

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Ubicación y vías de acceso.....	1
1.2	Motivación y formulación del problema .....	3
1.3	Objetivos .....	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
1.4	Metodología .....	3
1.4.1	Revisión de antecedentes y catastro .....	4
1.4.2	Trabajo de terreno .....	4
1.4.3	Trabajo de gabinete.....	4
1.5	Limitaciones .....	5
2	MARCO TEÓRICO .....	6
2.1	Clasificación de remociones en masa.....	6
2.2	Factores condicionantes .....	12
2.2.1	Geología y geotecnia.....	13
2.2.2	Geomorfología .....	14
2.2.3	Hidrología e hidrogeología.....	14
2.2.4	Vegetación.....	15
2.2.5	Clima .....	16
2.2.6	Actividad antrópica .....	16
2.3	Factores detonantes .....	17
2.3.1	Precipitaciones .....	17
2.3.2	Sismos.....	18
2.3.3	Actividad volcánica .....	19
2.3.4	Otros.....	19
2.4	Conceptos de peligro en remociones en masa .....	19
2.4.1	Susceptibilidad.....	20
2.4.2	Peligro .....	20
2.5	Metodología para la evaluación de peligro.....	20
2.5.1	Metodologías cualitativas .....	21
2.5.1.1	Análisis del campo geomorfológico .....	21
2.5.1.2	Índice de mapas de parámetros.....	22
2.5.2	Metodologías cuantitativas .....	23
2.5.2.1	Metodologías de análisis estadístico.....	23

2.5.2.1.1	Metodología cuantitativa bivalente.....	24
2.5.2.1.2	Metodología cuantitativa multivalente.....	24
2.5.2.2	Metodología geotécnica ingenieril.....	24
2.5.2.2.1	Metodología geotécnica ingenieril determinística .....	25
2.5.2.2.2	Metodología geotécnica ingenieril probabilística .....	25
2.5.2.3	Análisis con redes neuronales .....	26
2.5.3	Metodologías mixtas.....	28
3	ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	30
3.1	Geomorfología regional.....	30
3.1.1	Unidades morfoestructurales.....	30
3.1.2	Hoyas hidrográficas.....	33
3.1.3	Complejos volcánicos .....	35
3.1.3.1	Volcán Yate.....	37
3.1.3.2	Volcán Hornopirén .....	37
3.1.3.3	Volcán Apagado.....	37
3.1.3.4	Volcán Huequi.....	37
3.1.3.5	Volcán Michimahuida.....	38
3.1.3.6	Volcán Chaitén.....	38
3.2	Geomorfología local.....	39
3.2.1	Unidades morfoestructurales.....	39
3.2.2	Hoyas hidrográficas.....	47
3.2.3	Glaciares .....	50
3.2.4	Complejos volcánicos .....	52
3.3	Geología regional.....	54
3.3.1	Litologías .....	56
3.3.1.1	Rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas.....	56
3.3.1.1.1	Paleozoico – Triásico (PzTr).....	56
3.3.1.1.2	Pleistoceno – Holoceno (PIHs).....	57
3.3.1.1.3	Cuaternario (PiHv) .....	57
3.3.1.2	Rocas intrusivas.....	57
3.3.1.2.1	Pérmico – Triásico (PTrg; 265 -245 Ma).....	57
3.3.1.2.2	Jurásico Inferior (Jg; 202 – 178 Ma) .....	58
3.3.1.2.3	Cretácico Inferior (Kg; 144 – 90 Ma).....	58
3.3.1.2.4	Mioceno (Mg ;18 – Ma).....	58
3.3.2	Fallas y estructuras.....	58
3.4	Geología local.....	61

3.4.1	Litologías .....	63
3.4.1.1	Rocas metamórficas .....	63
3.4.1.1.1	Esquistos anfibolíticos (PzTr4c).....	63
3.4.1.2	Rocas ígneas .....	65
3.4.1.2.1	Dioritas (Jg) .....	65
3.4.1.2.2	Tonalitas (Kg) .....	66
3.4.1.2.3	Dioritas y tonalitas (Mg) .....	67
3.4.1.3	Depósitos no-consolidados .....	70
3.4.1.3.1	Depósitos fluviodeltaicos .....	70
3.4.1.3.2	Depósitos fluviotorrenciales .....	72
3.4.2	Unidades de suelo .....	76
3.4.2.1	Depósitos de suelo vegetal (Qtve; Cuaternario).....	76
3.4.2.2	Depósitos de suelo con material volcánico (Qtvo; Cuaternario).....	78
3.4.3	Fallas y estructuras.....	79
3.5	Clima y vegetación .....	84
3.5.1	Regímenes climáticos.....	84
3.5.2	Temperatura .....	86
3.5.3	Humedad .....	87
3.5.4	Pluviometría.....	88
3.5.5	Vegetación.....	90
3.6	Sismicidad de la zona de estudio.....	92
3.7	Inventario de remociones en masa .....	97
3.7.1	Caídas de roca .....	99
3.7.2	Deslizamiento irregular de roca (deslizamiento de roca) .....	100
3.7.3	Deslizamiento planar de arcilla/limo (deslizamiento de suelo).....	102
3.7.4	Deslizamientos de suelo y roca .....	103
3.7.5	Flujos de detritos .....	104
4	EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE REMOCIONES EN MASA.....	105
4.1	Redes neuronales en remociones en masa.....	105
4.1.1	Funcionamiento de la red neuronal .....	105
4.1.2	Número de neuronas en la capa oculta .....	107
4.1.3	Algoritmo <i>feed forward backpropagation</i> .....	108
4.1.4	Sobrentrenamiento .....	111
4.2	Metodología de análisis .....	112
4.2.1	Elección de factores para el área de estudio .....	112
4.2.2	Tratamiento de factores .....	112

4.2.3	Normalización de factores .....	113
4.2.4	Mapas de factores normalizados .....	113
4.2.4.1	Elevación.....	113
4.2.4.2	Pendiente.....	117
4.2.4.3	Aspecto u orientación de ladera.....	120
4.2.4.4	Curvatura media.....	123
4.2.4.5	Distancia a redes de drenaje.....	126
4.2.4.6	Distancia a fallas y lineamientos .....	131
4.2.4.7	Geología.....	136
4.2.4.8	Radiación solar anual.....	138
4.2.5	Determinación de puntos de información .....	141
4.2.5.1	Puntos de remociones en masa (PRM) .....	141
4.2.5.2	Puntos libres de remociones en masa (PLRM) .....	141
4.2.6	Matriz de características.....	141
4.2.7	Vector de clases .....	142
4.2.8	Matriz de puntos de evaluación .....	143
4.2.9	Tratamiento de datos y creación de la red neuronal.....	143
4.2.9.1	Separación de datos de la matriz de entrenamiento .....	143
4.2.9.1.1	Entrenamiento y matriz de entrenamiento .....	144
4.2.9.1.2	Validación y matriz de validación .....	144
4.2.9.1.3	<i>Test</i> y matriz de <i>test</i> .....	144
4.2.10	Creación de la red neuronal <i>multilayer perceptron</i> .....	145
4.2.11	Desempeño de la red neuronal .....	148
4.2.11.1	Performance .....	148
4.2.11.2	Training state.....	149
4.2.11.3	Error Histogram (Histograma de error) .....	150
4.2.11.4	Receiver Operating Characteristic (Curva de Característica Operativa del Receptor) .....	151
4.2.12	Análisis con variación de factores .....	152
4.2.13	Categorización de susceptibilidad y factores.....	153
5	RESULTADOS.....	157
5.1	Susceptibilidad.....	157
5.1.1	Caso A: Diez factores .....	157
5.1.1.1	Elevación.....	160
5.1.1.2	Geología.....	161
5.1.1.3	Pendiente.....	162

5.1.1.4	Orientación de ladera.....	163
5.1.1.5	Curvatura media.....	164
5.1.1.6	Distancia a ríos .....	165
5.1.1.7	Distancia a cursos de agua.....	166
5.1.1.8	Distancia a fallas .....	167
5.1.1.9	Distancia a lineamientos .....	168
5.1.1.10	Radiación solar anual.....	168
5.1.1.11	Desempeño de la red neuronal .....	169
5.1.2	Caso B: Seis factores .....	172
5.1.3	Caso C: Tres factores.....	177
5.1.4	Caso D: Sin elevación .....	182
5.2	Correlación entre casos .....	187
6	DISCUSIONES .....	189
6.1	Discusión de la escala de trabajo .....	189
6.2	Discusión de la cantidad de datos y su representatividad.....	189
6.3	Discusión del mapa de catastro .....	190
6.4	Discusión de la elección de factores.....	190
6.5	Discusión de la red neuronal.....	192
6.5.1	Número de capas ocultas .....	192
6.5.2	Número de neuronas en la capa oculta .....	192
6.5.3	Funciones de activación .....	193
6.6	Discusión de los resultados del análisis de susceptibilidad .....	194
6.6.1	Factores condicionantes.....	195
6.6.1.1	Elevación.....	195
6.6.1.2	Geología.....	195
6.6.1.3	Pendiente.....	196
6.6.1.4	Orientación de ladera.....	196
6.6.1.5	Curvatura media.....	196
6.6.1.6	Distancia a ríos .....	197
6.6.1.7	Distancia a cursos de agua .....	197
6.6.1.8	Distancia a fallas .....	198
6.6.1.9	Distancia a lineamientos .....	198
6.6.1.10	Radiación solar anual.....	199
6.6.2	Categorías de susceptibilidad.....	199
6.6.2.1	Susceptibilidad muy alta .....	199
6.6.2.2	Susceptibilidad alta .....	199

6.6.2.3	Susceptibilidad media .....	200
6.6.2.4	Susceptibilidad baja .....	200
6.6.2.5	Susceptibilidad muy baja.....	200
6.6.3	Variación en la cantidad de factores.....	200
6.7	Validación <i>in situ</i> .....	202
6.8	Ventajas y desventajas .....	208
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	210
7.1	Conclusiones .....	210
7.2	Recomendaciones .....	212
8	BIBLIOGRAFÍA .....	213
9	ANEXOS .....	220

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación de remociones en masa según tipo movimiento y material involucrado (Varnes, 1978). .....	6
Tabla 2.2. Clasificación de velocidad de remociones (Cruden y Varnes, 1996). .....	6
Tabla 2.3. Clasificación de remociones en masa (Hung <i>et al.</i> , 2013). .....	8
Tabla 2.4. Factores condicionantes relevantes para cada remoción en masa. Modificado de Lara (2007). .....	12
Tabla 2.5. Remociones en masa inducidas por sismos. Las magnitudes en negrita son magnitudes de momento, y las otras son ondas superficiales Richter (Keefer, 2002). ..	19
Tabla 2.6. Cuadro de resumen de métodos, ventajas y desventajas. Escala a la que puede ser usado (S: pequeña, M: mediana y L: gran escala). R significa que su uso es restringido e Y que su uso es completo (Aleotti y Chowdhury, 1988). .....	28
Tabla 3.1 Temperaturas máximas y mínimas de las estaciones Osorno, Puerto Montt, Futaleufú Aeródromo y Alto Palena Aeródromo. ....	86
Tabla 3.2. Humedad relativa del ambiente de las estaciones mencionadas. ....	87
Tabla 3.3. Precipitaciones anuales. ....	88
Tabla 3.4. Precipitaciones máximas en 24 horas. ....	89
Tabla 3.5. Ubicación, área y perímetro de caídas de roca del fiordo Quintupeu. ....	99
Tabla 3.6. Ubicación, área y perímetro de caídas de rocas entre cerro Ugalde y Tambor. ....	99
Tabla 3.7. Ubicación, área y perímetro de caídas de rocas entre los fiordos Quintupeu y Cahuelmó. ....	100
Tabla 3.8. Ubicación, área y perímetro de deslizamientos de roca. ....	101
Tabla 3.9. Ubicación, área y perímetro de deslizamientos de suelo. ....	102
Tabla 4.1. Número de neuronas en la capa oculta. $n$ : número de neuronas en la capa de entrada, $m$ : número de neuronas en la capa de salida, $l$ : número de datos de entrenamiento, y $k$ : factor de ruido (varía entre 4 y 10), número de índice que representa el porcentaje de mediciones falsas en los datos o grado de error. Modificado de Kavzoglu (2001). ....	108
Tabla 4.2. Equivalencia de normalización y colores. ....	113
Tabla 4.3. Normalización geología. ....	136
Tabla 4.4. Extracto de matriz de características con los valores normalizados. ....	142
Tabla 4.5. Extracto de vector de clases. ....	142
Tabla 4.6. Intervalos de quintiles de susceptibilidad .....	154
Tabla 4.7. Tabla de categorización de susceptibilidad. PRM: puntos de escarpes de remoción en masa, PLRM: puntos libres de remociones en masa, Porcentaje ac: porcentaje acumulado. ....	154
Tabla 4.8. Categorización de la elevación. ....	154
Tabla 4.9. Categorización de la geología. ....	155

Tabla 4.10. Categorización de la pendiente. ....	155
Tabla 4.11. Categorización de orientación de ladera .....	155
Tabla 4.12. Categorización de la curvatura media. ....	155
Tabla 4.13. Categorización de cursos de agua y ríos. ....	156
Tabla 4.14. Categorización de distancia a lineamientos y fallas. ....	156
Tabla 4.15. Categorización de la radiación solar anual. ....	156
Tabla 5.1. Influencia porcentual de la elevación según las categorías de susceptibilidad. ....	160
Tabla 5.2. Influencia porcentual de las formaciones geológicas según las categorías de susceptibilidad. ....	162
Tabla 5.3. Influencia porcentual de la pendiente según las categorías de susceptibilidad. ....	163
Tabla 5.4. Influencia porcentual de la pendiente según las categorías de susceptibilidad. ....	164
Tabla 5.5. Influencia porcentual de la curvatura media según las categorías de susceptibilidad. ....	164
Tabla 5.6. Influencia porcentual de la distancia a ríos según las categorías de susceptibilidad. ....	165
Tabla 5.7. Influencia porcentual de la distancia a cursos de agua según las categorías de susceptibilidad. ....	166
Tabla 5.8. Influencia porcentual de la distancia a fallas según las categorías de susceptibilidad. ....	167
Tabla 5.9. Influencia porcentual de la distancia a lineamientos según las categorías de susceptibilidad. ....	168
Tabla 5.10. Influencia porcentual de radiación solar anual según las categorías de susceptibilidad. ....	169
Tabla 5.11. Coeficientes para medir correlación del Caso B y C, respecto al Caso A. ....	188
Tabla 6.1. Factores condicionantes propuestos por esta metodología, y los propuestos por Molina (2016). ....	194
Tabla 6.2. Comparación del desempeño de la red neuronal en los casos A, B y C. ....	201
Tabla 6.3. Tabla de categorías de susceptibilidad y equivalencia de colores. ....	202



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1. Mapa rutero con los accesos a la zona de estudio.....	2
Figura 2.1. Diagrama de clasificación de metodologías de acuerdo a su carácter cualitativo o cuantitativo (Aleotti y Chowdhury, 1998). .....	21
Figura 2.2. A: Red neuronal, muestra la capa de entrada ( <i>input layer</i> ), capa escondida ( <i>hidden layer</i> ) y capa de salida ( <i>output layer</i> ). Estas se conectan directamente con el peso de los factores, y la sumatoria de estas, entrega un valor de salida ( <i>output</i> ). B: Proceso que genera una red neuronal hasta lograr la convergencia. ....	27
Figura 3.1. Unidades morfoestructurales de la región de Los Lagos. Polígono rojo indica el área de estudio.....	32
Figura 3.2. Subsubcuencas hidrográficas de la zona de estudio. Fuente: DGA.....	34
Figura 3.3. Volcanes cercanos a la zona de estudio. ....	36
Figura 3.4. Unidades morfoestructurales y depósitos no consolidados del fiordo Comau. ....	40
Figura 3.5. Perfil de elevación del fiordo Comau (Perfil 1). ....	41
Figura 3.6 . Ladera norte del fiordo Quintupeu.....	41
Figura 3.7. Perfil de elevación del fiordo Quintupeu (Perfil 2). ....	42
Figura 3.8. Ladera norte del fiordo Cahuelmó. ....	42
Figura 3.9. Perfil de elevación del fiordo Cahuelmó (Perfil 3).....	43
Figura 3.10. Modelo de Elevación Digital (DEM).....	44
Figura 3.11. Pendientes de la zona de estudio. ....	45
Figura 3.12. Orientación de las laderas.....	46
Figura 3.13. Subdivisión de la Subsubcuenca Costera entre río Negro y río Huinay. ....	49
Figura 3.14. Ladera NE del Glaciar Comau.....	50
Figura 3.15. Glaciares y glaciaretos de la zona de estudio. ....	51
Figura 3.16. Mapa de ubicación de manifestaciones termales.....	53
Figura 3.17. Mapa geológico de la zona de estudio (Ordoñez y Crignola, 2003). ....	55
Figura 3.18. Configuración tectónica y subdivisión de la ZVS (Stern <i>et al.</i> , 2007). ....	60
Figura 3.19. Mapa geológico de la zona de estudio. ....	62
Figura 3.20. Simbología de mapa geológico de la zona de estudio. ....	63
Figura 3.21. Ladera sur del fiordo Cahuelmó. Afloramiento de rocas metamórficas. ....	64
Figura 3.22. Muestra de mano de roca metamórfica. ....	64
Figura 3.23. Muestra de mano de diorita con brújula como escala. ....	65
Figura 3.24. Muestra de mano de metatonalita. ....	66
Figura 3.25. Ladera este del fiordo Comau. Afloramiento de metatonalita.....	67
Figura 3.26. Muestra de mano de diorita.....	68
Figura 3.27. Muestra de mano de tonalita. ....	68

Figura 3.28. Ladera este del fiordo Comau. Afloramiento de tonalita con enclaves máficos. .....	69
Figura 3.29. Ladera este del fiordo Comau. Afloramiento de tonalita con enclaves máficos de distinto tamaño y forma. ....	69
Figura 3.30. Depósito fluviodeltaico río Quintupeu.....	70
Figura 3.31. Depósito fluviodeltaico río Mirta. ....	71
Figura 3.32. Depósito fluviodeltaico río Huinay. ....	71
Figura 3.33. Depósito fluviodeltaico río Vodudahue. ....	72
Figura 3.34. Ladera este del fiordo Comau. Depósitos fluviotorrenciales. ....	73
Figura 3.35. Depósitos fluviotorrenciales. ....	74
Figura 3.36. Ladera este del fiordo Comau. Depósitos fluviotorrenciales en zona de menor pendiente.....	75
Figura 3.37. Ladera este del fiordo Comau. Playa compuesta por depósitos fluviotorrenciales. ....	75
Figura 3.38. Ladera este del fiordo Comau. Playa de depósitos fluviotorrenciales compuesta por bloques angulosos de distintos tamaños. ....	76
Figura 3.39. Ladera este del fiordo Comau. Depósitos de suelo vegetal. ....	77
Figura 3.40. Espesor de suelo vegetal. Raíces intercrecidas con presencia de hojas. ..	77
Figura 3.41. Ladera este del fiordo Comau. Depósitos de suelo con material volcánico. .....	78
Figura 3.42. Espesor de depósitos de suelo volcánico. ....	78
Figura 3.43. Diagrama de polos asociados a fallas, obtenidos del <i>software Dips</i> . ....	79
Figura 3.44. Diagrama de rosetas asociado a fallas, obtenido del <i>software Dips</i> . ....	80
Figura 3.45. Polos y planos asociados a fallas, obtenidos del <i>software Dips</i> . ....	80
Figura 3.46. Diagrama de concentración de polos asociado a lineamientos, obtenido del <i>software Dips</i> . ....	81
Figura 3.47. Roseta de los lineamientos, obtenida del <i>software Dips</i> . ....	81
Figura 3.48. Polos y planos de los dominios estructurales asociados a lineamientos, obtenido del <i>software Dips</i> . ....	82
Figura 3.49. Dominios estructurales. DN: Dominio Norte, DC: Dominio Central, DS: Dominio Sur.....	83
Figura 3.50. Mapa de regímenes climáticos del fiordo Comau.....	85
Figura 3.51. Temperaturas de la estación meteorológica Hornopirén.....	86
Figura 3.52. Humedad relativa del ambiente. Estación meteorológica Hornopirén. ....	87
Figura 3.53. Precipitaciones acumuladas entre mayo y octubre de 2016. Estación meteorológica Hornopirén. ....	88
Figura 3.54. Precipitaciones máximas en 24 horas informadas por la estación Hornopirén .....	90

Figura 3.55 Ladera este del fiordo Comau, correspondiente al Bosque Laurifolio Valdiviano.....	91
Figura 3.56. Sotobosque con lianas y enredaderas. ....	92
Figura 3.57. Sotobosque con helechos de tamaños cercanos a dos metros de altura. .	92
Figura 3.58. Historial sísmico correspondiente a la región de Los Lagos entre 17 mayo del 2011 hasta 12 de agosto del 2016. ....	94
Figura 3.59. Sismos de la región de Los Lagos con magnitud $M_w$ igual o mayor a 5.0. .	95
Figura 3.60. Epicentros sísmicos cercanos a la región de Los Lagos.....	96
Figura 3.61. Mapa de catastro de remociones en masa sobre un mapa de relieve sombreado. A: sector A, B: sector B, C: sector C.....	98
Figura 3.62. Caída de roca (polígono verde). Ladera este del fiordo Comau.....	100
Figura 3.63. Deslizamiento de roca irregular. Ladera este del fiordo Comau. Se diferencia entre zona de ruptura (polígono verde) y depósito de remoción en masa (polígono violeta). ....	101
Figura 3.64. Deslizamiento planar de limo y arcilla. Ladera este del fiordo Comau. ....	103
Figura 3.65. Deslizamiento de suelo y roca, ladera este fiordo Comau. Se demarca el área de deslizamiento (polígono rojo) y la zona del depósito (polígono violeta). ....	104
Figura 4.1. Esquema de una neurona artificial y sus respectivos equivalentes de neurona humana (Martín y Sanz, 2010). ....	106
Figura 4.2. Diagrama del método <i>feed forward backpropagation</i> .....	109
Figura 4.3. Ejemplo ilustrativo de las fases <i>forward</i> (negro) y <i>backward</i> (azul) del algoritmo <i>backpropagation</i> (Haykin, 1999).....	110
Figura 4.4. Modelo de elevación digital normalizado, basado en la Figura 3.10. ....	115
Figura 4.5. Elevación categorizada. ....	116
Figura 4.6. Pendiente normalizada, basado en la Figura 3.11. ....	118
Figura 4.7. Pendiente categorizada.....	119
Figura 4.8. Orientación de ladera normalizada, basado en la Figura 3.11. ....	121
Figura 4.9. Orientación de ladera categorizada.....	122
Figura 4.10. Curvatura media normalizada. ....	124
Figura 4.11. Curvatura media categorizada. ....	125
Figura 4.12. Distancia a cursos de agua normalizada, basado en la Figura 3.19. ....	127
Figura 4.13. Distancia a cursos de agua categorizada.....	128
Figura 4.14. Distancia a ríos normalizada, basado en la Figura 3.19.....	129
Figura 4.15. Distancia a ríos categorizada. ....	130
Figura 4.16. Distancia a fallas normalizada, basado en la Figura 3.49. ....	132
Figura 4.17. Distancia a fallas categorizada.....	133
Figura 4.18. Distancia a lineamientos normalizada, basado en la Figura 3.49. ....	134
Figura 4.19. Distancia a lineamientos categorizada. ....	135

Figura 4.20. Geología normalizada, basada en la Figura 3.19.....	137
Figura 4.21. Radiación solar normalizada. ....	139
Figura 4.22. Radiación solar anual categorizada. ....	140
Figura 4.23. Creación de matriz de puntos a partir del <i>DEM</i> .....	143
Figura 4.24. Esquema de la red neuronal. Fuente: <i>MATLAB</i> . ....	146
Figura 4.25. Interfaz del proceso de entrenamiento de la red neuronal. Fuente: <i>MATLAB</i> . .....	147
Figura 4.26. <i>Performance</i> . Fuente: <i>MATLAB</i> . ....	149
Figura 4.27. Estado de entrenamiento. Fuente: <i>MATLAB</i> . ....	150
Figura 4.28. Histograma de error. Fuente <i>MATLAB</i> . ....	151
Figura 4.29. Curva <i>ROC</i> . Punto rojo (esquina superior izquierda) indica la clasificación perfecta. Fuente: <i>MATLAB</i> :.....	152
Figura 5.1. Mapa de susceptibilidad, clasificación continua. Caso A. ....	158
Figura 5.2. Mapa de susceptibilidad categorizado cualitativamente. Caso A. ....	159
Figura 5.3. Histograma de elevación según su susceptibilidad, ordenados por clases. .....	161
Figura 5.4. Histograma de influencia de las formaciones geológicas según su susceptibilidad, ordenados por clases.....	162
Figura 5.5. Histograma de influencia de la pendiente según su susceptibilidad, ordenados por clases.....	163
Figura 5.6. Histograma de orientación de ladera según su clase y categoría de susceptibilidad.....	164
Figura 5.7. Histograma de curvatura media según sus clases y categoría de susceptibilidad.....	165
Figura 5.8. Histograma de distancia a ríos según sus clases y categoría de susceptibilidad.....	166
Figura 5.9. Histograma de distancia a cursos de agua según sus clases y categoría de susceptibilidad.....	167
Figura 5.10. Histograma de distancia a fallas según sus clases y categoría de susceptibilidad.....	167
Figura 5.11. Histograma de distancia a lineamientos según sus clases y categoría de susceptibilidad.....	168
Figura 5.12. Histograma de radiación solar anual según sus clases y categoría de susceptibilidad.....	169
Figura 5.13 <i>Performance</i> . Caso A. ....	170
Figura 5.14. <i>Training state</i> . Caso A.....	170
Figura 5.15. <i>Error histogram</i> . Caso A.....	171
Figura 5.16. Curva <i>ROC</i> . Caso A. ....	172
Figura 5.17. Mapa de susceptibilidad, clasificación continua. Caso B. ....	173

Figura 5.18. Mapa de susceptibilidad categorizado cualitativamente. Caso B. ....	174
Figura 5.19. <i>Performance</i> . Caso B. ....	175
Figura 5.20. <i>Training state</i> . Caso B. ....	176
Figura 5.21. <i>Error histogram</i> . Caso B. ....	176
Figura 5.22. Curva <i>ROC</i> . Caso B. ....	177
Figura 5.23. Mapa de susceptibilidad, clasificación continua. Caso C. ....	178
Figura 5.24. Mapa de susceptibilidad categorizado cualitativamente. Caso C. ....	179
Figura 5.25 <i>Performance</i> . Caso C. ....	180
Figura 5.26. <i>Train state</i> . Caso C. ....	181
Figura 5.27. <i>Error histogram</i> . Caso C. ....	181
Figura 5.28. Curva <i>ROC</i> . Caso C. ....	182
Figura 5.29. Mapa de susceptibilidad, clasificación continua. Caso D. ....	183
Figura 5.30. Mapa de susceptibilidad categorizado cualitativamente. Caso D. ....	184
Figura 5.31. <i>Performance</i> . Caso D. ....	185
Figura 5.32. <i>Training state</i> . Caso D. ....	186
Figura 5.33. <i>Error histogram</i> . Caso D. ....	186
Figura 5.34. Curva <i>ROC</i> . Caso D. ....	187
Figura 6.1. A: Fotografía del sector oriente del fiordo Cahuelmó, desembocadura del río Mirta. B: Diferenciación de zonas de susceptibilidad muy baja (polígono verde oscuro), baja (polígono verde claro), media (polígono amarillo), alta (polígono anaranjado) y muy alta (polígono rojo). ....	203
Figura 6.2. A: Fotografía del pueblo Huinay. B: Diferenciación de zonas de susceptibilidad muy baja (polígono verde oscuro), baja (polígono verde claro), media (polígono amarillo), alta (polígono anaranjado) y muy alta (polígono rojo). ....	204
Figura 6.3. A: Ladera sur del fiordo Cahuelmó. Se logra diferenciar zonas de muy alta susceptibilidad en zonas de baja susceptibilidad. B: Diferenciación de zonas de susceptibilidad media (polígono amarillo), alta (polígono anaranjado) y muy alta (polígono rojo). ....	206
Figura 6.4. A: Fotografía desde la ribera del río Huinay. Al fondo se observa la ladera oeste del río. B: Diferenciación de zonas de susceptibilidad muy baja (polígono verde oscuro) y muy alta (polígono rojo). ....	207