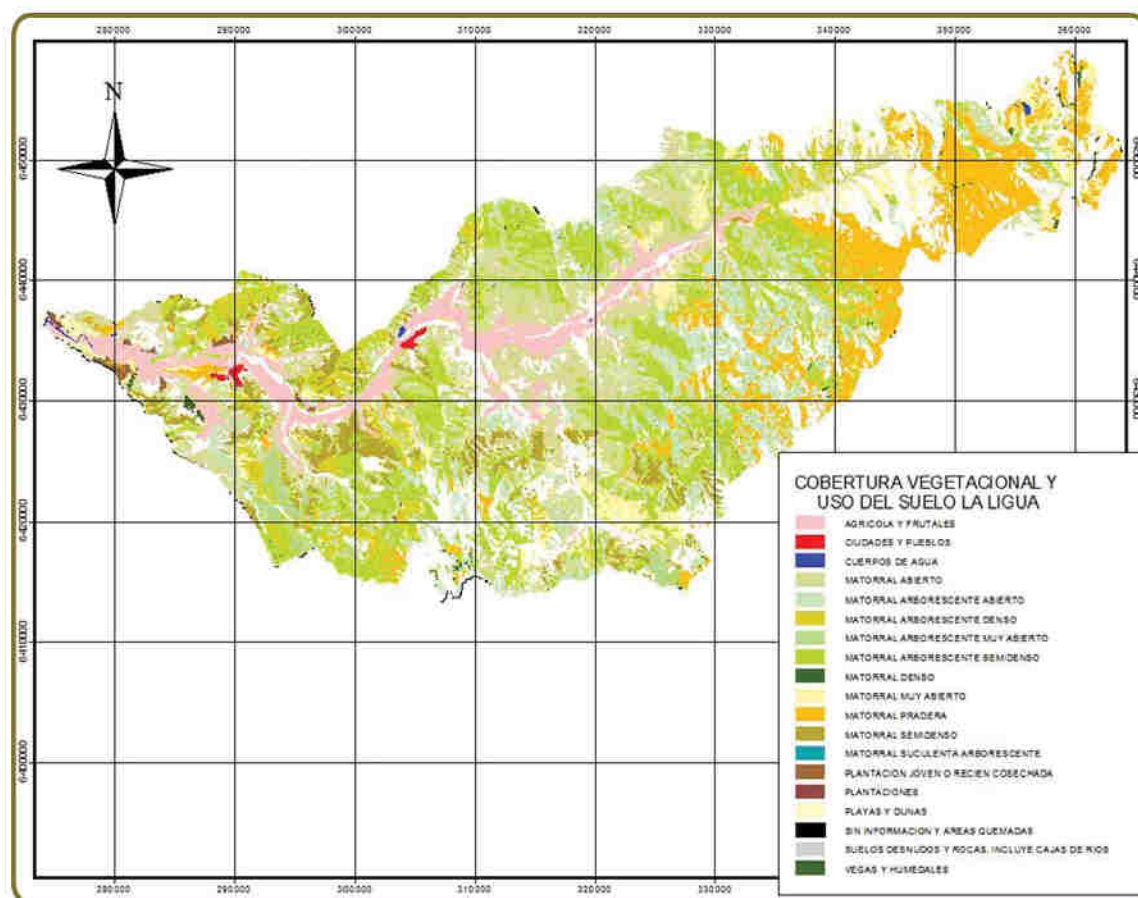


Figura 31. Cobertura vegetal y uso actual del suelo. Cuenca La Ligua.

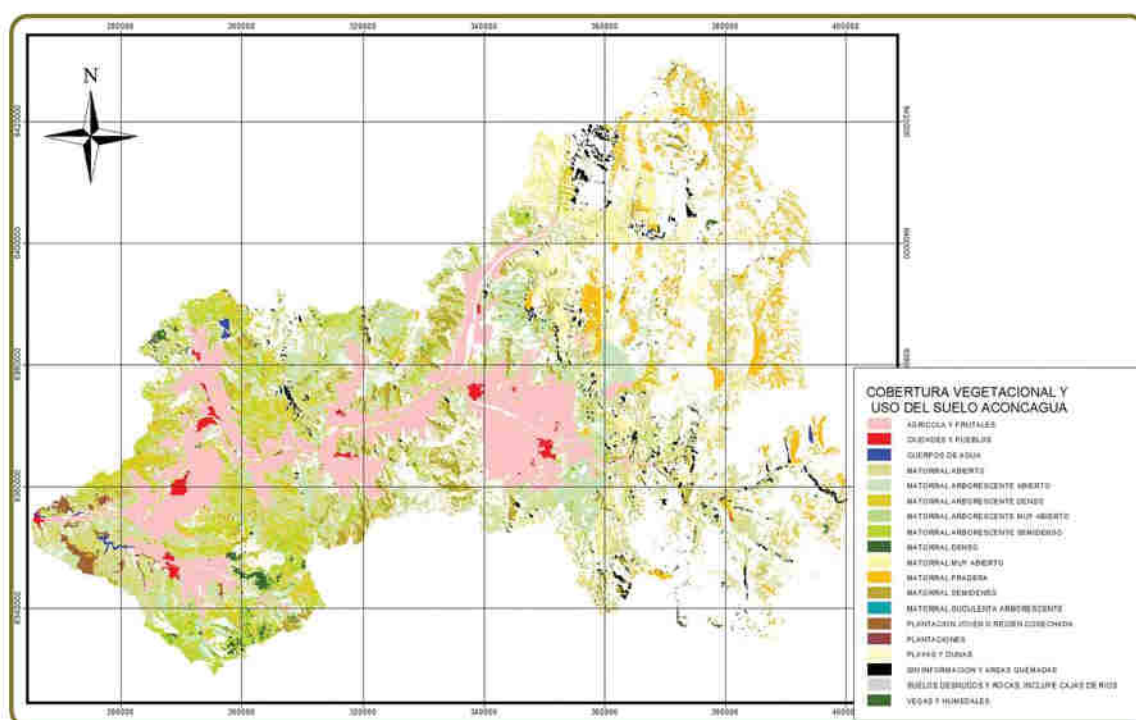


Figura 32. Cobertura vegetal y uso actual del suelo. Cuenca Aconcagua.

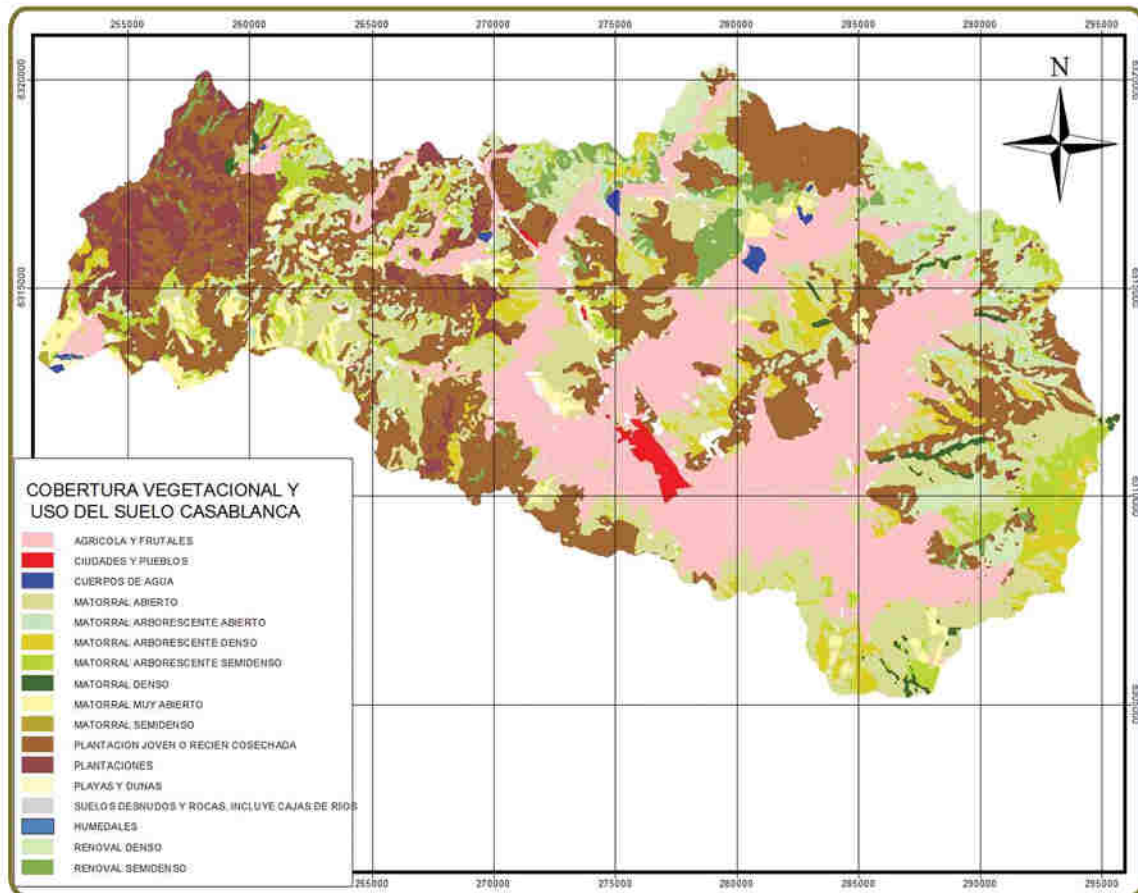


Figura 33. Cobertura vegetal y uso del suelo. Cuenca Casablanca.

La determinación de la vulnerabilidad de la flora y vegetación se basó en la metodología propuesta por la Corporación Nacional Forestal para la evaluación de líneas de base y análisis de sensibilidad en Áreas Silvestres Protegidas, siendo el valor agregado de la naturalidad (grado de artificialización), conservación y singularidad de los espacios.

Dado que cada una de estas categorías tiene rangos de 0 a 100, la vulnerabilidad se expresa de 0 a 300, escala que se asimiló en las cuatro categorías de vulnerabilidad, según la siguiente asignación: 1) 0-75; 2) 75-150; 3) 150-225; 4) 225-300.

El **Grado de Naturalidad**, corresponde al nivel de intervención de una unidad de territorio, en donde se valora con 0 aquellas unidades completamente intervenidas, y con 100, se consideró para ello la información de vegetación, exposiciones y posición de la ladera dentro de cada cuenca.

El **Grado de Singularidad**, considera espacios característicos de formaciones vegetacionales azonales con respecto a su distribución común, o bien en donde la vegetación alcanza niveles de expresión relevantes por otro aspecto significativo.

En particular, se seleccionaron ambientes específicos (microcuenca de Chincolco, en la cuenca de La Ligua, por ejemplo) y coberturas generales de acuerdo a la presencia de especies indicadoras o relevantes en sí, como patagua (*Crinodendron patagua*), quillay (*Quillaja saponaria*) y boldo (*Peumus boldus*), peumo (*Cryptocarya alba*). Para identificar las superficies que albergan a estas especies se utilizó la información disponible en el Catastro (CONAF-CONAMA), de aquellas unidades que representan las especies indicadoras dentro de las tres primeras dominancias.

El **Grado de Conservación**, se asignó conforme la presencia de una o más especies en categoría de conservación dentro de la unidad. Los valores asignados son los siguientes:

Valor	Descripción
100	Asociación vegetal con al menos una especie vegetal reconocida como "en peligro" o bien alguna de las especies reconocidas por la ley como monumento natural o bajo protección especial
75	Asociación vegetal con más de tres especies vegetales en categoría "Vulnerable"
50	Asociación vegetal con al menos una especie vegetal en categoría "Vulnerable"
25	Asociación vegetal que contiene al menos una especie vegetal en categoría "Rara" o "Insuficientemente conocida"
1	Asociación vegetal que tiene sólo especies que no se encuentran en alguna categoría de conservación.

3.2.1.1 Cuenca Petorca

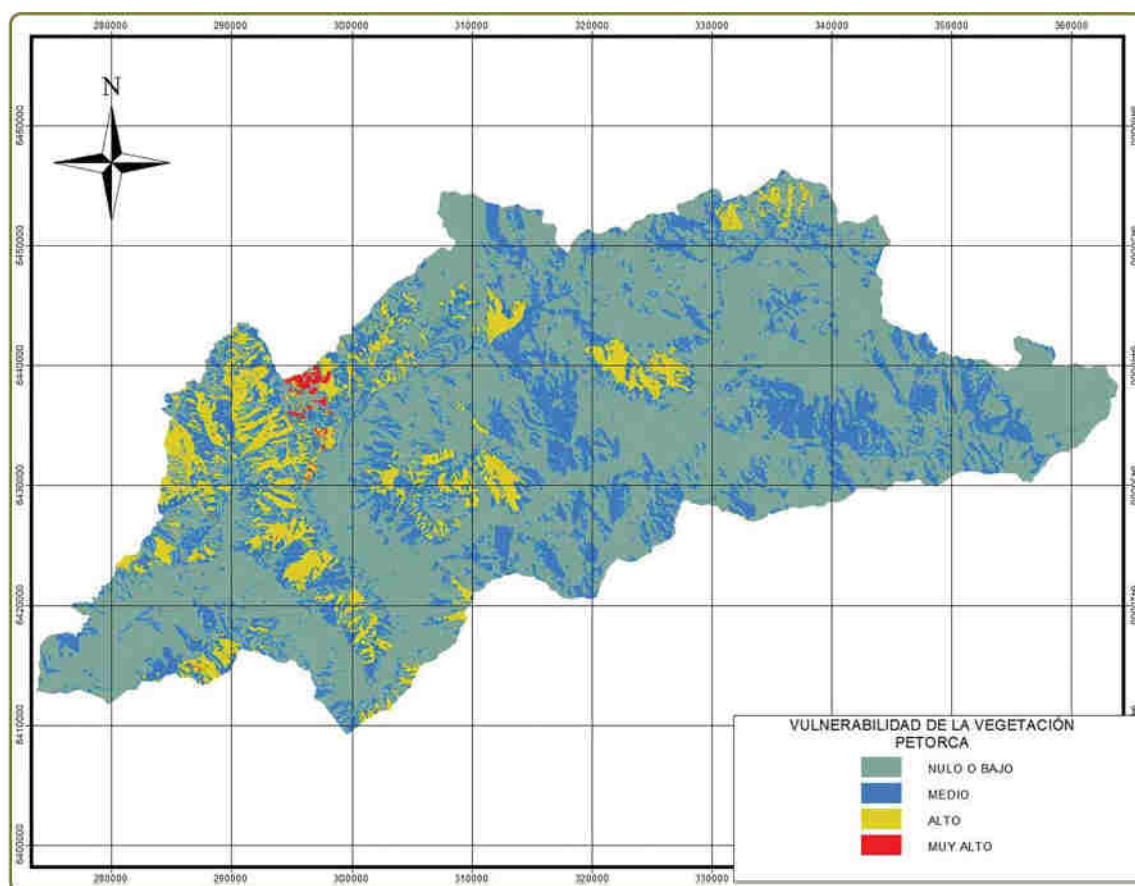


Figura 34. Vulnerabilidad vegetación. Cuenca Petorca.

3.2.1.2 Cuenca La Ligua

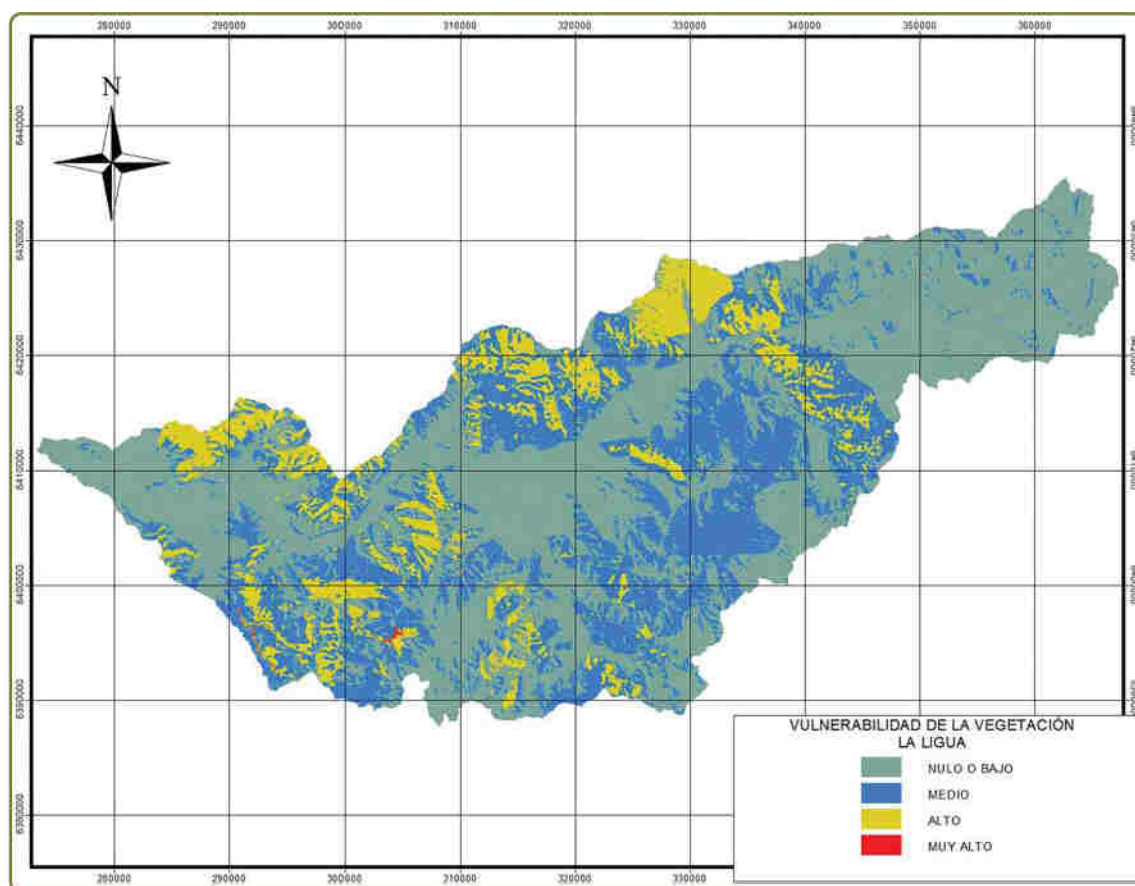


Figura 35. Vulnerabilidad vegetación. Cuenca La Ligua.

3.2.1.3 Cuenca Aconcagua

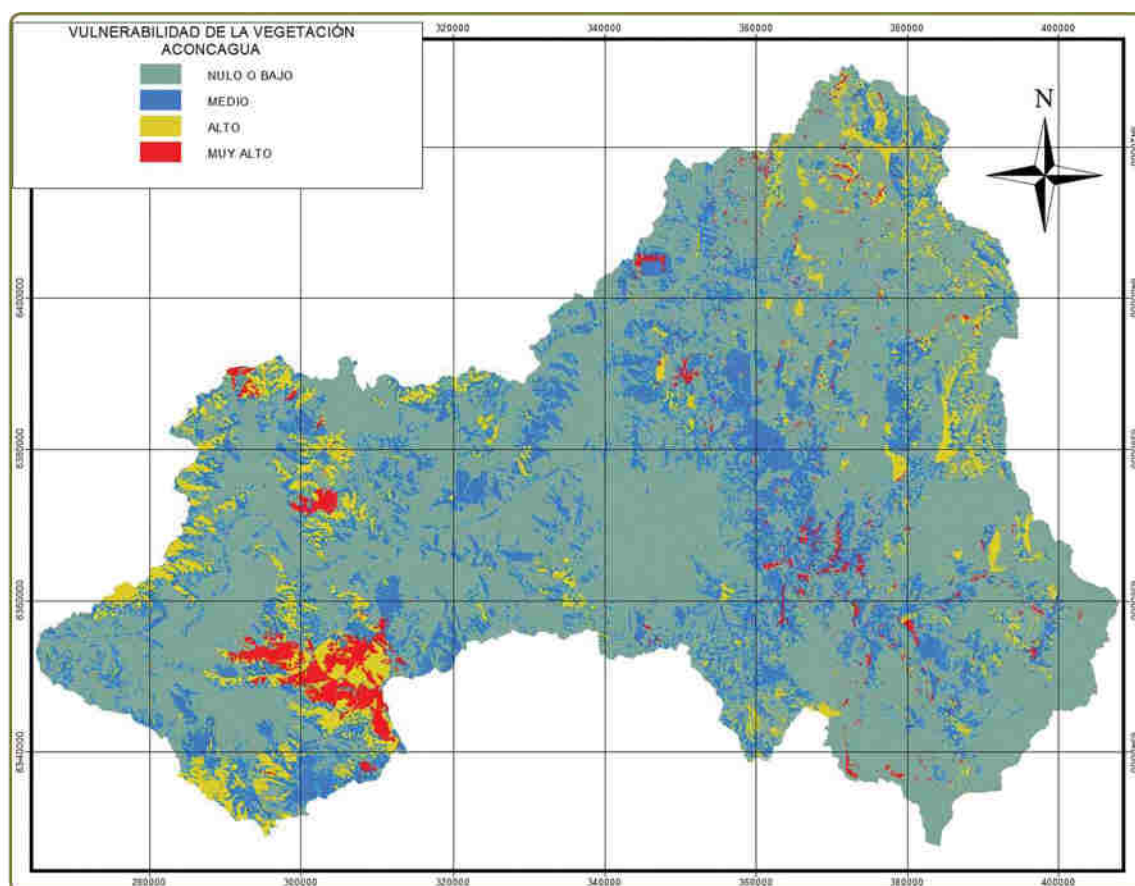


Figura 36. Vulnerabilidad vegetación. Cuenca Aconcagua.

3.2.1.4 Cuenca Casablanca

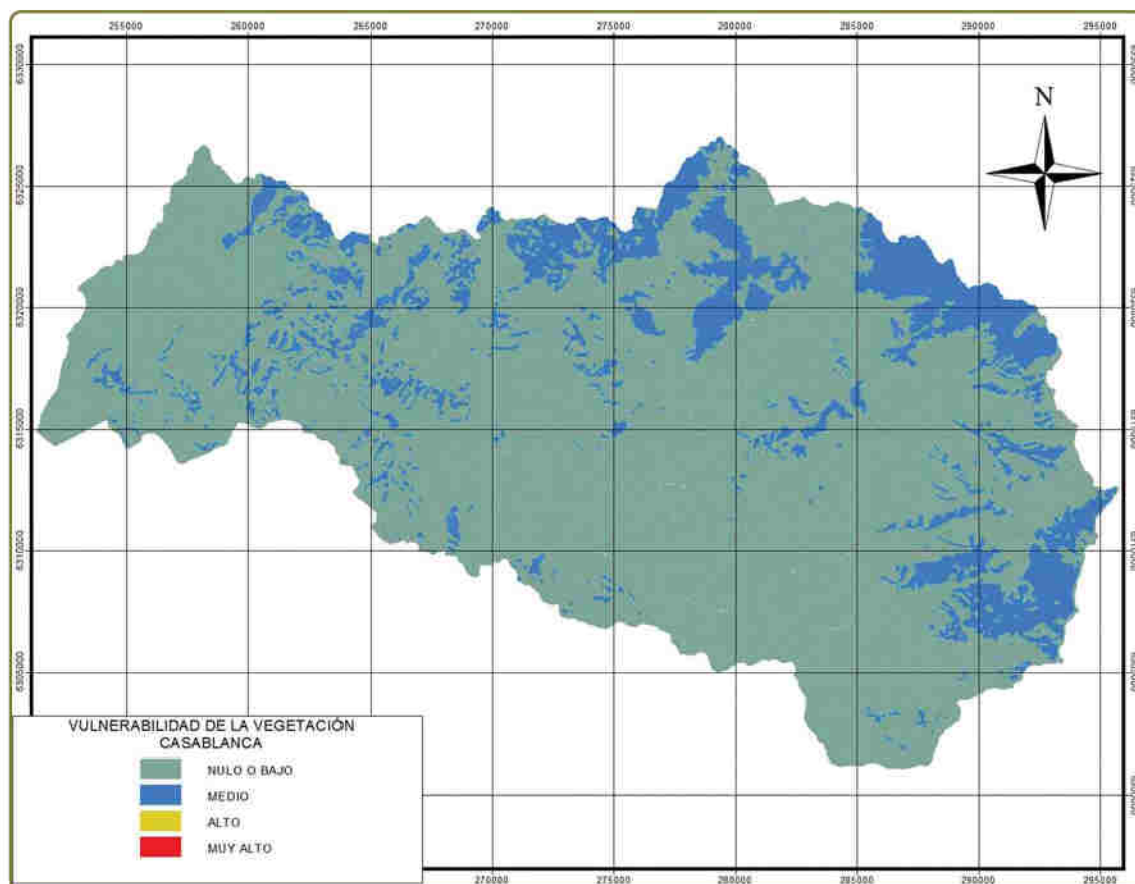


Figura 37. Vulnerabilidad vegetación. Cuenca Casablanca.

3.2.2 Evaluación de vulnerabilidad de fauna natural

El enfoque que se adoptó para la evaluación de la fauna terrestre pasa principalmente por la estimación de la fragilidad de hábitat, expresada en términos de la vegetación, definiéndose el Hábitat potencial, la Conservación potencial y los Corredores biológicos, cuyo resultado es la suma de las tres variables debidamente espacializadas.

Hábitat potencial, corresponde a la capacidad de cada formación vegetal -evaluada a nivel de estructura- para albergar especies de fauna, priorizando aquellas formaciones con mayor naturalidad.

Conservación potencial, se refiere al número de especies que se encuentren en categoría de conservación y que sean altamente sensibles al hábitat específico. Este grado de sensibilidad está dado por la capacidad de desplazamiento de las especies, por lo cual se trabajó sólo sobre la base de especies reptiles, mamíferos menores y anfibios. Se excluyeron aves y mamíferos mayores (principalmente *Pseudalopex culpaeus*, *Pseudalopex griseus* y *Galictis cuja*), los cuales tienen la capacidad de desplazarse cuando su hábitat directo es intervenido.

Corredores biológicos, son específicos a una especie, su tamaño relativo, mecanismos de desplazamiento y hábitos de alimentación y reproducción. Considerando las asimetrías de desplazamientos de las especies consideradas, se trazaron corredores de ancho variable que recorren la parte alta de las formaciones montañosas en cada cuenca, así como las quebradas principales. Estos corredores tienen 600 metros de ancho, por lado, en los que se definen franjas de valor creciente.

3.2.2.1 Cuenca Petorca

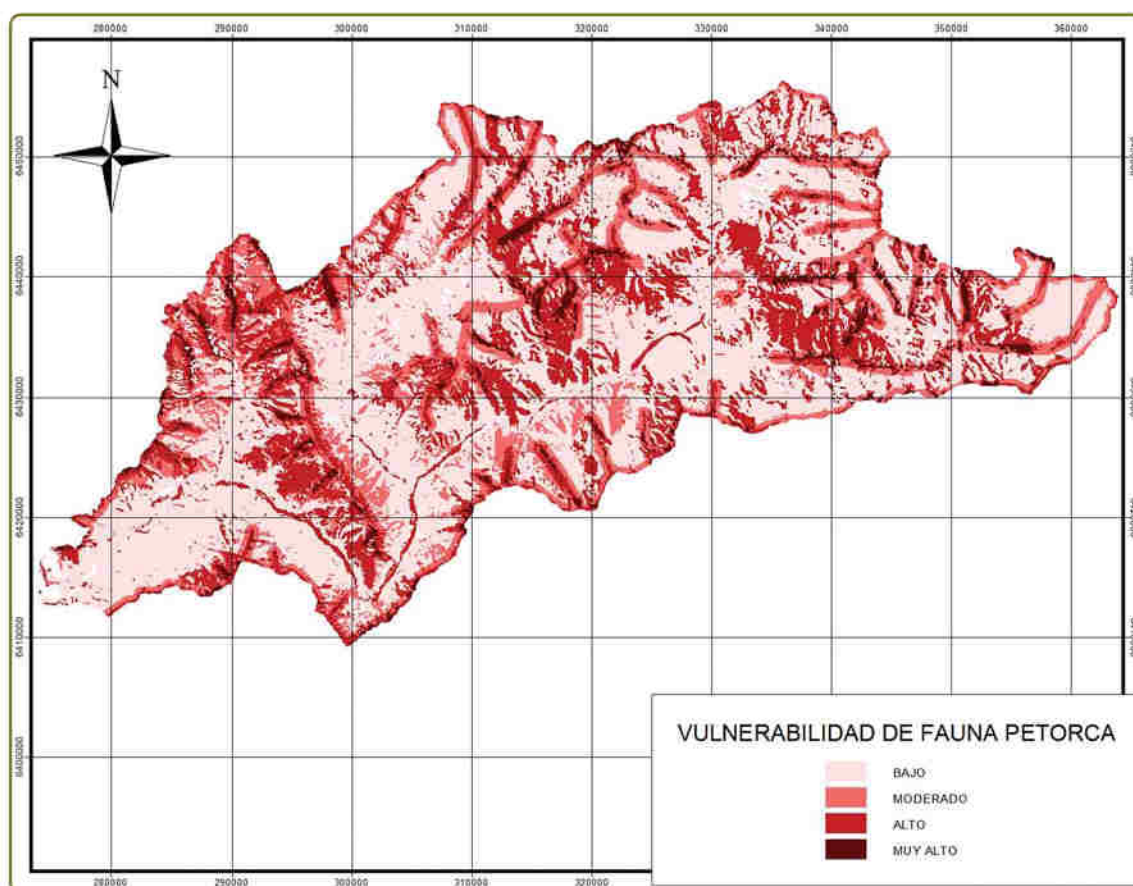


Figura 38. Valor de vulnerabilidad resultante fauna. Cuenca Petorca.

3.2.2.2 Cuenca La Ligua

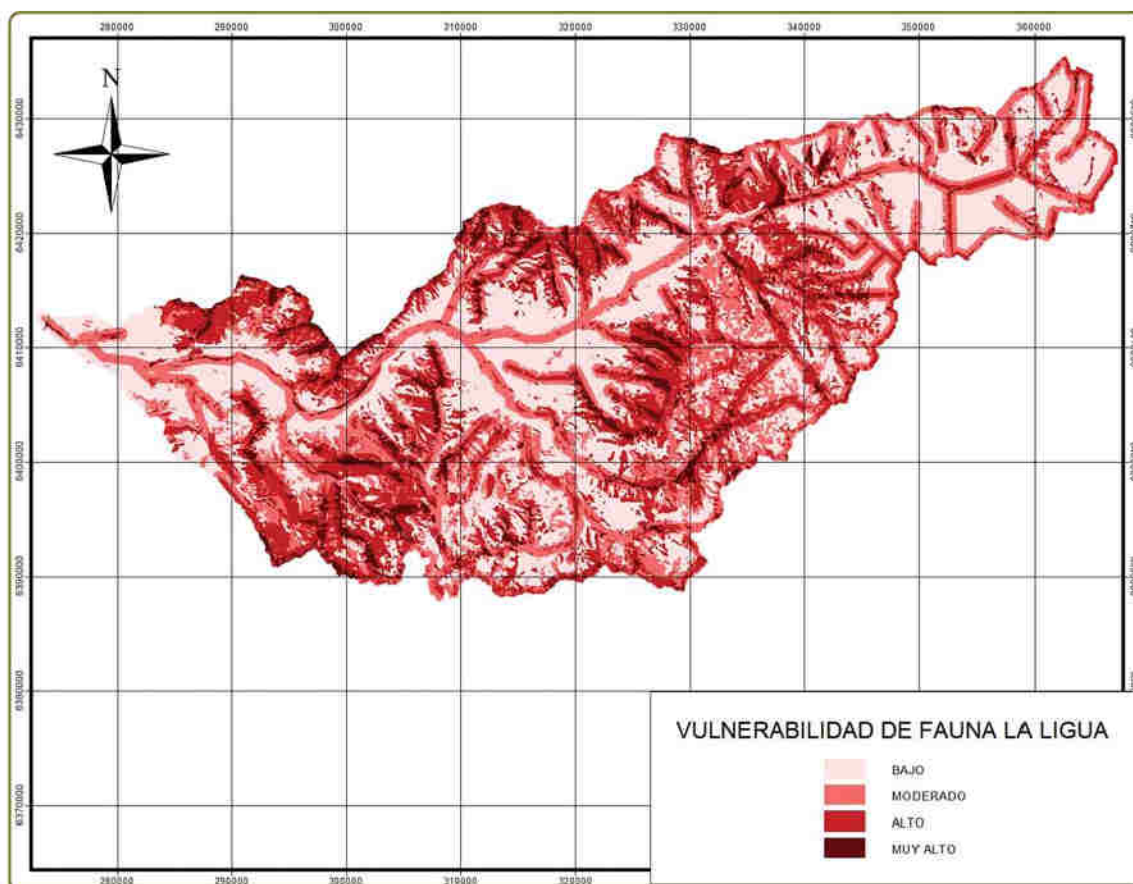


Figura 39. Valor de vulnerabilidad de fauna. Cuenca La Ligua.

El catastro de fauna terrestre realizado en las dos cuencas anteriores está compuesto por un total de 116 especies, 106 nativas y 10 introducidas; 5 especies corresponden a anfibios (1 introducida), 8 a reptiles (todas nativas), 83 a especies de aves (4 de ellas introducidas), y 20 a mamíferos (5 taxa introducidos).

3.2.2.3 Cuenca Aconcagua

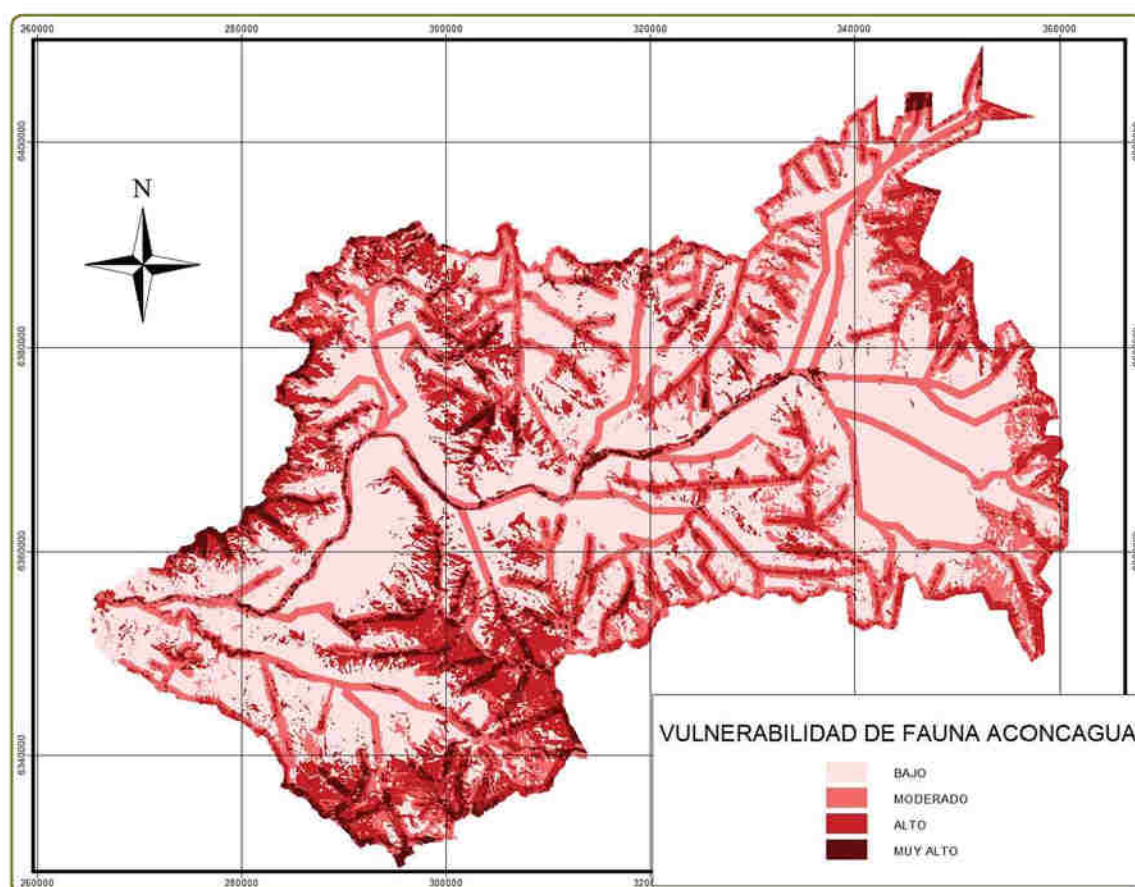


Figura 40. Valor de vulnerabilidad de fauna. Cuenca Aconcagua.

El catastro de fauna terrestre está compuesto por un total de 122 especies, 112 nativas y 10 introducidas; 5 especies corresponden a anfibios (una introducida), 8 a reptiles (todas nativas), 88 a especies de aves (cuatro de ellas introducidas), y 21 a mamíferos (cinco taxa introducidos).

3.2.2.4 Cuenca Casablanca

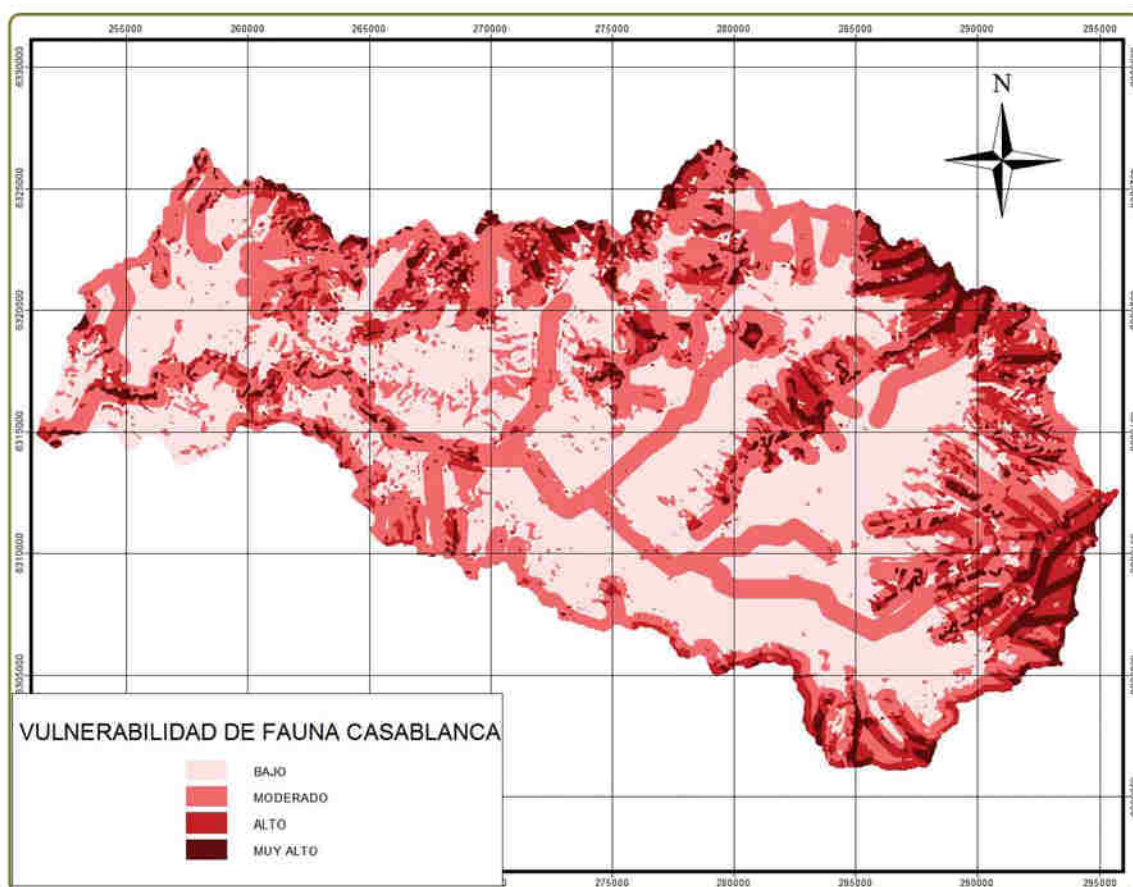


Figura 41. Valor de vulnerabilidad fauna. Cuenca Casablanca.

El catastro de fauna está compuesto por un total de 123 especies, 113 nativas y 10 introducidas; 5 especies corresponden a anfibios (una introducida), 7 a reptiles (todas nativas), 91 a especies de aves (cuatro de ellas introducidas), y 20 a mamíferos (cinco taxa introducidos).

3.2.3 Resultados vulnerabilidad biológica

Los resultados de índice biológico para las cuencas en estudio obtuvo de acuerdo al modelo matricial, aplicado mediante tabulación cruzada y que se presenta en la Tabla 14, los resultados cartográficos en las figuras 42, 43, 44, 45 y las superficies en las tablas 15, 16, 17 y 18.

Tabla 14. Modelo de vulnerabilidad vegetación - fauna

VEG. II FAUNA	1	2	3	4
1	1	1	2	2
2	1	2	2	3
3	2	2	3	3
4	3	3	4	4

3.2.3.1 Cuenca Petorca

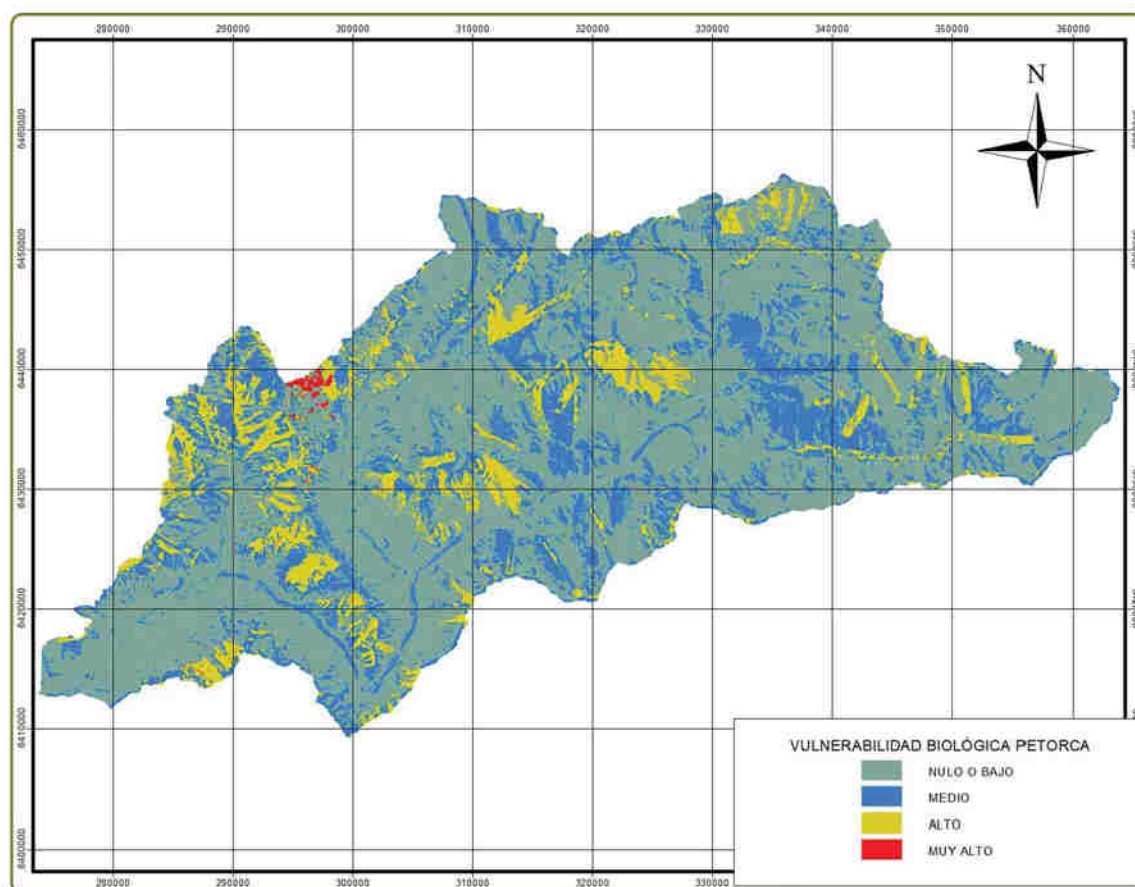


Figura 42. Vulnerabilidad biológica. Cuenca Petorca.

Tabla 15. Superficie resultante índice biológico. Cuenca Petorca.

VULNERABILIDAD BIOLÓGICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	130.128,1
MEDIA	2	46.951,3
ALTA	3	20.873,4
MUY ALTA	4	408,7
Total general		198.361,5

3.2.3.2 Cuenca La Ligua

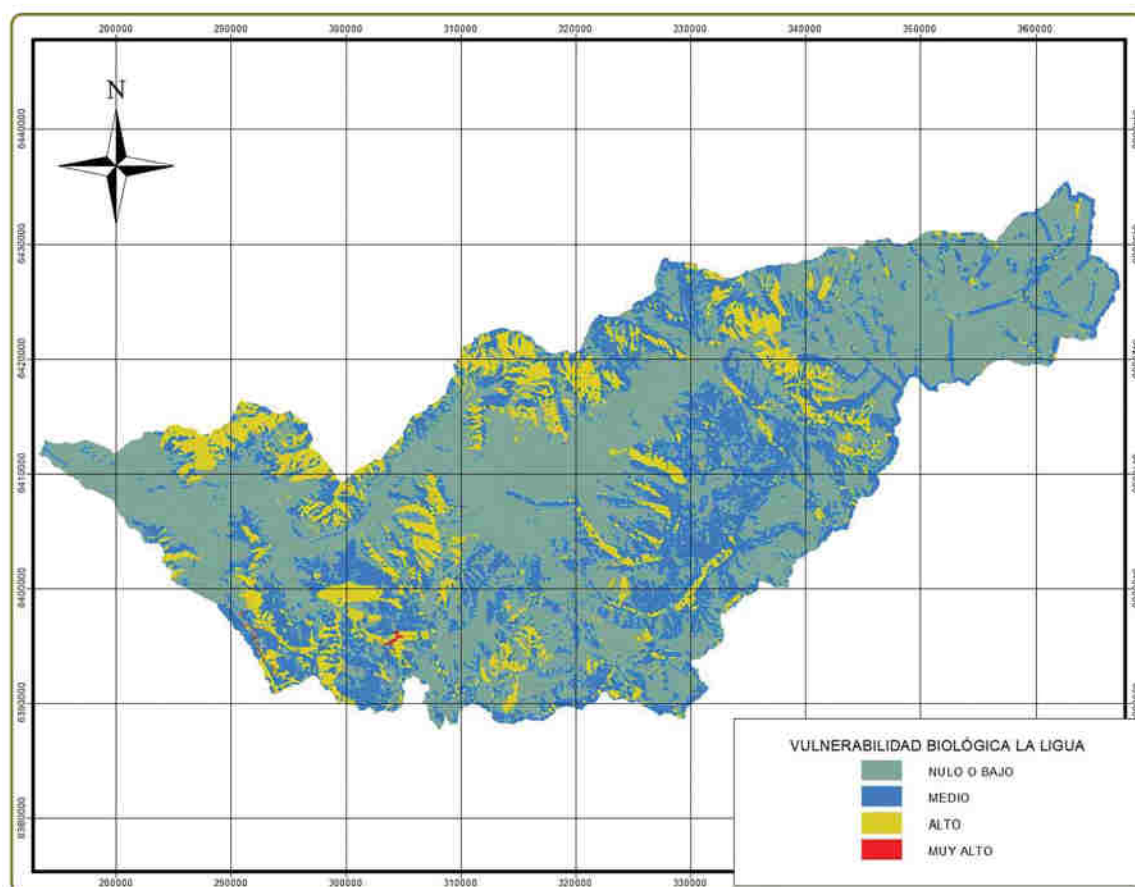


Figura 43. Vulnerabilidad biológica. Cuenca La Ligua.

Tabla 16. Superficie resultante índice biológico. Cuenca La Ligua.

VULNERABILIDAD BIOLÓGICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	115.801,4
MEDIA	2	55.907,9
ALTA	3	26.691,7
MUY ALTA	4	107,7
Total general		198.508,7

3.2.3.3 Cuenca Aconcagua

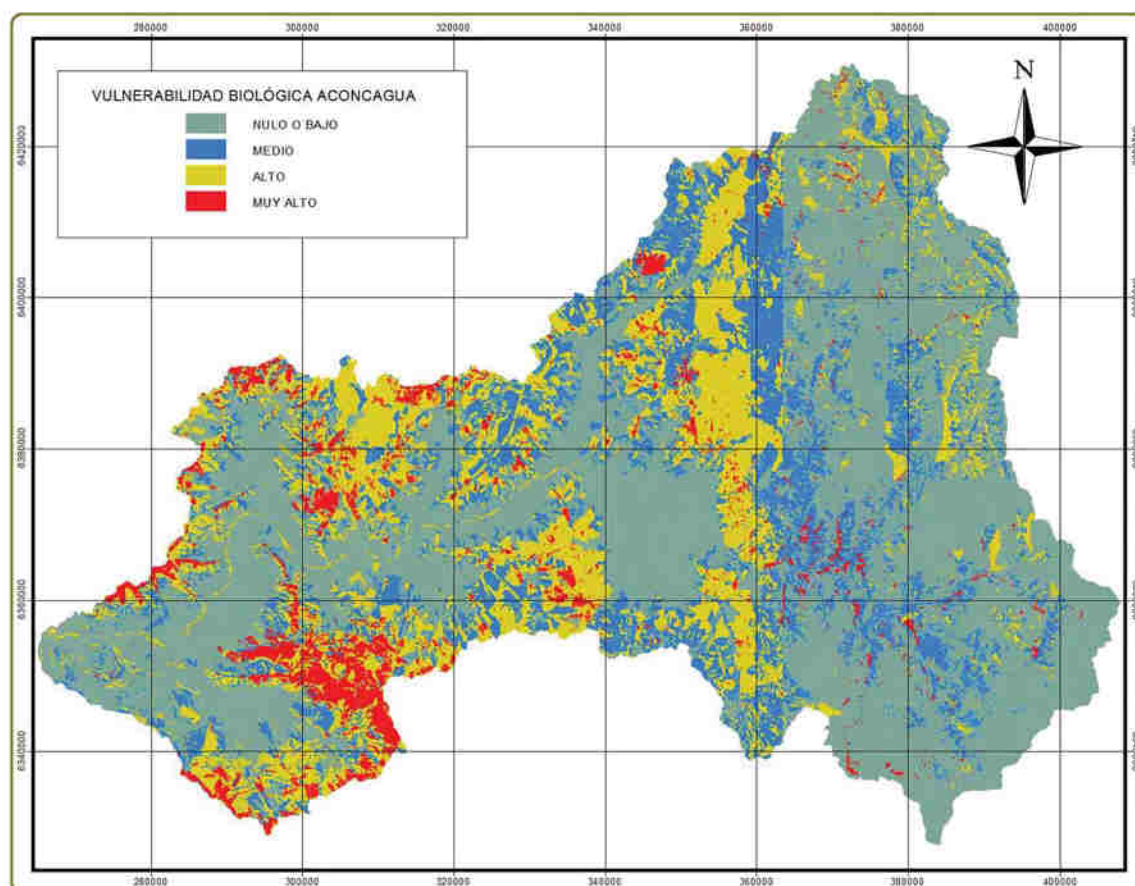


Figura 44. Vulnerabilidad biológica. Cuenca Aconcagua.

Tabla 17. Superficie resultante índice biológico. Cuenca Aconcagua.

VULNERABILIDAD BIOLÓGICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	496.181,5
MEDIA	2	128.413,0
ALTA	3	83.452,5
MUY ALTA	4	24.929,0
Total general		732.976,0

3.2.3.4 Cuenca Casablanca

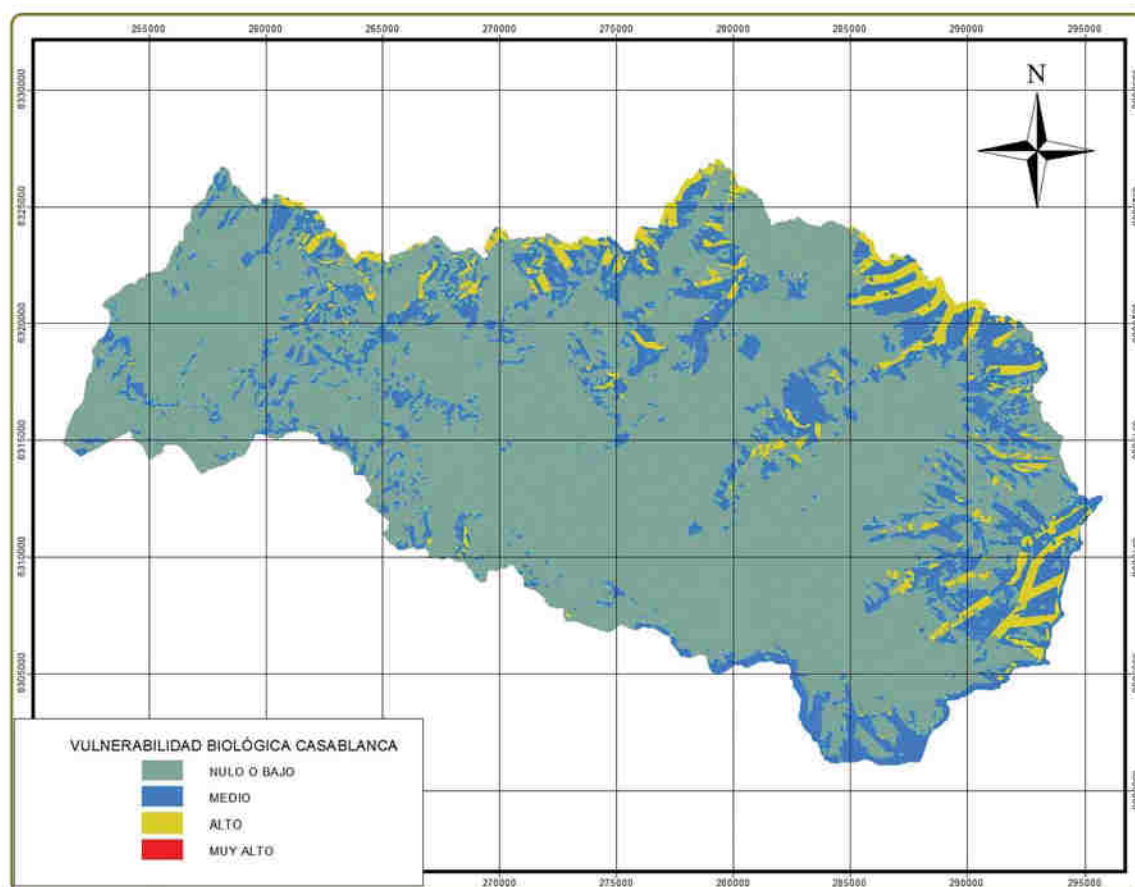


Figura 45. Vulnerabilidad biológica. Cuenca de Casablanca.

Tabla 18. Superficie resultante índice biológico. Cuenca Casablanca.

VULNERABILIDAD BIOLÓGICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	48.694,3
MEDIA	2	10.961,0
ALTA	3	2.968,4
Total general		62.623,7

3.3 Vulnerabilidad antrópica

El índice antrópico da cuenta del impacto de la intervención de las laderas en la actividad y recurso de agua de los valles y en la infraestructura y recursos hídricos asociados a las propias laderas. Lo que se expresa en un índice de competencia por demanda y un índice de impacto potencial en infraestructura, según se indica a continuación:

$$\text{IANTROPICO (LAD)} = (\text{IDEMANDA} + 2 \cdot \text{IINFRASTRUCTURA}) / 3$$

Donde:

IANTROPICO (LAD): Es el impacto de una potencial intervención de una ladera en la infraestructura y en la demanda de agua de las actividades en los valles.

IDEMANDA: Promedio de distancia de las laderas a los centros urbanos, propiedades de pequeños propietarios y pozos ubicados en los valles.

IINFRASTRUCTURA: Promedio de distancia de las laderas a los caminos e infraestructura de riego.

3.3.1 Cuenca Petorca

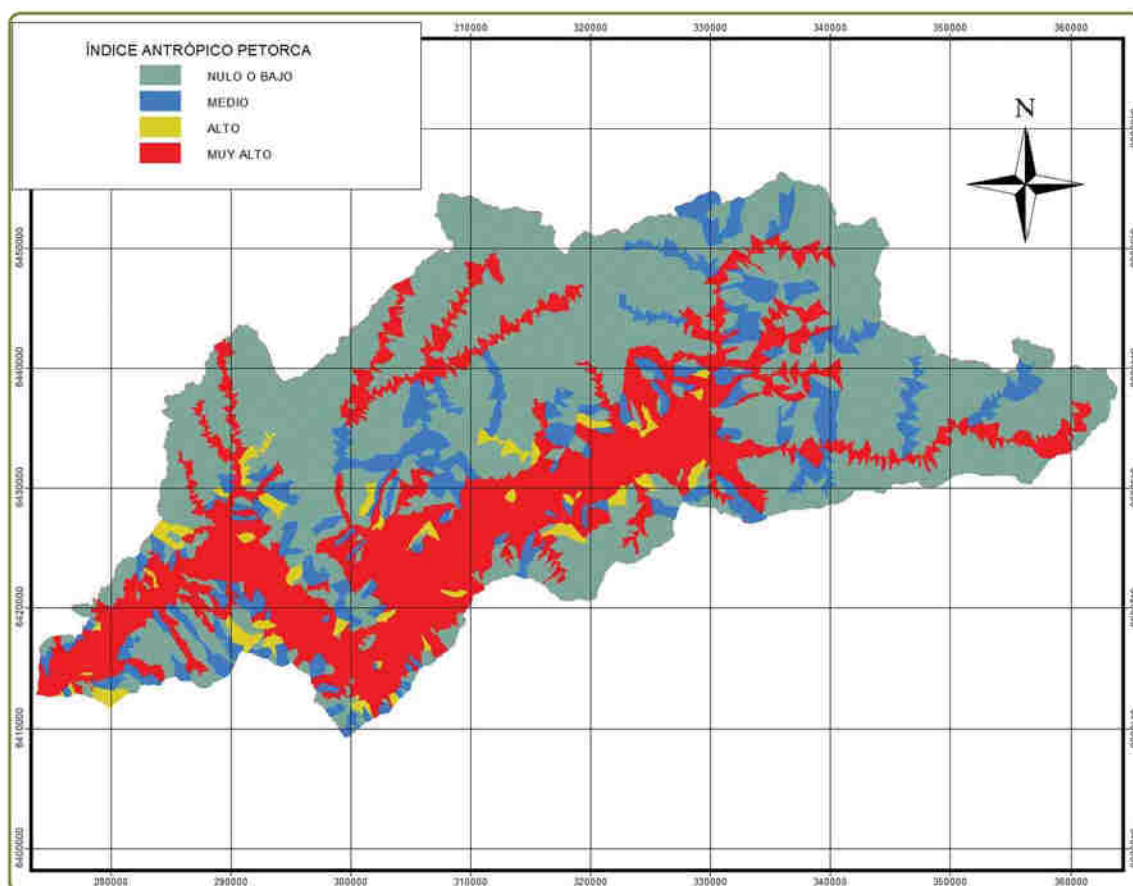


Figura 46. Índice antrópico. Cuenca Petorca.

Tabla 19. Superficie índice antrópico. Cuenca Petorca

VULNERABILIDAD ANTRÓPICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	109.009,9
MEDIA	2	24.373,0
ALTA	3	5.358,0
MUY ALTA	4	59.876,4
Total general		198.617,3

3.3.2 Cuenca La Ligua

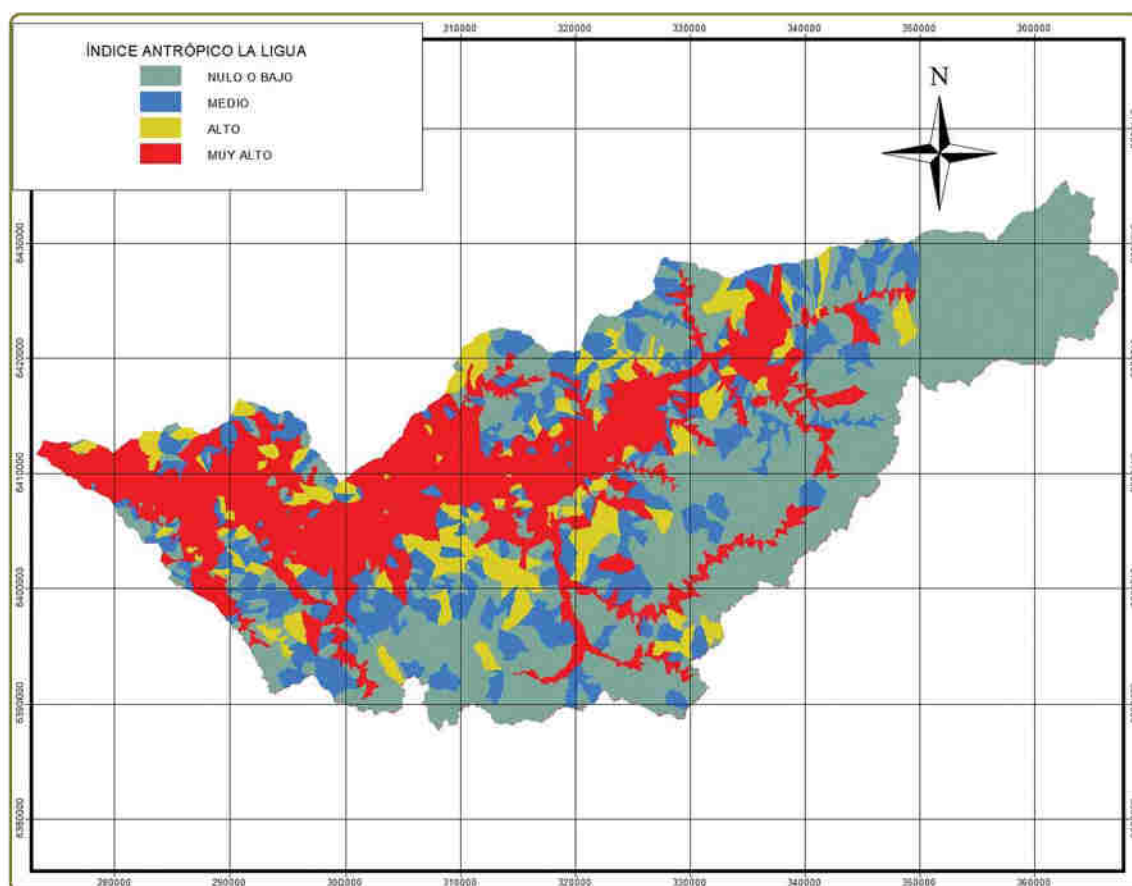


Figura 47. Índice antrópico. Cuenca de La Ligua.

Tabla 20. Superficie índice antrópico. Cuenca La Ligua.

VULNERABILIDAD ANTRÓPICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	87.503,0
MEDIA	2	34.762,4
ALTA	3	17.862,6
MUY ALTA	4	58.674,1
Total general		198.802,1

3.3.3 Cuenca Aconcagua

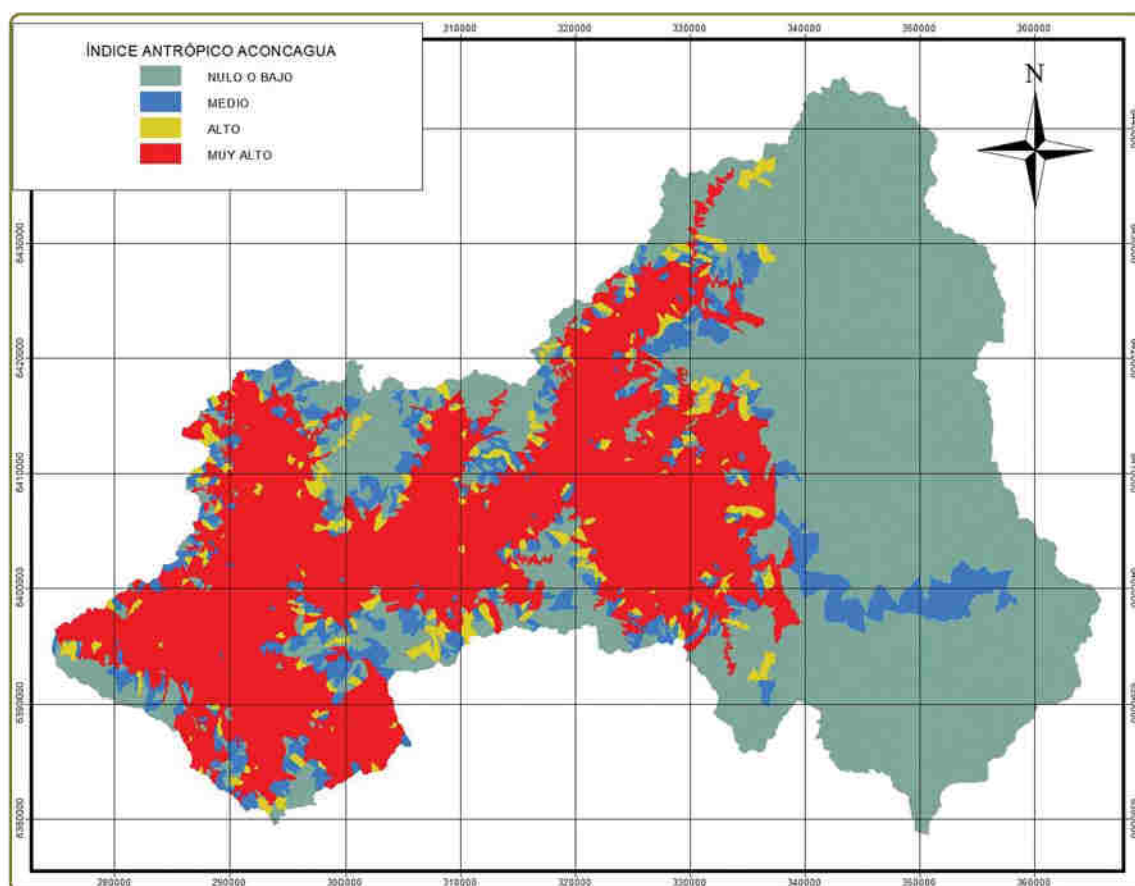


Figura 48. Índice antrópico. Cuenca Aconcagua.

Tabla 21. Superficie índice antrópico. Cuenca Aconcagua.

VULNERABILIDAD ANTRÓPICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	386.879,7
MEDIA	2	62.044,3
ALTA	3	26.718,8
MUY ALTA	4	257.340,9
Total general		732.983,7

3.3.4 Cuenca Casablanca

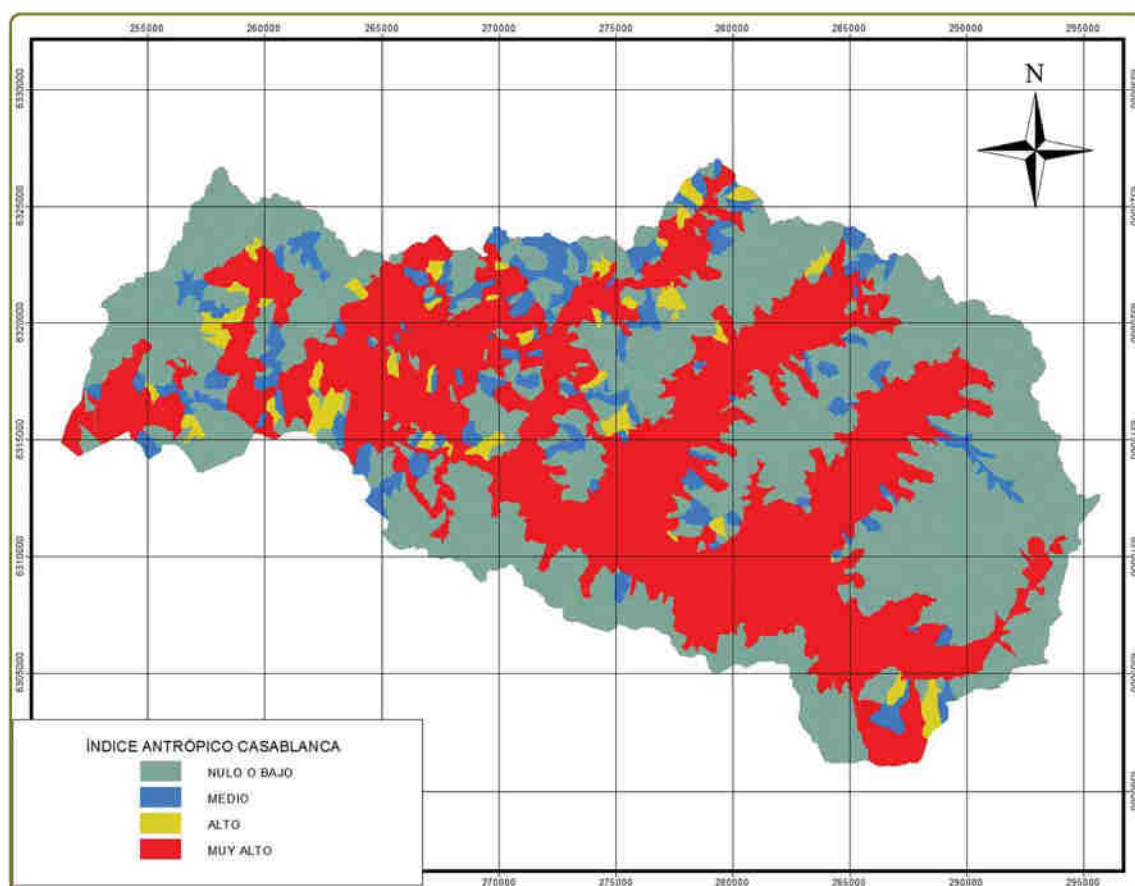


Figura 49. Índice antrópico. Cuenca Casablanca.

Tabla 22. Superficie índice antrópico. Cuenca Casablanca.

VULNERABILIDAD ANTRÓPICA	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	29.575,4
MEDIA	2	4.636,6
ALTA	3	1.853,5
MUY ALTA	4	26.559,0
Total general		63.624,5

3.4 Resultado de vulnerabilidad final por cuencas

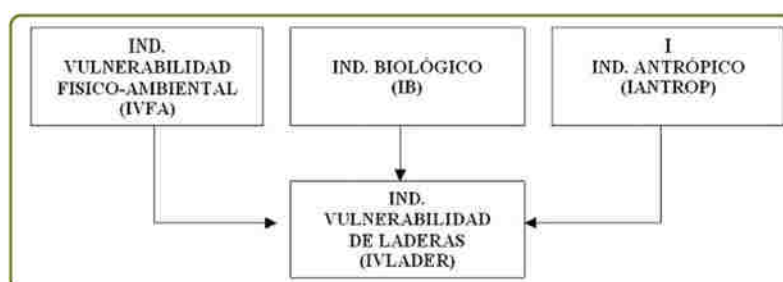


Figura 50. Integración de los índices de vulnerabilidad

El resultado final de vulnerabilidad se desarrolló mediante el cruce tabulado de los índices IVFA e IB, cuyo resultado determinado por un modelo matricial se combinó con el IANTROP, para cada una de las cuencas, según los modelos de las tablas 23 y 24.

Tabla 23. Modelo de vulnerabilidad IVFA / IB

IVFA / IB	1	2	3	4
1	1	1	3	3
2	1	2	3	4
3	2	3	3	4
4	3	3	4	4

El resultado se expresa en un índice intermedio denominado índice de vulnerabilidad física biológica (IVFB), el cual al combinarlo con el IANTROP determina el resultado final de vulnerabilidad (IVLADER) y que se presentan en los puntos siguientes (3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4).

Tabla 24. Modelo de vulnerabilidad IVFB - IANTROP

IVFB / IANTROP	1	2	3	4
1	1	1	2	1
2	2	2	2	3
3	3	3	3	4
4	4	4	4	4

3.4.1 Cuenca Petorca

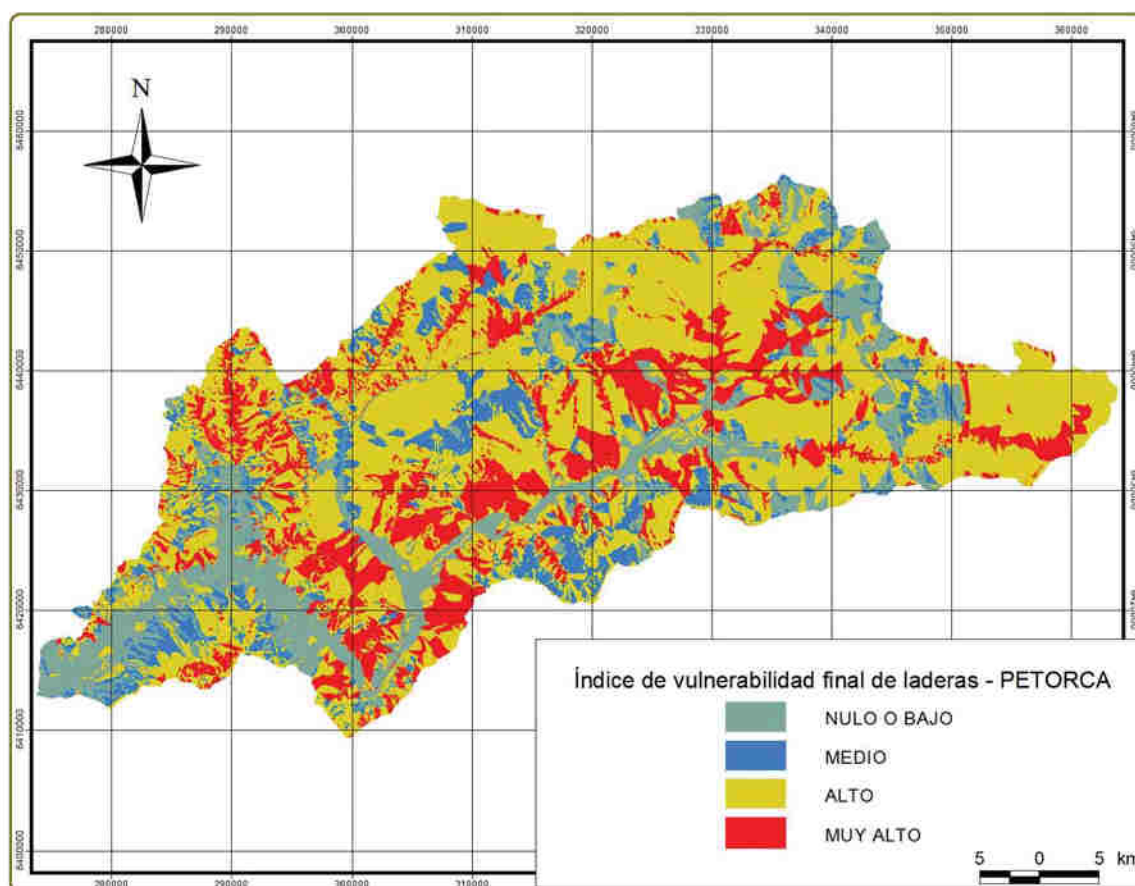


Figura 51. Índice de vulnerabilidad final de laderas (IVLADER). Cuenca Petorca.

Tabla 25. Superficie vulnerabilidad de laderas. Cuenca Petorca.

VULNERABILIDAD DE LADERAS	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	34.099,0
MEDIA	2	19.553,6
ALTA	3	107.286,7
MUY ALTA	4	37.387,6
Total general		198.326,9

3.4.2 Cuenca La Ligua

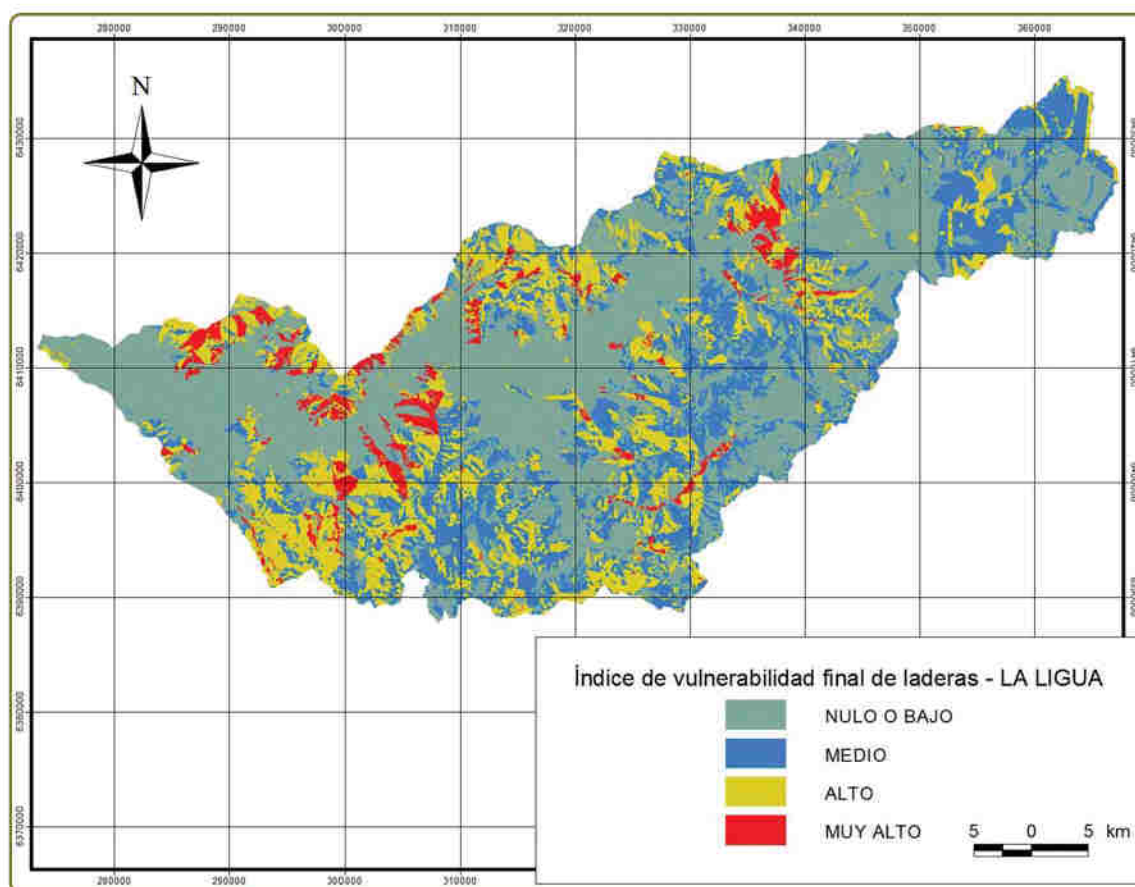


Figura 52. Índice de vulnerabilidad final de laderas (IVLADER). Cuenca La Ligua.

Tabla 26. Superficie vulnerabilidad de laderas. Cuenca La Ligua.

VULNERABILIDAD DE LADERAS	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	103.746,3
MEDIA	2	45.203,9
ALTA	3	41.379,4
MUY ALTA	4	8.179,2
Total general		198.508,8

3.4.3 Cuenca Aconcagua

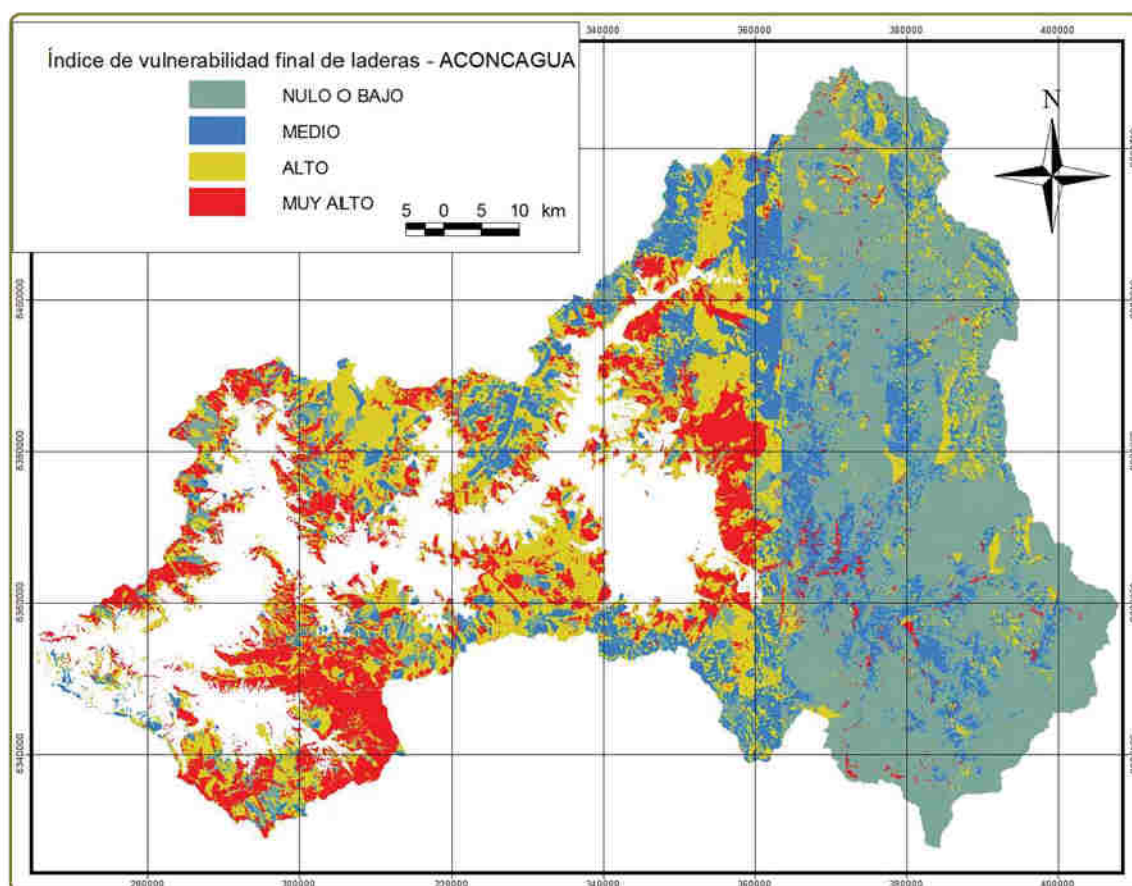


Figura 53. Índice de vulnerabilidad final de laderas (IVLADER). Cuenca Aconcagua.

Tabla 27. Superficie vulnerabilidad de laderas. Cuenca Aconcagua.

VULNERABILIDAD DE LADERAS	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	386.855,8
MEDIA	2	98.256,4
ALTA	3	157.206,8
MUY ALTA	4	90.657,0
Total general		732.976,0

3.4.4 Cuenca Casablanca

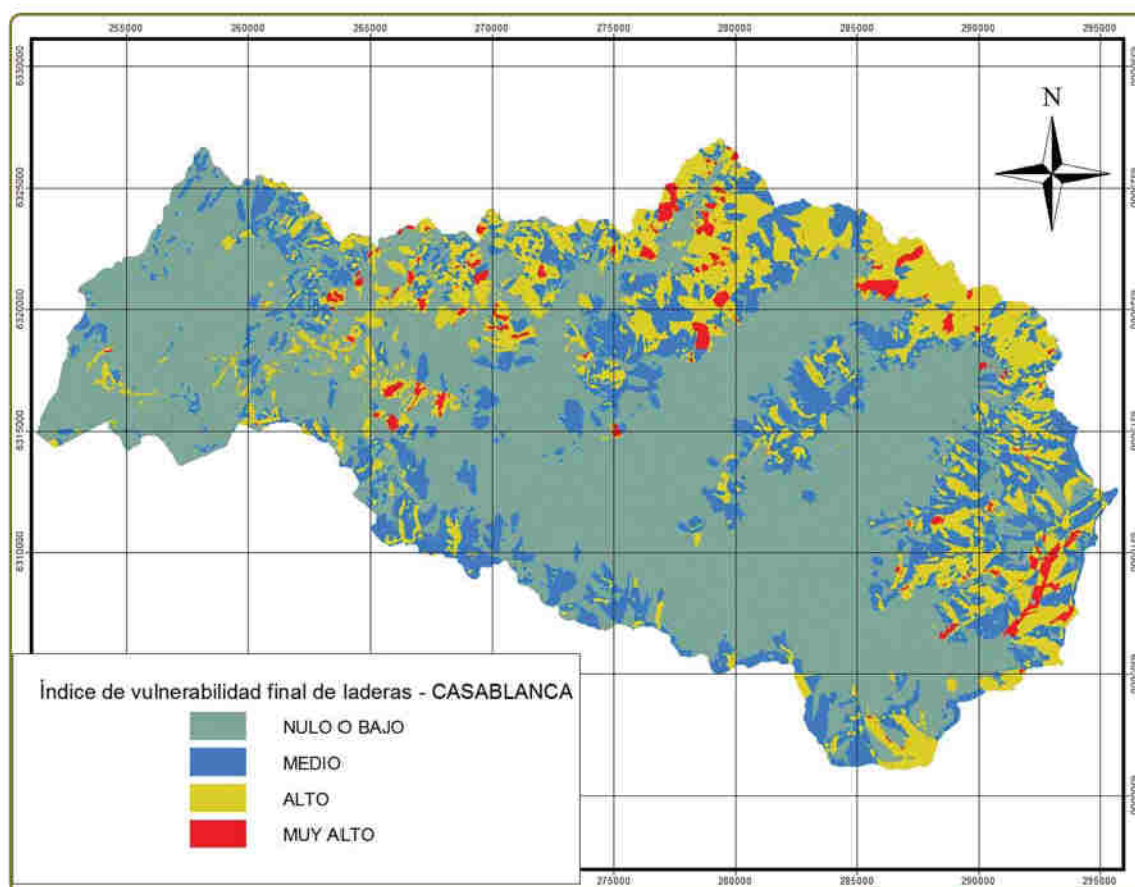


Figura 54. Índice de vulnerabilidad final de laderas (IVLADER). Cuenca Casablanca.

Tabla 28. Superficie vulnerabilidad de laderas. Cuenca Casablanca.

VULNERABILIDAD DE LADERAS	CÓDIGO	TOTAL (ha)
BAJA	1	38.419,6
MEDIA	2	12.067,1
ALTA	3	11.041,4
MUY ALTA	4	1.095,6
Total general		62.623,6

3.5 Resultado de riesgo

3.5.1 Riesgo por cuencas

En el marco teórico definido, el riesgo es el resultado de la vulnerabilidad y la amenaza, de tal forma que a continuación se obtiene el riesgo por cuencas combinando espacialmente la vulnerabilidad “Muy Alta” con la presencia de cultivos actuales, el resultado corresponde a las figuras 55, 56, 57 y 58.

3.5.1.1 Cuenca Petorca

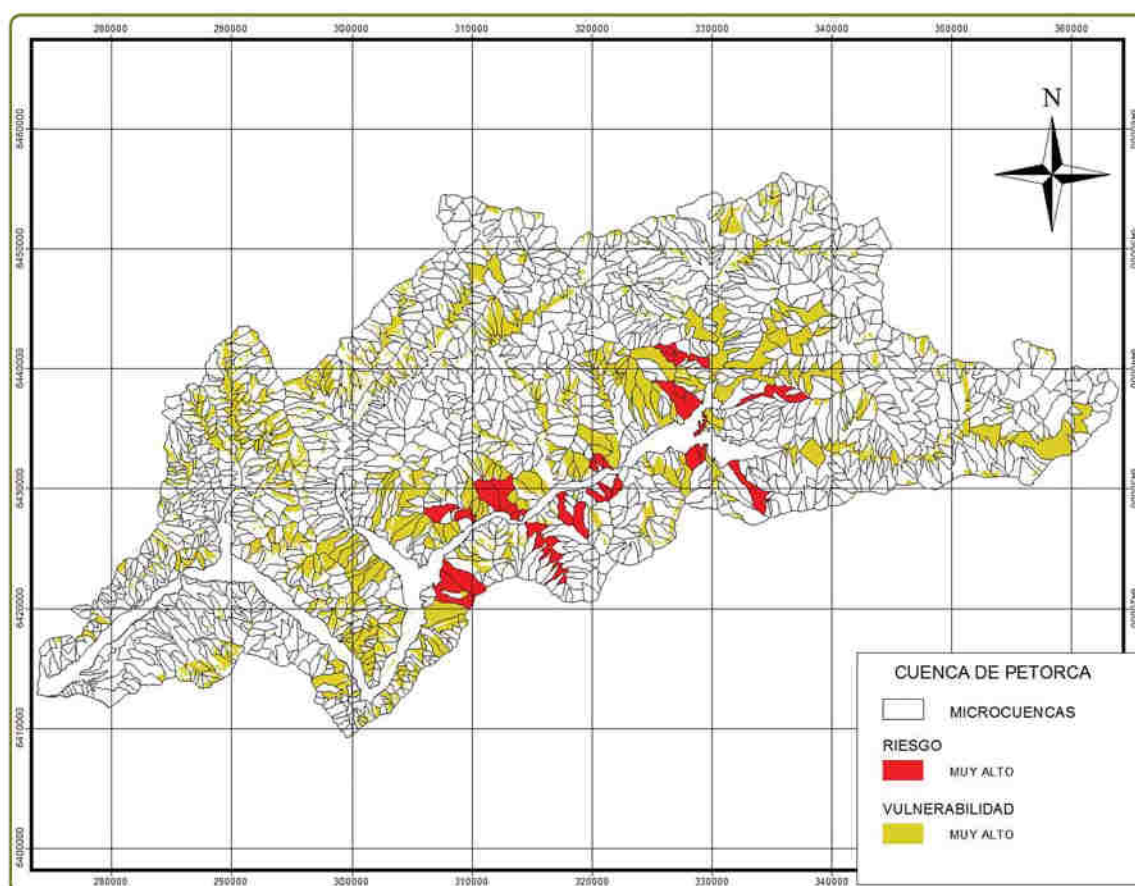


Figura 55. Índice de riesgo muy alto. Cuenca Petorca.

3.5.1.2 Cuenca La Ligua

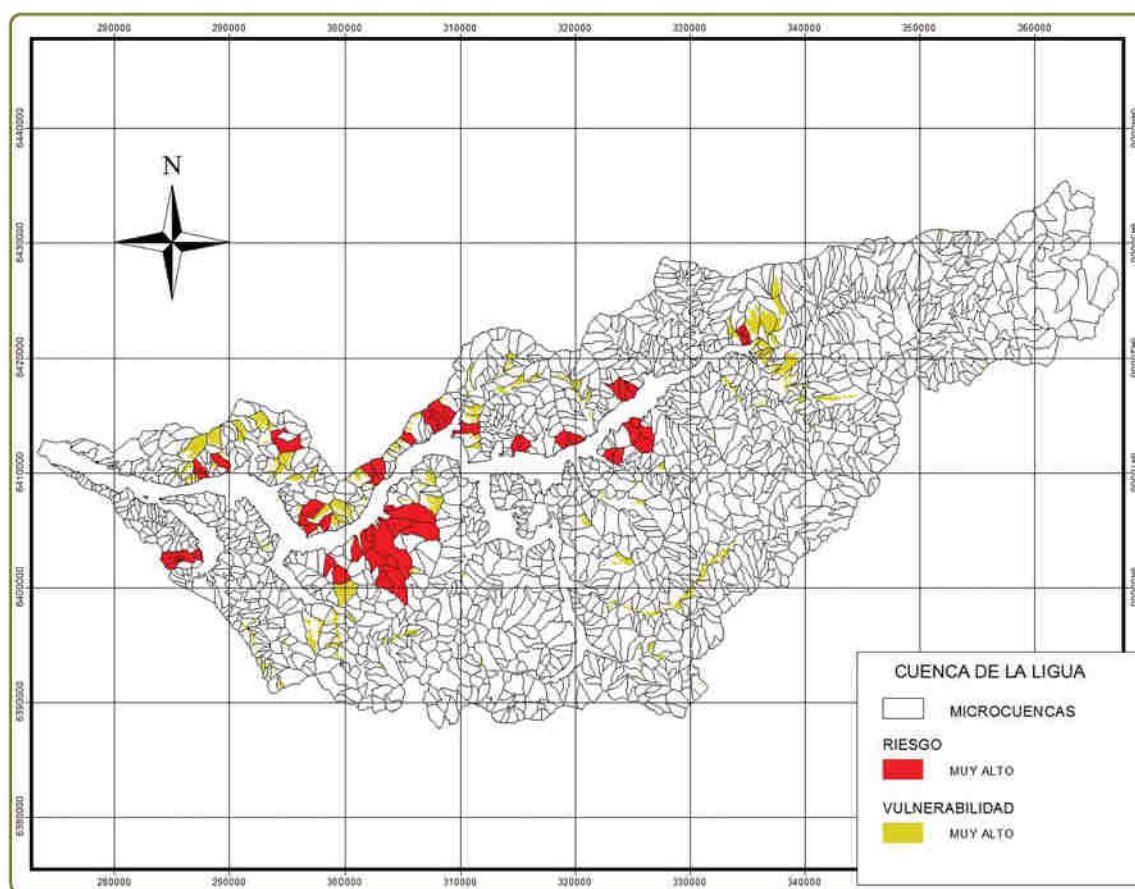


Figura 56. Índice de riesgo muy alto. Cuenca La Ligua.

3.5.1.3 Cuenca Aconcagua

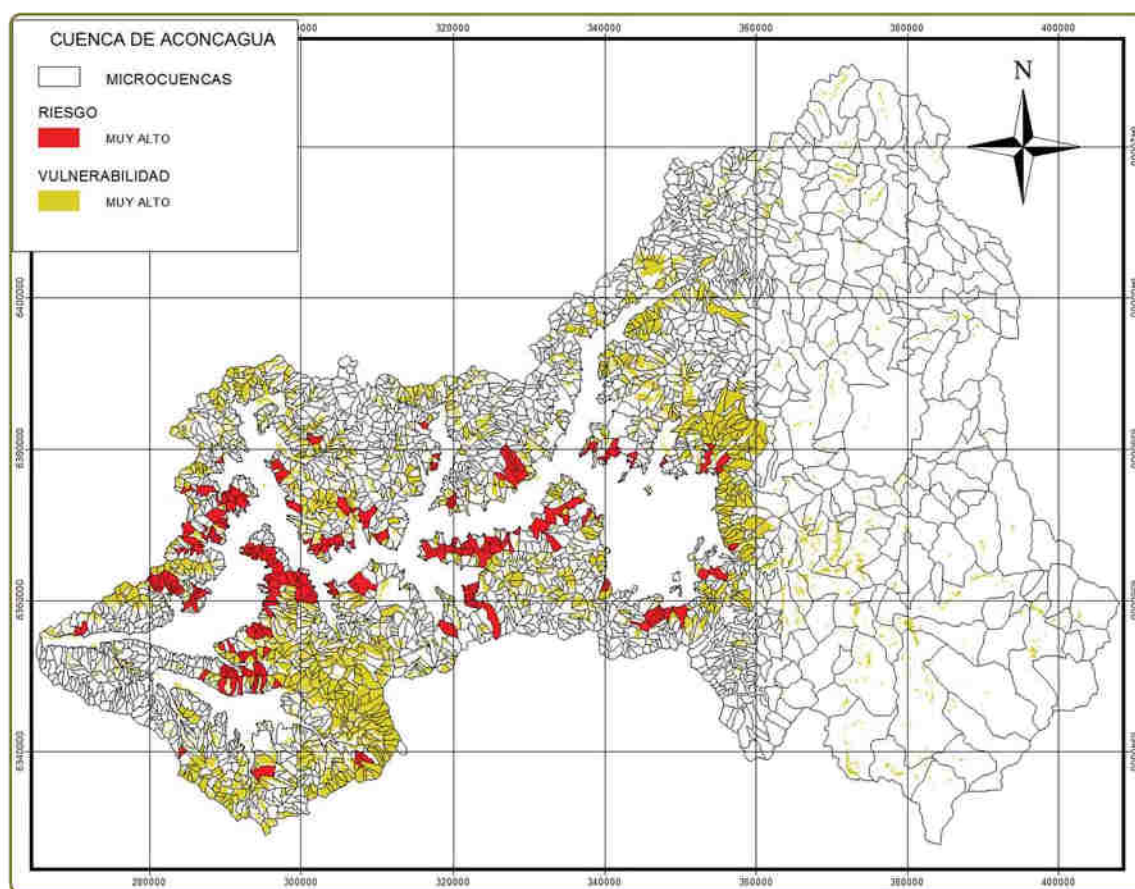


Figura 57. Índice de riesgo muy alto. Cuenca Aconcagua.

3.5.1.4 Cuenca Casablanca

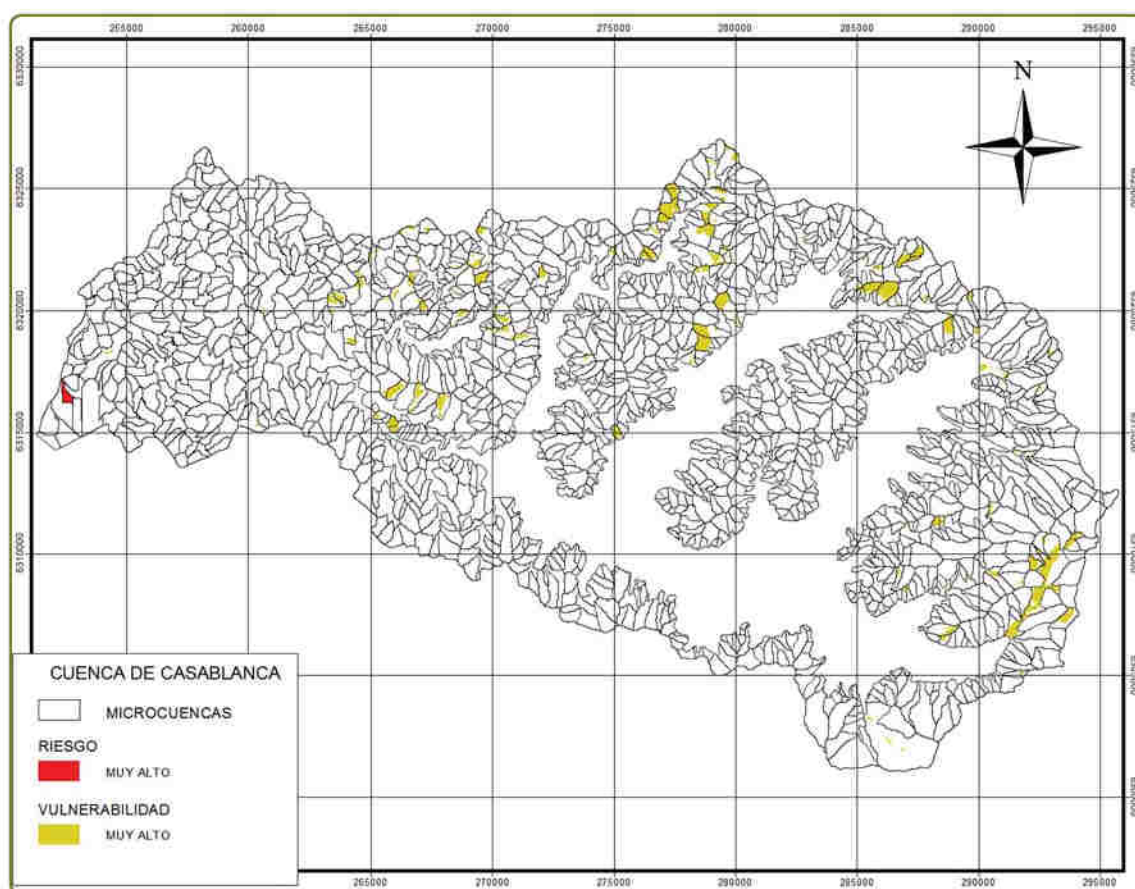


Figura 58. Índice de riesgo muy alto. Cuenca Casablanca.

3.5.2 Superficies en categoría de riesgo

Las superficies en riesgo en las cuencas es de 5.589,9 hectáreas en Petorca; 7.628,6 hectáreas en La Ligua; 24.530,4 hectáreas en Aconcagua y en Casablanca 530,5 ha.

3.5.3 Predios en zonas de riesgo por cuencas

Los predios que se encuentran en las zonas de riesgo corresponden a un número de 20 para Petorca, 20 para La Ligua, 303 para Aconcagua y 3 para Casablanca, los que se representan en las figuras 59,60, 61 y 62 en color amarillo.

3.5.3.1 Cuenca Petorca

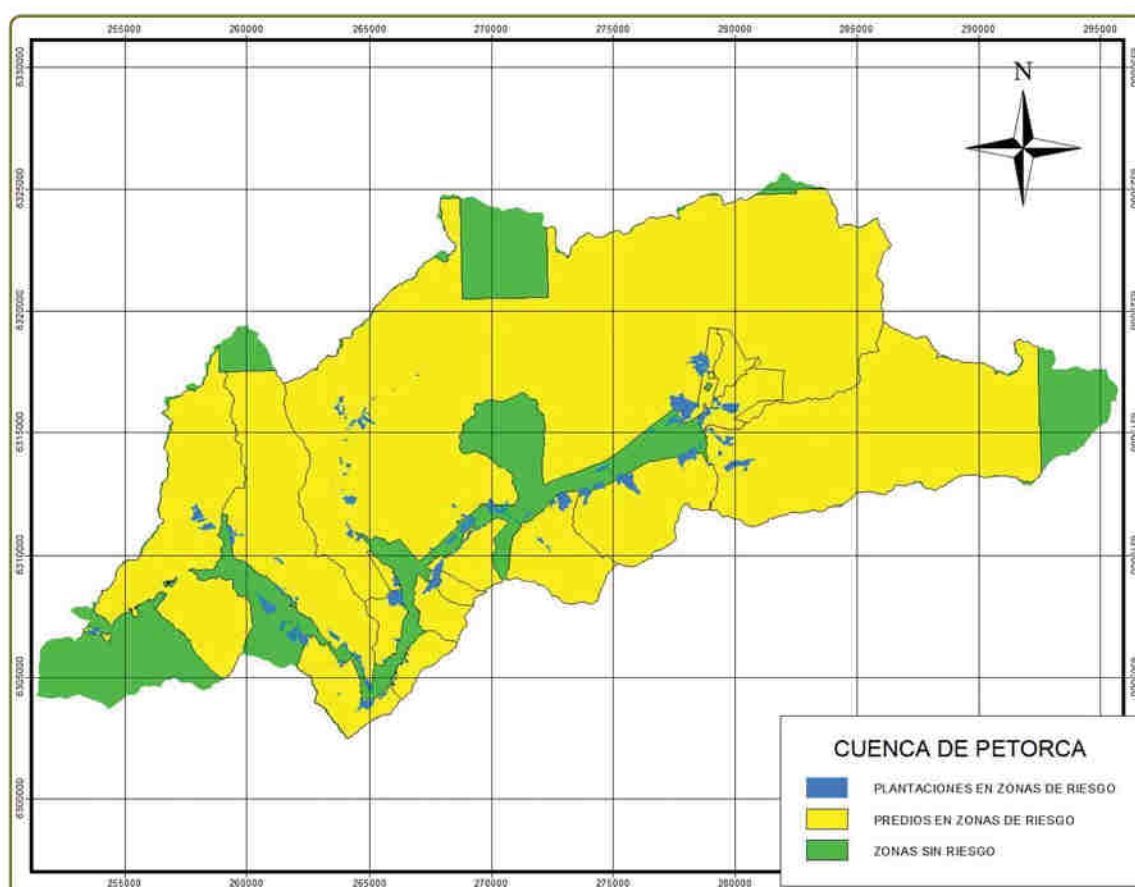


Figura 59. Ubicación de predios en Petorca relacionados con zonas de riesgo.

3.5.3.2 Cuenca La Ligua

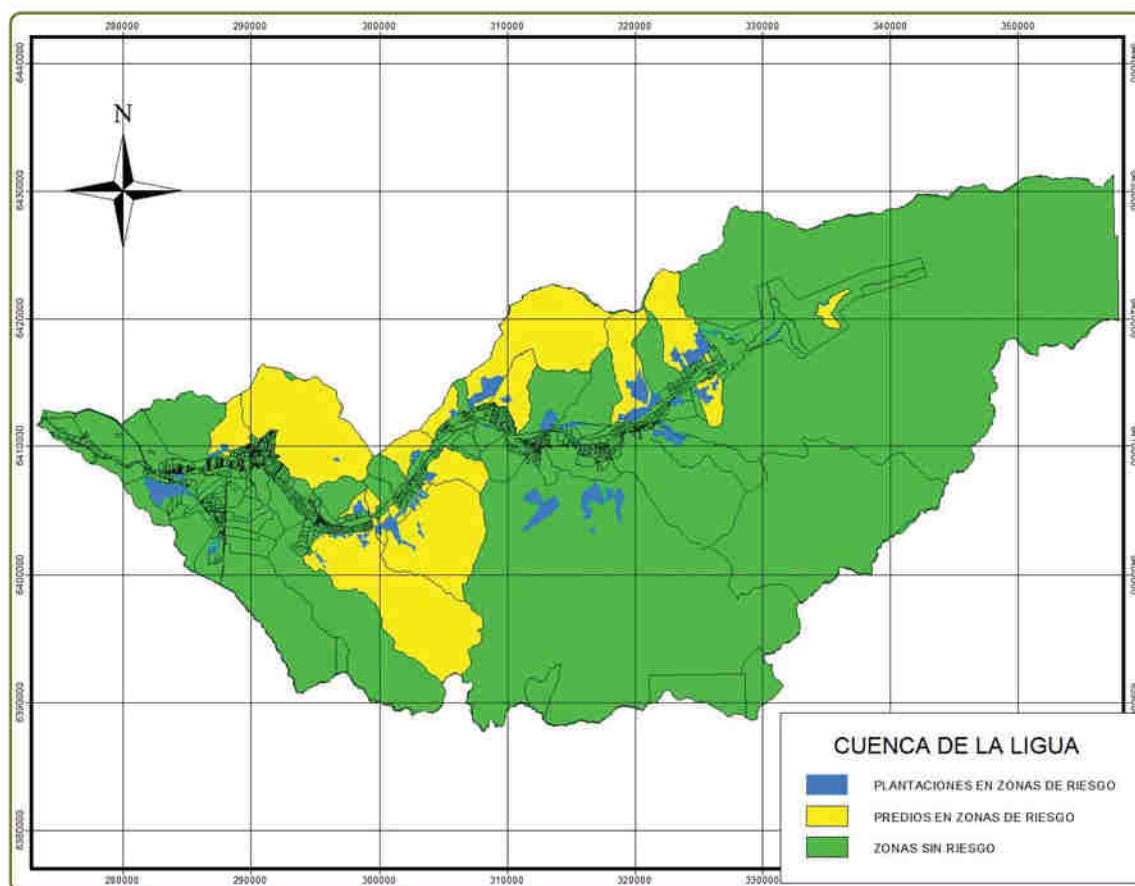


Figura 60. Ubicación de predios en La Ligua relacionados con zonas de riesgo.

3.5.3.3 Cuenca Aconcagua

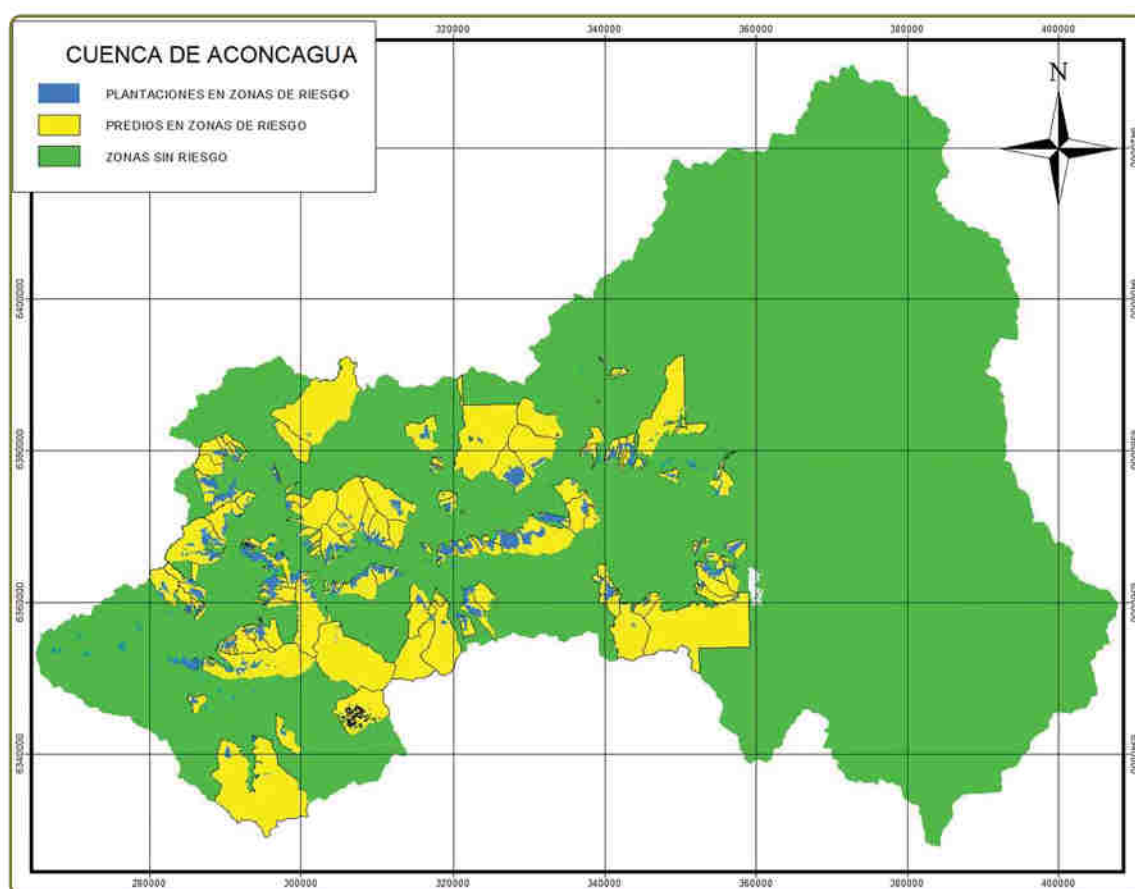


Figura 61. Ubicación de predios en Aconcagua relacionados con zonas de riesgo.

3.5.3.4 Cuenca Casablanca

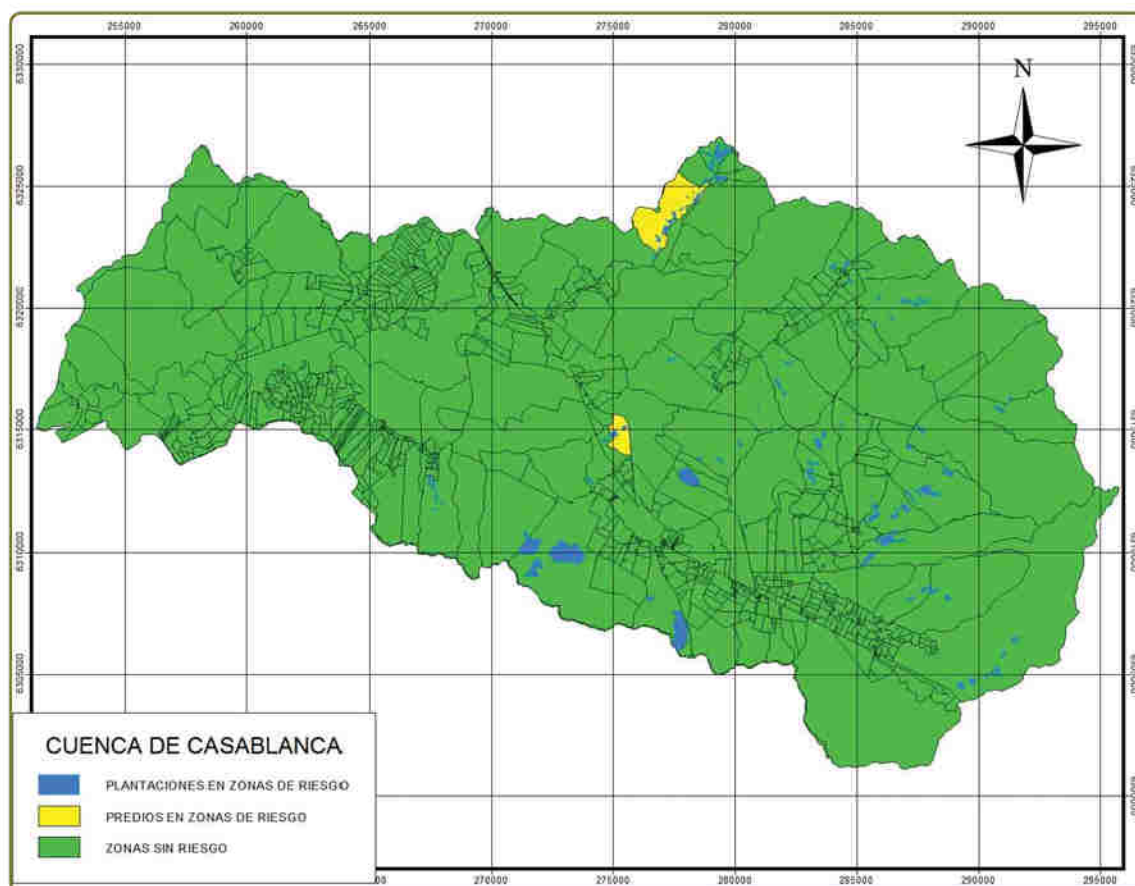


Figura 62. Ubicación de predios Casablanca relacionados con zonas de riesgo.

4. PERCEPCIÓN DEL IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO DE PLANTACIONES DE FRUTALES EN LADERAS

Para estudiar la percepción del impacto socio-económico de los frutales en laderas, en la población y recursos asociados a los valles de las cuencas en estudio, se realizaron encuestas en todas las cuencas, que siguieron una metodología estándar, aplicada por un grupo de profesionales que incluyó un antropólogo y que se validó con una alta intensidad de muestreo.

4.1 Superficie y total de encuestados por cuenca

4.1.1 Cuenca Petorca

En la cuenca del río Petorca se identificaron 7 zonas de laderas con alta fragilidad las que cubren un área aproximada de 13.868 ha. En cada una de las zonas se aplicó una encuesta al predio de referencia, el cual se encuentra dentro de ella (7 encuestas) y otra encuesta dirigidas a los predios que situados en las áreas de influencia, sumado un total de 72 encuestas aplicadas en las 7 áreas de riego definidas para la cuenca.

Tabla 29. Categoría predial. Cuenca Petorca

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE VALIDACIÓN (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
RURAL	76	79,2	79,2	79,2
URBANA	20	20,8	20,8	100
TOTAL	96	100	100	

La mayoría de encuestados vive en zonas rurales ó tiene su predio en una zona rural ó trabaja en un predio ubicado en una zona rural (79%), sólo el 21% se declara residente de zonas urbanas, pero mantiene un tipo de uso de suelo rural.

4.1.2 Cuenca La Ligua

En la cuenca del río La Ligua se identificaron 4 zonas de laderas con alta fragilidad y que cubren un área aproximada de 6.395 ha. En cada una de las zonas se aplicó una encuesta al predio de referencia, el cual se encuentra dentro de ellas (4 encuestas), y otra encuesta a los predios que están en el área de influencia (72 encuestas) y que se agruparon en torno a localidades.

Tabla 30. Categoría predial. Cuenca La Ligua

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE VALIDACIÓN (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
RURAL	71	98,6	98,6	91
URBANA	1	1,4	1,4	100
TOTAL	72	100	100	

La mayoría de encuestados vive en zonas rurales (99%) ó tiene su predio en una zona rural ó trabaja en un predio ubicado en una zona rural.

4.1.3 Cuenca Aconcagua

En la cuenca del río Aconcagua se identificaron 11 zonas de laderas con alta fragilidad y que cubren un área aproximada de 33.729 ha.

En cada una de las zonas se aplicó una encuesta al predio de referencia, el cual se encuentra dentro de ella (11 encuestas) y otra encuesta dirigidas a los predios que están en el área de influencia, sumando un total de 156 encuestas aplicadas en las 11 áreas de fragilidad de la cuenca.

Tabla 31. Categoría predial. Cuenca Aconcagua

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE VALIDACIÓN (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
RURAL	154	98,7	98,7	98,7
URBANA	2	1,3	1,3	100
TOTAL	156	100	100	

De la muestra sobre la cual se aplicaron el total de encuestas en la cuenca de Aconcagua (156 encuestas) un porcentaje mayoritario, un 99%, se clasifica como residentes rurales, siendo solo un 1% de características urbanas.

4.1.4 Cuenca Casablanca

En la cuenca del estero Casablanca se identificaron 5 zonas de laderas con alta fragilidad y que cubren un área aproximada de 2.316 ha. En cada una de las zonas se aplicó una encuesta al predio de referencia (4 encuestas), el que se encuentra dentro de ellas; y otra encuesta a los predios que están en el área de influencia (57 encuestas), agrupados por localidades.

Tabla 32. Categoría predial. Cuenca Casablanca

CATEGORÍA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE DE VALIDACIÓN (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
RURAL	57	100	100	100
URBANA	0	0	0	100
TOTAL	57	100	100	

EL 100% de los encuestados vive en zonas rurales.

4.2 Principales factores que han disminuido los recursos hídricos en la cuenca en los últimos 10 años. Según agricultores encuestados

Factores	Petorca (%)	La Ligua (%)	Aconcagua (%)	Casablanca (%)
Reconocen disminución	79%	97%	42%	28%
Cultivos en Laderas	40%	49%	21%	6%
Laderas y otros	44%	39%	20%	44%
Cambio climático	12%	14%	29%	31%
Otros	4%	7%	30%	19%

En Petorca, La Ligua y Casablanca los que atribuyen la disminución de los recursos hídricos a los cultivos de laderas señalaron como causas principales: la cantidad de agua que ocupan, el tamaño de las explotaciones, la construcción de pozos para regarlas, la manipulación del río aguas arriba y la construcción de tranques.

En relación a mejoras en la infraestructura de riego en los últimos 10 años, un alto porcentaje de encuestados (90%) reconocen mejoras en infraestructura de riego, pero la asocian a la acción del estado.

4.3 Problemas de canales de riego que se asocian a los cultivos en laderas. Porcentajes de respuestas del total encuestados

Problemas	Petorca (%)	La Ligua (%)	Aconcagua (%)	Casablanca (%)
Embancamientos	33	55	28	18
Filtraciones	27	25	20	No mencionado
Destrucción de bordes	19	20	20	No mencionado
Otros	21	-	32	-
Total	100	100		
Atribuibles a plantaciones de laderas	14	23	26	94

4.4 Efecto barrera e impedimento de movilización de las plantaciones en laderas del total de encuestados. Porcentaje de encuestados

Actividades impactadas	Petorca (%)	La Ligua (%)	Aconcagua (%)	Casablanca (%)
Aprovisionamiento de talaje, caza y leña	52	64	60	25
Recreación y tránsito	48	36	40	75
Total	100	100	100	100
No afectados	26	4	9	6

4.5 Evaluación general del impacto generado por las plantaciones en laderas en las localidades

Factores	Petorca	La Ligua	Aconcagua	Casablanca
Prestación de servicios a empresas de paltos	82% No prestan	72%	69%	56%
	12% Temporal	14%	17%	32%
	6% Permanente	14%	12%	12%
Impacto tránsito temporeros	36% Positivo	33% Positivo	13% Negativo	14% Negativo
	64% No percibe	58% No percibe	87% No percibe	84% No percibe
Aporte empresa a la localidad	47% Insuficiente	61%	53%	39%
	17% Regular	19%	42%	56%
	36% Bueno a MB	20%	5%	5%
Relación empresa-vecinos	18% Insuficiente	15%	15%	12%
	23% Regular	24%	31%	38%
	60% Bueno a MB	62%	52%	49%
Mejoramiento de la calidad de vida por empleo	19% Insuficiente	11%	18%	19%
	19% Regular	29%	28%	17%
	62% Bueno y MB	60%	53%	63%
Aporte empresa a economía predial	40% Insuficiente	52%	34%	6%
	31% Regular	26%	40%	44%
	29% Bueno y MB	22%	25%	40%
Impacto generado en las localidades de la cuenca	65% Positivo	56% Positivo	62% Positivo	49% Positivo

En general, la competencia por el agua con los otros regantes, la contaminación de napas por uso de pesticidas y la intoxicación del entorno, la disminución de la carga animal predial, y el impedimento al libre tránsito, mueve la mayor cantidad de respuestas en términos de los impactos negativos y muy negativos que generan las plantaciones en laderas.

Como impactos positivos y muy positivos se señalan la generación de trabajo y la existencia de fuentes laborales locales y permanentes.

La búsqueda de mayor rentabilidad y el seguir la tendencia del cultivo en laderas, representan el 54% de preferencias a la hora de especificar las razones para explicar el cambio de actividades en los campesinos, en los últimos 10 años, los que representan en promedio el 26% en las cuatro cuencas.

5. BIBLIOGRAFÍA

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. 1997. Desastres naturales, OP-704. <http://ww2.ladb.org/Poli/>

BAEZA V. M. 1930. Los nombres vulgares de las plantas silvestres y sus concordancias con los nombres científicos. Imprenta El Globo, Santiago de Chile.

BELMONTE, E; L. FAÚNDEZ; J. FLORES; A. HOFFMANN; M. MUÑOZ & S. TEILLIER. 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 69-89.

BENOIT, I. 1996. Representatividad ecológica del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. En Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago. pp. 149 - 153.

CASTRO, R. LAGOS, M. 2003. Índice de riesgo de erosión potencial para priorizar actividades de forestación y recuperación de suelos en cuencas del secano costero, en la zona central de Chile. Congreso Internacional de Cuencas. Arequipa. FAO.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura. Benoit, I. Ed. Santiago.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL. 1996. Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura. Muñoz, M., Núñez, H. y Yáñez, J. Ed. Santiago

D.N° 908 de 3 de Julio de 1941 de Ministerio de Tierras y Colonización. Declara Terrenos Forestales a Zonas de Vegetación de Palma Chilena.

DS N° 13 de 1995, del Ministerio de Agricultura Declara Monumento Natural a las especies forestales Queule, Pitao, Belloto del Sur, Belloto del Norte y Ruil.

ESPINOZA, N. 1996. Malezas presentes en Chile. Editora Aníbal Pinto S.A. Concepción. Chile. 219 pp.

ETIENNE, M. y PRADO C. 1982. Descripción de la Vegetación Mediante la Cartografía de Ocupación de Tierras (COT). Ciencias Agrícolas N° 10. Facultad de Ciencias Agrarias, Estudio de Flora y Fauna asociada para el Proyecto Página 64 de 89. Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.

GAJARDO, R., 1993. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. 165 pp.

HECHENLEITNER V., P., M. F. GARDNER, P. I. THOMAS, C. ECHEVERRIA, B. ESCOBAR, P. BROWNLESS Y C. MARTÍNEZ A. 2005. Plantas amenazadas del centro - sur de Chile. Distribución, conservación y reproducción. Primera edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 pp.

HOFFMANN, A. J. 1979. Flora silvestre de Chile. Zona Central. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago de Chile. 253 pp.

HOFFMANN, A., FARGA, C., LASTRA, J. Y E. VEGHAZI. 1993. Plantas medicinales de uso común en Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago de Chile. 273 pp.

KATTERMANN, F. 1994. Eriosyce (Cactaceae). The genus revised and amplified. Edited by David Hunt & Nigel Taylor; Royal Botanic Gardens Kew. 176 pp.

LAGOS, S. 2005. Protocolo para selección de alternativas para la conservación de suelos en laderas. DIPROREN. Santiago. 78 p.

MARSH, WILLIAM M. 1991. Landscape Planning, Environmental Applications. 2ª Edition. John Wiley & Son, Inc. USA. Pág. 339.

MARTICORENA, C & M. QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42 (1-2): 1-157.

MARTICORENA, C & R. RODRÍGUEZ. 1995. Flora de Chile. Volumen I: Pteridophyta -Gymnospermae. Universidad de Concepción. 351 pp.

MATTHEI, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfa editores. Santiago de Chile. 545 pp.

MUÑOZ, M y A. MOREIRA. 2003. Alstroemerias de Chile. Diversidad, distribución y estado de conservación. Taller La Era. Santiago de Chile. 140 pp.

MUÑOZ, O., MONTES, M. y T. WILKOMIRSKY. 2004. Plantas Medicinales de Uso en Chile: INFORME CUENCA ACONCAGUA. Química y Farmacología. Vicerrectoría de asuntos académicos Universidad de Chile. Editorial Universitaria. 330 pp.

MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL. 1998. Boletín Museo Nacional de Historia Natural. Chile. Número especial. N° 47. 146 pp.

RAVENA, J. S. TEILLIER; J. MACAYA; R. RODRÍGUEZ y O. ZOLLNER. 1998. Categoría de Conservación de las Plantas Bulbosas Nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural N° 47: pp. 47 - 68

RODRÍGUEZ, G. y C. MALDONADO. 1996. Arbustos Nativos de Chile: Métodos de Propagación. 99 pp.

SMITH, A. FRANCKE, S. CAMPAÑA. 2003. Evaluación de impactos ambientales en Cuencas Hidrográficas a través de Sistema de Modelación Hidrológico Europeo (SHETRAN), en la Región de los Lagos del Sur de Chile. Congreso Internacional de Cuencas Hidrográficas. Arequipa. Perú.

TEILLIER, S., ALDUNATE, G., RIEDEMANN, P. y H. NIEMEYER. 2005. Flora de la Reserva nacional Río Clarillo. Guía de identificación de especies. 367 pp.

RIEDEMANN, P. y ALDUNATE G. 2004. Flora Nativa de Valor Ornamental. Identificación y Propagación. Chile Zona Centro. 566 pp.



Fauna:

- CEI, J. M. 1962. Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
- CONAF. 1996. Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. M. Muñoz, H. Núñez y J. Yáñez (Eds.), Corporación Nacional Forestal, Santiago, 203pp.
- CONAMA. 1994. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Conceptos y antecedentes básicos. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- CONAMA. 1995. Síntesis del Diagnóstico y Plan de Acción Nacional para la Biodiversidad en Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- CONAMA. 2002. Estrategia y Plan de Acción para la Conservación de la Diversidad Biológica, Región de Valparaíso. CONAMA-PNUD, Valparaíso, 165pp.
- CONAMA. 2003. Estrategia Nacional de Biodiversidad. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, 21pp.
- CONAMA. 2006. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, 637pp.
- CONTRERAS, L. 2000. Biogeografía de Mamíferos. Pp. 241-250 En: A. Muñoz-Pedreros & J. Yáñez (eds). Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia.
- DAVIS, S. D., V. H. HEYWOOD, O. HERRERA-MACBRYDE, J. VILLALOBOS & A. C. HAMILTON. 1997. Centres of plant diversity. WWF/IUCN, Washington.
- DINERSTEIN, E., D. M. OLSON, D. J. GRAHAM, A. L. WEBSTER, S.A. PRIMM, M.P. BOOKBINDER & G. LEDEC. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial, Washington, D. C.,EEUU.
- DONOSO-BARROS, R. 1966. Reptiles de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
- ESPINOZA, G., P. GROSS & E. HAYEK. 1994. Percepción de los problemas ambientales de las regiones de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile, clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, 165pp.
- GOODALL, J. D., A. W. JOHNSON y R. A. PHILIPPI. 1946. Las Aves de Chile. Vol. 1. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires. 358 pp.
- GOODALL, J. D., A. W. JOHNSON y R. A. PHILIPPI. 1951. Las Aves de Chile. Vol. 2. Platt Establecimientos Gráficos, Buenos Aires. 442 pp.
- MARTINEZ, D. y G. GONZALEZ. 2005. Aves de Chile. Nueva guía de campo. Ediciones del Naturalista, Santiago, 620 pp.



- MUÑOZ-PEDREROS, A. y J. YAÑEZ. 2000. Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia.
- MUÑOZ-PEDREROS, A., J. RAU y J. YAÑEZ. 2004. Aves rapaces de Chile. CEA Ediciones, Valdivia.
- NÚÑEZ, H. 1992. Geographical data of Chilean lizards and snakes in the Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service 91: 29 pp.
- PINCHEIRA-DONOSO, D. y H. NÚÑEZ. 2005. Las especies chilenas de *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación Ocasional Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile) 59:7-486.
- QUINTANILLA, V. 1983. Biogeografía. Tomo III, Serie Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar, Santiago 230pp.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2004. Legislación sobre fauna silvestre. La Ley de Caza y su Reglamento. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, SAG, Santiago, 84pp.
- TORRES-MURA, J. C. 1994. Fauna terrestre de Chile. En Perfil Ambiental de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- TORRES-MURA, J.C., S. CASTRO Y D. OLIVA. 2006. Cap. III. Conservación de la biodiversidad. Pp. 418-436 en "Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos".
- Comisión Nacional del Estudio de Flora y Fauna asociada par el Proyecto Medio Ambiente, Santiago, 637pp.
- VELOSO, A. & J. NAVARRO. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino 6: 481-539.