

ESPECIES NATIVAS PARA LA ESTABILIZACIÓN Y RESTAURACIÓN DE TALUDES URBANOS

San Carlos de Bariloche y alrededores

Paula Vanesa González Velásquez

Trabajo Final Integrador

Requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director: Dra. Graciela Mabel Calabrese

San Carlos de Bariloche, Marzo 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO
SEDE ANDINA

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por apoyarme durante estos años. A mis amigos por entender mis ausencias durante las épocas de estudio y los amigos con los que compartí esas horas de estudio, por todos los momentos compartidos y los que vendrán también.

A mi compañero de vida por acompañarme, amarme, entender mis locuras y ser un gran apoyo en mi vida, tanto personal como universitaria, por recordarme cada vez que lo necesitaba que tengo la capacidad para lograr lo que me proponga. Te amo.

A mi directora, Graciela Calabrese, gracias por creer en mí, siempre, por no bajar los brazos y apoyarme en todos mis emprendimientos. Estaré eternamente agradecida porque fuiste y seguirás siendo un pilar fundamental en mi formación académica y humana.

A todos los docentes que tuve el agrado de conocer, quisiera nombrarlos a todos pero temo olvidarme de alguno, sepan que de todos aprendí algo valioso.

Al personal no docente al que solía presentar mis inquietudes y hacían todo lo posible por solucionarlas.

A las personas y entidades que me ayudaron de alguna manera para terminar este TFI: Patricia e Ignacio de la Subsecretaría de Medio Ambiente; Vialidad Nacional; Lorena de Acción social; Justo Ñancuñil y Norberto de IPPV; Patricia Acuña de Planeamiento; Inés y Cristian de Contaduría de la Municipalidad; Edgardo Pedraza de Hidraco.

Índice general

<u>RESUMEN</u>	14
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	15
<u>2. OBJETIVOS</u>	19
2.1. Objetivo general.....	20
2.2. Objetivos específicos.....	20
<u>3. ANTECEDENTES</u>	22
3.1. Taludes.....	23
3.1.1.Introducción.....	24
3.1.2.Problemas ocasionados a nivel mundial, regional y local.....	26
3.2. Restauración ecológica.....	36
3.2.1.Introducción.....	37
3.2.2.Situación a nivel mundial, regional y local.....	39
3.3. Bioingeniería.....	42
3.3.1.Introducción.....	43
3.3.2.Técnicas de bioingeniería.....	45
3.3.2.1. Técnicas destinadas a evitar procesos erosivos.....	45
3.3.2.1.1. Reducción de la pendiente.....	45
3.3.2.1.2. Construcción de terrazas.....	46
3.3.2.1.3. Mallas o enrejados metálicos.....	47
3.3.2.1.4. Sistemas tridimensionales: geomallas volumétricas.....	47
3.3.2.1.5. Mantas orgánicas.....	48
3.3.2.1.6. Mallas o redes orgánicas y/o sintéticas.....	49
3.3.2.1.7. Muros de pie.....	49
3.3.2.1.8. Lechos y entramados de ramas.....	50
3.3.2.2. Técnicas destinadas a incrementar la fertilidad del suelo.....	51
3.3.2.2.1. Fertilizantes inorgánicos.....	51

3.3.2.2.2.	Enmiendas orgánicas.....	52
3.3.2.3.	Técnicas destinadas a mejorar la llegada y establecimiento de herbáceas (hidrosiembra).....	53
3.3.2.4.	Introducción y establecimiento de especies leñosas.....	54
3.3.2.4.1.	Estaquillados.....	54
3.3.2.4.2.	Empalizada trenzada viva.....	55
3.3.2.4.3.	Entramados vivos.....	56
3.3.2.4.4.	Gaviones revegetados con ramas vivas.....	60
3.3.3.	Ejemplos.....	61
4.	<u>METODOLOGÍA</u>	66
4.1.	Identificación de áreas de taludes.....	67
4.2.	Características de los taludes.....	67
4.3.	Composición florística.....	68
4.4.	Especies nativas.....	68
4.5.	Técnicas de bioingeniería.....	69
4.6.	Marco legal.....	69
4.7.	Contexto social.....	69
4.8.	Análisis de costos.....	70
5.	<u>RESULTADOS</u>	71
5.1.	Identificación de áreas de taludes.....	72
5.2.	Características de los taludes.....	72
5.3.	Composición florística.....	90
5.4.	Especies nativas.....	91
5.4.1.	<i>Acaena splendens</i>	91
5.4.2.	<i>Baccharis magellanica</i>	92
5.4.3.	<i>Baccharis patagonica</i>	92
5.4.4.	<i>Berberis empetrifolia</i>	93
5.4.5.	<i>Berberis microphylla</i>	94
5.4.6.	<i>Cortaderia araucana</i>	94
5.4.7.	<i>Embothrium coccineum</i>	95

5.4.8. <i>Escallonia rubra</i>	96
5.4.9. <i>Escallonia virgata</i>	96
5.4.10. <i>Fabiana imbricata</i>	97
5.4.11. <i>Haplopappus glutinosus</i>	97
5.4.12. <i>Maytenus chubutensis</i>	98
5.4.13. Síntesis	98
5.5. Técnicas de bioingeniería	100
5.6. Marco legal	106
5.7. Contexto social	110
5.8. Análisis de costos	115
6. <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	121
7. <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	125
8. <u>GLOSARIO</u>	137
<u>ANEXO I: IMÁGENES SATELITALES</u>	141
<u>ANEXO II: ESPECIES</u>	190

Índice de tablas

Tabla 1: Coordenadas, elevación, desnivel, pendiente, largo, ancho, superficie, exposición de cada talud.....	73
Tabla 2: Intervención antrópica, viviendas, ecosistema de referencia, geomorfología y geología de cada talud.....	80
Tabla 3: Técnicas de bioingeniería y especies nativas.....	99
Tabla 4: Altura del muro Krainer en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno.....	101
Tabla 5: Longitud de troncos en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno.....	102
Tabla 6: Diámetro de troncos en función de la altura y del ángulo de rozamiento interno.....	102
Tabla 7: Dinero destinado a alquileres de vecinos de la Barda.....	116
Tabla 8: Comparación de costos.....	119

Índice de Figuras

Figura 1: Talud en Ruta 40 Sur.....	24
Figura 2: Talud en Ruta 40 Sur.....	24
Figura 3: Árbol con raíces expuestas en Melipal.....	29
Figura 4: Ladera sin vegetación en Melipal.....	29
Figura 5: Deslizamiento ocurrido en la Barda del Ñireco.....	30
Figura 6: Deslizamiento ocurrido en el año 2004 que afectó viviendas ubicadas al pie de la Barda del Ñireco.....	31
Figura 7: Otra vista, en este caso desde abajo del deslizamiento ocurrido en el año 2004.....	31
Figura 8: Derrumbe en Colonia Suiza, 2009.....	32
Figura 9: Derrumbe en Colonia Suiza, 2009.....	32
Figura 10: Caída de árbol en km 12 de Bustillo en septiembre de 2015.....	33
Figura 11: Caída de roca en km 12 de Bustillo en septiembre de 2015.....	33
Figura 12: Alud en Catedral.....	34
Figura 13: Alud en Catedral.....	34
Figura 14: Alud lago Guillermo, febrero 2015.....	35
Figura 15: Alud lago Guillermo, febrero 2015.....	35
Figura 16: Alud lago Guillermo, febrero 2015.....	35
Figura 17: Terrazas Esquema.....	46
Figura 18: Terrazas terminadas.....	46
Figura 19: Malla metálica.....	47
Figura 20: Geomalla tridimensional.....	48
Figura 21: Mantas orgánicas.....	48
Figura 22: Malla orgánica, de coco.....	49
Figura 23: Muro de rocas.....	50
Figura 24: Muro verde.....	50
Figura 25: Lechos de ramas.....	51
Figura 26: Hidrosiembra.....	54
Figura 27: Estacas.....	55
Figura 28: Empalizada trenzada.....	55
Figura 29: Muro Krainer, croquis.....	56
Figura 30: Muro Krainer, operarios.....	57
Figura 31: Muro Krainer, alineación de planos.....	58

Figura 32: Entramado tipo Roma, esquema.....	58
Figura 33: Entramado tipo Roma, finalizado.....	59
Figura 34: Entramado tipo Latino, ubicación de los troncos.....	59
Figura 35: Entramado tipo Latino, terminado.....	60
Figura 36: Gaviones revegetados, esquema.....	61
Figura 37: Gaviones revegetados.....	61
Figura 38: Muro Krainer terminado.....	63
Figura 39: Muro Krainer con vegetación desarrollada.....	63
Figura 40: Utilización de mallas orgánicas.....	103
Figura 41: Barda del Ñireco luego del incendio del 4 de marzo de 2016, visto desde las viviendas ubicadas en la base de la barda.....	113
Figura 42: Barda del Ñireco luego del incendio del 4 de marzo de 2016, visto desde la parte superior.....	113
Figura 43: Camino generado por los vecinos, en la Barda del Ñireco.....	114
Figura 44: Neumáticos estabilizando una casa.....	114

Anexo I: Imágenes satelitales

Figura 1: Taludes de la Zona Barda del Ñireco (Zona_B)	142
Figura 2: Taludes de la Zona Barrio Malvinas (Zona_BM)	143
Figura 3: Taludes de la Zona Bajada del Paraná (Zona_BP)	144
Figura 4: Taludes de la Zona Barrio Vivero (Zona_BV)	145
Figura 5: Taludes de la Zona Circunvalación (Zona_C)	146
Figura 6: Taludes de la Zona Colonia Suiza (Zona_CS)	147
Figura 7: Taludes de la Zona Guillermo 1 (Zona_GUI_1)	148
Figura 8: Taludes de la Zona Guillermo 2 (Zona_GUI_2)	149
Figura 9: Taludes de la Zona Guillermo 3 (Zona_GUI_3)	150
Figura 10: Taludes de la Zona Gutiérrez 1 (Zona_GUT_1)	151
Figura 11: Taludes de la Zona Gutiérrez 2 (Zona_GUT_2)	152
Figura 12: Taludes de la Zona Moreno (Zona_M)	153
Figura 13: Taludes de la Zona Nahuel Huapi (Zona_NH)	154
Figura 14: Taludes de la Zona Veranada (Zona_V)	155
Figura 15: Talud 1 de la Barda del Ñireco (B_01)	156
Figura 16: Talud 2 de la Barda del Ñireco (B_02)	156
Figura 17: Taludes 3 y 4 de la Barda del Ñireco (B_03 y B_04)	157
Figura 18: Talud 5 de la Barda del Ñireco (B_05)	157
Figura 19: Talud 1 de la Zona Barrio Malvinas (BM_01)	158
Figura 20: Talud 2 de la Zona Barrio Malvinas (BM_02)	158
Figura 21: Talud 3 de la Zona Barrio Malvinas (BM_03)	159
Figura 22: Talud de la Zona Bajada del Paraná (BP)	159
Figura 23: Talud 1 de la Zona Barrio Vivero (BV_01)	160
Figura 24: Talud 2 de la Zona Barrio Vivero (BV_02)	160
Figura 25: Talud 1 de la Zona Circunvalación (C_01)	161
Figura 26: Talud 2 de la Zona Circunvalación (C_02)	161
Figura 27: Taludes 3 y 4 de la Zona Circunvalación (C_03 y C_04)	162
Figura 28: Talud 5 de la Zona Circunvalación (C_05)	162
Figura 29: Talud 6 de la Zona Circunvalación (C_06)	163
Figura 30: Talud 1 de la Zona Colonia Suiza (CS_01)	163
Figura 31: Talud 2 de la Zona Colonia Suiza (CS_02)	164
Figura 32: Talud 3 de la Zona Colonia Suiza (CS_03)	164
Figura 33: Talud 1 de la Zona Guillermo (GUI_01)	165

Figura 34: Talud 2 de la Zona Guillermo (GUI_02)	165
Figura 35: Talud 3 de la Zona Guillermo (GUI_03)	166
Figura 36: Talud 4 de la Zona Guillermo (GUI_04)	166
Figura 37: Taludes 5, 6 y 7 de la Zona Guillermo (GUI_05, GUI_06 y GUI_07)	167
Figura 38: Talud 8 de la Zona Guillermo (GUI_08)	167
Figura 39: Talud 9 de la Zona Guillermo (GUI_09)	168
Figura 40: Taludes 10, 11 y 12 de la Zona Guillermo (GUI_10, GUI_11 y GUI_12)	168
Figura 41: Talud 13 de la Zona Guillermo (GUI_13)	169
Figura 42: Talud 14 de la Zona Guillermo (GUI_14)	169
Figura 43: Taludes 15 y 16 de la Zona Guillermo (GUI_15 y GUI_16)	170
Figura 44: Talud 17 de la Zona Guillermo (GUI_17)	170
Figura 45: Talud 18 de la Zona Guillermo (GUI_18)	171
Figura 46: Talud 19 de la Zona Guillermo (GUI_19)	171
Figura 47: Talud 20 de la Zona Guillermo (GUI_20)	172
Figura 48: Talud 21 de la Zona Guillermo (GUI_21)	172
Figura 49: Talud 22 de la Zona Guillermo (GUI_22)	173
Figura 50: Taludes 23 y 24 de la Zona Guillermo (GUI_23 y GUI_24)	173
Figura 51: Taludes 25 y 26 de la Zona Guillermo (GUI_25 y GUI_26)	174
Figura 52: Talud 27 de la Zona Guillermo (GUI_27)	174
Figura 53: Talud 28 de la Zona Guillermo (GUI_28)	175
Figura 54: Talud 1 de la Zona Gutiérrez (GUT_01)	175
Figura 55: Talud 2 de la Zona Gutiérrez (GUT_02)	176
Figura 56: Talud 3 de la Zona Gutiérrez (GUT_03)	176
Figura 57: Talud 4 de la Zona Gutiérrez (GUT_04)	177
Figura 58: Talud 5 de la Zona Gutiérrez (GUT_05)	177
Figura 59: Taludes 6 y 7 de la Zona Gutiérrez (GUT_06 y GUT_07)	178
Figura 60: Talud 8 de la Zona Gutiérrez (GUT_08)	178
Figura 61: Talud 9 de la Zona Gutiérrez (GUT_09)	179
Figura 62: Taludes 10 y 11 de la Zona Gutiérrez (GUT_10 y GUT_11)	179
Figura 63: Talud 12 de la Zona Gutiérrez (GUT_12)	180
Figura 64: Talud 13 de la Zona Gutiérrez (GUT_13)	180
Figura 65: Talud 1 de la Zona Moreno (M_01)	181
Figura 66: Talud 2 de la Zona Moreno (M_02)	181

Figura 67: Talud 3 de la Zona Moreno (M_03).....	182
Figura 68: Talud 1 de la Zona Nahuel Huapi (NH_01).....	182
Figura 69: Talud 2 de la Zona Nahuel Huapi (NH_02).....	183
Figura 70: Talud 1 de la Zona Veranada (V_01).....	183
Figura 71: Talud 2 de la Zona Veranada (V_02).....	184
Figura 72: Talud 3 de la Zona Veranada (V_03).....	184
Figura 73: Taludes 4 y 5 de la Zona Veranada (V_04 y V_05).....	185
Figura 74: Talud 6 de la Zona Veranada (V_06).....	185
Figura 75: Taludes 7 y 11 de la Zona Veranada (V_07 y V_11).....	186
Figura 76: Talud 8 de la Zona Veranada (V_08).....	186
Figura 77: Taludes 9 y 12 de la Zona Veranada (V_09 y V_12).....	187
Figura 78: Talud 10 de la Zona Veranada (V_10).....	187
Figura 79: La línea roja indica el límite del Parque Nacional Nahuel Huapi en el área de estudio.....	188
Figura 80: Área del talud 3 de la Barda del Ñireco, luego del incendio del 4 de marzo de 2016.....	189

Anexo II: Especies

Figura 1: <i>Acaena splendens</i> , aspecto general.....	191
Figura 2: <i>Acaena splendens</i> , detalle de las hojas.....	191
Figura 3: <i>Acaena splendens</i> , rama con inflorescencias.....	192
Figura 4: <i>Acaena splendens</i> , detalle de la infrutescencia.....	192
Figura 5: <i>Baccharis magellanica</i> , aspecto general.....	193
Figura 6: <i>Baccharis magellanica</i> , detalle de las hojas.....	193
Figura 7: <i>Baccharis magellanica</i> , planta con frutos.....	194
Figura 8: <i>Baccharis patagonica</i> , aspecto general.....	194
Figura 9: <i>Baccharis patagonica</i> , ramas y capítulos masculinos.....	195
Figura 10: <i>Baccharis patagonica</i> , detalle de los capítulos.....	195
Figura 11: <i>Baccharis patagonica</i> , ramas con flores femeninas.....	196
Figura 12: <i>Berberis empetrifolia</i> , aspecto general.....	196
Figura 13: <i>Berberis empetrifolia</i> , detalle de las ramas.....	197
Figura 14: <i>Berberis empetrifolia</i> , detalle de las hoja espinas y flores.....	197
Figura 15: <i>Berberis empetrifolia</i> , detalle del fruto.....	198
Figura 16: <i>Berberis microphylla</i> creciendo espontáneamente en talud.....	198
Figura 17: <i>Berberis microphylla</i> , detalle de las ramas.....	199
Figura 18: <i>Berberis microphylla</i> , detalle de las hojas, espinas y flores.....	199
Figura 19: <i>Berberis microphylla</i> , detalle del fruto.....	200
Figura 20: <i>Cortaderia araucana</i> , aspecto general.....	200
Figura 21: <i>Embothrium coccineum</i> , aspecto general.....	201
Figura 22: <i>Embothrium coccineum</i> , detalle de las hojas.....	201
Figura 23: <i>Embothrium coccineum</i> , detalle de las flores.....	202
Figura 24: <i>Embothrium coccineum</i> , detalle de los frutos.....	202
Figura 25: <i>Escallonia rubra</i> , ramas y flores.....	203
Figura 26: <i>Escallonia rubra</i> , detalle de las flores.....	203
Figura 27: <i>Escallonia virgata</i> , aspecto general.....	204
Figura 28: <i>Escallonia virgata</i> , detalle de las ramas.....	204
Figura 29: <i>Escallonia virgata</i> , detalle de las flores.....	205

Figura 30: <i>Fabiana imbricata</i> , aspecto general.....	205
Figura 31: <i>Fabiana imbricata</i> , detalle de las ramas.....	206
Figura 32: <i>Haplopappus glutinosus</i> , aspecto general.....	206
Figura 33: <i>Haplopappus glutinosus</i> , aspecto general con flores.....	207
Figura 34: <i>Haplopappus glutinosus</i> , detalle de los capítulos.....	207
Figura 35: <i>Haplopappus glutinosus</i> , detalle de las hojas.....	208
Figura 36: <i>Maytenus chubutensis</i> , aspecto general.....	208
Figura 37: <i>Maytenus chubutensis</i> , ramas y frutos.....	209
Figura 38: <i>Maytenus chubutensis</i> , detalle de las hojas.....	209

Resumen

La ciudad de San Carlos de Bariloche debido a su topografía presenta numerosos taludes, en su mayoría ocasionados por construcción de rutas, como la Ruta 40 o Ruta 79 y otros en principio de origen natural que fueron perdiendo su estabilidad debido a la actividad antrópica, como es el caso de la barda del Ñireco. Esto trae aparejado deslizamientos, derrumbes, aludes, que provocan con frecuencia cortes de calzadas y destrucción de viviendas. La utilización de material vivo proveniente de la zona, especies nativas, no sólo aporta materia orgánica al suelo y estabiliza de manera natural, sino que también ayuda a evitar la introducción de especies exóticas en el Parque Nacional Nahuel Huapi. En este trabajo se seleccionaron las siguientes especies nativas: *Acaena splendens*, *Baccharis magellanica*, *B. patagonica*, *Berberis empetrifolia*, *Berberis empetrifolia*, *B. microphylla*, *Cortaderia araucana*, *Embothrium coccineum*, *Escallonia rubra*, *E. virgata*, *Fabiana imbricata*, *Haplopappus glutinosus* y *Maytenus chubutensis* para ser utilizadas en la estabilización y restauración de taludes. Además, se realizó una compilación de técnicas de bioingeniería que se han aplicado en otros lugares del mundo, proponiendo algunas de ellas para estabilizar y restaurar estas superficies de taludes en la zona, teniendo en cuenta los aspectos natural, social y económico. Es una solución a largo plazo para los vecinos de los alrededores, que son los más afectados. Son técnicas de bajo costo, comparado con los gastos generados cada vez que se tienen que solucionar estos problemas, por parte de la Municipalidad, la Provincia o la Nación.

1. Introducción

Las obras viales, urbanizaciones, intervenciones para actividades productivas y extractivas, entre otros, generan movimiento de tierras que pueden dar origen a taludes, que afectan directa o indirectamente a la población, en particular en áreas urbanas y periurbanas de zonas montañosas. Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que pueden adoptar las estructuras de tierra de manera permanente (Matteis, 2003). Claver & Díaz (1993) sostiene que las infraestructuras de transporte alteran el paisaje natural de forma casi irreversible. Debido al movimiento de tierras para la construcción de rutas, se forma el talud y desaparece la cubierta vegetal y con ella su efecto protector proporcionado por las raíces y el dosel vegetal (Valladares et al., 2011). Además, los incendios que afectan la región también generan pérdida de la vegetación. En épocas de lluvia, la escorrentía remueve el suelo desprovisto de vegetación provocando derrumbes sobre la calzada, que pueden dar lugar a demoras y/o cortes en el tránsito y dañar la estructura de viviendas cercanas, no sólo causando daños materiales sino también daños en la integridad física de las personas.

El ecosistema puede sufrir: degradación, sufre cambios graduales que reducen su integridad y el equilibrio; daño, los cambios son obvios y agudos; o destrucción, donde la degradación o el daño elimina toda posibilidad de vida macroscópica. Las causas pueden ser antrópicas como tala, pastoreo, incendios, construcciones, o naturales, derrumbes, inundaciones, incendios, tormentas, erupciones volcánicas. Una vez que cesa la perturbación el ecosistema puede recuperarse mediante un proceso denominado sucesión natural (Vargas Ríos, 2011).

Se define restauración ecológica como el proceso a través del cual se ayuda al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004). Se diferencian la restauración pasiva, que implica la colonización natural o espontánea

de ecosistemas perturbados a partir de propágulos de zonas cercanas, es altamente azarosa (Rey Benayas et al., 2008), se interviene protegiendo el sitio de futuras perturbaciones para permitir esta colonización natural y que así se reestablezcan la diversidad del ecosistema, estructura y función (Lamb & Gilmour, 2003); y la restauración activa, que requiere técnicas de manejo, como siembra, plantación, desmalezamiento, cambio en la composición, con el fin de acelerar la recuperación (Rey Benayas et al., 2008).

Se pueden tomar diferentes caminos para recuperar áreas degradadas. La reclamación, donde se estabiliza el terreno, se asegura la seguridad pública, el mejoramiento estético, se busca un propósito útil para las tierras (SER, 2004). Un componente de la reclamación es la revegetación, en la que se busca utilizar una o unas pocas especies. Por otro lado, en la rehabilitación se busca reparar los procesos, la productividad y los servicios del ecosistema, mientras que la restauración además incluye el restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y estructura de la comunidad (SER, 2004).

Una técnica utilizada en ámbitos de obra civil, especialmente para consolidar taludes, riberas y controlar la erosión es la bioingeniería (Zeh, 2007). La bioingeniería o ingeniería biológica es un método constructivo que utiliza materiales vivos como semillas, plantas, partes de plantas y comunidades vegetales, con objetivos técnicos, ecológicos, estéticos y económicos (Zeh, 2007). Se utilizan los términos "ingeniería" porque se emplean datos técnicos y científicos con fines constructivos, de estabilización y antierosivos y "biológica" por los organismos vivos utilizados, principalmente especies nativas para reconstruir ecosistemas degradados e incrementar la biodiversidad (Sangalli & Lizarralde, 2005).

Este tipo de técnicas, que serán descritas más adelante, han sido estudiadas y aplicadas en diversas zonas europeas, en general en lugares más cálidos, no se encontraron ejemplos en Patagonia o lugares similares en cuanto a clima. Es por esto que se cree que el abordaje de la restauración de los taludes en áreas urbanas es una necesidad y una obligación ineludible que generaría impactos favorables en varios aspectos: natural, logrando nuevamente un equilibrio ecológico, recuperando suelo y vegetación; social, minimizando los problemas ocasionados por derrumbes e inundaciones en las viviendas, con la consiguiente mejora en la salud pública; económico, reduciendo los gastos generados cada vez que deben despejarse los caminos y realizarse obras paliativas pero que no resuelven el problema, y evitando gastos futuros.

El conocimiento de especies nativas que puedan ser empleadas en la restauración de taludes es de interés, pues el ejido de San Carlos de Bariloche se encuentra rodeado de un área protegida, hecho a tener en cuenta al momento de proponer soluciones a los problemas ocasionados por los taludes, debiendo utilizar técnicas que tiendan a recuperar y proteger la biodiversidad.

A continuación se presentan los objetivos del presente trabajo, el estado del arte sobre el tema, los resultados obtenidos y las consideraciones finales.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Proporcionar información acerca del estado de taludes de carretera y taludes urbanos, y las posibilidades de estabilización y restauración empleando especies nativas.

2.2. Objetivos específicos

Objetivo específico N° 1: Identificar áreas de taludes en el ejido de San Carlos de Bariloche y en la ruta 40 sur entre $41^{\circ} 02' 22''$ y $41^{\circ} 28' 12''$ latitud sur.

Objetivo específico N° 2: Determinar las características topográficas, tipo de ecosistema de referencia cercano, grado de intervención humana y factores generadores del talud.

Objetivo específico N° 3: Evaluar la composición florística de la vegetación que se establece naturalmente en los taludes.

Objetivo específico N° 4: Identificar especies nativas apropiadas para restauración de taludes en ecosistemas cercanos de referencia.

Objetivo específico N° 5: Para taludes seleccionados, proponer el modo más apropiado para su restauración.

Objetivo específico N° 6: Analizar el marco legal existente sobre construcciones edilicias y de caminos en sitios de pendiente.

Objetivo específico N° 7: Analizar el contexto social correspondiente a cada zona relevada.

Objetivo específico N° 8: Investigar sobre posibles costos de las técnicas propuestas y evaluar su pertinencia.

3. Antecedentes

3.1. Taludes

3.1.1. Introducción

Matteis (2003) define a un talud como cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que pueden adoptar las estructuras de tierra de manera permanente (Figura 1, Figura 2).



Figura 1: Talud en Ruta 40 Sur. Fuente: Imagen propia.



Figura 2: Talud en Ruta 40 Sur. Fuente: Imagen propia.

Si bien pueden generarse taludes como consecuencia de diversas actividades antrópicas, como construcciones edilicias y viales, explotación minera y petrolera, desmontes, también existen taludes de origen natural, en las riberas de los ríos y arroyos, laderas, etc. En este trabajo se estudiarán los taludes en áreas urbanas, principalmente aquellos producidos por intervención humana.

El principal problema ocasionado es la erosión, que depende principalmente de cuatro factores (Giraldez, 2014):

- **Las características del suelo.** La pérdida de materia orgánica del suelo genera compactación, lo que reduce su capacidad de infiltración e incrementa la escorrentía superficial, dificultando el establecimiento de la vegetación.
- **La cubierta vegetal.** Actúa como una capa protectora, los tallos y hojas disipan parte de la energía de la lluvia por interceptación y los sistemas radicales aumentan la resistencia y cohesión del suelo.
- **La topografía.** El riesgo de erosión y la dificultad para el establecimiento de la vegetación aumenta con la pendiente. La orientación de los taludes, su exposición o no al sol también afecta sus características.
- **El clima.** Es un factor externo sobre el que no se tiene control. En climas húmedos se presentan problemas de estabilidad gravitacional, como deslizamientos de laderas, mientras que en climas semiáridos los chubascos poco frecuentes de poca duración pero de gran intensidad provocan una erosión hídrica muy severa. Por otro lado, el déficit hídrico dificulta el establecimiento de la vegetación.

De acuerdo a Castro Lara (2010) las técnicas utilizadas para la estabilización de taludes deben tener en cuenta:

- La geometría, la cual se puede modificar rebajando la pendiente, escalonando el talud mediante terrazas.
- El drenaje, se puede intervenir a través de cunetas o canales de desvío para modificar el drenaje superficial y por la construcción de pozos y zanjas en el caso de drenaje subterráneo.
- La contención, se puede realizar mediante el uso de gaviones, muros de tierra armada, estructuras con troncos.
- La resistencia, se mejora con anclajes, geotextiles, hidrosiembras, cubiertas herbáceas, arbustivas y/o de ramas.

3.1.2. Problemas ocasionados a nivel mundial, regional y local

A modo de ejemplo se referencian aludes ocurridos en los últimos años.

Tagliaferro & Singer (2012) estudiaron una serie de deslizamientos ocurridos el 20 de noviembre de 2008 en la ciudad de Caracas. Debido a intensas precipitaciones se produjeron diversos procesos de inestabilidad, entre ellos, flujos rápidos de barro, deslizamientos de detritos y caídas de rocas. Los autores establecieron tres factores desencadenantes: uno *antrópico*, relacionado con la urbanización y la consiguiente ocupación de zonas susceptibles a procesos de inestabilidad; uno *geológico*, que determina irregularidades en las unidades rocosas provocadas por meteorización; y uno *hidro-meteorológico*, las fuertes precipitaciones de ese día y días anteriores saturaron el suelo e incrementaron la presión del agua en los poros. Estos sucesos provocaron la muerte de cinco personas y miles de familias damnificadas y pérdidas materiales.

Mateos (2013) analiza movimientos de ladera producidos en la Serra de Tramuntana de Mallorca, una isla que vive del turismo. Se destacan los deslizamientos de tierra, que afectan a los materiales blandos constituidos por arcillas con rocas volcánicas muy alteradas y yesos; y los desprendimientos rocosos, debido a que predominan los afloramientos rocosos y calizas. Se han registrado novecientos eventos desde el siglo XVII. De octubre del 2008 a mayo del 2010 esta isla sufrió dos de los peores inviernos en cuanto a frío y lluvia. Se produjeron catorce desprendimientos de rocas, una avalancha de rocas y quince deslizamientos de rocas. Uno de estos deslizamientos movilizó 30.000 m³ de material, cortando la ruta principal durante tres meses, lo que generó un costo de 2 millones de Euros. La autora recomienda incorporar los riesgos naturales a la planificación urbanística y territorial de la región, para así minimizar los posibles daños que puedan ocasionarse.

De acuerdo a Juan González, biólogo y ex director de Medio Ambiente de la provincia de Tucumán, la provincia tiene un alto riesgo de derrumbes. Esto se debe a que muchas poblaciones están ubicadas en cercanías de pendientes, entre los 400 y 5000 m s.n.m., a la creciente deforestación, y al cambio climático que elevó en un 20% el promedio histórico de lluvias (La Gaceta, 2005).

En la ciudad de San Carlos de Bariloche se han presentado problemas ocasionados por derrumbes y aludes, quizás el más antiguo y conocido sea el aluvión de Melipal, ocurrido el 21 de junio de 1976, durante una intensa precipitación. Domínguez et al. (1981) determinaron que, entre otras, las causas del desprendimiento fueron la erosión en el área media del cauce y que los taludes del área inferior eran más empinados que el ángulo de reposo, por lo que el equilibrio se logró mediante el desmoronamiento y ese material se incorporó al torrente. En dicho estudio también se realizaron ciertas recomendaciones como restringir las urbanizaciones en el cono aluvial, proteger la cobertura vegetal de la cuenca y forestar. En el año 2006 la Dirección de Bosques de

la Provincia de Río Negro detectó que la ladera norte del Cerro Otto presenta numerosos problemas de índole geológico y ambiental, las elevadas pendientes, los suelos poco desarrollados, junto a la erosión hídrica y los efectos producidos por incendios generan riesgos para la población. Al respecto, se han realizado tareas de reforestación en la ladera norte de dicho cerro en un esfuerzo conjunto de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Río Negro y la Dirección de Bosques de la provincia, con la participación de técnicos de la Subsecretaría de Medioambiente de la Municipalidad de San Carlos de Bariloche y la colaboración de docentes y alumnos de la Universidad Nacional del Comahue. Esta tarea fue financiada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en el marco de las leyes de bosque nativo nacional y provincial. Luego del incendio de noviembre de 2011 en el refugio Berghof, técnicos del área forestal de INTA Bariloche coordinaron tareas de reforestación en el predio del Club Andino con participación de voluntarios que desde 2013 hasta la fecha se sostienen en el tiempo.

Actualmente se observan en la zona de Melipal grandes árboles con raíces expuestas que terminan cayendo por remoción en masa o desaparición del sustrato (Figura 3). Hay laderas sin vegetación debido a la erosión permanente y la remoción en masa (Figura 4).



Figura 3: Árbol con raíces expuestas en Melipal. Fuente: Villarosa et. al., 2008.



Figura 4: Ladera sin vegetación en Melipal. Fuente: Villarosa et. al., 2008.

En la barda del Ñireco se producen importantes fenómenos de carcavamiento y remoción en masa, lo que ya se registraba en el 2005 en el estudio del SEGEMAR-BGR en el que se recomendó estabilizar la pendiente, eliminar la calle ubicada al pie de la barda y "reubicar las viviendas localizadas al pie de la pendiente y en la parte superior inmediatamente aledaña, en otras zonas más seguras." En esta zona se produjeron en 2004 dos desmoronamientos que arrasaron viviendas provocando un estado de emergencia (Figura 5, Figura 6, Figura 7), dos años después se produjo un nuevo desprendimiento de piedras y barro (Diario Río Negro, 2006).

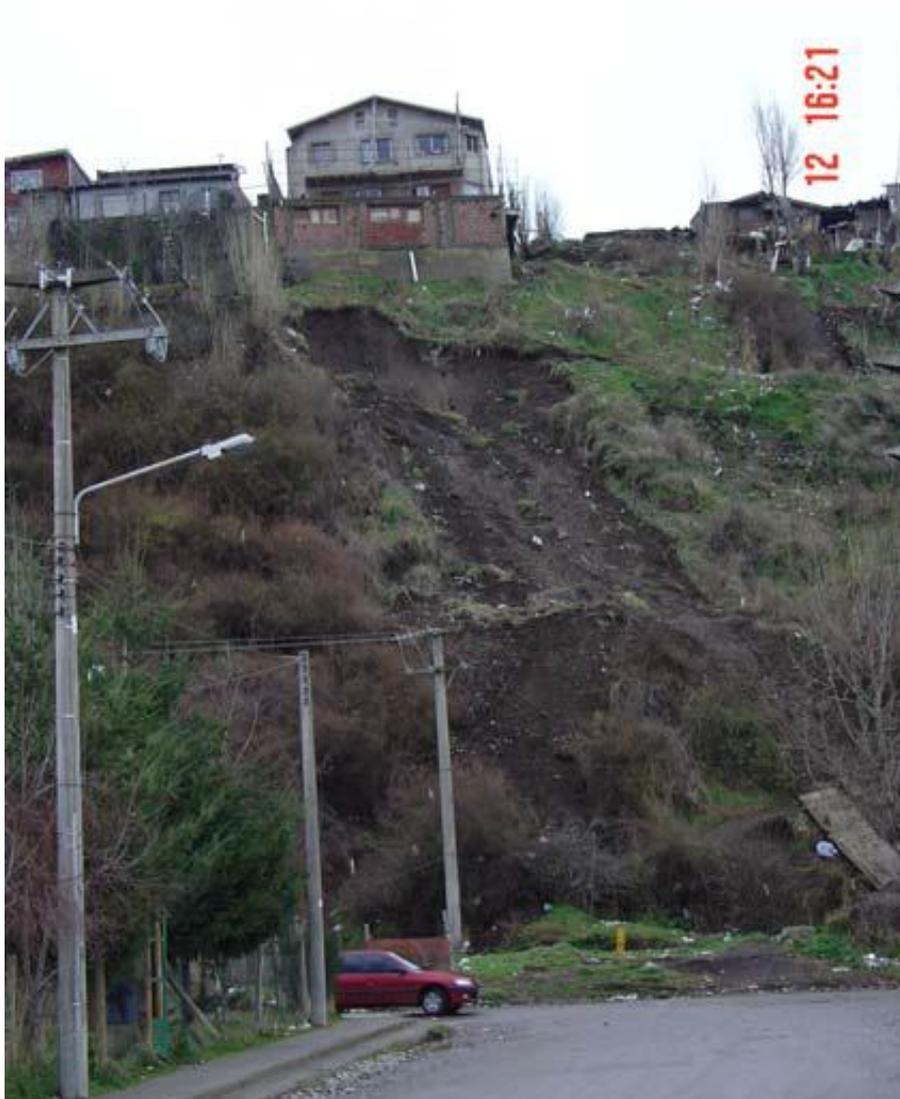


Figura 5: Deslizamiento ocurrido en la Barda del Ñireco. Fuente: SEGEMAR, 2005.



Figura 6: Deslizamiento ocurrido en el año 2004 que afectó viviendas ubicadas al pie de la Barda del Ñireco. Fuente: SEGEMAR, 2005.



Figura 7: Otra vista, en este caso desde abajo del deslizamiento ocurrido en el año 2004 que afectó viviendas ubicadas al pie de la Barda del Ñireco. Fuente: SEGEMAR, 2005.

Diez años después de que el estudio del SEGEMAR-BGR recomendara reubicar las viviendas de la barda (en abril de 2015), la

justicia prohibió ocupar viviendas y lotes en esa zona, por considerar que es un lugar con peligro de desmoronamiento (Diario ANB, 2015).

En la zona de Colonia Suiza también se han producido derrumbes, uno de ellos en 2009 (Figura 8, Figura 9), cerrando uno de los accesos e interrumpiendo el servicio eléctrico y de gas, debido a severos daños en las columnas (Bariloche 2000, 2009), en 2014 se produjo un nuevo derrumbe en la misma zona (Bariloche 2000, 2014).



Figura 8: Derrumbe en Colonia Suiza, 2009. Fuente: Imagen Bariloche2000.



Figura 9: Derrumbe en Colonia Suiza, 2009. Fuente: Imagen Bariloche2000.

Recientemente, en el año 2015 se produjeron varios aludes y derrumbes en otras áreas del ejido urbano. El derrumbe más reciente se produjo debido a la caída de un árbol (Figura 10, Figura 11), y provocó el corte de la Avenida Bustillo a la altura del km 12 (Actual Río Negro, 2015).



Figura 10: Caída de árbol en km 12 de Bustillo en septiembre de 2015. Fuente: Imagen Subsecretaría de Medio Ambiente Bariloche.



Figura 11: Caída de roca en km 12 de Bustillo en septiembre de 2015. Fuente: Imagen Subsecretaría de Medio Ambiente Bariloche.

Uno de los aludes se produjo en el cerro Catedral, el arroyo Cascada desbordó por las intensas lluvias, se desvió y arrastró rocas, troncos y mucho barro (La Nación, 2015; Figura 12, Figura 13).



Figura 12: Alud en Catedral. Fuente: Imagen Subsecretaría de Medio Ambiente Bariloche



Figura 13: Alud en Catedral. Fuente: Imagen Subsecretaría de Medio Ambiente Bariloche

Por otro lado, en la zona del lago Guillermo, todos los años, en épocas de lluvia, se producen diversos aludes que obligan a cortar la Ruta 40 Sur que une Bariloche y El Bolsón, requiriendo la intervención de maquinarias y gastos imprevistos sin que se logre una solución definitiva al problema (Figura 14, Figura 15, Figura 16).



Figura 14: Alud lago Guillermo, febrero 2015. Fuente: Imagen Bariloche2000.



Figura 15: Alud lago Guillermo, febrero 2015. Fuente: Imagen Bariloche2000.



Figura 16: Alud lago Guillermo, febrero 2015. Fuente: Imagen Bariloche2000.

3.2. Restauración ecológica

3.2.1. Introducción

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Estos ecosistemas intervenidos han sufrido algún tipo de alteración, generalmente de origen antrópico, que pueden ser empeorados por la naturaleza, como es el caso de incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas (SER, 2004).

Alborch et al. (2003), determinó que el proceso de colonización de taludes de carretera debe superar dos filtros ecológicos, el primero relacionado con la dispersión y la resistencia al arrastre (los propágulos deben llegar y permanecer en el talud), lo que determina la composición del banco de semillas, y el segundo, relacionado con la germinación y el desarrollo de dicho banco. Estos procesos dependen de la pendiente, tipo y orientación del talud, de las características ecofisiológicas de las propias plantas, su capacidad de dispersión y de producción de semillas, y las características de éstas para fijarse al sustrato.

Massara et al. (2013) analizaron el banco de semillas germinables en 30 taludes y áreas testigo en taludes de locaciones petroleras, con el fin de evaluar su importancia en la revegetación natural de los mismos. Una de sus conclusiones fue que son diversos los factores que determinan esta recuperación y que, probablemente, la orientación los resume todos, ya que define la exposición a los vientos, a los rayos solares y la duración de los períodos de disponibilidad del agua. La revegetación natural de los taludes no está fuertemente relacionada al banco de semillas pero sí a la edad, orientación y pendiente. Así, los taludes con mayor antigüedad, menor pendiente y orientados al sur tienen una mayor recuperación que los de menor antigüedad, mayor pendiente y orientados al norte.

Para Claver Farias & Díaz Martín (1993) "la filosofía general del proyecto de recuperación es conseguir la máxima integración de la autovía en el paisaje, objetivo que se logra mediante la aplicación de un diseño correcto de los tratamientos y la implantación de una adecuada vegetación."

A la hora de elegir las especies que serán utilizadas en los proyectos de restauración de taludes se debe optar por las que mejor se adaptan al clima, al tipo de suelo y a las condiciones hídricas de la zona. Su morfología determinará la capacidad de protección del suelo, las raíces deben profundizar y abarcar toda el área de riesgo del talud. Deben tener una buena capacidad de reproducción (Castro Lara, 2010). Todas estas características las reúnen las especies nativas que crecen naturalmente en los mismos taludes que ya comenzaron el proceso de revegetación o en zonas cercanas, ya que están ambientalmente adaptadas. Según la Sociedad de Restauración Ecológica (SER, 2004) un ecosistema restaurado debe constar de especies autóctonas hasta el grado máximo factible. Estalrich Melero et al. (1992) también recomiendan el uso de especies autóctonas, adaptadas regionalmente con capacidad de formar una cubierta densa a corto plazo.

Es importante procurar la diversidad genética a fin de garantizar la sustentabilidad de la comunidad restaurada (Ceccon, 2013), es por esto que se recomienda priorizar la reintroducción de propágulos obtenidos por reproducción sexual (Ulian et al., 2008). Sin embargo, la propagación vegetativa, a pesar de que reduce la variabilidad genética, al producir clones, permite obtener un gran número de ejemplares en menor tiempo, comparado con los generados desde semillas, ahorrando gastos económicos y de mano de obra (Ceccon, 2013).

3.2.2. Situación a nivel mundial, regional y local

García Viñas et al. (1993) describieron las principales dificultades a la hora de recuperar taludes en zonas áridas en el sureste de la Península Ibérica y propusieron un conjunto de soluciones y tratamientos junto con una selección de especies de fácil propagación e implantación.

Estalrich Melero et al. (1992) estudiaron cuáles son las especies que colonizan naturalmente los taludes de sustratos formados por areniscas feldespáticas y sustratos calizos en el centro de la Península Ibérica, y determinaron que la orientación es un factor importante que afecta al grado de cobertura.

Jorba & Vallejo (2008) estudiaron el uso de compost y riego para la restauración en una cantera de caliza en Barcelona, España, con el fin de acelerar el proceso y aumentar la cubierta herbácea.

A nivel local, Ferreiro et al. (2015) realizaron una experiencia para rehabilitar sitios afectados por construcción de caminos y cenizas volcánicas en el camino "de los Siete Lagos" utilizando compost realizado con biosólidos (lodos) de la planta depuradora de Bariloche y otro proveniente de residuos orgánicos domiciliarios de la planta de tratamiento de Villa La Angostura. Los sitios experimentales, en mayor medida el que contenía compost de biosólidos, presentaron un incremento en la cobertura vegetal a corto plazo, mejorando algunas características del sustrato, como la humedad, nitrógeno total y fósforo disponible. Los autores recomiendan, en este tipo de perturbación, controlar la composición específica de la comunidad vegetal establecida, ya que el compost podría contener semillas de especies exóticas.

Repetto-Giavelli & Teneb (2012) estudiaron los procesos de restauración natural en treinta y ocho taludes de camino formados debido a la construcción de la ruta Y-85 en la Tierra del Fuego chilena. Para esto

midieron riqueza y cobertura de especies en dichos taludes y sitios de referencia. Observaron que los sitios de referencia presentan hasta veinte veces más cobertura que los taludes estudiados. Luego de catorce años del impacto sufrido por el ecosistema, el mismo aún presenta una pérdida vegetal importante, lo que indicaría que el proceso de restauración natural es muy lento y que se requeriría iniciar procesos de restauración activa.

Beider et al. (2013) estudiaron la revegetación artificial en taludes en locaciones petroleras en el Golfo de San Jorge, Chubut. Estos taludes tienen una pendiente de entre 30 y 35°, no tienen cobertura vegetal y el sustrato está formado por el material que se encontraba en profundidad y fue removido durante la excavación. Mediante las experiencias realizadas buscaron rehabilitar el área, devolver una funcionalidad vegetal similar a la original pero con una estructura diferente, y compatible con el ambiente. Se colocaron barreras compuestas por tubos de arpillera rellenos con viruta de madera, dispuestas en forma perpendicular a la pendiente de los taludes, para retener el material deslizado; esto protegió a las plantas que se encontraban por debajo de ellas. Para asegurar la provisión de agua se utilizó un hidrogel, que se hidrató previo a su uso, pese a registrarse un año muy seco las plantas no se vieron afectadas por esa sequía. Se utilizaron tres sustratos: material expuesto (el que se encontraba en profundidad y fue removido), material de destape (los primeros centímetros del suelo que fue removido para crear el talud) y material de repositorio (suelo empetrolado con ripio); se obtuvo mejores resultados en el material de destape. Las especies utilizadas se eligieron por ser colonizadoras, con alta tasa de crecimiento y abundante producción de semillas, y fueron producidas a partir de semillas; se dispusieron en grupos para simular los parches naturales. Los autores sostienen que a partir de una pendiente de 25° el material en reposo comienza a desmoronarse y a partir de los 35° el riesgo de erosión es severo y la revegetación improbable, a menos que se utilicen técnicas ingenieriles.

Dalmaso et al. (2013) estudiaron la revegetación natural de plataformas petroleras con una antigüedad promedio de 13 años en un yacimiento de Malargüe donde el clima es frío y seco, con una temperatura promedio anual inferior a los 18°. Se relevaron al azar 44 taludes (y testigos) con pendientes entre 40 y 70°, con un mínimo de 10 repeticiones para cada exposición (N, S, E y O). Se determinó la riqueza y los índices de biodiversidad. La exposición O fue la que presentó una cobertura menor, con una diferencia significativa con las exposiciones E y S. Se observó que el aumento del porcentaje de roca disminuye la cobertura vegetal. La riqueza específica fue mayor en los taludes de exposición E y S. Los taludes con exposición E presentaron un mayor índice de biodiversidad y una mejor recuperación de los estratos vegetales

3.3. Bioingeniería

3.3.1. Introducción

En líneas generales, “la Bioingeniería estudia y busca la aplicación de principios y métodos de las Ciencias Exactas, en general, y de la ingeniería, en particular, a la solución de problemas de las Ciencias Biológicas y Médicas” (Universidad Nacional de Luján, 2014). Es por esto que puede abarcar diversas áreas, entre las cuales se destacan las relacionadas con la medicina, biónica, genética y restauración. La *Ingeniería Biomédica* utiliza herramientas ingenieriles para entender, modificar y controlar sistemas biológicos (humanos o animales), y para diseñar y desarrollar productos que puedan monitorear funciones fisiológicas y asistir en el diagnóstico y tratamiento de pacientes (Universidad Nacional de Luján, 2014). La *Ingeniería Biónica* conecta conocimientos de electrónica y biología con el fin de diseñar, desarrollar y producir dispositivos artificiales con comportamiento y desempeño morfológico y/o funcional similar al de órganos y sistemas biológicos (IPN, 2009). La Ingeniería Genética permite transferir genes de un organismo a otro, para clonar fragmentos de ADN y expresar genes en organismos diferentes al de origen; se ha utilizado para fabricar vacunas, fármacos, plantas resistentes a enfermedades y herbicidas, entre otros (ArgenBio, 2007).

La *Bioingeniería* [para la restauración] utiliza materiales vivos como semillas, plantas, partes de plantas y comunidades vegetales, con objetivos técnicos, ecológicos, estéticos y económicos (Zeh, 2007). Se utilizan los términos “ingeniería” porque se emplean datos técnicos y científicos con fines constructivos, de estabilización y antierosivos y “biológica” por los organismos vivos utilizados, principalmente especies nativas, para reconstruir ecosistemas degradados e incrementar la biodiversidad (Sangalli & Lizarralde, 2005).

De acuerdo a Zeh (2007), tiene cuatro funciones principales:

- **Funciones técnicas**, que buscan la protección de la superficie del suelo contra la erosión hídrica, eólica y la caída de piedras; disminución de la velocidad de la corriente en riberas; consolidación y estabilización superficial y/o profunda del suelo; aumentar la rugosidad del terreno, lo que crea una defensa contra aludes.
- **Funciones ecológicas**, que tienden a mejorar el balance hídrico, aumentando la interceptación, mejorando la capacidad de retención de agua del suelo y la disponibilidad de agua para las plantas; producir una mejora mecánica del suelo gracias a las raíces; mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, aumentando la fertilidad.
- **Funciones estéticas**, ya que se utiliza para restaurar zonas degradadas por actividades antrópicas tales como minería, obras públicas, vertederos; se integran obras y estructuras con el paisaje; se enriquece el paisaje gracias a la vegetación.
- **Funciones económicas**, se ahorran costos comparando con técnicas convencionales de construcción, y también de mantenimiento y saneamiento; por otro lado, se crean áreas verdes, donde antes había terrenos degradados o baldíos, que pueden ser utilizadas por la población.

Las estructuras creadas mediante estas técnicas tienden a acelerar el proceso de sucesión de las plantas, permitiendo que lleguen a una situación de mayor estabilidad en un estado de equilibrio dinámico en un período corto de tiempo, es por esto que los esfuerzos en cuanto a mantenimiento y cuidados se concentran en los inicios (Georgi & Stathakopoulos, 2006).

Las obras de bioingeniería aplicadas a taludes de rutas y caminos tienen como objetivos fundamentales: 1) restituir la capacidad de

los taludes para retener el agua y el suelo; 2) integrarlos visualmente; 3) facilitar la colonización y establecimiento de la vegetación; 4) reducir los costos de mantenimiento; y 5) aumentar la seguridad vial (Valladares et al. 2011).

3.3.2. Técnicas de bioingeniería.

Las diferentes técnicas podrían dividirse en cuatro grupos, de acuerdo a las funciones que cumplen. Se resumen a continuación técnicas descritas por Soliveres et al. (2011), Zeh (2007), Sánchez et al. (2013) y Cornelini (2007).

3.3.2.1. Técnicas destinadas a evitar procesos erosivos.

Cuando las pendientes son muy pronunciadas o el sustrato es muy rocoso, son necesarias técnicas que ayuden a evitar o minimizar la erosión y problemas de estabilidad. Es importante realizar estas técnicas en taludes constructivamente estables.

3.3.2.1.1. Reducción de la pendiente.

Cuando los taludes son inestables o tienen pendientes muy altas, se pueden reperfilarse hasta obtener la estabilidad estática. Esto puede realizarse a mano, con máquinas o por medio de un chorro de agua a alta presión. Luego de perfilado, el talud está listo para una técnica de bioingeniería. Si bien no es una técnica en sí, es un paso previo que ayuda a evitar procesos erosivos, al igual que las terrazas.

3.3.2.1.2. Construcción de terrazas.

Se realizan para mejorar la accesibilidad y favorecer el drenaje, por eso deberían presentar cierta inclinación hacia el exterior. En la Figura 17 se observa un esquema de cómo deben realizarse y en la Figura 18, las terrazas ya terminadas.

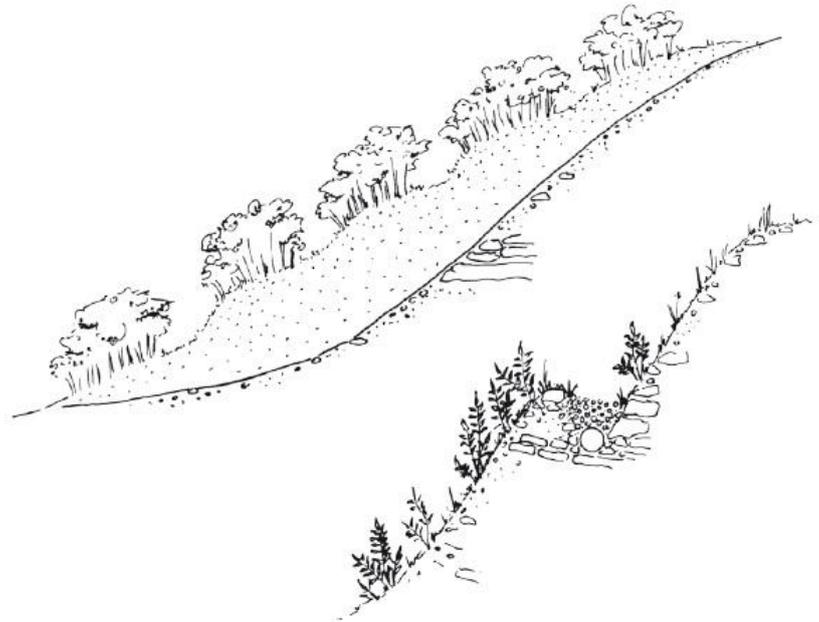


Figura 17: Terrazas, esquema. Fuente: Zeh, 2007



Figura 18: Terrazas terminadas. Fuente: Zeh, 2007

3.3.2.1.3. Mallas o enrejados metálicos.

Tienen alta resistencia a la rotura, evitan la caída de piedras sobre la calzada, pero sólo detienen los elementos grandes, no sirven para los más finos (Figura 19).



Figura 19: Malla metálica. Fuente: vulka.es

3.3.2.1.4. Sistemas tridimensionales: geomallas volumétricas.

Son más eficientes que las mallas metálicas ya que también retienen elementos finos. Es un sistema tridimensional formado por distintas mallas termosoldadas que conservan sus características durante al menos 7 años (Figura 20). Permite trabajar con pendientes pronunciadas, de más de 40°. Luego de ubicar la malla se coloca un sustrato compuesto por turba, fibra de coco y de madera, estabilizantes, fertilizantes y semillas de plantas aptas para el sitio. Si bien Soliveres et al. (2011) recomiendan el uso de turba, es preferible utilizar compost por la diferencia de costos y porque se deben proteger los humedales. En taludes donde no se cuenta con un sustrato adecuado para el

establecimiento de especies, esta técnica permite la germinación y el desarrollo de las mismas en su período crítico.



Figura 20: Geomalla tridimensional. Fuente: projar.es

3.3.2.1.5. Mantas orgánicas.

Están compuestas por mallas y fibras naturales como fibra de coco, yute o paja, o sintéticas, polipropileno (Figura 21). Se utiliza para frenar la erosión laminar en taludes, como revestimiento de muros. Favorecen la formación de suelo ya que retienen el material fino y aportan materia orgánica luego de su descomposición.



Figura 21: Mantas orgánicas. Fuente: controlerosion.es

3.3.2.1.6. Mallas o redes orgánicas y/o sintéticas.

Compuestas de fibras de coco, yute o polipropileno, cuyos hilos son porcentualmente menores que sus huecos, lo cual facilita el paso de la vegetación recién nacida (Figura 22). A la hora de elegir una de estas mallas se debe tener en cuenta el tamaño de estos espacios entre hilos, para ver si a través de ellos pueden pasar sin dificultad los cotiledones, de lo contrario no podrán crecer adecuadamente las plantas.



Figura 22: Malla orgánica, de coco. Fuente: controlerosion.es

3.3.2.1.7. Muros de pie.

Son estructuras que permiten disminuir la pendiente de los taludes para lograr un equilibrio estático, disminuyendo la velocidad de escorrentía y facilitando el establecimiento de la vegetación. Pueden construirse a partir de gaviones metálicos, de mampostería, de escolleras, de tierra reforzada (también llamados muros verdes) o de madera (Figura 23, Figura 24). Se recomienda combinarlos con mantas orgánicas o geotextiles para no perder el suelo y facilitar el drenaje.



Figura 23: Muro de rocas. Fuente: Zeh, 2007



Figura 24: Muro verde. Fuente: solucionesespeciales.net

3.3.2.1.8. Lechos y entramados de ramas.

Son estructuras generalmente fabricadas *in situ*, se necesita una gran cantidad de material vivo, que se puede obtener de trabajos de poda o desmalezado (Figura 25). Estas estructuras de ramas actúan como un mulch, evitando la erosión laminar y la formación de cárcavas. Si se logra el enraizamiento se gana estabilidad, por eso el material vegetal debe conservarse fresco, estar en condiciones fenológicas favorables, poder cubrirse parcialmente con tierra y el suelo debe tener un nivel de humedad adecuado.



Figura 25: Lechos de ramas. Fuente: Zeh,2007

3.3.2.2. Técnicas destinadas a incrementar la fertilidad del suelo.

La pérdida de suelo trae consigo pérdida de nutrientes y de fertilidad, por lo que hay quienes consideran que se debe mejorar el suelo para el establecimiento de las plantas.

3.3.2.2.1. Fertilizantes inorgánicos.

Los más utilizados son los de liberación lenta, cubiertos por un compuesto que disminuye la solubilidad y el riesgo de pérdidas, contienen nitrógeno, fósforo y potasio. Los que no cuentan con esas coberturas son generalmente solubles y se lavan con facilidad. Se recomienda incorporar el primer tipo de fertilizantes en el sustrato, y como complemento de otras técnicas, por ejemplo en la hidrosiembra.

3.3.2.2.2. Enmiendas orgánicas.

La ventaja de estas enmiendas es que además de aportar los nutrientes necesarios, contienen materia orgánica, que mejora las propiedades físico-químicas del sustrato y aumenta la agregación y capacidad de retención del suelo. Kowaljaw et al. (2014) recomiendan la utilización de compost en la restauración de suelos degradados ya que se ha demostrado a través de diferentes experiencias que aumenta el contenido de materia orgánica, recupera la actividad de los microorganismos, y acelera el desarrollo de la vegetación. Por otro lado, Gobbi et al. (2014) tuvieron buenos resultados en cuanto a crecimiento al aplicar compost de biosólidos en plantines de ciprés y coihue; también observaron que la aplicación de este compost en suelos quemados mejora las condiciones de fertilidad y humedad pero no incrementa la germinación.

Dentro de las enmiendas orgánicas cabe destacar el compost, el cual es el producto obtenido de un proceso de descomposición aeróbica de materia orgánica utilizado para la estabilización de la misma. El origen de esta materia orgánica es muy variado: barros o lodos de plantas depuradoras de agroindustrias o líquidos cloacales, residuos municipales en bruto, la fracción orgánica de esos residuos, restos vegetales de producción agrícola y forestal, residuos ganaderos, residuos de agroindustrias (Lavado, 2012). Con esta técnica se busca utilizar los residuos como recursos y gestionarlos de manera sustentable.

Sin embargo, un aspecto a tener en cuenta es que en caso de utilizar barros o lodos de plantas depuradoras de agroindustrias o líquidos cloacales, que contienen patógenos, se debe asegurar que el proceso de compostaje reduzca la concentración de los mismos. En el caso de aquellos provenientes

de industrias se deben controlar además los elementos potencialmente tóxicos, entre ellos los metales pesados. La fracción orgánica de los residuos municipales y residuos de agroindustrias podría contener agroquímicos. Se debe llevar un control adecuado para no incorporar estos patógenos, metales pesados o agroquímicos al suelo. A nivel local, la Planta de Compostaje de biosólidos de San Carlos de Bariloche funciona desde 1997, para asegurar la reducción de patógenos siguen las normas de la USEPA para temperatura y coliformes fecales; para elementos potencialmente peligrosos, se aplica la normativa de la USEPA para As, Mo y Se, y la de la Unión Europea para Cr, Cd, Zn, Cu, Hg, Ni y Pb (Mazzarino et al., 2012).

3.3.2.3. Técnicas destinadas a mejorar la llegada y establecimiento de herbáceas (hidrosiembra).

Las especies herbáceas son muy utilizadas ya que debido a su rápido crecimiento logran proteger el suelo para luego dar lugar a las especies perennes y leñosas. La hidrosiembra consiste en la proyección sobre el terreno de una mezcla acuosa de semillas, mulch, fertilizantes y otras sustancias adherentes. Para eso se utilizan maquinarias especiales (Figura 26). Algunas de las ventajas son que la vegetación se establece un 20-25 % más rápido, comparado con otros métodos, las fibras vegetales del mulch favorecen la germinación y se pueden alcanzar taludes de difícil acceso.



Figura 26: Hidrosiembra. Fuente: Zeh, 2007

3.3.2.4. Introducción y establecimiento de especies leñosas

Las especies leñosas ayudan a acelerar la sucesión secundaria, no requieren mucho mantenimiento, mejoran la integración paisajística y garantizan algunas funciones asociadas a las plantas herbáceas. A continuación se detallan algunas técnicas.

3.3.2.4.1. Estaquillados.

Se insertan ramas verdes, de varios años, sanas, sin ramas laterales, sin estrías, de 40-100 cm, con un diámetro de 2-8 cm, afiladas por un extremo. Su longitud debe ser suficiente como para que alcancen el nivel freático durante el verano y que emerjan a la superficie unos 5 cm (Figura 27).



Figura 27: Estacas. Fuente: Zeh, 2007

3.3.2.4.2. Empalizada trenzada viva.

Es de fácil ejecución, se realiza un trenzado de ramas vivas de alguna especie adecuada al lugar (si bien Soliveres et al., 2011, recomiendan sauce, en esta zona no es recomendable por ser exótica y de fácil reproducción), se anclan al suelo mediante estacas (Figura 28). Sirve para estructurar la capa superficial del suelo pero precisa de una elevada humedad para favorecer el desarrollo vegetativo del material utilizado.



Figura 28: Empalizada trenzada. Fuente: Zeh, 2007

3.3.2.4.3. Entramados de madera.

Son estructuras de madera a modo de cajones, que forman un muro de contención, se utilizan como elementos estructurales de soporte para pendientes. Se construyen utilizando troncos con un diámetro de entre 10-40 cm, éstos se anclan al terreno con barras metálicas. Una vez ubicados los troncos, se rellena con tierra y se distribuyen ramas con capacidad vegetativa o plantas con raíces obtenidas a partir de semillas. Siempre que sea posible es mejor utilizar plantas obtenidas a partir de reproducción sexual, lo que aumenta la variabilidad genética. El desarrollo posterior de las plantas suplantará en el futuro la estructura de los troncos. Hay varios tipos de entramados, a continuación se describen tres:

- **Muro Krainer**, los troncos se disponen en sucesivos planos horizontales (Figura 29).

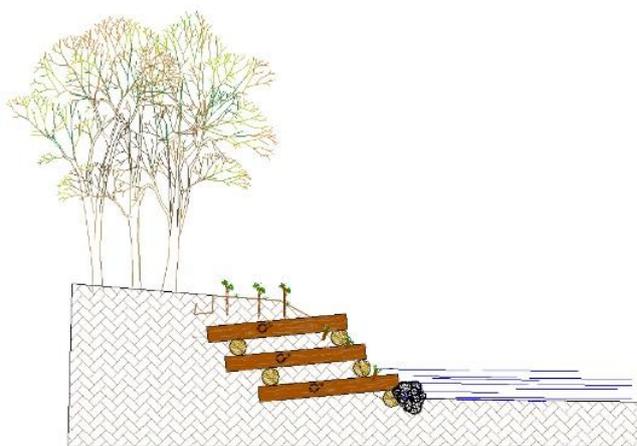


Figura 29: Muro Krainer, croquis. Fuente: Sánchez et. al. (2013)

Se emplea en la estabilización de pendientes de hasta 60°. Primero se arman las cajas, luego se coloca una primera fila de troncos paralelamente al talud, posteriormente se disponen troncos perpendicularmente, se unen los troncos con clavos. Una vez terminado un plano se rellena con parte de la tierra

extraída anteriormente mezclada con hojarasca y se colocan estacas vivas de 3-10 cm de diámetro y 1,5-2 m de longitud y/o plantas enraizadas, este material debe compactarse. Se realizan planos sucesivos de la misma manera (Figura 30). Es necesario destacar que la técnica requiere la utilización de estacas vivas y/o plantas enraizadas con cierto grado de desarrollo, lo cual no significa que las estacas se obtengan de un mismo ejemplar sino que deberían extraerse de numerosos especímenes, preferentemente de la zona circundante en la cual se va a intervenir con el objeto de lograr fenotipos adaptados al ambiente y asegurar variabilidad genética.



Figura 30: Muro Krainer, operarios. Fuente: Sánchez et al. (2013)

El frente no debe ser vertical, sino inclinado a favor de la pendiente, a medida que se levanta el entramado, los troncos paralelos a la pendiente se retrasan alineando su lado exterior con el lado interior del tronco inferior (Figura 31).

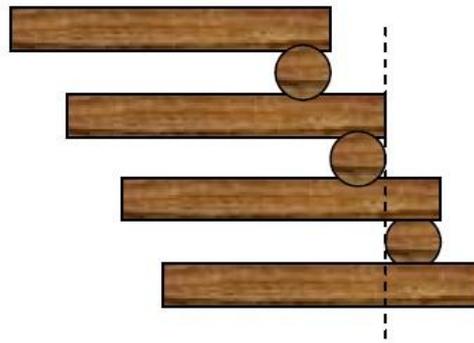


Figura 31: Muro Krainer, alineación de los planos. Fuente: Aquanea.

El objetivo es estabilizar las estructuras por un período aproximado de cinco años, ya que ese es el tiempo promedio estimado que tarda el sistema radical de la vegetación implantada en desarrollarse y estabilizar el talud.

- **Entramado de madera tipo Roma**, es similar al muro Krainer pero a diferencia de éste, es a una sola pared, sólo se colocan hileras de troncos paralelos al talud en el frente, como se observa en la Figura 32. En la Figura 33 se observa el entramado finalizado.



Figura 32: Entramado tipo Roma, esquema. Fuente: Zeh (2007)



Figura 33: Entramado tipo Roma, finalizado. Fuente: Zeh, 2007

- **Tipo latino**, también es a una sola pared, pero los troncos en lugar de ir perpendiculares al talud se ubican formando triángulos (Figura 34).



Figura 34: Entramado tipo Latino, ubicación de los troncos. Fuente: Cornelini, 2007.

La altura del entramado es de cuatro metros, pero éste puede extenderse, siempre en múltiplos de cuatro (Figura 35)



Figura 35: Entramado tipo Latino, terminado. Fuente: Cornelini, 2007.

3.3.2.4.4. Gaviones revegetados con ramas vivas.

Los gaviones son estructuras conformadas por una malla de alambre prefabricada que es rellena con rocas. Para revegetarlos se aplica una capa de tierra fértil junto con ramas vivas o plantas enraizadas, cuando estas plantas crecen otorgan una mayor estabilidad mejorando la integración paisajística (Figura 36). Esta técnica se utiliza para consolidar taludes con pendientes elevadas y/o inestables (Figura 37).

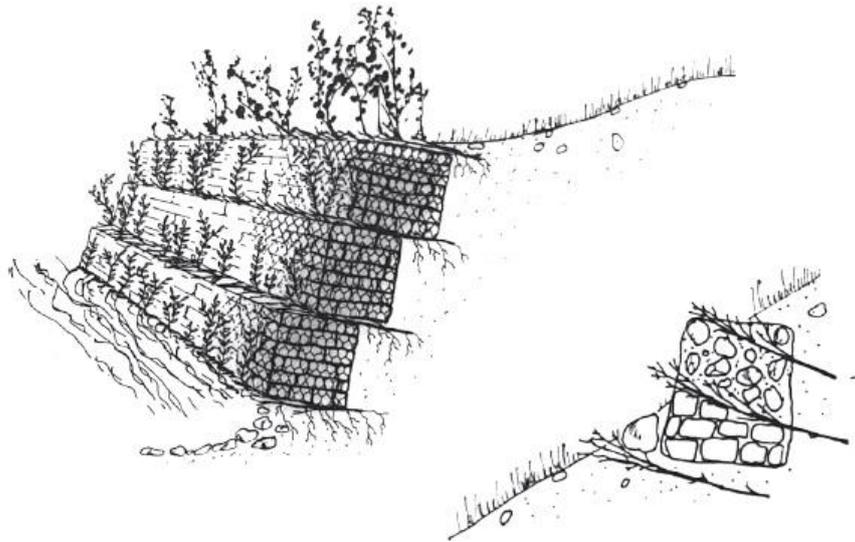


Figura 36: Gaviones revegetados, esquema. Fuente: Zeh, 2007.



Figura 37: Gaviones revegetados. Fuente: Zeh, 2007.

2.3.3. Ejemplos

Sangalli y Lizarralde (2005) llevaron a cabo un proyecto de estabilización de un talud en el Espacio Natural de Leizarán, en el norte de España. Se produjo el deslizamiento de un talud afectando una pista forestal, imposibilitando la extracción de madera. Se eligió una técnica de bioingeniería porque se encontraban en un espacio natural. El talud presentaba una fuerte pendiente, entre 40° y 50° , una longitud de 13 m y

un desnivel medio de 7 m. la superficie de deslizamiento fue de 84,33 m².

Se propuso:

- Reperfilear el talud de manera tal que la pendiente fuera de 45°-50°.
- Construir un muro Krainer de 16 m de longitud, 2 m de ancho y 1,5 m de altura, en la base.
- Estabilizar la parte superior con un entramado similar al de la base, pero reforzado (con el doble de troncos transversales) y de 8 m de longitud.
- Reconstruir y estabilizar la pendiente con un enrejado vivo de 1 m de longitud y 1 m de altura. Estabiliza la parte superficial del terreno inicialmente y a medida que se desarrolla la vegetación, lo hace en profundidad.
- Emplear lechos de ramas cada 2 m, como transición entre la zona afectada y la estable.

Todos los materiales se obtuvieron de las inmediaciones, excepto las grapas de hierro y las barras de acero corrugado.

La obra se realizó en diez días, dos días para el movimiento de tierras y preparación del material, siete días para la construcción de las estructuras y un día para el remate de la obra. En la Figura 38 se puede ver cómo quedó terminado el muro Krainer y en la Figura 39, cómo se ve luego de que comenzaron a crecer las plantas.



Figura 38: Muro Krainer terminado. Fuente: Sangalli&Lizarralde, 2005.

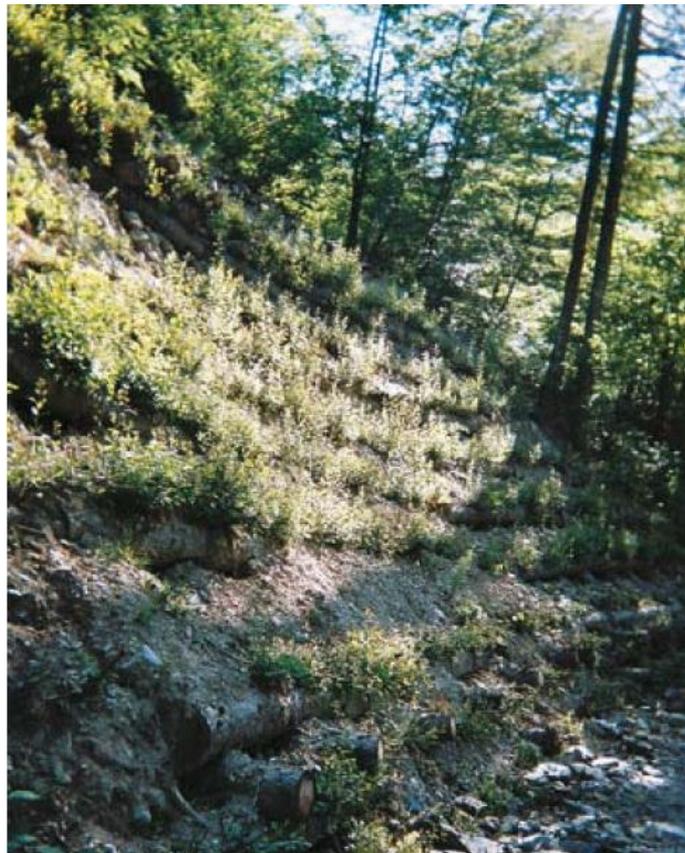


Figura 39: Muro Krainer con vegetación desarrollada. Fuente: Sangalli&Lizarralde, 2005.

Castro Lara (2010) estudió algunas técnicas aplicadas en la zona central de Chile, una de ellas se realizó en el camino Cahuil-Bucalemu, zona costera, entre la VI y VII región. La técnica utilizada fue una combinación de hidrosiembra con la aplicación de una malla vegetal biodegradable con una longevidad funcional de aproximadamente 36 meses que fue fijada con dispositivos metálicos, al menos 3 ganchos por cada m². El suelo se encontraba muy meteorizado y muy cercano al mar, factores que no se tuvieron en cuenta como era debido. Faltó estudiar mejor las comunidades cercanas y se deberían haber utilizado especies con mayor poder de enraizamiento y técnicas más adecuadas al talud. Como consecuencia de todo esto, la vegetación colonizó muy poco y su eficiencia para disminuir la infiltración del agua fue muy baja. El autor menciona que este tipo de técnicas han tenido poco desarrollo en Chile y su capacidad para proteger el suelo aún se encuentra bajo estudio en dichas latitudes.

Se tiene referencia de una experiencia de construcción de terrazas en taludes en la ruta a El Bolsón con la participación del Lic. Juan Salguero, sin embargo no se halló documentación al respecto.

A nivel local Pedre (2009) utilizó compost generado a partir de lodos cloacales de la planta depuradora de Bariloche junto con técnicas de soporte mecánico, aterrazados, estacados y biomantas, para revegetar taludes dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi. Este tipo de trabajos realizados por las empresas Codi S. A. y Conevial S. A. sobre suelos de arenas volcánicas, se realizan hace 20 años aproximadamente, han obtenido resultados variables: la hidrosiembra no ha sido exitosa ya que debido a las características del suelo, todo el material utilizado se desliza dejando nuevamente la superficie desnuda; las biomantas funcionan bien como sostén de gramíneas en taludes cuyos ángulos se encuentran próximos al de reposo pero hace 10 años fueron instaladas y no se han degradado. El objetivo principal es cuidar el suelo vegetal, por lo que mezclan suelo de la zona con arena volcánica y compost en sus trabajos,

luego incorporan las especies autóctonas que encuentran en renovales cercanos a la zona de intervención porque son las que han dado mejores resultados (Pedre, D., com. pers.). Estas empresas han realizado, específicamente, trabajos para el sostenimiento de taludes en la Ruta Nacional 231 – Tramo: Lago Espejo – Límite con Chile. Las características topográficas, geológicas y climáticas de la zona, favorecen la existencia de laderas y taludes inestables, por lo que se completó el proyecto original con una serie de trabajos del tipo de tierras armadas y estructuras basadas principalmente en el uso de gaviones. Además, por situarse dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi se contempló la revegetación de taludes y la forestación con 10.000 árboles (Codi S. A.)

4. Metodología

Una vez finalizada la revisión bibliográfica y compilación de información acerca de taludes y posibles técnicas a aplicar, se procedió a llevar a cabo las actividades conducentes al logro de los objetivos propuestos en el proyecto de Trabajo Final, cuya metodología se describe a continuación.

4.1. Identificación de áreas de taludes.

En una primera instancia se usó como base las imágenes satelitales de Google Earth, para reconocer taludes en el ejido de San Carlos de Bariloche y en las rutas y caminos cercanos. Para una mejor organización se decidió dividir la ciudad por sectores, luego los taludes fueron identificados con el nombre del sector y un número. Para delimitar cada talud se marcaron dos puntos, A y B, que corresponden a los extremos sobre la base. Esta información fue reunida en una tabla.

4.2. Características de los taludes.

Utilizando las imágenes de Google Earth, se determinó la elevación (m s.n.m.), de la base y de la cima, y su diferencia determinó el desnivel de cada talud.

La pendiente se determinó mediante un clinómetro.

Utilizando las herramientas de Google Earth "añadir ruta" y "mostrar perfil de elevación" se estimó el ancho y el largo de cada talud; con esos datos se calculó la superficie aproximada.

La exposición se determinó observando las imágenes y ubicando el norte geográfico.

Luego, a partir de las mismas imágenes se identificó la intervención antrópica, factores naturales o humanos que generaron el talud, entre otros, esta información se corroboró a campo.

El relieve circundante se determinó de manera general, ya que muchos comparten las mismas características, mediante cartas topográficas, imágenes y trabajo de campo.

Se identificó la geomorfología y la geología con la ayuda de mapas del SEGEMAR (2005).

El ecosistema de referencia se identificó a campo y se consideraron grandes categorías tales como: bosque de ñire, de lenga, de coihue, área urbana, etc.

Todos estos resultados fueron plasmados en una tabla.

4.3. Composición florística.

Se realizaron censos de vegetación en los taludes que espontáneamente se encontraron revegetados, y se registró si eran especies nativas, exóticas y su forma de vida (arbustos, hierba, enredadera, árbol, etc).

4.4. Especies nativas.

Las especies fueron elegidas por características como: gran desarrollo radicular en los primeros cuarenta cm del suelo, lo que las hace aptas para la fijación de terrenos; valor ornamental; capacidad de adaptación; facilidad de reproducción (Calabrese & González Velásquez, 2014).

Se buscó información bibliográfica sobre cada una de las especies identificadas. Los alumnos de la tecnicatura en viveros estudian la capacidad germinativa y cultivo de determinadas especies. Se entrevistó a los alumnos que ya han realizado este trabajo y se pudo obtener información sobre algunas de las especies que se pretenden utilizar.

4.5. Técnicas de bioingeniería.

En base a la información recabada en los objetivos anteriores, se seleccionaron taludes próximos a zonas habitadas o de gran circulación, en los cuales se propuso una técnica de bioingeniería apropiada.

4.6. Marco legal.

Se investigó sobre las leyes argentinas existentes sobre construcciones edilicias y de caminos en sitios de pendientes y los planes de remediación requeridos. También se investigó sobre leyes de otros países. Luego se compararon las leyes nacionales e internacionales y se determinó qué aspectos se han tenido en cuenta, cuáles se han pasado por alto y qué debería considerarse a la hora de realizar nuevas construcciones.

4.7. Contexto social.

Sobre la base de imágenes y trabajo de campo se estimó el número de viviendas en un radio de 100 metros de cada talud, también se analizó las condiciones de las viviendas y de los barrios.

4.8. Análisis de costos.

Se consultó en la Municipalidad de San Carlos de Bariloche sobre los gastos ocasionados por los derrumbes en Colonia Suiza y la barda del Ñireco. En Vialidad Nacional se consultó lo mismo pero en la zona del lago Guillermo.

Por otro lado, se consultó a Paola Sangalli, en España, cuánto costó el trabajo del muro Krainer citado en este trabajo y se estimó el precio en pesos. Se consultó a la empresa Amanco, de Mendoza, por las geomallas y geomantas y a Hidracó, de Bariloche, por los gaviones.

Finalmente se comparó el costo de la obra para restaurar el área elegida y los gastos ocasionados una vez ocurrido el desastre natural.

5. Resultados

5.1. Identificación de áreas de taludes.

Se identificaron once zonas: 1.- Barda del Ñireco (B) donde se señalaron cinco taludes; 2.- Barrio Malvinas (BM) con tres taludes; 3.- Bajada del Paraná (BP) con un talud; 4.- Barrio Vivero (BV) con dos taludes; 5.- Circunvalación (C) con seis taludes; 6.- Colonia Suiza (CS) con tres taludes; 7.- Guillermo (GUI) con veintiocho taludes; 8.- Gutiérrez (GUT) con trece taludes; 9.- Moreno (M) con tres taludes; 10.- Nahuel Huapi (NH) con dos taludes y 11.- Veranada (V) con doce taludes. Las imágenes satelitales de las zonas pueden verse en el Anexo I: Figuras 1 a 14, y las imágenes de cada talud en el Anexo I: Figuras 15 a 78. Las coordenadas geográficas de cada punto se recopilaron en la Tabla 1.

San Carlos de Bariloche se encuentra dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi, en la Figura 79 (Anexo I) se pueden observar los límites de dicho parque, por lo que se observa, los taludes de la zona de Veranada, Guillermo y gran parte de Gutiérrez son jurisdicción de Parques Nacionales.

5.2. Características de los taludes.

Se registraron datos de elevación, desnivel, pendiente, largo, ancho, superficie y exposición que se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas, elevación, desnivel, pendiente, largo, ancho, superficie, exposición de cada talud.

Talud	Coordenadas			Elevación (m.s.n.m.)		Desnivel (m)	Pendiente	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m ²)	Exposición
	Punto	Latitud	Longitud	Inferior	Superior						
M_01	A	41° 4' 19,83" S	71° 31' 22,57" W	877	893	16	40	131	40	5227	N
	B	41° 4' 18,72" S	71° 31' 18,39" W								
M_02	A	41° 4' 53, 14" S	71° 33' 15,63" W	838	853	15	40	143	38	5477	NE
	B	41° 4' 55,93" S	71° 33' 12,29" W								
M_03	A	41° 4' 20,21" S	71° 33' 54,03" W	799	839	40	41	110	91	9988	N
	B	41° 4' 19,30" S	71° 33' 50,87" W								
CS_01	A	41° 5' 52,15" S	71° 30' 23,61" W	804	850	46	42	88	96	8441	NE
	B	41° 5' 53,10" S	71° 30' 21,71" W								
CS_02	A	41° 6' 13,23" S	71° 29' 11,00" W	791	805	14	40	97	34	3275	NE
	B	41° 6' 14,55" S	71° 29' 8,63" W								
CS_03	A	41° 6' 20,51" S	71° 28' 58,61" W	794	890	96	44	257	178	45746	NE
	B	41° 6' 26,17" S	71° 28' 51,15" W								
BP_01	A	41° 8' 26,69" S	71° 18' 56,36" W	857	859	2	30	37	24	872	NE
	B	41° 8' 27,50" S	71° 18' 55,73" W								
BV_01	A	41° 9' 30,27" S	71° 17' 56,15" W	880	900	20	36	276	74	20424	NE
	B	41° 9' 36, 70" S	71° 17' 48, 96" W								
BV_02	A	41° 9' 44,61" S	71° 17' 58,31" W	877	915	38	38	109	109	11881	SE
	B	41° 9' 42,26" S	71° 17' 56,31" W								
BM_01	A	41° 9' 51,84" S	71° 18' 28,51" W	898	908	10	33	274	54	14878	S
	B	41° 9' 54,00" S	71° 18' 18,11" W								
BM_02	A	41° 10' 9,06" S	71° 18' 19,65" W	875	892	17	34	162	75	12215	SO

	B	41° 10' 5,32" S	71° 18' 14,99" W								
BM_03	A	41° 9' 40,86" S	71° 18' 23,35" W	918	928	10	35	410	42	17384	SO
	B	41° 9' 47,00" S	71° 18' 9,76" W								
C_01	A	41° 10' 35,32" S	71° 19' 31,22" W	922	923	1	29	225	28	6278	NE
	B	41° 10' 37,79" S	71° 19' 22,63" W								
C_02	A	41° 10' 53,61" S	71° 18' 59,67" W	909	912	3	33	210	18	3822	NO
	B	41° 10' 48,96" S	71° 18' 53,32" W								
C_03	A	41° 10' 43,15" S	71° 18' 46,73" W	897	900	3	34	294	15	4528	NO
	B	41° 10' 36,62" S	71° 18' 38,12" W								
C_04	A	41° 10' 36,15" S	71° 18' 37,61" W	894	897	3	33	92	17	1518	NO
	B	41° 10' 34,54" S	71° 18' 34,54" W								
C_05	A	41° 10' 6,72" S	71° 17' 49,81" W	873	882	9	37	486	31	14920	NO
	B	41° 9' 53,97" S	71° 17' 38,39" W								
C_06	A	41° 7' 29,44" S	71° 13' 19,42" W	848	859	11	36	364	41	14778	O
	B	41° 7' 18,49" S	71° 13' 14,89" W								
GUT_01	A	41° 11' 11,17" S	71° 23' 11,60" W	918	931	13	42	121	27	3303	N
	B	41° 11' 10,75" S	71° 23' 6,99" W								
GUT_02	A	41° 11' 19,30" S	71° 23' 25,20" W	909	917	8	40	129	19	2503	NO
	B	41° 11' 17,20" S	71° 23' 22,35" W								
GUT_03	A	41° 11' 27,92" S	71° 23' 30,04" W	913	992	79	44	186	152	28272	O
	B	41° 11' 23,14" S	71° 23' 28,49" W								
GUT_04	A	41° 11' 34,39" S	71° 23' 33,97" W	903	964	61	43	215	120	25800	O
	B	41° 11' 29,04" S	71° 23' 30,90" W								
GUT_05	A	41° 15' 41,95" S	71° 29' 21,89" W	848	869	21	40	173	51	8737	N
	B	41° 15' 39,75" S	71° 29' 16,06" W								
GUT_06	A	41° 14' 43,15" S	71° 26' 26,35" W	837	848	11	39	107	29	3103	NO
	B	41° 14' 41,72" S	71° 26' 23,86" W								

GUT_07	A	41° 14' 40,59" S	71° 26' 22,24" W	832	843	11	39	65	28	1830	NO
	B	41° 14' 39,19" S	71° 26' 20,66" W								
GUT_08	A	41° 14' 19,47" S	71° 26' 1,38" W	827	837	10	39	126	26	3301	O
	B	41° 14' 16,11" S	71° 25' 59,58" W								
GUT_09	A	41° 12' 52,04" S	71° 24' 12,88" W	848	868	20	42	115	43	4991	O
	B	41° 12' 50,22" S	71° 24' 10,86" W								
GUT_10	A	41° 12' 34,87" S	71° 24' 3,72" W	857	869	12	42	47	26	1226	O
	B	41° 12' 33,89" S	71° 24' 3,47" W								
GUT_11	A	41° 12' 33,11" S	71° 24' 3,35" W	849	860	11	42	86	24	2074	O
	B	41° 12' 31,14" S	71° 24' 2,71" W								
GUT_12	A	41° 12' 27,39" S	71° 24' 1,91" W	865	880	15	42	36	32	1161	O
	B	41° 12' 26,33" S	71° 24' 1,97" W								
GUT_13	A	41° 11' 14,11" S	71° 23' 18,27" W	914	924	10	41	101	23	2323	NO
	B	41° 11' 12,69" S	71° 23' 16,22" W								
GUI_01	A	41° 21' 25,51" S	71° 30' 56,34" W	865	872	7	39	118	18	2171	E
	B	41° 21' 29,11" S	71° 30' 55,84" W								
GUI_02	A	41° 21' 44,72" S	71° 30' 59,86" W	868	870	2	34	81	10	832	E
	B	41° 21' 47,11" S	71° 30' 59,70" W								
GUI_03	A	41° 22' 48,52" S	71° 30' 18,47" W	888	896	8	40	61	20	1228	NE
	B	41° 22' 49,59" S	71° 30' 17,53" W								
GUI_04	A	41° 21' 51,63" S	71° 31' 0,34" W	877	879	2	33	65	11	739	E
	B	41° 21' 53,54" S	71° 30' 59,97" W								
GUI_05	A	41° 21' 58,74" S	71° 30' 57,44" W	888	892	4	34	45	18	826	E
	B	41° 21' 59,91" S	71° 30' 56,75" W								
GUI_06	A	41° 22' 1,05" S	71° 30' 56,15" W	889	892	3	36	39	11	418	E
	B	41° 22' 2,04" S	71° 30' 55,59" W								
GUI_07	A	41° 22' 3,22" S	71° 30' 54,84" W	890	893	3	35	58	13	747	E

	B	41° 22' 4,86" S	71° 30' 53,98" W								
GUI_08	A	41° 22' 34,46" S	71° 30' 35,99" W	913	922	9	40	96	22	2067	NE
	B	71° 30' 34,08" S	71° 30' 34,08" W								
GUI_09	A	41° 22' 36,58" S	71° 30' 33,66" W	910	923	13	42	178	27	4806	NE
	B	41° 22' 39,48" S	71° 30' 29,09" W								
GUI_10	A	41° 22' 39,72" S	71° 30' 28,57" W	903	910	7	39	73	19	1351	NE
	B	41° 22' 40,70" S	71° 30' 27,07" W								
GUI_11	A	41° 22' 41,69" S	71° 30' 25,50" W	899	905	6	41	62	14	847	NE
	B	41° 22' 42,67" S	71° 30' 24,19" W								
GUI_12	A	41° 22' 43,85" S	71° 30' 22,74" W	896	902	6	41	46	14	633	NE
	B	41° 22' 44,87" S	71° 30' 21,58" W								
GUI_13	A	41° 23' 0,99" S	71° 30' 8,91" W	888	905	17	42	353	36	12673	E
	B	41° 23' 9,81" S	71° 30' 4,17" W								
GUI_14	A	41° 23' 11,90" S	71° 30' 3,70" W	901	918	17	43	43	34	1451	E
	B	41° 23' 12,77" S	71° 30' 3,44" W								
GUI_15	A	41° 23' 16,60" S	71° 30' 2,23" W	905	919	14	41	106	32	3339	E
	B	41° 23' 19,57" S	71° 30' 1,59" W								
GUI_16	A	41° 23' 20,88" S	71° 30' 1,39" W	903	921	18	42	80	39	3128	E
	B	41° 23' 23,23" S	71° 30' 1,08" W								
GUI_17	A	41° 23' 25,85" S	71° 30' 0,54" W	898	906	8	41	75	18	1365	E
	B	41° 23' 28,11" S	71° 30' 0,29" W								
GUI_18	A	41° 23' 41,03" S	71° 29' 57,78" W	896	906	10	40	103	25	2616	E
	B	41° 23' 43,70" S	71° 29' 56,55" W								
GUI_19	A	41° 23' 46,04" S	71° 29' 55,26" W	888	903	15	41	280	33	9296	E
	B	41° 23' 52,56" S	71° 29' 48,89" W								
GUI_20	A	41° 23' 53,17" S	71° 29' 48,06" W	871	897	26	42	197	56	10973	E
	B	41° 23' 59,32" S	71° 29' 46,60" W								

GUI_21	A	41° 23' 59,72" S	71° 29' 4,25" W	871	886	15	42	220	32	7018	NE
	B	41° 24' 4,22" S	71° 29' 43,64" W								
GUI_22	A	41° 24' 4,98" S	71° 29' 43,15" W	871	883	12	44	448	23	10304	NE
	B	41° 24' 18,00" S	71° 29' 38,12" W								
GUI_23	A	41° 24' 18,89" S	71° 29' 38,14" W	875	887	12	43	39	24	939	E
	B	41° 24' 20,11" S	71° 29' 38,05" W								
GUI_24	A	41° 24' 23,44" S	71° 29' 37,53" W	867	874	7	40	79	17	1354	E
	B	41° 24' 25,65" S	71° 29' 37,14" W								
GUI_25	A	41° 24' 26,85" S	71° 29' 37,03" W	864	874	10	42	111	22	2409	E
	B	41° 24' 30,25" S	71° 29' 36,84" W								
GUI_26	A	41° 24' 30,92" S	71° 29' 36,71" W	874	889	15	41	237	34	7987	E
	B	41° 24' 37,43" S	71° 29' 35,26" W								
GUI_27	A	41° 24' 39,12" S	71° 29' 34,26" W	874	885	11	38	121	32	3848	E
	B	41° 24' 42,24" S	71° 29' 32,56" W								
GUI_28	A	41° 25' 3,09" S	71° 29' 35,00" W	888	902	14	42	378	29	10924	E
	B	41° 25' 13,59" S	71° 29' 31,94" W								
V_01	A	41° 25' 43,55" S	71° 29' 23,36" W	869	875	6	37	75	20	1470	E
	B	41° 25' 45,74" S	71° 29' 22,54" W								
V_02	A	41° 26' 26,91" S	71° 29' 6,57" W	894	899	5	33	214	27	5842	E
	B	41° 26' 33,61" S	71° 29' 5,54" W								
V_03	A	41° 26' 45,69" S	71° 29' 1,92" W	892	896	4	34	117	20	2305	NE
	B	41° 26' 48,01" S	71° 28' 58,22" W								
V_04	A	41° 26' 55,16" S	71° 28' 54,68" W	893	897	4	34	70	18	1269	E
	B	41° 26' 57,22" S	71° 28' 54,00" W								
V_05	A	41° 27' 0,64" S	71° 28' 52,91" W	894	901	7	34	92	37	3365	E
	B	41° 27' 3,51" S	71° 28' 52,12" W								
V_06	A	41° 27' 18,95" S	71° 28' 52,01" W	919	923	4	33	290	23	6670	SE

	B	41° 27' 28,05" S	71° 28' 54,77" W								
V_07	A	41° 27' 34,10" S	71° 28' 53,58" W	919	925	6	35	99,4	26	2584	NE
	B	41° 27' 36,96" S	71° 28' 51,75" W								
V_08	A	41° 28' 5,71" S	71° 28' 22,85" W	942	961	19	38	162	58	9315	NE
	B	41° 28' 9,83" S	71° 28' 20,07" W								
V_09	A	41° 27' 55,20" S	71° 28' 34,77" W	939	962	23	38	306	68	20869	NE
	B	41° 28' 3,04" S	71° 28' 27,13" W								
V_10	A	41° 27' 12,29" S	71° 28' 51,58" W	915	959	44	32	217	302	65534	E
	B	41° 27' 19,15" S	71° 28' 52,73" W								
V_11	A	41° 27' 37,64" S	71° 28' 51,25" W	929	952	23	36	285	83	23769	E
	B	41° 27' 45,17" S	71° 28' 44,31" W								
V_12	A	41° 27' 49,40" S	71° 28' 40,14" W	943	965	22	38	160	66	10496	E
	B	41° 27' 53,68" S	71° 28' 36,40" W								
NH_01	A	41° 7' 50,08" S	71° 16' 8,90" W	801	805	4	35	101	16	1646	N
	B	41° 7' 49,52" S	71° 16' 4,85" W								
NH_02	A	41° 6' 41,55" S	71° 13' 11,12" W	799	803	4	36	204	15	3060	N
	B	41° 6' 39,05" S	71° 13' 3,50" W								
B_01	A	41° 9' 28,00" S	71° 17' 41,05" W	871	896	25	36	279	91	25305	SE
	B	41° 9' 21,10" S	71° 17' 34,27" W								
B_02	A	41° 9' 10,12" S	71° 17' 7,28" W	843	879	36	36	163	136	22168	E
	B	41° 9' 5,57" S	71° 17' 6,39" W								
B_03	A	41° 8' 46,76" S	71° 17' 4,61" W	820	848	28	37	243	94	22721	SE
	B	41° 8' 39,79" S	71° 17' 1,10" W								
B_04	A	41° 8' 33,59" S	71° 17' 4,68" W	815	839	24	37	101	77	7777	E
	B	41° 8' 30,58" S	71° 17' 4,90" W								
B_05	A	41° 8' 2,10" S	71° 17' 8,73" W	797	812	15	35	127	59	7531	NE
	B	41° 8' 4,45" S	71° 17' 5,21" W								

El mayor desnivel se observó en Colonia Suiza, que corresponde al talud denominado CS_03 (Anexo I, Figura 32), con 96 m, le sigue un talud en lago Gutiérrez, GUT_03 (Anexo I, Figura 56) con 79 m, el valor promedio es de 15,8 m.

La pendiente de los taludes tuvo un promedio de 38°, los valores no difirieron mucho entre sí, las pendientes más altas fueron de 44° en Colonia Suiza (Figura 32, Anexo I), Gutiérrez (Figura 56, Anexo I) y Guillermo (Figura 49, Anexo I), mientras que el más bajo, 29° (Circunvalación, Figura 25, Anexo I).

La superficie máxima se observó en Colonia Suiza, el mismo talud que presentó la mayor pendiente, CS_03, con 45.746 m² (4,5 ha), mientras que la superficie mínima fue de 418 m² (0,04 ha) en el lago Guillermo, GUI_06 (Anexo I, Figura 37). El promedio fue de 8.208 m² y el total, sumando todas las superficies fue de 640.260 m² (64 ha).

Se observaron veintinueve taludes con exposición este, siendo los más numerosos; veinte con exposición noreste; ocho, noroeste; ocho, oeste; seis, norte; cuatro, sureste; dos, suroeste y uno sur.

Los datos sobre intervención antrópica, ecosistema de referencia, geomorfología y geología pueden observarse en la Tabla 2.

Tabla 2: Intervención antrópica, viviendas, ecosistema de referencia, geomorfología y geología de cada talud.

Talud	Intervención antrópica	Viviendas	Ecosistema de referencia	Geomorfología	Geología
M_01	Si bien no hay viviendas en las inmediaciones, este lugar es conocido como "Punto Panorámico" y en temporada alta circulan muchas personas.	0	Bosque mixto de coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>) y ciprés (<i>Austrocedrus chilensis</i>)	Paisaje erosivo-deposicional glaciario (rocas aborregadas, canteras y drumlins y morenas de fondo)	Batolito Patagónico Cordillerano. Tonalitas, granodioritas hornblendicas y biotíticas; porfidos graníticos anfibólicos, diques andesíticos y pórfidos tonalíticos.
M_02	No hay viviendas en las inmediaciones.	0		Paisaje erosivo-deposicional glaciario en laterales de valle	Formacion Ventana. Lavas y piroclastitas andesíticas, riolíticas y basálticas. Ignimbritas y tobas riolíticas y vitrofiros.
M_03	Hay un puente y un hotel en las cercanías.	0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>)		
CS_01	Se encuentra en el ingreso a Colonia Suiza, el camino bordea el lago y ha sufrido derrumbes que han cortado la calzada.	I - Privados	Bosque de ciprés (<i>A. chilensis</i>)	Paisaje erosivo-deposicional glaciario en laterales de valle	Batolito Patagónico Cordillerano. Tonalitas, granodioritas hornblendicas y biotíticas; porfidos graníticos anfibólicos, diques andesíticos y pórfidos tonalíticos.
CS_02	Se observa una vivienda en sus inmediaciones, el camino bordea el lago.	I - Privados			Formacion Ventana. Lavas y piroclastitas andesíticas, riolíticas y basálticas. Ignimbritas y tobas riolíticas y vitrofiros.
CS_03	Se observa una vivienda en sus inmediaciones, el camino bordea el lago.	0			
BP_01	Es una zona muy transitada, ya que es uno de los ingresos a la Universidad Nacional del Comahue. Los vecinos más afectados colocaron gaviones para frenar los derrumbes.	III	Área urbana, presencia de: Laura (<i>Schinus patagonicus</i>), exóticas	Morenas marginales Glaciación Nahuel Huapi	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos.

BV_01	Se encuentran viviendas en la base y en la cima del talud, esa zona era usada como basurero por lo que sobre el talud se observa basura.	XVII - Algunas viviendas precarias	Matorral disperso de: chacay (<i>Discaria chacaye</i>), pañil (<i>Buddleja globosa</i>), calafate (<i>Berberis buxifolia</i>), palo piche (<i>Fabiana imbricata</i>) y en partes húmedas bosquesillos de maitén (<i>Maytenus boaria</i>)	Morenas marginales Glaciación Nahuel Huapi	Depósitos fluviales. Gravas, arenas, limos
BV_02	Se encuentran viviendas en la base y en la cima del talud.	XV - Algunas viviendas precarias			
BM_01	Está rodeado por viviendas y canteras.	II - Barrio		Fajas aluviales (incluyendo Planicies aluviales y terrazas inferiores)	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos.
BM_02	En la cima hay viviendas, en un costado una cantera y en la base pasa el arroyo Ñireco.	II - Barrio	Depósitos fluviales. Gravas, arenas, limos		
BM_03	En la cima, muy cerca de la orilla, se encuentran viviendas.	XX - Algunas viviendas precarias	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos.		
C_01	La ruta de circunvalación es muy transitada tanto por vehículos particulares como por colectivos y camiones. Hay viviendas, una cancha de fútbol, canteras, aunque no tan cercanos.	0	Matorral mixto: ñire (<i>N. antarctica</i>), laura (<i>S. patagonicus</i>), retamo (<i>Diostea juncea</i>), radal (<i>Lomatia hirsuta</i>), parrilla (<i>Ribes magellanicum</i>), notro (<i>Embothrium coccineum</i>), calafate (<i>B. buxifolia</i>), michay (<i>B. darwinii</i>) y chaurilla (<i>Maytenus chubutensis</i>)	Abanicos aluviales y bajadas	Depósitos glaciafluviales. Bloques, gravas, arenas, limos.
C_02	Se encuentra en la entrada hacia el Valle del Chall-Huaco, bordea el arroyo Ñireco.	0		Terrazas fluviales	Depósitos fluviales. Gravas, arenas, limos
C_03	Bordea el arroyo Ñireco.	0			
C_04		0			
C_05	Se encuentra cerca de la entrada a una cantera y bordea el arroyo Ñireco.	0			
C_06	Se encuentra cerca de la entrada al aeropuerto.	0		Abanicos aluviales y bajadas	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos.

GUT_01	Esta ruta es muy transitada por las personas que se dirigen hacia el sur. Este talud se encuentra cerca de la entrada a Villa Lago Gutiérrez	0	Bosque de ciprés (<i>A. chilensis</i>)	Relieve de crioplanación (nichos de nivación y procesos criogénicos asociados)	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos.
GUT_02	Bordean el Lago Gutiérrez	0			
GUT_03		0			
GUT_04		0			
GUT_05	Se encuentra entre los lagos Gutiérrez y Mascardi, en la entrada a una estancia.	0	Bosque de ciprés (<i>A. chilensis</i>), presencia de radal (<i>L. hirsuta</i>)	Metamorfitas de grado alto y bajo. Rocas máficas y ultramáficas y granitoides asociados. (*)	Paisaje erosivo-deposicional glaciario (rocas aborregadas, cantereadas y morenas de fondo) (**)
GUT_06	Bordean el Lago Gutiérrez	0	Bosque de ciprés (<i>A. chilensis</i>) y coihue (<i>N. dombeyi</i>)		
GUT_07		0			
GUT_08	Bordea el Lago Gutiérrez, hay un par de viviendas en las cercanías, en el bosque.	I			
GUT_09	Bordea el Lago Gutiérrez	0			
GUT_10	Bordean el Lago Gutiérrez, en las cercanías hay un camping.	I - Camping	Bosque de ciprés (<i>A. chilensis</i>) coihue (<i>N. dombeyi</i>), exóticas (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)		
GUT_11		0			
GUT_12		0			

GUT_13	Se encuentra cerca de la entrada a Villa Lago Gutiérrez.	0	Bosque de ciprés (<i>A. chilensis</i>)	Relieve de crioplanación (nichos de nivación y procesos criogénicos asociados)	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos.	
GUI_01	Se encuentra cerca de la entrada a Tronador, donde se ubica el puente que cruza el río que une los lagos Guillermo y Mascardi.	0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>), presencia de ñire (<i>N. antarctica</i>)		Metamorfitas de grado alto y bajo. Rocas máficas y ultramáficas y granitoides asociados. (*)	Paisaje erosivo-deposicional glaciario (rocas aborregadas, cantereadas y morenas de fondo). (**)
GUI_02	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo.	0	Matorral de ñire (<i>N. antarctica</i>)			
GUI_03		0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>), y ciprés (<i>A. chilensis</i>)			Laterales de valles glaciarios. (**)
GUI_04		0	Matorral de ñire (<i>N. antarctica</i>)			Paisaje erosivo-deposicional glaciario (rocas aborregadas, cantereadas y morenas de fondo). (**)
GUI_05		0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>), con presencia de radial (<i>L. hirsuta</i>), maitén (<i>M. boaria</i>) y sotobosque abierto de caña colihue (<i>Chusquea culeou</i>)			
GUI_06		0				
GUI_07	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo, a los costados de un cauce que baja del cerro y en épocas de lluvia se producen aludes.	0				
GUI_08	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo.	0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>), presencia de ciprés (<i>A. chilensis</i>), ñire (<i>N. antarctica</i>) y maitén (<i>M. boaria</i>)			Laterales de valles glaciarios. (**)
GUI_09		0				
GUI_10	Sobre la Ruta 40 Sur, bordea el Lago Guillermo, a los costados de un pequeño cauce.	0				

GUI_11	Sobre la Ruta 40 Sur, bordea el Lago Guillermo, a los costados de un pequeño cauce.	0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>), ciprés (<i>A. chilensis</i>) y presencia de ñire (<i>N. antarctica</i>)	Metamorfitas de grado alto y bajo. Rocas máficas y ultramáficas y granitoides asociados. (*)	Laterales de valles glaciares. (**)
GUI_12	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo.	0			
GUI_13		0			
GUI_14		0			
GUI_15	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo, a los costados de un pequeño cauce.	0			
GUI_16		0			
GUI_17	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo.	0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>) y presencia de ñire (<i>N. antarctica</i>)		
GUI_18	Sobre la Ruta 40 Sur, al costado de un pequeño cauce.	0			
GUI_19	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo.	0			
GUI_20		0			
GUI_21		0			
GUI_22		0			

GUI_23	Sobre la Ruta 40 Sur, bordean el Lago Guillermo.	0	Bosque de coihue (<i>N. dombeyi</i>) y presencia de ñire (<i>N. antarctica</i>)	Plutonitas ácidas. (*)	Laterales de valles glaciares. (**)
GUI_24		0			
GUI_25		0			
GUI_26		0			
GUI_27		0			
GUI_28		0			
V_01	Sobre la Ruta 40 Sur, en cercanías de un mallín que utilizan para pastoreo.	0	Matorral de ñire (<i>N. antarctica</i>), abundante retamo (<i>D. juncea</i>)	Plutonitas ácidas. (*)	Paisaje erosivo-deposicional glaciario (rocas aborregadas, cantereadas y morenas de fondo). (**)
V_02		0			
V_03		0			
V_04		0			
V_05		0			
V_06	Sobre la Ruta 40 Sur, en cercanías de un mallín que utilizan para pastoreo, detrás hay una cantera.	0			

V_07	Sobre la Ruta 40 Sur, en cercanías de un mallín que utilizan para pastoreo.	0	Matorral de ñire (<i>N. antarctica</i>), abundante retamo (<i>D. juncea</i>)	Plutonitas ácidas. (*)	Paisaje erosivo-deposicional glaciario (rocas aborregadas, cantereadas y morenas de fondo). (**)
V_08		0			
V_09		0			
V_10		0			
V_11	Sobre la Ruta 40 Sur, en cercanías de un mallín que utilizan para pastoreo, coincide con una cantera.	0			
V_12		0			
NH_01	El lugar es muy transitado, es uno de los ingresos a la ciudad y en las cercanías esta el ingreso a la terminal.	III	Zona urbana: abundan las exóticas, algunas nativas como calafate (<i>Berberis spp.</i>), laura (<i>S. patagonicus</i>)	Terrazas glacialacustres	Depósitos glacialacustres. Gravas, arenas, limos
NH_02	Es una ruta muy transitada por vehículos particulares, colectivos, camiones, hay viviendas y pasan las vías del tren.	I			

B_01	Hay viviendas en la cima y las canchas de fútbol de Adeful en la base, en la zona se encuentra una de las tomas de agua de la ciudad, "Los Manantiales".	XIV	Matorral de ribera: maitén (<i>M. boaria</i>), ñire (<i>N. antarctica</i>), chacay (<i>D. chacaye</i>), palo piche (<i>F. imbricata</i>), calafate (<i>B. buxifolia</i>)	Terrazas fluviales	Depósitos fluviales. Gravas, arenas, limos
B_02	Hay viviendas en la cima.	XII		Abanicos aluviales y bajadas	
B_03	Hay viviendas en la cima y en la base, ya se han producido deslizamientos que han afectado viviendas y personas.	XVII - Escuela 201			
B_04		XVI			
B_05	Hay viviendas en la cima y sobre el talud, la calle Los Ñires pasa por la base.	XI - Edificio de departamentos, comercios, iglesia.		Morenas marginales Glaciación Nahuel Huapi	Depósitos morénicos. Bloques, gravas, arenas, limos

(*) Fuente: sig.segemar. gov.ar

(**) Fuente: Pereyra et al., 2009.

Con respecto a la intervención antrópica, se observó que casi todos los taludes se encuentran al lado de una ruta o camino, un par de la barda bordea el arroyo Ñireco. Los de la zona Moreno, Colonia Suiza, Guillermo, Gutiérrez y Veranada no tienen viviendas en sus cercanías, mientras que en las otras zonas sí, en mayor o menor medida, tal como se detallará en el punto 5.7.

El cuanto al relieve circundante, en general, la ciudad se encuentra rodeada por formaciones montañosas con rumbo norte-sur cuyas elevaciones oscilan entre 700 y 2.400 m s.n.m., con algunos sectores más elevados. Debido a la acción de los glaciares durante el Cuaternario, se observan amplios valles glaciarios con un piso de 700 m s.n.m. y morenas de diferentes tipos (SEGEMAR, 2005). El relieve fue originado por procesos endógenos adjudicados a la Orogenia Andina, hace 65 millones de años, luego fue modificado por procesos exógenos de origen glacial y finalmente por la acción fluvial, eólica, remoción en masa, aunque levemente (C. López, com. pers.).

En cuanto a la geomorfología (SEGEMAR, 2005), se observó:

- *Paisaje erosivo deposicional glaciario* en seis taludes en Moreno y Colonia Suiza que presenta un riesgo de caídas de rocas muy alto, de deslizamientos y flujos densos y de erosión de suelos moderado.
- *Abanicos aluviales y bajadas* en cinco taludes en circunvalación y barda del Ñireco, con riesgo de deslizamientos y flujos densos y erosión de suelos moderado, y nulo para caída de rocas.
- *Relieve de crioplanación* en cinco taludes en lago Gutiérrez con riesgo muy alto para caída de rocas, erosión de suelos y deslizamientos y flujos densos.
- *Morenas marginales* en cuatro taludes en bajada del Paraná, barrio Vivero y barda del Ñireco, con un riesgo de caídas de rocas y de erosión de suelos muy alto, pero bajo para deslizamientos y flujos densos.

- *Terrazas fluviales* en cuatro taludes en circunvalación, con riesgo muy bajo para caídas de roca, deslizamientos y flujos densos, y moderado para erosión de suelos.
- *Fajas aluviales* en tres taludes en barrio Malvinas.
- *Terrazas glacilacustres* en dos taludes en Nahuel Huapi.

En el aspecto geológico (SEGEMAR, 2005), se observó:

- Depósitos fluviales en once taludes en barrio Vivero, barrio Malvinas, circunvalación y barda del Ñireco
- Depósitos morénicos en diez taludes en bajada del Paraná, barrio Malvinas, circunvalación, Gutiérrez y barda del Ñireco
- Formación Ventana en cuatro taludes en Moreno y Colonia Suiza
- Batolito patagónico en dos taludes en Moreno y Colonia Suiza
- Depósito glacilacustre en dos taludes en Nahuel Huapi
- Depósito glacifluvial en un talud en circunvalación

Los datos sobre la zona Guillermo, veranada y gran parte de Gutiérrez referidos a geomorfología y geología no están plasmados en dicho mapa. Sin embargo, el SEGEMAR tiene un SIG online, allí se obtuvieron los datos geológicos de las zonas restantes. Para los datos geomorfológicos se utilizó una Carta geomorfológica de Pereyra et al. (2009).

Si bien la ciudad de San Carlos de Bariloche fue afectada por la caída de cenizas proveniente del Complejo Volcánico Puyehue – Cordón Caulle en 2011, debido a las características del viento predominante durante aquellos días, en la ciudad se acumuló más de 1,5 mm de cenizas, este valor va disminuyendo a medida que se avanza hacia el sur y el oeste (Gaitán et al., 2011). Es por esta razón que los taludes que se encuentran camino a El Bolsón y hacia el oeste de la ciudad no presentan un acumulamiento importante de cenizas, sí se puede observar un poco más en los taludes cercanos al centro de la ciudad.

5.3. Composición florística.

A partir del análisis de la composición florística de sectores próximos a los taludes se han seleccionado algunas especies nativas que por sus características mejoradoras del suelo, desarrollo radicular, producción de semillas o facilidad de multiplicación vegetativa en vivero se consideran potencialmente apropiadas para ser utilizadas en la estabilización de taludes en la zona de estudio. Esto no significa que la sola plantación de estas especies asegure la estabilización del talud sino que en ocasiones es necesario acompañar con otras intervenciones tales como técnicas de bioingeniería que implican movimientos de tierra y/o utilización de materiales de retención de suelo especialmente cuando la pendiente del talud supera los 45°.

No todas las especies seleccionadas son apropiadas para todos los taludes, de acuerdo a sus características ecofisiológicas se podrán emplear unas u otras según la zona en la que se hallen los taludes. Por ejemplo, hay que tener en cuenta si el talud se halla en la zona este del área de estudio que presenta mayor déficit hídrico y están más expuestos a los efectos del viento o en la zona oeste en la que se registran mayores precipitaciones y donde el entorno boscoso de las laderas montañosas puede brindar cierto tipo de protección, igualmente hay que considerar el grado de pendiente del talud, su exposición, si se halla en zona urbana o no. Se ha observado que en los taludes de ruta 40 sur en la zona de lago Guillermo la especie que se establece espontáneamente con mayor frecuencia es *Baccharis magellanica*, la cual otorga gran firmeza estabilizando el suelo, minimizando la erosión y reteniendo nutrientes. Su alto poder germinativo y su capacidad de fijación del suelo han hecho que sea una de las especies elegidas que consideramos más apropiadas. Todas las especies que se seleccionaron han sido observadas a campo en los taludes o en su periferia. Algunas de ellas, tales como *Escallonia rubra* y *Embothrium coccineum*, podrían ser tenidas en cuenta en la estabilización de taludes urbanos por su valor ornamental. Las especies de *Berberis* han sido observadas en toda el área relevada. *B. empetrifolia* se registró en áreas

expuestas y soleadas tanto en Colonia Suiza como en la zona de lago Guillermo. *Escallonia* spp. y *Maytenus* spp. fueron registrados en la periferia de los taludes de la zona oeste.

5.4. Especies nativas.

5.4.1. *Acaena splendens*

Acaena deriva del griego *akaina*, que significa punta agujón, espina, por las espinas del cáliz; *splendens* del latín, brillante, por el brillo de la mata. Es un subarbusto de 5 a 60 cm de altura (Anexo II, Figura 1). Las hojas tienen una extensa cubierta de pelos grises, brillantes y suaves (Anexo II, Figura 2). Las flores son pequeñas y rudimentarias (Anexo II, Figura 3). Fruto aquenio (Anexo II, Figura 4). Florece y fructifica en verano. Forma matas hemisféricas de color gris plateado, con abrojos algo peludos y poco punzantes. En terrenos erosionados suelen adquirir forma de "arbolitos en miniatura" debido a que se descubre el tallo central. Útil como fijadora natural de terrenos removidos. Su abundancia indica sobrepastoreo. En Patagonia continental y tierra del Fuego (Green & Ferreyra, 2012). Crece hasta los 3.000 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Esta especie, al igual que otras del mismo género, tiene capacidad de retención de semillas de otras especies bajo su follaje, es fijadora de suelo y mejora la concentración de nutrientes del suelo (De Paz et al., 2013). Es interesante para este tipo de tareas de restauración ya que se puede reproducir fácilmente en vivero a través de sus semillas.

5.4.2. *Baccharis magellanica*

Baccharis deriva de *bacchus*, aludiendo al vino, por el olor a especias que tienen las raíces; *magellanica* por su distribución geográfica (Green & Ferreyra, 2012).

También conocido como Chilca austral o de Magallanes. Es un subarbusto nativo, perenne y dioico. Es rastrero, se eleva como máximo unos 25 cm del suelo, es muy ramoso, forma céspedes o cojines de densidad variable (Anexo II, Figura 5). Sus tallos son leñosos y densamente hojosos. Las hojas son simples, espatuladas, dispuestas de forma alterna, pequeñas, de hasta 1 cm de largo, resinosas y coriáceas (Anexo II, Figura 6). Las flores se reúnen en inflorescencias compuestas, son todas iguales, tubulosas, de color blanco amarillento o algo verdoso. El fruto es un aquenio con vilano blanco (Anexo II, Figura 7) (Bisheimer, 2012).

Recomendado como cubresuelo para jardines soleados y áridos. Se reproduce mediante semillas y se adapta muy bien al cultivo. Se encuentra entre rocas y suelos arenosos, en lugares secos, abiertos, siendo resistente al frío. Desde los Andes del centro-sur de Chile y montañas de la Patagonia argentina hasta Tierra del Fuego (Green & Ferreyra, 2012). Crece hasta los 3.500 m s.n.m (Instituto de Botánica Darwinion).

Edwards (2014) recomienda aplicar un tratamiento pregerminativo, estratificación fría a 4°C durante por lo menos 60 días cuando se quiere producir esta especie en vivero.

5.4.3. *Baccharis patagonica*

Es un arbusto achaparrado, de cerca de 1 metro de altura, con ramas robustas, densamente hojosas (Anexo II, Figura 8). Hojas sésiles, alternas, coriáceas, oblongo-elípticas, obtusas. Con capítulos numerosos,

sésiles, blancuzcos, formando falsas espigas sobre las ramitas terminales (Anexo II, Figura 9, Figura 10 y Figura 11). Capítulos femeninos acampanados; flores numerosas filiformes. Capítulos masculinos con flores pentalobadas. Aquenios cilíndricos con papus blancuzcos. Nativa de la Patagonia andina, desde Neuquén hasta Chubut (Villamil & Testoni, 2012). Crece hasta los 3.000 m.s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Presenta una densa cobertura que puede minimizar el efecto del viento sobre suelo desprovisto de otra vegetación.

5.4.4. *Berberis empetrifolia*

Berberis es la versión latinizada del nombre *barbāris*, aplicado al fruto de esa planta; *empetrifolia* significa "hojas como Empetrum", la murtila. También conocido como Calafatillo, Calafate enano, Monte negro (Green & Ferreyra, 2012), Uva de la cordillera o Coronta. Es un subarbusto nativo de entre 5 y 50 cm de altura (Anexo II, Figura 12). Sus ramas son delgadas, torcidas e intrincadas (Anexo II, Figura 13). Las hojas son simples con bordes enteros, lineares, gruesas, coriáceas y con un surco bien marcado, de hasta 2 cm de largo. Las hojas se disponen en rosetas, a cada roseta la acompaña una espina trifida más corta (Anexo II, Figura 14). Las flores son amarillas, pedunculadas, surgen solitarias o de a pares. El fruto es una baya morada, globosa, comestible (Anexo II, Figura 15). (Bisheimer, 2012).

Se encuentra en lugares abiertos, en suelos arenosos o grietas de rocas, en alta montaña y sectores de estepa cercanos a la cordillera. Desde La Rioja a Tierra del Fuego, en Argentina y regiones limítrofes de Chile (Green & Ferreyra, 2012). Crece hasta los 3.500 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Esta pequeña planta es apropiada para taludes expuestos, además de tener interés como ornamental por sus flores amarillas y su facilidad de reproducción.

5.4.5. *Berberis microphylla*

Se lo conoce también como Calafate o Michay. Es un arbusto muy espinoso de hasta 2 m de altura, con tallos delgados y arqueados (Anexo II, Figura 16, Figura 17), de cada nudo brota una espina trífida de hasta 3 cm de largo. Las hojas se encuentran agrupadas en rosetas, en la axila de las espinas que son de origen foliar (Anexo II, Figura 18). Las flores son amarillas con tintes anaranjados, solitarias, largamente pedunculadas y nacen del centro de cada roseta. El fruto es una baya de color (Anexo II, Figura 19) (Bisheimer, 2012).

Se encuentra en cuestras, valles, cañadones y orillas de cuerpos de agua. En Patagonia argentina, de Neuquén a Tierra del Fuego. Se reproduce por semillas y por estacas (Green & Ferreyra, 2012). Crece hasta los 2.500 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Al igual que otras especies de *Berberis* su interés radica en que puede ser utilizada para la restauración de taludes urbanos por su valor ornamental y el desarrollo de sus raíces fijadoras de suelo.

5.4.6. *Cortaderia araucana*

Cortaderia deriva de cortadera, nombre vulgar que se le da a estas plantas en Argentina, *araucana* por su distribución austral.

Es una gramínea con hojas largas de bordes cortantes e inflorescencias sedosas y brillantes, que parecen colas de zorro (Anexo II, Figura 20). Es apetecida como forrajera, por lo que suele presentarse muy

ramoneada. Tiene alto valor como ornamental, fácil reproducción mediante semillas. Se encuentra en terrenos arenosos y húmedos, en orillas de ríos y arroyos, desde Neuquén a Santa Cruz en Argentina, también en Chile (Green & Ferreyra, 2012). Crece hasta los 900 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Apropiada para ser utilizada en taludes húmedos.

5.4.7. *Embothrium coccineum*

Conocido también como Notro o Ciruelillo. Es un arbolito o arbusto de rápido crecimiento que puede alcanzar los 15 m de altura (Anexo II, Figura 21). El tronco puede llegar a tener 50 cm de diámetro, su corteza es gris con manchas redondas oscuras y claras, sus ramas son flexibles y delgadas. Sus hojas son perennes, de color verde oscuro con tintes azulados (Anexo II, Figura 22). Sus flores hermafroditas de color rojo escarlata se reúnen en inflorescencias (Anexo II, Figura 23). El fruto es un folículo de color café rojizo, con forma de vaina con numerosas semillas (Anexo II, Figura 24) (Bisheimer, 2012). Crece hasta los 1.500 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Es una especie resistente a las sequías y temperaturas extremas, tanto bajas como altas, rebrota rápidamente luego de los disturbios, es pionera y facilitadora de otras especies (Rovere & Chalcoff, 2010).

Es una especie que se puede reproducir sexualmente y por esquejes que pueden ser utilizados en combinación con técnicas de bioingeniería para la estabilización de taludes. Presenta valor ornamental, hecho a tener en cuenta en taludes urbanos.

5.4.8. *Escallonia rubra*

También conocida como Ñipa, Siete camisas o Moki. Arbusto muy ramificado, generalmente de 1-2 m de alto (Anexo II, Figura 25). La corteza es de color gris ceniciento. Sus hojas son alternas, subsésiles, ovobadas a lanceoladas, irregularmente aserradas, pubescentes a lo largo de las nervaduras de la cara superior, resinoso-punteadas en la inferior. Las flores son hermafroditas, pedunculadas, el cáliz es de color rojo oscuro con forma estrellada, la corola posee cinco pétalos con uñas conniventes formando un aparente tubo y el extremo reflejo (Anexo II, Figura 26) Los pétalos pueden ser de rosa oscuro a rojo fuerte. El fruto es una cápsula con muchas semillas (Bisheimer, 2012). Crece hasta los 2.300 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Se reproduce con facilidad tanto sexualmente como por esquejes, pudiendo ser utilizada en algunas técnicas de bioingeniería tales como: entramados de madera y ramas, gaviones revegetados, en taludes húmedos o con riego.

5.4.9. *Escallonia virgata*

También conocida como Mata negra, Meki o Chapel. Es un arbusto ramoso de hasta 2 m de altura (Anexo II, Figura 27). Las ramas nuevas son rojizas (Anexo II, Figura 28), las hojas se disponen de manera alterna, son simples, coriáceas, ovobadas a lanceoladas y con un ápice agudo. Flores de hasta 10 mm de diámetro, de color blanco y perfumadas, agrupadas en racimos en los extremos de las ramas (Anexo II, Figura 29). El fruto es una cápsula con numerosas semillas (Bisheimer, 2012). Crece hasta los 3.000 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion). Se encuentra especialmente en suelos muy húmedos y hasta anegadizos

Tiene las mismas ventajas que *Escallonia rubra*, sólo apropiada para taludes rezumantes.

5.4.10. *Fabiana imbricata*

También conocido como Palo piche. Es un arbusto aromático, de 1-1,50 m de alto, muy ramificado (Anexo II, Figura 30), con ramas ascendentes, hojas escuamiformes muy imbricadas (Anexo II, Figura 31). Flores tubulosas, blanquecinas, sésiles, en la extremidad de las ramitas. Fruto cápsula tetraavalvar con muchas semillas pequeñas. Crece en la zona de transición estepa bosque (Dimitri, 1977).

Esta especie tiene una buena tolerancia a la sequía y alto poder germinativo además de ser atractiva por sus flores, pudiendo ser utilizada especialmente en taludes secos.

5.4.11. *Haplopappus glutinosus*

Haplopappus hace referencia a los pelos simples que poseen sus frutos; *glutinosus*, significa pegajoso, por la característica de las hojas.

Se destaca entre las rocas por su forma hemisférica (Anexo II, Figura 32, Figura 33) y los capítulos amarillos intensos en el extremo de largas ramitas carentes de hojas (Anexo II, Figura 34). Hojas alternas en entrenudos cortos, oblanceoladas, largamente atenuadas en la base, profundamente aserradas (Anexo II, Figura 35). Fruto aquenio con papus blanco.

Abunda en lugares soleados y sobre taludes secos o rocosos (Dimitri, 1977). Se encuentra en grietas en estepa y alta montaña, en Neuquén, Río Negro y Chubut en Argentina y en el sur de Chile (Green & Ferreyra, 2012). Crece hasta los 2.500 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Se reproduce fácilmente mediante semillas y se autopropaga una vez instalada. Infante (2014), observó que el porcentaje de germinación de estas semillas, sin tratamiento previo, es de alrededor del

40%, el tratamiento de estratificación frío-húmeda no mejora estos resultados.

Esta herbácea es fijadora de suelo, retiene bajo su follaje semillas de otras especies, facilitando su establecimiento, tiene valor ornamental por sus flores amarillas y produce gran cantidad de semillas. Es de elección cuando se decide utilizar técnicas que involucran siembra directa.

5.4.12. *Maytenus chubutensis*

También conocido como maitén del Chubut o chaurilla. Es un arbusto muy ramificado con las ramitas tomentosas (Dimitri, 1977) de hasta 80 cm de altura (Anexo II, Figura 36, Figura 37, Figura 38). Hojas coriáceas, ovadas o suborbiculares, de borde entero. Flores unisexuales. Fruto cápsula (Dimitri, 1977). Resiste temperaturas bajas (-8°C), puede tolerar estar cubierta por nieve durante un par de semanas al año (Chileflora). Crece hasta los 2.300 m s.n.m. (Instituto de Botánica Darwinion).

Este arbusto bajo puede ser utilizado en la estabilización y restauración de taludes urbanos por la facilidad de su producción en viveros y su resistencia a las nevadas, siendo apropiado para esta zona.

5.4.13. Síntesis

A continuación, se reúne en la Tabla 3 la forma de reproducción de las especies, que facilitan su producción en vivero y el tipo de técnica de bioingeniería en la que puede ser utilizada.

Tabla 3: Técnicas de bioingeniería y especies nativas

Especie	Tipo de reproducción	Técnica
<i>Acaena splendens</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Baccharis magellanica</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Baccharis patagónica</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Berberis empetrofolia</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Berberis microphylla</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Cortaderia araucana</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Embothrium coccineum</i>	Por semilla y estacas	Entramados de madera, gaviones revegetados, lechos y entramados de ramas, estaquillados, empalizada trenzada viva.
<i>Escallonia rubra</i>	Por semilla y estacas	Entramados de madera, gaviones revegetados, lechos y entramados de ramas, estaquillados, empalizada trenzada viva.
<i>Escallonia virgata</i>	Por semilla y estacas	Entramados de madera, gaviones revegetados, lechos y entramados de ramas, estaquillados, empalizada trenzada viva.
<i>Fabiana imbricata</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, gaviones revegetados.

<i>Haplopappus glutinosus</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.
<i>Maytenus chubutensis</i>	Por semilla	Mallas orgánicas, muros de pie, hidrosiembra.

5.5. Técnicas de bioingeniería.

Considerando las características de los taludes urbanos se seleccionaron dos de ellos para realizar una propuesta concreta de estabilización y restauración *s.l.*. Las especies propuestas para utilizar como estacas son aquellas cuyo objetivo principal es, en una primera etapa, estabilizar el talud, una vez lograda la estabilización se realizarán monitoreos para el control de exóticas. Luego se podrá intervenir con acciones de restauración activa a través de la siembra o trasplante de especies nativas para así conseguir una mayor diversidad genética y recuperar, además de la estructura, las funciones del ecosistema.

Se seleccionaron las siguientes técnicas de bioingeniería: entramados de madera, malla orgánica, gaviones revegetados, siembra y plantación.

El muro Krainer fue elegido porque es a dos paredes, lo que daría más estabilidad al talud y puede utilizarse en pendientes de hasta 60°. Sánchez et al. (2013) dan una serie de recomendaciones para su construcción:

- Utilizar troncos de la zona, no de especies exóticas, en lo posible descortezados. Si bien Sánchez et al. (2013) dan esta recomendación, en Bariloche sería más conveniente utilizar pino, tanto por su disponibilidad como por el valor comercial mayor de las maderas locales, que además deben extraerse del mismo bosque nativo que se pretende proteger.

- Los planos se deben colocar con un ángulo en contrapendiente de 10-15%.
- Los troncos que van dispuestos de forma perpendicular deben afilarse para que se hinquen en el talud.
- Altura que debe tener el muro para que no deslice, en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno (Tabla 4).

Tabla 4: Altura del muro Krainer en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno. Fuente: Sánchez et. al. (2013)

Altura del muro Krainer para que no deslice (m)		Ángulo de rozamiento interno (grados)					
		20º	25º	30º	35º	40º	45º
Altura de talud (m)	1,0	0,75	0,62	0,51	0,42	0,33	0,26
	1,5	1,13	0,93	0,77	0,62	0,50	0,39
	2,0	1,50	1,25	1,02	0,83	0,67	0,53
	2,5	1,88	1,56	1,28	1,04	0,83	0,66
	3,0	2,26	1,87	1,53	1,25	1,00	0,79
	3,5	2,63	2,18	1,79	1,45	1,17	0,92
	4,0	3,01	2,49	2,05	1,66	1,33	1,05
	4,5	3,38	2,80	2,30	1,87	1,50	1,18
	5,0	3,76	3,11	2,56	2,08	1,67	1,32

- Longitud que deben tener los troncos en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno (Tabla 5).

Tabla 5: Longitud de troncos en metros en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno (Hz. $F_s > 1.5$ = frecuencia de vibración natural del tronco en condiciones estáticas). Fuente: Sánchez et. al. (2013)

Longitud de troncos Hz. $F_s > 1.5$						
Altura del talud (m)	Ángulo de rozamiento interno (grados)					
	20°	25°	30°	35°	40°	45°
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
2,0	2,00	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00
2,5	2,00	2,00	1,50	1,50	1,00	1,00
3,0	3,00	3,00	2,50	2,00	1,00	1,00
3,5	3,50	3,00	2,50	2,00	1,00	1,00
4,0	3,50	3,00	2,50	2,00	1,50	1,50
4,5	3,50	3,00	2,50	2,00	2,00	2,00
5,0	3,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,00

- Diámetro que deben tener los troncos en función de la altura del talud y el ángulo de rozamiento interno (Tabla 6).

Tabla 6: Diámetro de troncos en función de la altura y del ángulo de rozamiento interno. Fuente: Sánchez et. al. (2013)

Diámetro de troncos (cm)	Ángulo de rozamiento interno (grados)				
	20°-25°	25°-30°	30°-35°	35°-40°	40°-45°
Altura del talud (m)					
1,0 a 1,5	13	13	12	11	10
1,5 a 2,0	16	15	14	13	12
2,0 a 2,5	19	18	17	16	14
2,5 a 3,0	21	21	19	18	17

La segunda técnica elegida es la del uso de mallas orgánicas, ya que presenta ventajas (Gobierno de España, 2008-b) tales como: controlan la erosión superficial, ya que están diseñadas para minimizar y/o eliminar los efectos de las fuerzas erosivas del agua; refuerzan y sujetan las capas superficiales del suelo; protegen frente a desprendimientos y deslizamientos; crean microclimas favorables para la vegetación; mejoran las propiedades del suelo, favoreciendo el desarrollo de la vegetación; crean suelo en zonas con pendiente elevada. Las mallas de yute y de coco son las más habituales y baratas, se descomponen en dos años; de estas, la de coco es la más resistente.

De acuerdo a BonTerra Ibérica (2008) los pasos a seguir para su instalación son los siguientes: primero debe prepararse el terreno, reperfilear el talud, eliminar elementos gruesos, luego se siembra y finalmente se coloca la malla orgánica. Para esto se deben seguir las siguientes indicaciones (Figura 40):

1. Anclaje de la manta, en la cabecera del talud, con grapas cada 0,50 cm.
2. Desenrolle de la manta, de manera longitudinal, sin tensar, debe estar en contacto con el suelo.
3. Fijación al suelo con grapas adecuadas según el tipo de terreno.
4. Solapes de las tiras de manta, deben ser como mínimo de diez cm, con grapas cada 0,50 m.
5. Unión de las tiras de manta adyacente

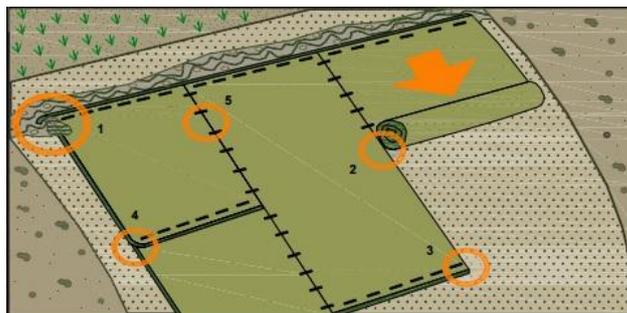


Figura 40: Utilización de mallas orgánicas. Fuente: BonTerra

La tercera técnica es la de gaviones revegetados. Los gaviones comunes presentan características como: flexibilidad, soportan la presión que pueda ejercerse sobre ellos sin romperse; son de construcción simple, constan de dos elementos básicos, material exterior y de relleno, los lados son cosidos y ensamblados en el lugar; elevada permeabilidad, ya que el agua los atraviesa, eliminando la posible presión hidrostática; gran duración; bajo costo, no requieren personal especializado y los materiales se encuentran en todos lados, incluso el material de relleno puede ser recolectado de los alrededores (Ogando Ramirez, 2015).

Las capas de tierra vegetal y vegetación pueden colocarse entre los gaviones sucesivos o dentro de ellos, las raíces desarrolladas se introducirán entre el relleno de los gaviones hasta llegar al talud, consolidando la estructura y haciéndola más resistente. Por otro lado le da una apariencia más natural.

Se construyen de manera convencional, cuando se termina un piso se coloca una capa de ramas orientadas de forma perpendicular al talud, luego una capa de tierra de buena calidad, se compacta y se coloca el siguiente piso de gaviones (Gobierno de España, 2008-a). Esta es la técnica más apropiada de construcción de gaviones revegetados y sería deseable que se comenzaran a construir de esta manera en la región patagónica.

Con respecto a la vegetación, se recomienda el uso de estacas, semillas para siembra directa y plantines.

Los taludes elegidos fueron el de Colonia Suiza y barda del Ñireco. A continuación se detalla cada talud y las técnicas elegidas:

- **Colonia Suiza**, talud CS_01 (Anexo I, Figura 30), que presenta una superficie aproximada de 8.440 m² y un desnivel de 46 m. Si bien VIARSE realizó arreglos, éstos no fueron finalizados y existe un riesgo de derrumbe en esa zona. Se recomienda construir un muro de gaviones revegetados en la base, de 10 m de alto y 90 m de largo, de forma aterrazada. Se requieren trabajos de remoción

sobre la roca para la colocación de los gaviones. Se propone utilizar estaquillas de *Escallonia rubra* y *E. coccineum*. En la parte superior, de aproximadamente 3.240 m², que presenta un sustrato rocoso, se propone colocar una capa de tierra fértil, esto es enmienda orgánica mezclada con material del sitio a intervenir, junto con semillas de *Baccharis magellanica*, *B. patagonica* y *Haplopappus glutinosus*, protegido por una malla orgánica. Si bien no se estudió la especie *Schinus patagonicus* (Laura), es una especie que abunda en la zona y que por su resistencia a la sequía y alto poder germinativo, podría ser utilizada.

- **Barda del Ñireco**, talud B_03 (Anexo II, Figura 17). En el año 2004 se tuvo que movilizar a muchas familias, destruir viviendas para que no fueran ocupadas nuevamente. Sin embargo, la situación sigue representando el mismo peligro ya que se ocuparon nuevamente algunas viviendas, se producen con frecuencia incendios, se destruye la vegetación y en épocas de lluvia ésta arrastra todo a su paso, afectando a los vecinos de los alrededores. Este talud luego de los incendios de principios de marzo del corriente año se extendió un poco más hacia el norte (Anexo I, Figura 80), lo que da una superficie aproximada de 30.107 m² con un desnivel de veintiocho m. Para este talud se propone primero trabajar en el área recientemente incendiada, estabilizar la base con un muro Krainer de seis metros de altura y cien metros de largo, este último valor podría variar de producirse más incendios. Se estima que la superficie intervenida por el muro Krainer será de 600 m². Las estacas a utilizar en este muro serán de *Embothrium coccineum*, *Escallonia spp.* Se pueden iniciar trámites ante Parques Nacionales y la Municipalidad para la obtención de troncos.

En la parte superior, de aproximadamente 8750 m², se propone generar islas de especies como *Baccharis magellanica*, *Acaena*

splendens, *Haplopappus glutinosus* y parches de arbustos que ya se encuentran en la zona como *Schinus patagonicus*, *Maytenus chubutensis*, *Berberis buxifolia*, *B. darwinii*, etc. De ser necesario se puede utilizar una malla orgánica para retener las semillas.

Las exóticas han sido completamente arrasadas por el último incendio, sin embargo deben controlarse tempranamente ya que algunas de estas especies resultan aún más invasivas luego de un incendio.

Un sector que requiere mayores estudios y la atención de las autoridades de aplicación es el del lago Guillermo. Cada año se producen aludes causados por el arrastre de sedimentos en épocas de lluvia, lo que genera cortes de la ruta entre Bariloche y El Bolsón. Las cabeceras de los arroyos fueron afectadas por incendios dejando el suelo desprovisto de vegetación. Es necesario que la sociedad y las autoridades tomen conciencia y encaren una solución a largo plazo para este problema, que requiere la recuperación de la vegetación en las cuencas altas. La restauración activa con especies nativas es la técnica de elección.

5.6. Marco legal.

En Argentina no hay leyes que regulen específicamente la construcción de caminos pero si existe a nivel nacional la Ley General del Ambiente, N° 25.675, y a nivel provincial, la Ley N° 3266 de Evaluación de impacto ambiental.

- Ley N° 25.675, de presupuestos mínimos. Pretende lograr una gestión sustentable y adecuada del ambiente, preservar y proteger la biodiversidad e implementar un desarrollo sustentable. En su artículo 11 establece que "Toda obra o actividad que, en el territorio de la Nación, sea susceptible de degradar el ambiente, alguno de sus componentes, o afectar la calidad de vida de la población, en

forma significativa, estará sujeta a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental, previo a su ejecución.”

- Ley N° 3.266. Regula el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental con el fin de conservar el ambiente en todo el territorio de la provincia de Río Negro y así resguardar los recursos naturales en un marco de desarrollo sustentable. Entre sus principios se encuentra el siguiente: *"Se deberá utilizar un enfoque científico ínter y multidisciplinario al desarrollar actividades que, indirecta o directamente, puedan impactar al ambiente por parte de los organismos públicos."* En su artículo 3 establece que *"Estarán sujetos a los términos de la presente ley, los proyectos, obras o acciones relacionados con: e) La construcción de rutas, autopistas, líneas férreas, acueductos, puentes aeropuertos y puertos."*

En 2007 la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) publicó el Manual de Evaluación de Gestión Ambiental de Obras Viales, conocido como MEGA II, ya que es una versión actualizada del MEGA de 1993. Uno de los objetivos de este manual es proporcionar un marco de referencia para los aspectos ambientales vinculados a proyectos, construcción, operación y mantenimiento de obras viales.

La DNV se rige por las siguientes políticas ambientales, siempre desde el sector vial:

- *Participar* en la planificación y ejecución de Políticas Nacionales relacionadas con el ambiente y el desarrollo sustentable.
- *Articular e integrar* la gestión ambiental nacional con las jurisdicciones provinciales.
- *Impulsar* la integración de las iniciativas nacionales, provinciales, municipales y privadas de manera sustentable.

- *Fortalecer* un marco regulatorio, basado en las acciones de la DNV para consolidar la Gestión Ambiental y así garantizar un ambiente sano.
- *Consolidar* la incorporación de la dimensión ambiental y desarrollo sustentable en la planificación de la red vial nacional.
- *Incorporaren* la planificación y programación de obras viales las previsiones en cuanto a protección ambiental en las etapas de diseño, ejecución, operación y mantenimiento.
- *Adoptar* procedimientos de Participación Pública para promover el acceso a la información resultante de los EsIA y la recepción y consideración de las opiniones y requerimientos de los actores sociales.
- *Adoptar* la aplicación de procedimientos de EIA previo a la ejecución de toda obra vial en el territorio nacional que pueda dañar al ambiente.
- *Consolidar* la incorporación de los aspectos ambientales en las funciones de Supervisión y Auditoría de la DNV.
- *Promover* la capacitación ambiental para el personal de la DNV, consultoras, empresas contratistas y proveedores.
- *Promover* el desarrollo y aplicación de Tecnologías de Producción Limpia.

No se encontró una ley argentina que hable específicamente sobre un proyecto de restauración asociado a la construcción de caminos y rutas, es por esto que se optó por buscar leyes internacionales con la misma temática. En una ley española, de Andalucía (Ley de carreteras de Andalucía Nº 8), se establece que cuando se construye una carretera debe presentarse un Proyecto de restauración paisajística, "Artículo 31: 2. Dicho estudio contendrá el diseño completo de la adecuación paisajística y de determinadas medidas correctoras

de carácter medioambiental de la ejecución de obras de carreteras, con el detalle necesario para hacer factible la ejecución de la correspondiente restauración paisajística del dominio público viario y del entorno afectado.” Sin embargo, la redacción y ejecución no necesariamente estarán a cargo de las obras ni la contratación del proyecto de construcción. Dicho proyecto será ejecutado por la Administración titular de la carretera de forma coordinada con la realización de las obras.

A nivel municipal, la Carta Orgánica Municipal tiene unos artículos referentes a esta temática:

- Art. 175) Establece que toda actividad que suponga un daño temido, actual o inminente debe cesar y es una obligación recomponer e indemnizar.
- Art. 177) La Municipalidad adhiere a la Ley General del Ambiente.
- Art. 180) Le corresponde a la municipalidad, la responsabilidad indelegable e irrenunciable de instrumentar las acciones a fin de:
 - o 5. Regular los usos del suelo, la localización de las actividades y las condiciones de habitabilidad sin riesgo para el ambientes y las personas en el espacio público y privado.
 - o 14. Promover acciones públicas y privadas tendientes a la recuperación ecológica de áreas degradadas ambientalmente.
 - o 15. Fomentar la forestación con especies autóctonas.

Por otro lado, hay una extensa normativa vigente referente a la barda del Ñireco:

- Ordenanza N° 121-I-77, que prohíbe la construcción sobre la barda oeste del río Ñireco.
- Ordenanza N° 111-I-79, que amplía la identificación de lotes correspondientes a la barda del Ñireco.
- Ordenanza N° 379-CM-90, que declara zona de alto riesgo para asentamientos urbanos a toda la barda del Ñireco, sobre su margen izquierda y dentro del ejido urbano de la ciudad.

- Resolución N° 397-I-05, de relocalización de familias de la barda Este.
- Resolución N° 597-I-05, que declara Emergencia Ambiental en la barda del Ñireco y sostiene que se deben promover todas las medidas necesarias para lograr una solución definitiva a los problemas ambientales existentes en dicha zona.
- Resolución N° 1880-I-05, que restringe el tránsito pesado por la calle Los Radales entre Moreno y Neuquén.
- Ordenanza N° 1640-CM-06, que define al Estudio Geocientífico Aplicado al Ordenamiento Territorial de San Carlos de Bariloche (SEGEMAR y BGR) como Guía de Peligros Geológicos.
- Resolución N° 1543-I-08, que declara a la barda del Ñireco como área de daño temido en los términos del Artículo 175) de la Carta Orgánica Municipal y sostiene que se deben promover todas las medidas necesarias para lograr una solución definitiva a los problemas ambientales existentes en dicha zona.
- Resolución N° 3061-I-08, que establece que se suspenden definitivamente todo tipo de actuaciones administrativas relativas a presentaciones y/o trámites que involucren la ocupación de los predios de la barda del Ñireco.
- Resolución N° 1940-I-10, que declara la emergencia climática en la zona de la barda del Ñireco como área de daño temido.

5.7. Contexto social.

Se tuvo en cuenta el número de viviendas en las zonas próximas a los taludes, la información fue sistematizada de acuerdo a la siguiente escala:

0: no hay viviendas

III: 101 a 150 viviendas

I: 1 a 50 viviendas

IV: 151 a 200 viviendas

II: 51 a 100 viviendas

Se observó que las zonas Moreno, Guillermo, Gutiérrez, Veranada y Circunvalación son las únicas que no presentan viviendas cercanas. En la mayoría de los taludes cercanos a viviendas se observan entre 100 y 200, contando viviendas más o menos precarias, edificios, comercios, iglesias.

En la zona Moreno, específicamente donde se encuentra el punto panorámico, si se produjera una caída de rocas se cortarían la ruta y se vería afectado el trabajo de las personas que se encuentran allí con los perros para sacar fotos, con sus artesanías, etc.

En el lago Guillermo, los aludes que cortan la ruta en épocas de lluvia afectan el tránsito de las personas que viajan desde Bariloche hacia el sur y viceversa, lo mismo sucedería en la zona de la veranada y con los derrumbes y caídas de rocas que se producen a la altura del lago Gutiérrez.

En la ruta de circunvalación un derrumbe afectaría a los camiones, colectivos y vehículos de gran carga que tienen que tomar esta ruta para no pasar por el centro de la ciudad.

Los taludes que presentan un mayor número de viviendas, entre 150 y 200, en sus alrededores se encuentran en barrio Vivero, Malvinas y barda del Ñireco.

En la zona del barrio Vivero se pueden observar viviendas precarias, muchas construidas sobre basura enterrada, ya que este lugar durante mucho tiempo fue utilizado como un basurero ilegal y luego fue cubierto por tierra. Aún ahora si se camina por algunas calles se puede observar la basura enterrada, esto indica que no sólo hay un riesgo por posibles derrumbes y deslizamientos sino también por contaminación y enfermedades debido a estos residuos, que no son sólo domiciliarios, se pueden encontrar patógenos y con otras sustancias peligrosas. Las viviendas se encuentran en la cima del talud, algunas muy cerca de la orilla (Anexo I, Figura 23 y Figura 24).

En la imagen satelital (Anexo I, Figura 21) se observa que algunas de las viviendas del barrio Malvinas se encuentran muy cerca del borde del

talud, por la sombra que se observa en la imagen, se podría inferir que parte de ese talud está colgando, lo que generaría un riesgo mayor para la población en caso de que se derrumbara. Por lo que se comprobó a campo, el talud se originó por la actividad de una cantera.

En la barda del Ñireco hay antecedentes que se han mencionado en este trabajo. A raíz de los deslizamientos de 2004, el gobierno municipal debió relocalizar a los vecinos del barrio San Cayetanito y Lera que se vieron directamente afectados, en un momento llegaron a pagar 50 alquileres para estas familias, finalmente se construyó un nuevo barrio, 270 Viviendas, de las cuales 220 fueron destinadas para dichos vecinos (Lorena, com. pers.). A la altura de la Escuela N° 201, todavía quedan algunos cimientos de las viviendas que demolieron, y a pesar de que la justicia prohibió el establecimiento de viviendas en esa zona todavía hay personas allí, familias que no tienen otro lugar a donde ir. La barda sigue en las mismas condiciones, no se han realizado obras para su estabilización y restauración, por lo que si ocurriera otro deslizamiento sucedería lo mismo que en ocasiones anteriores, se perderían viviendas y en el peor de los casos, vidas. Este verano se han producido incendios intencionales en la barda, el más grande hasta ahora ocurrió el viernes 4 de marzo de 2016 alrededor de las 22 hs, se quemó una hectárea, dejando el suelo desprotegido (Figura 41 y Figura 42). En una salida de campo se observó cómo los vecinos abren caminos para bajar por la barda (Figura 43), en los cimientos que quedaron de las casas antiguas se observó cómo la gente se las ingeniaba para mantener las viviendas en pie, en este caso, pusieron neumáticos de auto para que no se derrumbara (Figura 44).



Figura 41: Barra del Ñireco luego del incendio del 4 de marzo de 2016, visto desde las viviendas ubicadas en la base de la barra. Fuente: imagen propia.



Figura 42: Barra del Ñireco luego del incendio del 4 de marzo de 2016, visto desde la parte superior. Fuente: imagen propia.



Figura 43: Camino generado por los vecinos, en la Barda del Ñireco. Fuente: imagen propia.



Figura 44: Neumáticos estabilizando una casa. Fuente: imagen propia.

En los taludes B_03, B_04 y B_05 las viviendas están ubicadas tanto en la cima como en la base, lo que incrementa los riesgos para la población en caso de deslizamientos (Anexo I, Figura 17 y Figura 18).

Los datos se muestran en la Tabla 2.

5.8. Análisis de costos.

Luego del derrumbe en la ruta 79 de acceso a Colonia Suiza en 2009, se estimó que el gobierno provincial invertiría no menos de \$1.500.000 para recomponer los 70 metros de calzada y que demorarían tres meses (Diario Barilochense, 2009). La empresa Vial Rionegrina Sociedad del Estado (VIARSE) fue la encargada de dichos arreglos, y contrataron a una empresa de Bahía Blanca, especialista en el tema, debido a que Gendarmería secuestró los explosivos que utilizarían para reducir la pendiente de la roca, debieron contratar una maquinaria alternativa, para hacer lo mismo pero con un martillo neumático (Diario ANB, 2010).

La ruta 79 estuvo cortada durante ocho meses. Los arreglos demoraron un mes más de lo previsto y el costo total fue de \$960.000 (Rio Negro, 2010). Sin embargo, estas obras se completaron parcialmente, y en 2012, el juez Carlos Cuellar intimó a VIARSE para que finalicen las obras en un plazo de sesenta días (Diario ANB, 2012). No se pudo acceder al plan completo de mejoras y no se obtuvieron costos actualizados.

Si se considera que la inflación promedio anual de Argentina durante el período 2008-2012 fue de 21,3% (Hoy Dallas, 2014) y en los últimos años se estima del 25% (La Nación, 2015) entonces, los \$960.000 de 2010 son \$3.448.518 en 2016.

El caso de la barda del Ñireco es más complejo respecto a costos, ya que se han producido deslizamientos en reiteradas ocasiones. Para realizar un análisis estimativo se tomó como referencia el invierno del 2004 en el que se

produjeron diversos movimientos de ladera. A raíz de esto se prohibieron los asentamientos en la zona, se trasladaron a las familias, se demolieron viviendas que corrían un alto peligro de derrumbe.

Se logró conseguir información acerca de los alquileres que pagó el municipio a familias que no podían quedarse en sus viviendas propias. Desde el área de contaduría brindaron las siguientes cifras:

Tabla 7: Dinero destinado a alquileres de vecinos de la Barda. Fuente: Contaduría Municipalidad de San Carlos de Bariloche

Año	Concepto	Comprometido acumulado	Pagado acumulado
2008	Alquileres de La Barda del Ñireco	158.091,60	88.997,60
2009	Alquileres de La Barda del Ñireco	70.116,70	64.100,00
2010	Alquileres de La Barda del Ñireco	336.280,85	293.510,85
2011	Alquileres de La Barda del Ñireco	888.175,00	799.105,00
2012	Alquileres de La Barda del Ñireco	472.500,00	444.150,00

Durante esos cinco años, el total comprometido fue de \$1.925.164,15, mientras que el total pagado fue de \$1.689.863,45.

Por otro lado, se construyó un barrio para que los vecinos de la Barda del Ñireco y San Cayetanito puedan ser reubicados, el mismo se denominó 270 viviendas. De acuerdo a una nota del diario ADN Río Negro (2012), 137 viviendas fueron para vecinos de la barda, 65 para San Cayetanito y el resto para UNTER; pero de acuerdo a Lorena de Acción Social, 220 fueron para familias de la barda y San Cayetanito, 25 para UNTER y 25 para otros.

En las oficinas del Instituto de Planificación y Promoción de la Vivienda (IPPV) se brindó la información sobre costos con respecto a la construcción del barrio. En cuanto a viviendas, en 2008 se licitó, el presupuesto original era de \$55.276.767,60 pero la construcción comenzó en abril de 2009 y culminó en noviembre de 2012. Todos los años se debe actualizar el presupuesto, la última actualización que se obtuvo fue de 2011 por un monto de \$75.338.610. En 2010 se licitó el pavimento por casi \$14.000.000, en 2012 comenzó la obra y en 2014 culminó con \$24.000.000.

Se conoció un proyecto presentado ante la Municipalidad (Romanutti, 2008) que incluye la construcción de muros de hormigón, de gaviones, hidrosiembra en algunos sectores, y otras técnicas, por un total de \$46.136.894,40, esto aplicado a toda la zona en conflicto de la barda. Si este presupuesto se recalcula con los índices de inflación antes mencionados, a 2016 son \$243.854.963.

Sin embargo, estos gastos generados deben actualizarse con índices de inflación para poder compararse correctamente con los costos propuestos al año 2016. Los índices de inflación se obtuvieron de INDEC.

- Colonia Suiza: los \$960.000 en 2010 equivalen a \$1.968.488 en 2016.
- Barda del Ñireco: el monto total gastado por el Municipio en alquileres para vecinos de la barda, teniendo en cuenta el índice de inflación para cada año, es de \$3.226.353. Los gastos de la construcción del Barrio 270 Viviendas a 2016 son de \$141.079.958, mientras que los de los del pavimento son de \$29.520.000.

Otro caso es el de la Ruta 40 Sur, que depende de Vialidad Nacional, pero ellos contratan a la empresa Hidraco para que se encargue del mantenimiento. Desde esta empresa informaron que el costo del retiro de material luego de los aludes y derrumbes es de \$170.37/m³ y a eso se le suma el traslado, que es de \$180 por flete o \$300 por batea. Se estima que el

promedio es de 3.000 m³, pero ese valor puede variar. Entonces, sólo por el retiro de material se gastan \$511.110. Si se considera que estos eventos ocurren un promedio de 5 veces por año, el costo total es de \$2.555.550/año.

Por otro lado, se consideraron los costos estimados para realizar las tareas de estabilización y restauración propuestas en los dos taludes seleccionados.

Los costos que se mencionan a continuación son aproximados, ya que en algunos casos no hay empresas cercanas que fabriquen dichos productos.

Colonia Suiza.

- La malla orgánica de coco de 700g/m², con 1 cm de luz, tiene un precio de 3,91€/m² (ITec, 2016), al 15 de marzo de 2016 la cotización del euro es de 1 euro = 16,53 pesos, por lo que 1 m² costaría \$64,63. Habría que cubrir 3.240 m², por lo que el costo sería de \$209.401 - US\$14.053. La empresa Amanco, de Mendoza, vende geomallas de polipropileno, los rollos son de 3.95 m de ancho x 50 m de longitud y el precio es de US\$5.60/m². Al 15 de marzo de 2016 la cotización del dólar es de 1 dólar = 14,9 pesos, por lo que 1 m² costaría \$83,44, y para cubrir la superficie del talud se necesitarían \$270.345 – US\$18.144.
- Hidraco construye gaviones, el m³ (1x1x1 m), teniendo en cuenta el material utilizado, hora/hombre y maquinaria utilizada tiene un costo de \$1.200. En Colonia Suiza se necesitarían aproximadamente 2.250 m³, lo que tendría un costo de \$2.700.000 – US\$181.208.

Total técnica propuesta: \$270.401 + \$2.700.000 = \$2.970.401. US\$18.144 + US\$181.208 = US\$199.352 (mallas orgánicas + gaviones)

Barda del Ñireco.

- Se consideró un trabajo a realizar en tres meses con 6.240 hs/hombre lo que da un total de \$1.872.000 – US\$125.367, el alquiler de maquinarias, la compra de geomallas y material vegetal se estima en \$965.000 – US\$64.765.

Total técnica propuesta: \$1.872.000 + \$965.000 = \$2.837.000.

US\$125.367 + US\$64.765 = US\$190.132 (horas hombre + alquiler de maquinaria, compra de geomallas y material vegetal)

Para comparar los costos (Tabla 8) además de actualizar los costos de años anteriores, se los convierte a dólar con la cotización al 15 de marzo de 2016.

Tabla 8: Comparación de costos.

Zona	Gastos generados	Estimación de gastos generados actualizados	Gastos de la técnica propuesta
Colonia Suiza			
Reparación Ruta 79	\$960.000	\$1.496.413 US\$100.430	\$2.909.401 US\$199.352
Barda del Ñireco			
Alquileres (2008-2012)	\$1.689.863	\$3.226.353 US\$216.533	\$2.837.000
Construcción del Barrio 270 viv. (2011)	\$75.338.610	\$141.079.958 US\$9.468.453	US\$190.132
Pavimento del Barrio 270 viv. (2014)	\$24.000.000	\$29.520.000 US\$1.981.208	

Hay que tener en cuenta que las intervenciones propuestas significarían una solución a mediano y largo plazo, evitando las constantes erogaciones que genera el mantenimiento del camino a Colonia Suiza en el

sector en cuestión o solucionar los inconvenientes ocasionados sobre la población de la Barda del Ñireco, incluso directamente sobre las viviendas situadas en la parte inferior de la Barda.

6. Consideraciones finales

La ciudad de San Carlos de Bariloche, debido a su topografía, presenta numerosos taludes, algunos más extensos y de mayor altura, otros más peligrosos. Todos los años se producen inconvenientes pero no se presentan soluciones a largo plazo.

En este trabajo se identificaron setenta y ocho taludes agrupados en once zonas. Trece de ellos se localizan en el área urbana, el resto en zonas boscosas y periféricas.

La mayoría de los taludes fueron generados por la construcción de rutas y caminos, otros por incendios que dejaron desprovistos de vegetación áreas con pendiente, algunos taludes naturales fueron profundizados a causa de la expansión urbana.

Se seleccionaron doce especies nativas consideradas apropiadas para la estabilización y restauración de taludes en la zona. En sectores más secos o en partes sub-húmedas con exposición norte resultaron apropiadas *Baccharis magellanica* por su capacidad de fijación del suelo y cobertura y *B. patagonica*; entre las herbáceas *Haplopappus glutinosus*, *Acaena splendens* por su alto poder germinativo y facilidad de producción y *Fabiana imbricata* por su resistencia a la sequía y alto poder germinativo; y entre las arbustivas, *Berberis microphylla* y *B. empetrifolia*. En taludes húmedos resultaron apropiadas *Cortaderia araucana*, *Maytenus chubutensis*, *Embothrium coccineum*, *Escallonia virgata* y *E. rubra*, de ser necesario se debe aplicar riego adicional hasta su establecimiento en el período de mayor déficit hídrico. *Embothrium coccineum* es apropiada para zonas urbanas por su capacidad de desarrollo en gran variedad de ambientes y por su valor ornamental.

Las técnicas convencionales aplicadas para estabilizar taludes requieren grandes inversiones iniciales y de mantenimiento, no se integran al paisaje y conllevan una acumulación de material que no se degradará en un futuro cercano.

Las técnicas de bioingeniería presentan una gran ventaja con respecto a las técnicas convencionales: son ambientalmente amigables, ya que se utiliza material vivo que con el correr de los años se desarrollará (especies sembradas, plantadas o utilizadas como estacas) o se degradará aportando materia orgánica al suelo (material utilizado en entramados de madera o ramas, mulch); son menos costosas, si bien la inversión inicial puede ser elevada, requieren un bajo mantenimiento; al utilizar material vegetal se integran con el paisaje.

La comparación de gastos ocasionados por taludes como en el caso de la barda del Ñireco con respecto a la aplicación de técnicas de bioingeniería y empleo de especies nativas para la estabilización de dichos taludes muestra la ventaja de encarar una solución definitiva al problema.

En cuanto al contexto social, son muchos los vecinos preocupados por el estado general de la barda del Ñireco, hay quienes la utilizan como un basurero ilegal, temen por los incendios intencionales que ponen en peligro sus vidas y viviendas, por los consiguientes deslizamientos de tierra ocasionados por la falta de vegetación. No quieren vivir con ese constante peligro y piden soluciones a largo plazo. A eso hay que sumar que la población que ocupa esta zona es uno de los sectores más vulnerables. En la zona de Colonia Suiza los vecinos temen nuevos derrumbes que los dejen aislados de la ciudad y es por esto que presentaron estas quejas ante la justicia.

En cuando al marco legal, si bien no existe legislación específica, el Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales (MEGA II), publicado en 2007 por la Agencia de Vialidad Nacional, es utilizado como standard de referencia para las construcciones viales del país y es tenido en cuenta en las licitaciones viales. Sería deseable que este manual sirva de base para la discusión y generación de una ley.

Se considera que es apropiada la utilización de especies nativas junto a técnicas de bioingeniería en una zona como la de San Carlos de Bariloche, en particular para preservar el área protegida circundante de la invasión de especies exóticas. Por otro lado, se integran al paisaje, los costos de mantenimiento son bajos, se logra mejorar la situación de la población que se ve afectada cada año por los aludes y deslizamientos, se evita el riesgo de pérdidas de vidas y problemas en la circulación por rutas y caminos.

Referencias bibliográficas

- ALBORCH, B.; GARCÍA-FAYOS, P. & E. BOCHET. 2003. Estimación de los filtros ecológicos que controlan la colonización de taludes de carretera a partir del estudio del banco de semillas del suelo. *Ecología* 17: 65-75.
- BEIDER, A.; CIANO, N. & R. ZERRIZUELA. 2013. Revegetación artificial de taludes de locaciones en corte en la cuenca del Golfo San Jorge. En PÉREZ, D. R.; ROVERE, A. E. & M. E. RODRÍGUEZ ARAUJO (eds.). *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. 1ª ed. Buenos aires: Vásquez Mazzini. Pp. 213-224.
- BISHEIMER, M. V. 2012. *Flores de la Patagonia argentina*. 1ª ed. – Neuquén serie Patagonia. Argentina.
- CALABRESE, G. M. & P. V. GONZÁLEZ VELÁSQUEZ. 2014. Especies nativas para la restauración de taludes en los alrededores de San Carlos de Bariloche. II Jornadas Nacionales de Ambiente.
- CASTRO LARA, A. E. 2010. Técnicas de protección de taludes viales utilizadas en la zona central de Chile. Tesis de grado. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil.
- CECCON, E. 2013. *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Ediciones Díaz de Santos. México.
- CLAVER FARIAS, I & M. DÍAZ MARTÍN. 1993. Proyecto de restauración de los taludes y zonas anejas a una autovía. España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- CORNELINI, P. 2007. La palificata viva latina. Ingegneria naturalistica, una nuova opera di consolidamento delle scarpa. HACER 6. Pp. 61-65. Italia.
- DALMASSO, A. D.; CANDRIA, R. & J. LLERA. 2013. Revegetación natural de taludes de plataformas petroleras en el yacimiento cerro fortunoso, Malargüe, Mendoza. En PÉREZ, D. R.; ROVERE, A. E. & M. E. RODRÍGUEZ ARAUJO (eds.). *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. 1ª ed. Buenos aires: Vásquez Mazzini. Pp. 293-307.

- DE PAZ, M.; GOBBI, M. E. & E. RAFFAELE. 2013. Mantillo de las especies leñosas de matorrales del NO de la Patagonia: abundancia, composición, estructura y heterogeneidad. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 48 (3-4): 525-541.
- DIMITRI, M. J. 1977. *Pequeña flora ilustrada de los Parques Nacionales Andino-Patagónicos*. Publicación Técnica N° 46.
- DOMÍNGUEZ, E.; RABASSA, J. & R. CABRAL. 1981. Estudio del aluvión de Melipal, San Carlos de Bariloche, provincia de Río Negro. VIII Congreso Geológico Argentino, San Luis, Actas ii: 221-233.
- EDWARDS, I. 2014. Viverización de *Baccharis magellanica*. Trabajo Práctico Anual, Viveros II, Tecnicatura en Viveros, UNRN.
- ESTALRICH MELERO, E. J.; HERNÁNDEZ SANCHEZ, A. J. & J. PASTOR PIÑEIRO. 1992. Conocimiento de ecotipos de especies fijadoras en taludes de carretera en clima semiárido. III Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. La coruña, España.
- FERREIRO, N.; SATTI, P. & M. J. MAZZARINO. 2015. Rehabilitación de sitios afectados por la construcción de caminos y deposición de ceniza volcánica en el camino "de los Siete Lagos" utilizando enmiendas orgánicas. IV Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. SIACRE. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283343760_Rehabilitacion_de_sitios_afectados_por_construccion_de_caminos_y_ceniza_volcanica_utilizando_compost. Fecha de consulta: 24/03/2016
- GAITÁN, J. J.; RAFFO, F.; AYESA, J.; UMAÑA, F. & D. BRAN. 2011. Zonificación del área afectada por cenizas volcánicas en Río Negro y Neuquén. *Presencia*. Edición Especial N° 57. Pp. 5-7.
- GARCÍA VIÑAS, J. I.; CARRERAS EGAÑA, C. & M. ORTI MORIS. 1993. Instalación de cubierta vegetal en taludes de obras en zonas áridas. *Informes de la construcción*, Vol. 45. España.
- GEORGI, N. J. & J. E. STATHAKOPOULOS. 2006. Bioengineering techniques for soil erosion protection and slope stabilization. European Regional Science Association, ERSA conference papers. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/23732325_Bioengineering_Tech

- niques_for_Soil_Erosion_Protection_and_Slope_Stabilization. Fecha de consulta: 27/01/2016.
- GIRALDEZ, J. V. (Dir.). 2014. *Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil*. Universidad de Córdoba, Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Paisajes del Sur SL/Bonterra Ibérica SL. Junta de Andalucía. España.
 - GOBBI, M. E.; LALLEMENT, M.; VARELA, S. & C. TOGNETTI. 2014. Recuperación de bosques quemados. En RAFFAELE, E., DE TORRES CURTH, M.; MORALES, C.J. & T.KITZBERGER (eds.). 2014. *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Andina: un cuarto de siglo de investigación en biogeografía, ecología y conservación*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Pág. 194.
 - Gobierno de España-a. 2008. Empleo de materiales constructivos combinados con vegetación para la estabilización de terrenos. Muros combinados con vegetación. Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación.
 - Gobierno de España-b. 2008. Ficha de la tecnología: Mallas y redes para el control de la erosión y otras aplicaciones. Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación.
 - GREEN, L & M. FERREYRA. 2012. *Flores de la Estepa Patagónica*. 1ª ed. Buenos Aires: Vásquez Mazzini Editores
 - INFANTE, C. 2014. Germinación y cultivo de *Haplopappus glutinosus*, especie endémica de la zona Andino Patagónica. Informe Trabajo Anual, Viveros II, Tecnicatura en Viveros, UNRN.
 - JORBA, M. & R. VALLEJO. 2008. La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. España. *Ecosistemas* 17 (3): 119-132.
 - KOWALJOW, E.; SATTI, P. & M. J. MAZZARINO. 2014. Suelos restaurados. En RAFFAELE, E., DE TORRES CURTH, M.; MORALES, C.J. & T.KITZBERGER (eds.). 2014. *Ecología e Historia Natural de la Patagonia*

- Andina: un cuarto de siglo de investigación en biogeografía, ecología y conservación*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Pág. 193.
- LAMB, D. & D. GILMOUR. 2003. *Issues in Forest Conservation* IUCN-WWF, Cambridge, UK.
 - LAVADO, R. S. 2012. Compostaje: producción, calidad y uso. En: MAZZARINO, M. J. & P. SATTI (eds.). *Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso*. 1ª ed. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
 - MASSARA PALETTO, V.; BEIDER, A.; BUONO, G. & N. CIANO. 2013. Banco de semillas y su relación con la revegetación natural en taludes. En PÉREZ, D. R.; ROVERE, A. E. & M. E. RODRÍGUEZ ARAUJO (eds.). *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. 1ª ed. Buenos aires: Vásquez Mazzini. Pp. 336-343.
 - MATEOS, R. M. 2013. La Mallorca inestable. VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Barcelona, España. Pp. 23-34.
 - MATTEIS, ÁLVARO F. 2003. *Estabilidad de taludes*. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>. Fecha de consulta: 07/01/2016.
 - MAZZARINO, M. J.; SATTI, P.; LAOS, F.; ROSELLI, L.; CREGO, M. J.; KOWALJOW, E.; FERNÁNDEZ, H. & POULSEN, L. 2012. Compostaje de biosólidos: 12 años de la planta de Bariloche. En: MAZZARINO, M. J. & P. SATTI (eds.). *Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso*. 1ª ed. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
 - Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaria de Obras Públicas. Dirección de Vialidad Nacional. 2007. Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales (MEGA II). Argentina.
 - OGANDO RAMIREZ, L. 2015. Los Gaviones: análisis, evolución y comportamiento. Propuesta para las envolventes de las escuelas en la

República Dominicana. Trabajo Final de Máster. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. España.

- PEDRE, D. 2009. Uso de compost en paisajismo: revegetación de taludes. 1º Taller sobre Compostaje. Asociación Argentina Ciencia del Suelo (AACS). Resumen. Bariloche, Argentina.
- PEREYRA, F.; ELISSONDO, M.; LÓPEZ, C.; DZENDOLETAS, A.; ROVERANO, D. & C. WILSON. 2009. Carta de peligrosidad geológica 4172-IV. San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro. Buenos Aires.
- REPETTO- GIAVELLI, F. & E. TENEB B. 2012. Análisis de la regeneración natural de la vegetación en taludes de caminos de la ruta Y-85, Parque Karukinka, Tierra del Fuego, Chile. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 40(2): 55-65.
- REY BENAYAS, J. M., J. M. BULLOCK & A. C. NEWTON. 2008. Creating Woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 329-336.
- ROMANUTTI, C. 2008. Estabilización Barda del Ñireco. Facilitado por la Subsecretaría de Medio Ambiente de San Carlos de Bariloche.
- ROVERE, A. E. & V. R. CHALCOFF. 2010. *Embothrium coccineum* J. R. Frost. et. G. Frost. *Kurtziana* vol.35 no.2 Córdoba.
- SÁNCHEZ, F. J. 2013. Resultados del proyecto de I+D+I en materia de estabilización de márgenes y bioingeniería en ríos. Presentación en II Jornadas en I+D+I europea en estabilización de taludes y riberas. Bioingeniería y biodiversidad. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/Javier_S%C3%A1nchez_Magrama_tcm7-281230.pdf. Fecha de consulta: 9/9/15.
- SANGALLI, PAOLA & A. LIZARRALDE. 2005. Estabilización de un talud mediante técnicas de Bioingeniería en el Espacio Natural de Leizarán. Infraestructuras y actividades extractivas. *Cuadernos de Arquitectura del Paisaje*. España. Pp. 102-105.

- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR-IGRM) & Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), Alemania. 2005. Estudio geocientífico aplicado al ordenamiento territorial, San Carlos de Bariloche. Buenos aires. *Anales* N° 42.
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- SOLIVERES, S.; CONTRERAS, V.; FERNANDES, J. P.; CORTINA, J.; GARCÍA-PALACIOS, P.; MARTÍNEZ, M. & J. FORT. 2011. en Ecotecnología aplicada a la restauración de infraestructuras de transporte. En VALLADARES, F.; BALAGUER, L.; MOLA, I.; ESCUDERO, A. & ALFAYA, V. (eds.). 2011. *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte*. Pp. 177-210.
- TAGLIAFERRO, M. & A. SINGER. 2012. Los deslizamientos ocurridos el 20 de noviembre del 2008 en las colinas del sur de Caracas: una visión general de su impacto geotécnico. *Revista de la Facultad de Ingeniería de U.C.V.* 27 (1): 31-40.
- ULIAN T.; A. E. ROVERE & B. MUÑOZ. 2008. Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica. *Ecosistemas* 17 (3): 147-148.
- VALLADARES, F.; BALAGUER, L.; MOLA, I.; ESCUDERO, A. & ALFAYA, V. (eds.). 2011. *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas*. Fundación Biodiversidad, Madrid, España.
- VARGAS RÍOS, O. 2011. Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biol. Colomb.* 16 (2): 221-246.
- VILLAMIL, C. B. & D. TESTONI. 2012. Inventario florístico Parque Nacional Laguna Blanca. Informe Convenio Específico N° 481. Universidad Nacional del Sur – Administración Parques Nacionales.
- ZEH, HELGARD. 2007. *Ingeniería Biológica. Manual técnico*. Federación Europea de Ingeniería del Paisaje. [CD]

Legislación:

- Carta Orgánica Municipal de San Carlos de Bariloche. 2007.
- Ley N° 8, de Carreteras de Andalucía. España. 12/07/01.
- Ley N° 3266, "Evaluación de Impacto Ambiental". Provincia de Río Negro. Promulgada 07/01/99. Boletín Oficial N° 3642.
- Ley N° 25675, "Ley General del Ambiente". Argentina. Promulgada 27/11/2002.
- Ordenanza N° 111-I-79, San Carlos de Bariloche.
- Ordenanza N° 121-I-77, San Carlos de Bariloche.
- Ordenanza N° 379-CM-90, San Carlos de Bariloche.
- Ordenanza N° 1640-CM-06, San Carlos de Bariloche.
- Resolución N° 397-I-05, San Carlos de Bariloche.
- Resolución N° 1543-I-08, San Carlos de Bariloche.
- Resolución N° 1880-I-05, San Carlos de Bariloche.
- Resolución N° 1940-I-10, San Carlos de Bariloche.
- Resolución N° 3061-I-08, San Carlos de Bariloche.

Noticias:

- Actual Río Negro. 2015. Bariloche, corte en Av. Bustillo por derrumbe. Disponible en: <https://actualrionegro.com/bariloche-corte-en-av-bustillo-por-derrumbe/>. Fecha de consulta: 21/01/2016.
- Bariloche 2000. 2009. Fue peligroso el derrumbe en el camino a Colonia Suiza. Disponible en <http://bariloche2000.com/noticias/leer/fue-peligroso-el-derrumbe-en-el-camino-a-colonia-suiza/42529>. Fecha de consulta: 21/01/2016.
- Bariloche2000. 2013. Parece que sí... En el verano reabrirían la Ruta 79. Disponible en: <http://bariloche2000.com/noticias/leer/parece-que-si-en-el-verano-reabririan-la-ruta-79/76414>. Fecha de consulta: 10/03/2016.

- Bariloche 2000. 2014. Nuevo derrumbe en el camino a Colonia Suiza. Disponible en: <http://bariloche2000.com/noticias/leer/nuevo-derrumbe-en-el-camino-a-colonia-suiza/84803>. Fecha de consulta: 21/01/2016.
- Bariloche 2000. 2015. Cortan el tránsito en la ruta 40 por un alud en el lago Guillermo. Disponible en: <http://bariloche2000.com/noticias/leer/cortan-el-transito-en-la-ruta-40-por-un-alud-en-el-lago-guillermo/89252>. Fecha de consulta: 04/03/2016.
- Diario ANB. 2010. Viarse traerá una maquinaria alternativa para seguir los trabajos en Colonia Suiza. Disponible en: <http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2010/03/26/13608-viarse-traera-una-maquinaria-alternativa-para-seguir-los-trabajos-en-colonia-suiza>. Fecha de consulta: 10/03/2016.
- Diario ANB. 2010. Reabrieron camino a Colonia Suiza pero no descartan otros posibles derrumbes. Disponible en: <http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2010/06/01/14861-reabrieron-camino-a-colonia-suiza-pero-no-descartan-otros-posibles-derrumbes>. Fecha de consulta: 10/03/2016.
- Diario ANB. 2012. Justicia obliga a terminar la reparación del camino a Colonia Suiza. Disponible en: <http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2012/07/05/29751-justicia-obliga-a-terminar-la-reparacion-del-camino-a-colonia-suiza>. Fecha de consulta: 10/03/2016.
- Diario ANB. 2015. Justicia prohíbe ocupar viviendas y lotes en Barda del Ñireco. Disponible en: <http://www.anbariloche.com.ar/noticias/2015/04/15/47585-justicia-prohibe-ocupar-viviendas-y-lotes-en-barda-del-ireco>. Fecha de consulta: 26/10/2015.
- Diario Barilochense. 2009. La reparación de la ruta a Colonia Suiza será costosa. Disponible en: http://www.barilochense.com/notas/la-reparacion-de-la-ruta-a-colonia-suiza-sera-costosa?indice_clasificados=1&rubro_id=14&subrubro_id=53. Fecha de consulta: 10/03/2016.

- Diario Río Negro. 2006. Otro derrumbe complica la situación en Ñireco. Disponible en: <http://www1.rionegro.com.ar/diario/2006/07/27/20067v27f01.php>. Fecha de consulta: 21/10/2015.
- Diario Río Negro. 2010. Viarse rehabilitó la ruta a Colonia Suiza. Disponible en: <http://www.rionegro.com.ar/diario/viarse-rehabilito-la-ruta-a-colonia-suiza-378712-9703-nota.aspx>. Fecha de consulta: 10/03/2016.
- Hoy Dallas. 2014, Argentina, entre los 4 países con mayor inflación en los últimos 5 años. Disponible en: <http://www.hoydallas.com/latinoamerica/mas/1246-argentina-entre-los-4-paises-con-mayor-inflacion-en-los-ultimos-5-anos.html>. Fecha de consulta: 25/03/2016.
- La Gaceta. 2005. Tucumán no está a salvo de sufrir desastres naturales. Disponible en: <http://www.lagaceta.com.ar/nota/126597/informacion-general/tucuman-no-esta-salvo-sufrir-desastres-naturales.html>. Fecha de consulta: 22/02/16.
- La Nación. 2015-a. Cerro Catedral, arrasado por un alud. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1798216-cerro-catedral-arrasado-por-un-alud>. Fecha de consulta: 21/10/2015.
- La Nación. 2015-b. La inflación, de 23% a 26% anual, según consultoras. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1825380-la-inflacion-de-23-a-26-anual-segun-consultoras>. Fecha de consulta: 25/03/2016.

Páginas web:

- Aquanea. Entramado vivo (Krainer). Ficha técnica de bioingeniería aplicada al paisaje. Disponible en: <http://www.aquanea.com/es/tecnicas:Cos/menulateral:tecnicas:naturalistica>. Fecha de consulta: 04/00/2016.
- ArgenBio, Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. 2007. La ingeniería genética. Disponible en:

- <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=151>. Fecha de consulta: 27/02/2016.
- BonTerra Ibérica. 2008. Instalación de mantas orgánicas en taludes. Disponible en: http://www.controlerosion.es/wp-content/uploads/2008/06/instalacion_de_mantas_organicas_en_taludes.pdf. Fecha de consulta: 15/02/2016.
 - Chileflora. <http://www.chileflora.com> Diccionario – Glosario Lombricultura y Ag. Orgánica. Mulch. Disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/192.html>. Fecha de consulta: 29/01/2016.
 - Codi S. A. Obras en ejecución. Ruta Nacional 231 – Tramo: Lago Espejo – Límite con Chile. Disponible en: <http://www.codisa.com.ar/listado.asp?id=12>. Fecha de consulta: 25/03/2016.
 - Generador de precios. 2016. Muro de gaviones. Argentina. Disponible en: http://www.argentina.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Fundaciones/Muros_de_contencion/Muros_de_gaviones/Muro_de_gaviones.html. Fecha de consulta: 18/02/2016.
 - IEC, Institut d'Estudis Catalans. Procesos de degradación y control. Disponible en: <http://www.iec.cat/mapasols/Cas/erosio2.asp?Grup=A&Opcio=3>. Fecha de consulta: 15/02/2016.
 - Infojardín. Glosario de jardinería, flores, plantas, botánica y medio ambiente. Disponible en: <http://www.infojardin.net/glosario/glosario-jardineria.htm>. Fecha de consulta: 03/03/2016.
 - Instituto de Botánica Darwinion. www.darwin.edu.ar. Fecha de consulta: 20/01/2016.
 - Instituto de Tecnología de la construcción (ITeC). 2016. Precio malla orgánica 100% fibra de coco. Disponible en: <http://itec.es/noumetabase2.e/consultes.aspx?paraula=FRI34752>. Fecha de consulta: 18/02/2016

- IPN, Instituto Politécnico Nacional. 2009. Ingeniería Biónica. México. Disponible en: <http://www.ipn.mx/educacionsuperior/Paginas/Ing-Bionica.aspx>. Fecha de consulta: 27/02/2016.
- SIB, Sistema de Información de Biodiversidad. <http://www.sib.gov.ar>. 25/02/2016.
- SEGEMAR, Sistema de Información Geográfica (SIG). <http://sig.segemar.gov.ar/>. Fecha de consulta: 10/01/2016.
- Universidad Nacional de Luján. Bioingeniería Facultad de Ingeniería. 2004. Plan de Estudios. Disponible en: http://www.fi.unsj.edu.ar/academicaOfertaInfo.php?id_c=38. Fecha de consulta: 27/02/2016.

Glosario

Alud: 1. Gran masa de nieve que se derrumba de los montes con violencia y estrépito. 2. Masa grande de una materia que se desprende por una vertiente, precipitándose por ella.

Aluvión: Avenida fuerte de agua que arrastra grava, lodo, etc.

Ángulo de rozamiento interno: ángulo que las partículas hacen entre sí debido a las fuerzas de rozamiento.

Banco de semillas: Conjunto de semillas viables presentes en el suelo de un hábitat en un momento determinado, enterradas o mezcladas con la hojarasca y la broza en superficie.

Bioingeniería de la restauración: Rama de la ingeniería que utiliza materiales vivos como semillas, plantas, partes de plantas y comunidades vegetales, con objetivos técnicos, ecológicos, estéticos y económicos.

Detritos: es el material suelto o sedimento de rocas, producto de la erosión, transporte, meteorización.

Ecosistema de referencia: Sirve de modelo para planear un proyecto de restauración y más adelante, para su evaluación. Se espera que con el tiempo el ecosistema restaurado emulará los atributos de la referencia, y se desarrollarán las metas y estrategias del proyecto de acuerdo con esas expectativas.

Erosión laminar: Erosión hídrica por escorrentía superficial difusa. Tiene lugar cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o bien cuando el suelo se satura de agua, lo que da lugar a un exceso de agua en la superficie. La escorrentía superficial transporta las partículas más finas y provoca una disminución de la productividad del suelo (pérdida de arcilla, materia orgánica y nutrientes).

Escorrentía superficial: es el flujo del agua en forma de lluvia, nieve, sobre la superficie de la tierra.

Mulch: También llamado mantillo. Es una cubierta protectora del suelo, compuesta por restos de cortezas, virutas de madera, paja, hojas, etc. Su función es cubrir el suelo desnudo para impedir la escorrentía superficial, regular la temperatura del suelo, conservar la humedad y evitar el crecimiento de malas hierbas por falta de luz. También suministra nutrientes al suelo a medida que se descompone.

Propágulos: Cualquier parte de una planta, por medio de la cual ésta se extiende y es capaz de transformarse en una nueva planta adulta; por ejemplo, las semillas, pero también los frutos, las esporas o las yemas y esquejes.

Reclamación: proceso a través del cual se estabiliza el terreno, se asegura la seguridad pública, el mejoramiento estético, buscando un propósito útil para las tierras.

Rehabilitación: La rehabilitación comparte con la restauración un enfoque fundamental en los ecosistemas históricos o preexistentes como modelos o referencias, pero las dos actividades difieren en sus metas y estrategias. La rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema.

Remoción en masa: es el proceso geomorfológico por el cual el suelo y la roca se mueven cuesta abajo por acción de la gravedad, ejemplos de esto son los deslizamientos, flujos y caídas.

Restauración activa: Requiere técnicas de manejo tales como siembra, plantación, desmalezamiento, cambio en la composición, con el fin de acelerar la recuperación.

Restauración pasiva: Implica la colonización natural o espontánea de ecosistemas perturbados a partir de propágulos de zonas cercanas, se interviene protegiendo el sitio de futuras perturbaciones para permitir esta colonización natural y que así se reestablezcan la diversidad del ecosistema, estructura y función.

Revegetación: es un componente de la reclamación, en el cual se busca utilizar una o unas pocas especies.

Talud: Cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que pueden adoptar las estructuras de tierra de manera permanente.

ANEXO I: Imágenes satelitales

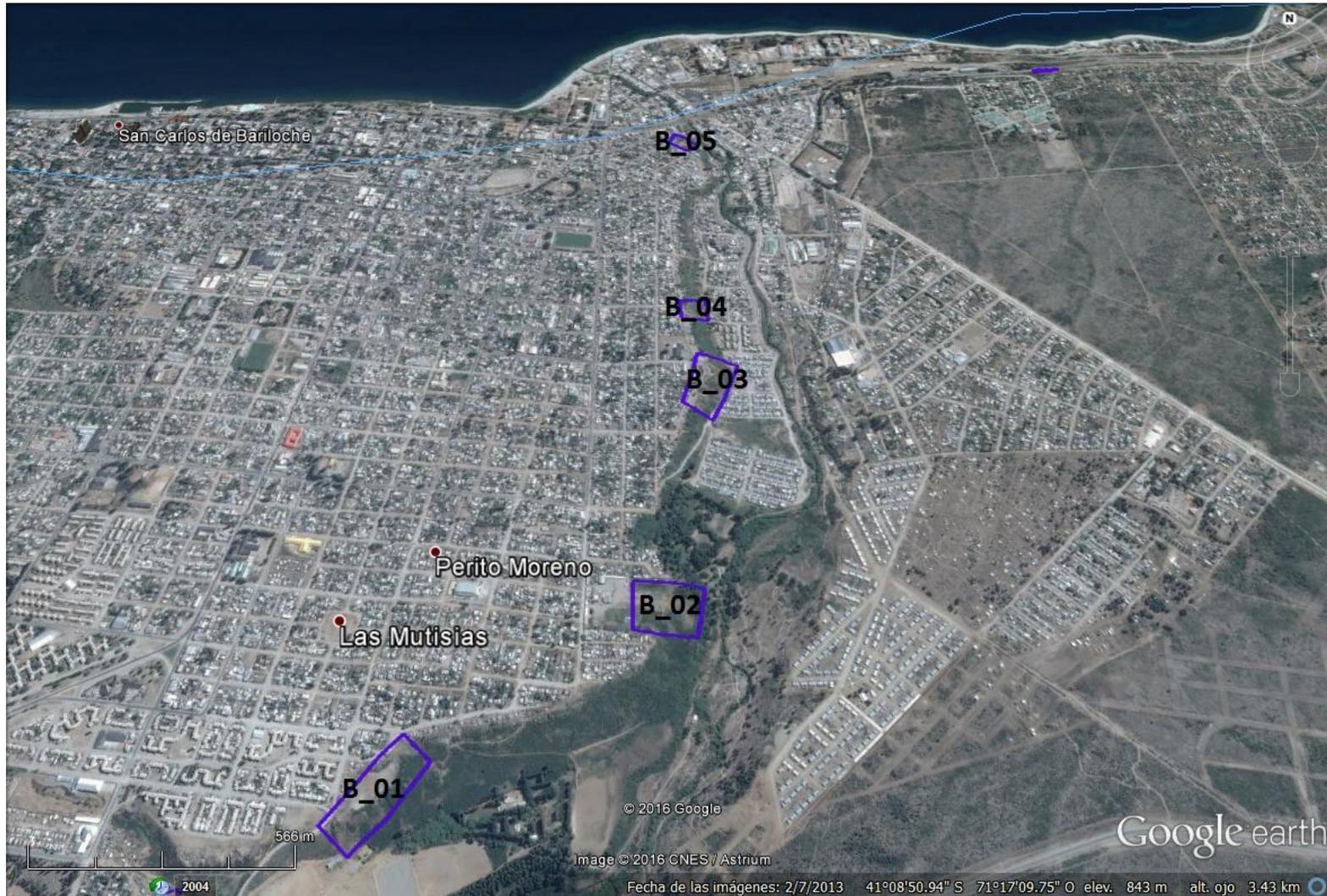


Figura 1: Zona_B. Fuente: Google Earth



Figura 2: Zona_BM. Fuente: Google Earth

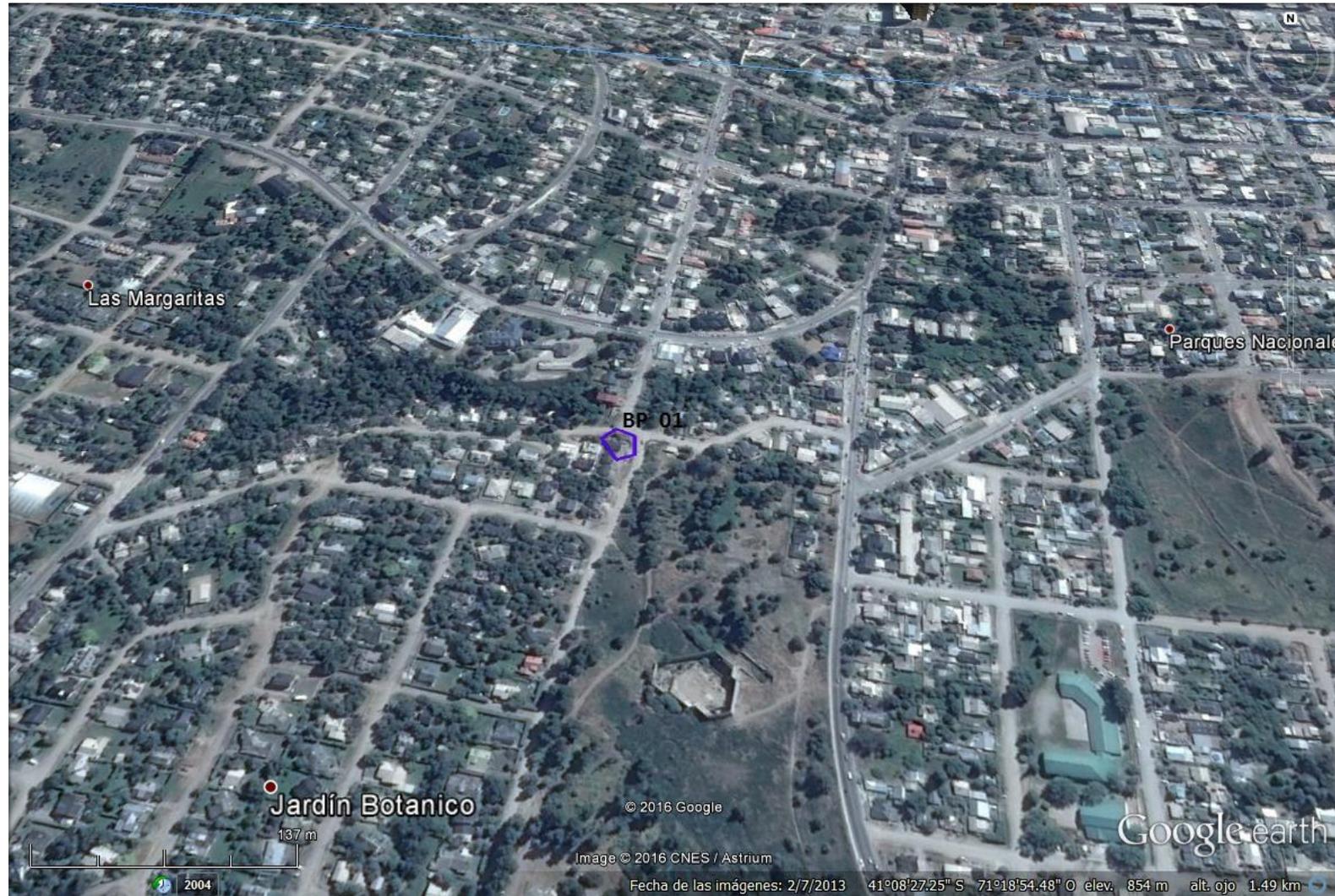


Figura 3: Zona_BP. Fuente: Google Earth



Figura 4: Zona BV. Fuente: Google Earth

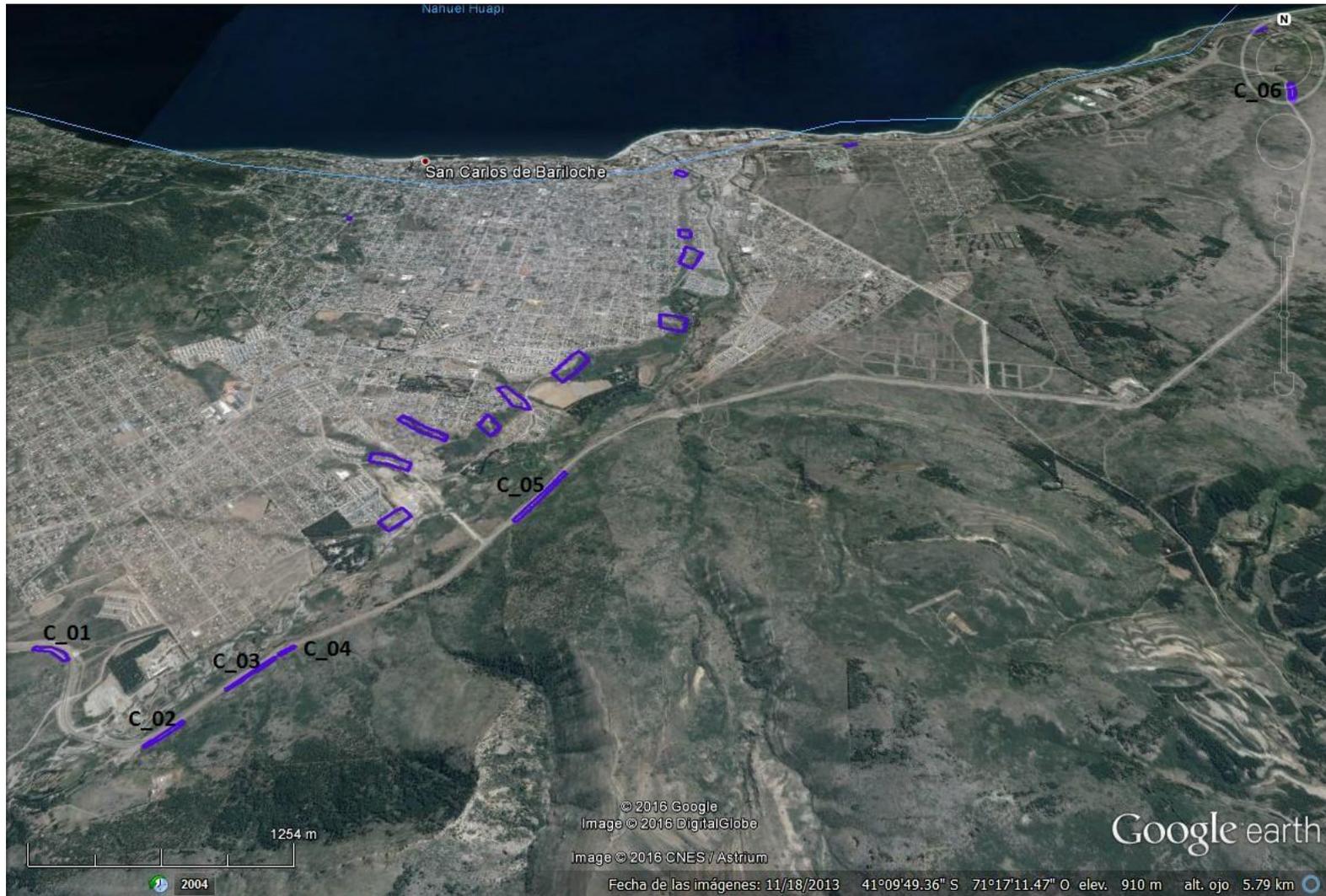


Figura 5: Zona_C. Fuente: Google Earth

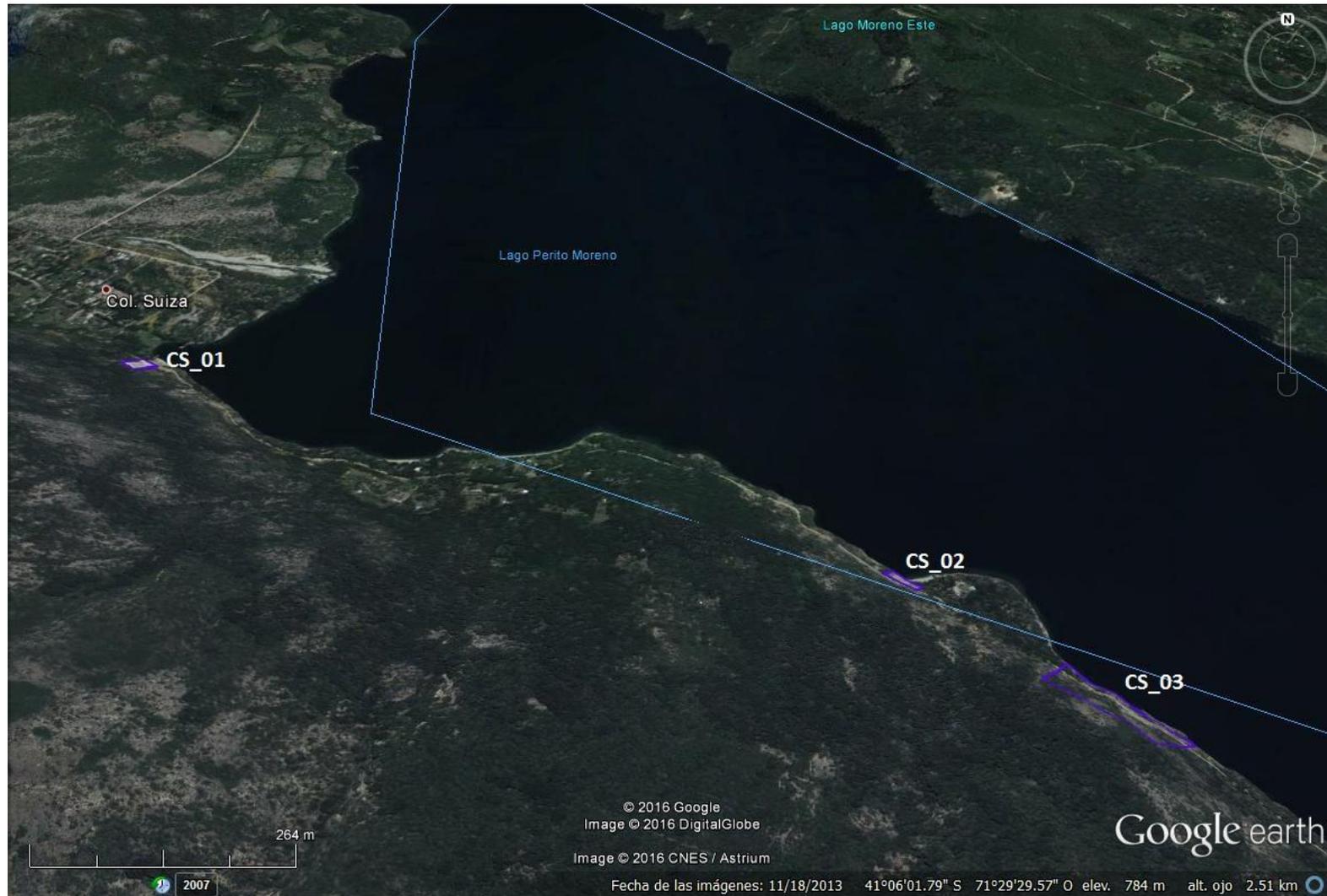


Figura 6: Zona_CS. Fuente: Google Earth



Figura 7: Zona_GUI_1de3. Fuente: Google Earth

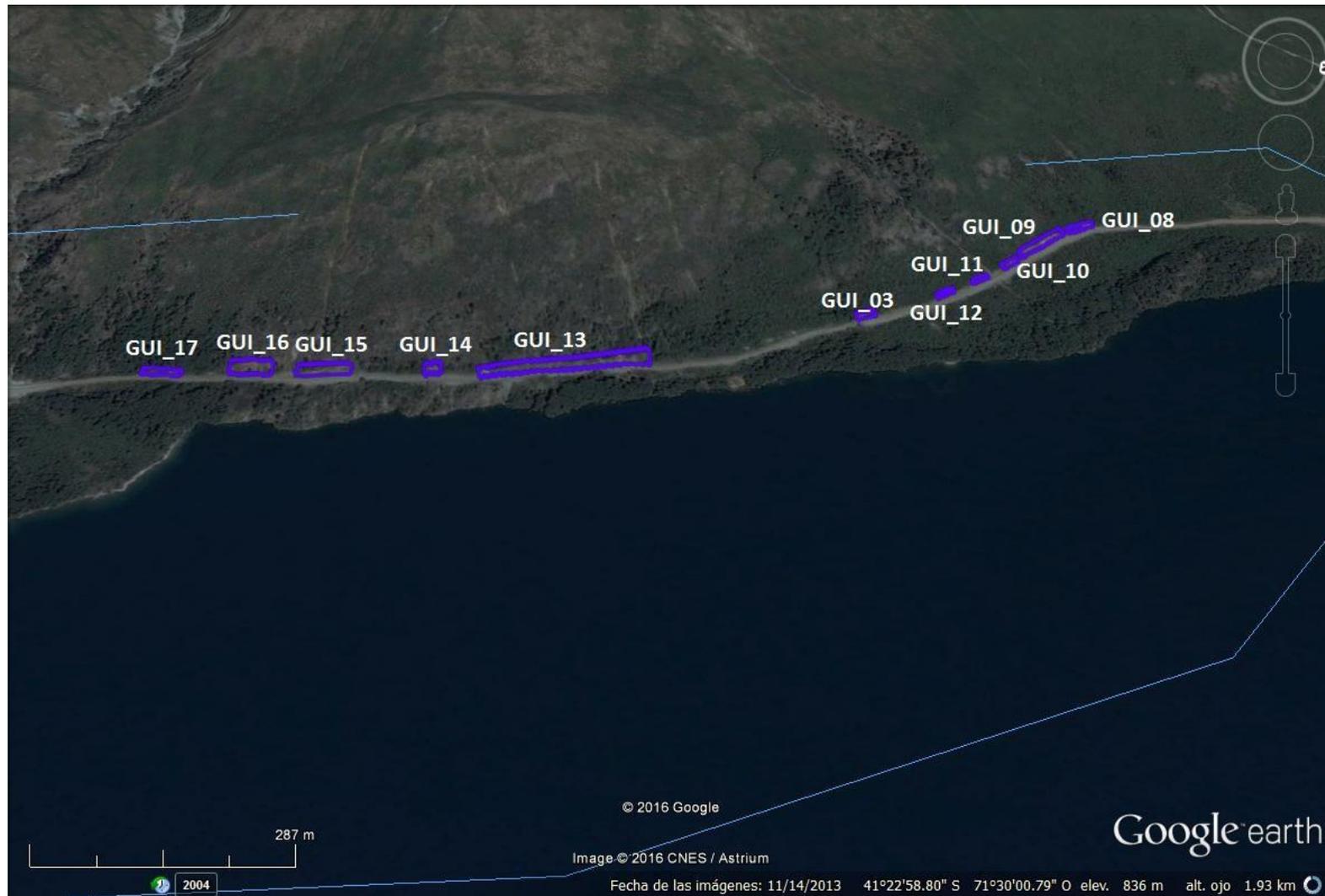


Figura 8: Zona_GUI_2de3. Fuente: Google Earth

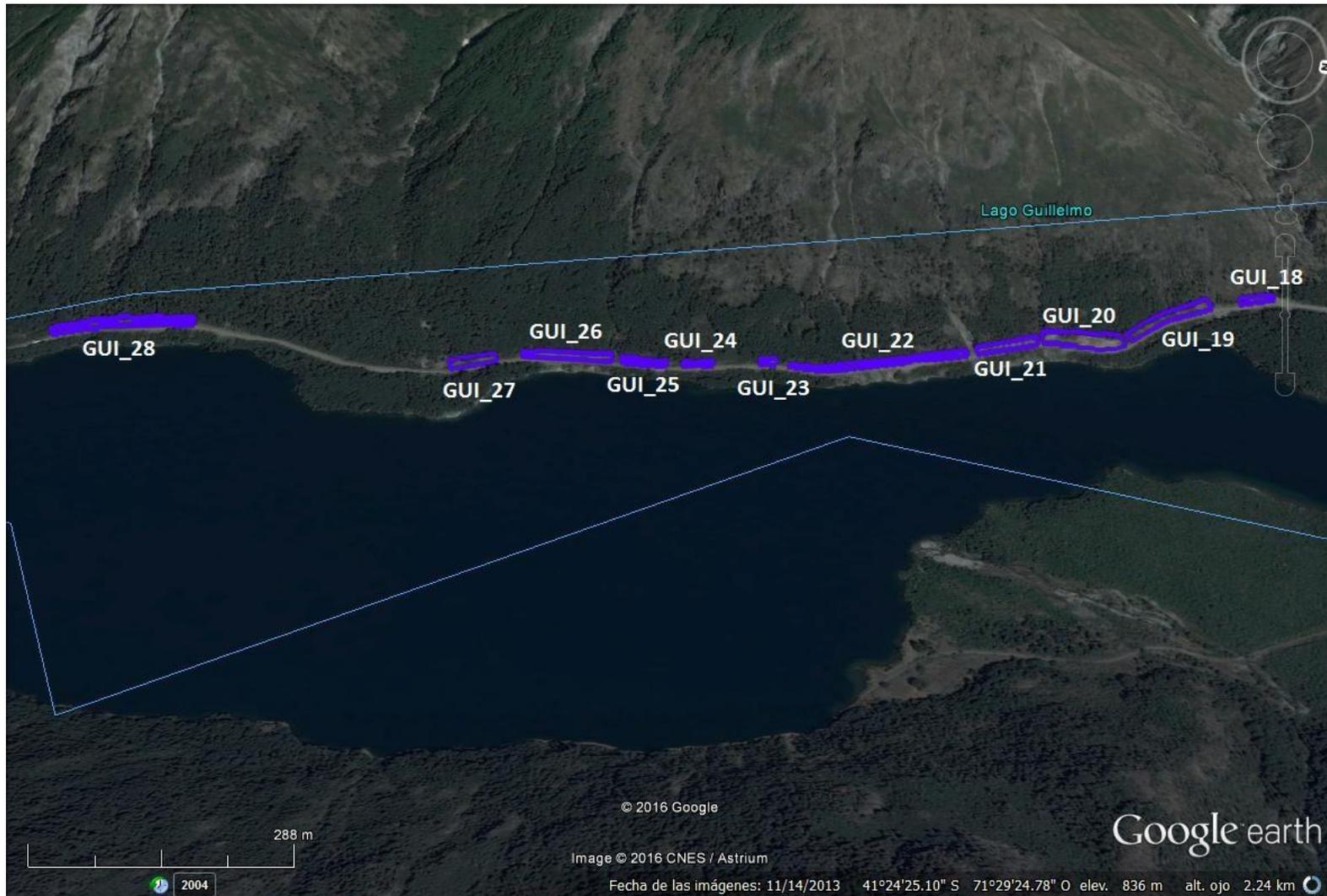


Figura 9: Zona_GUI_3de3. Fuente: Google Earth



Figura 10: Zona_GUT_1de2. Fuente: Google Earth

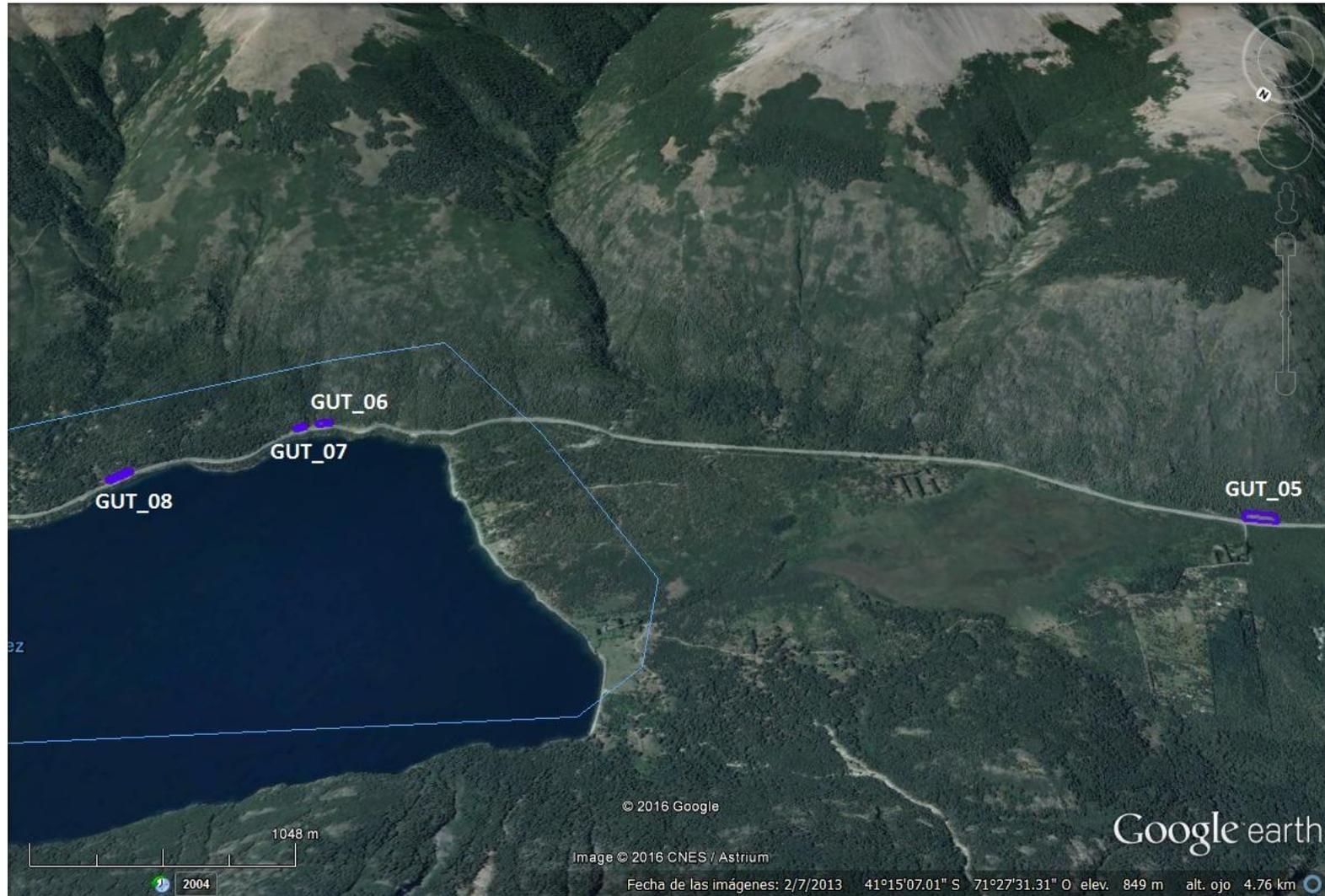


Figura 11: Zona_GUT_2de2. Fuente: Google Earth

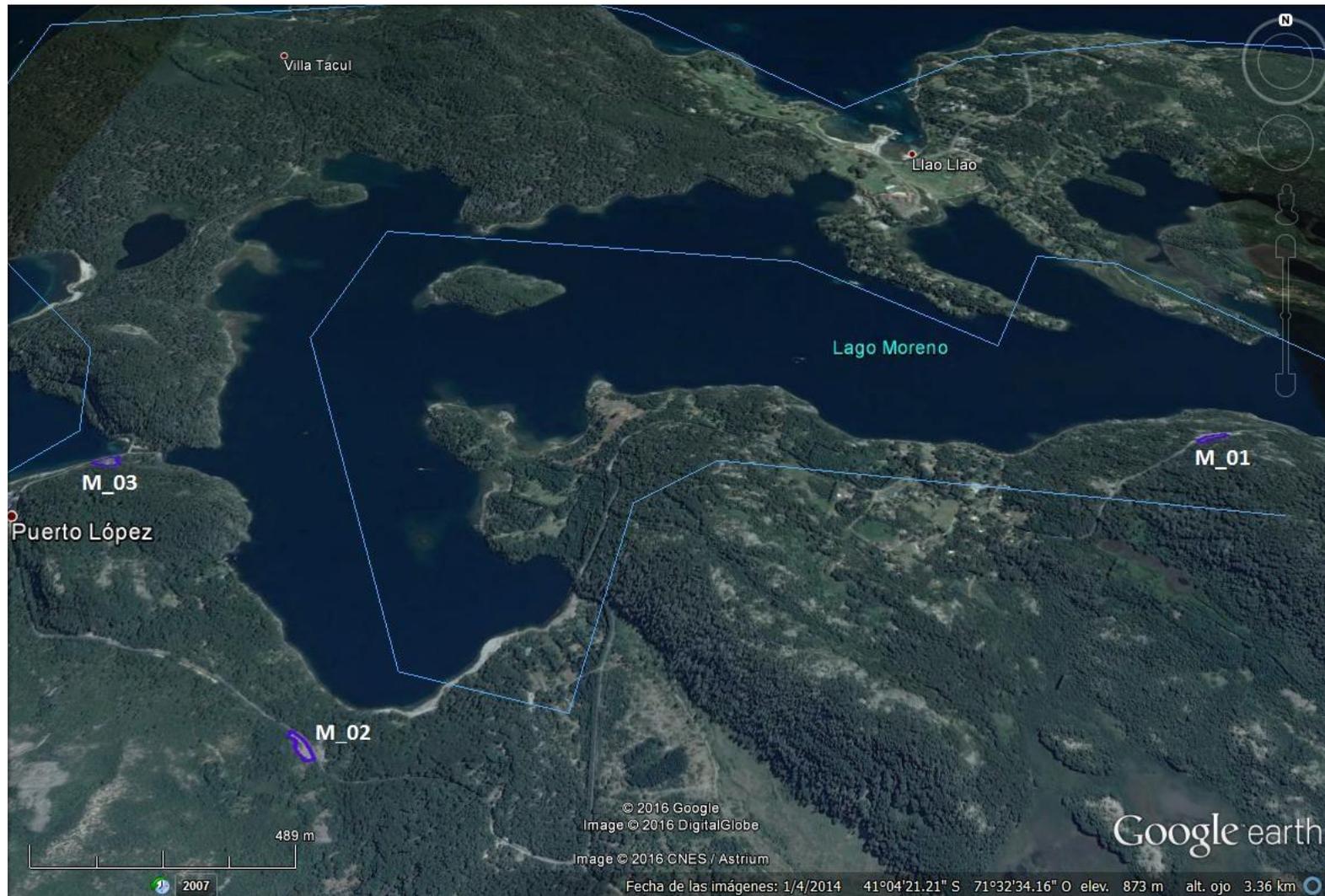


Figura 12: Zona_M. Fuente: Google Earth

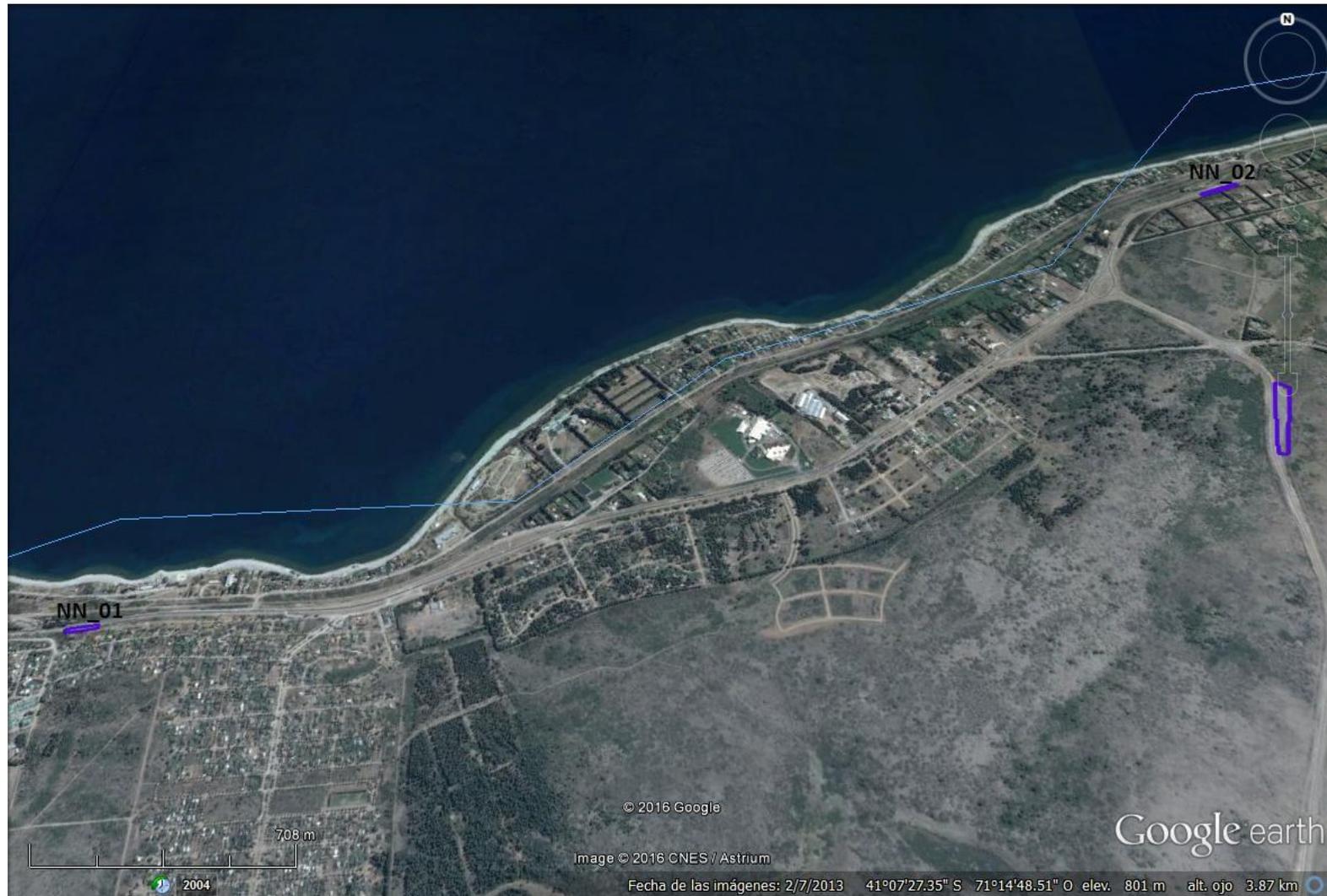


Figura 13: Zona_NH. Fuente: Google Earth



Figura 14: Zona_V. Fuente: Google Earth



Figura 15: B_01. Fuente: Google Earth



Figura 16: B_02. Fuente: Google Earth



Figura 17: B_03 y B_04. Fuente: Google Earth



Figura 18: B_05. Fuente: Google Earth



Figura 19: BM_01. Fuente: Google Earth



Figura 20: BM_02. Fuente: Google Earth



Figura 21: BM_03. Fuente: Google Earth

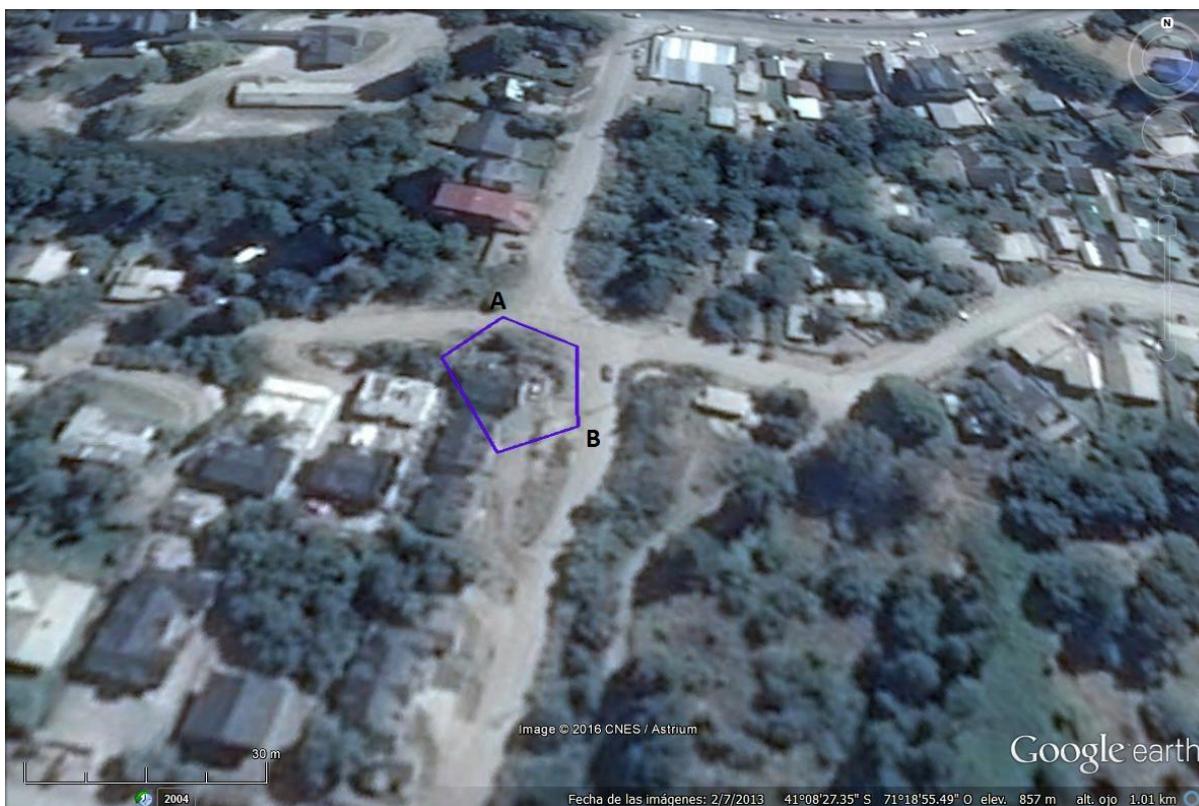


Figura 22: BP_01. Fuente: Google Earth



Figura 23: BV_01. Fuente: Google Earth



Figura 24: BV_02. Fuente: Google Earth



Figura 25: C_01. Fuente: Google Earth



Figura 26: C_02. Fuente: Google Earth



Figura 27: C_03 y C_04. Fuente: Google Earth

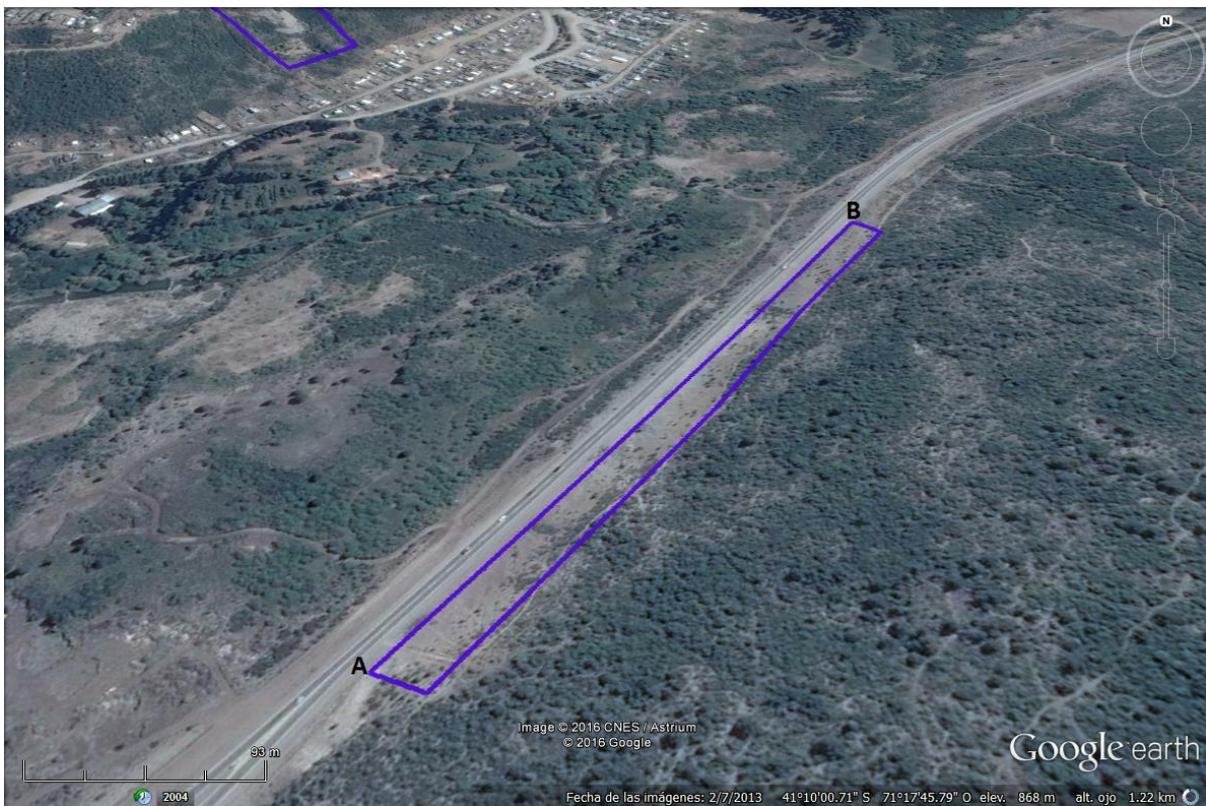


Figura 28: C_05. Fuente: Google Earth

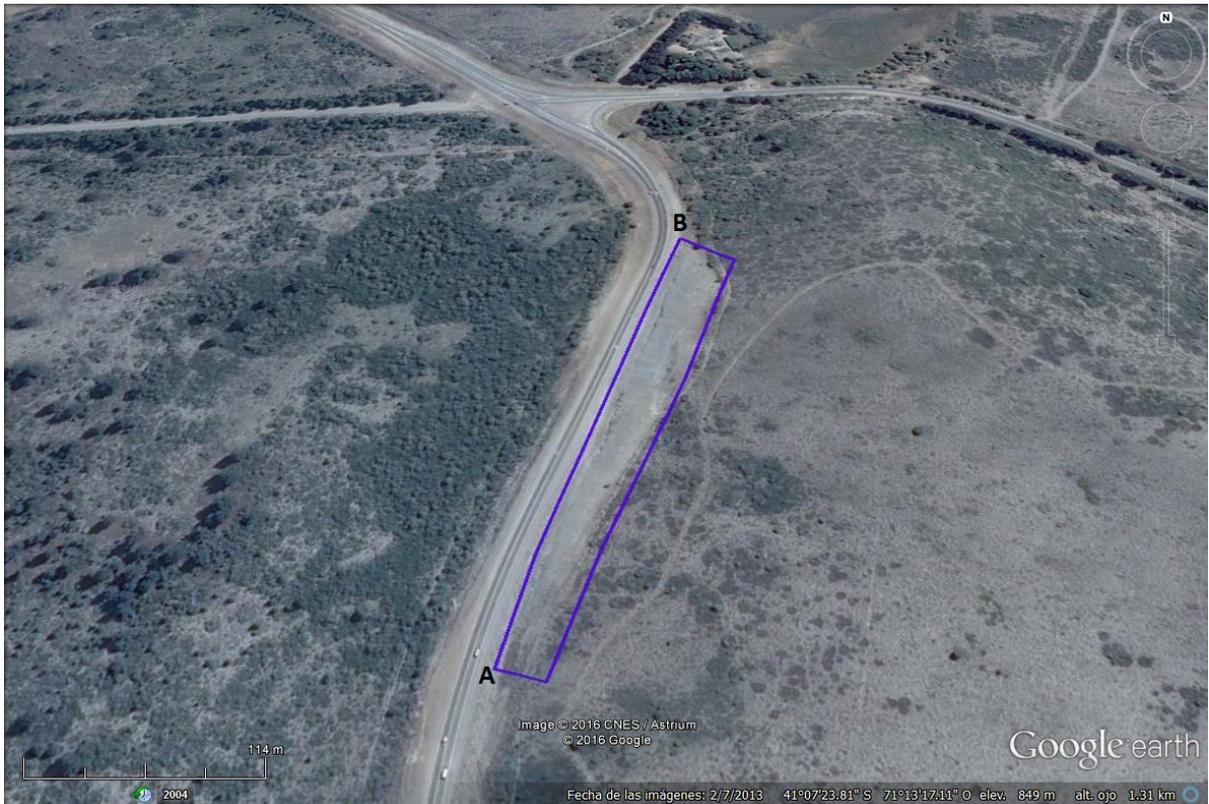


Figura 29: C_06. Fuente: Google Earth



Figura 30: CS_01. Fuente: Google Earth

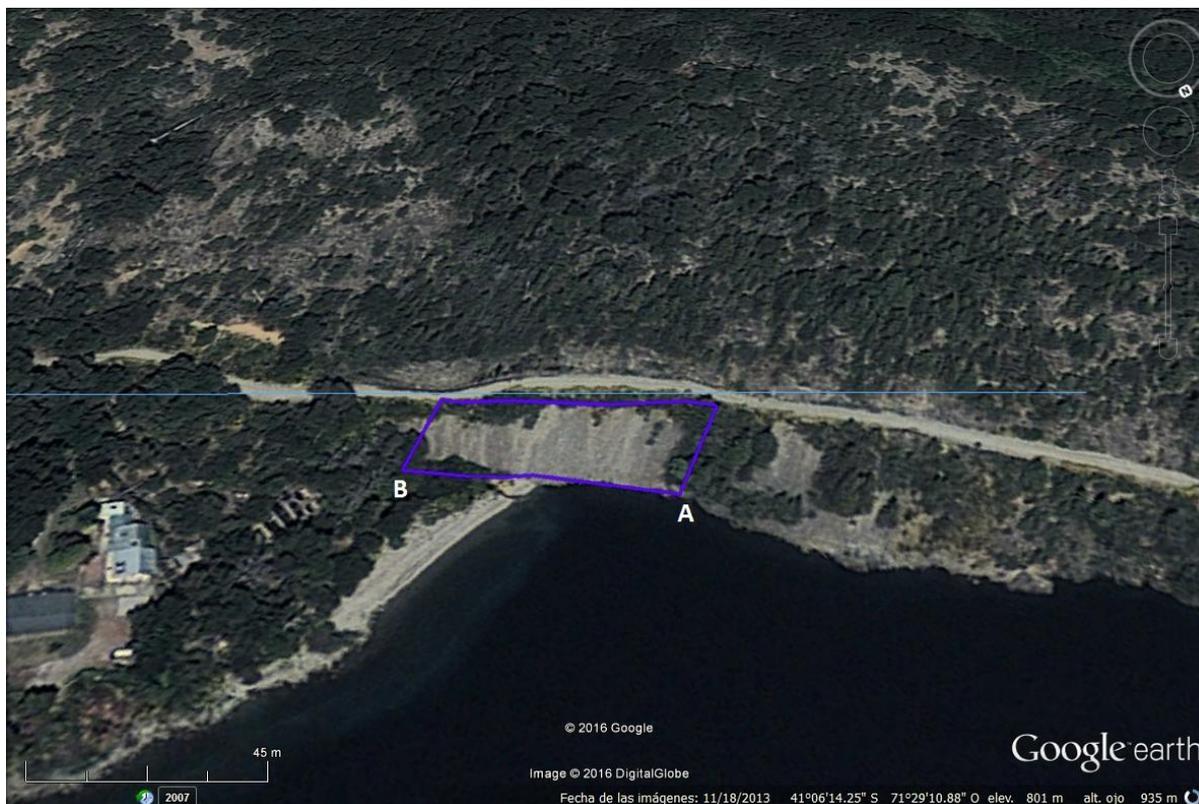


Figura 31: CS_02. Fuente: Google Earth

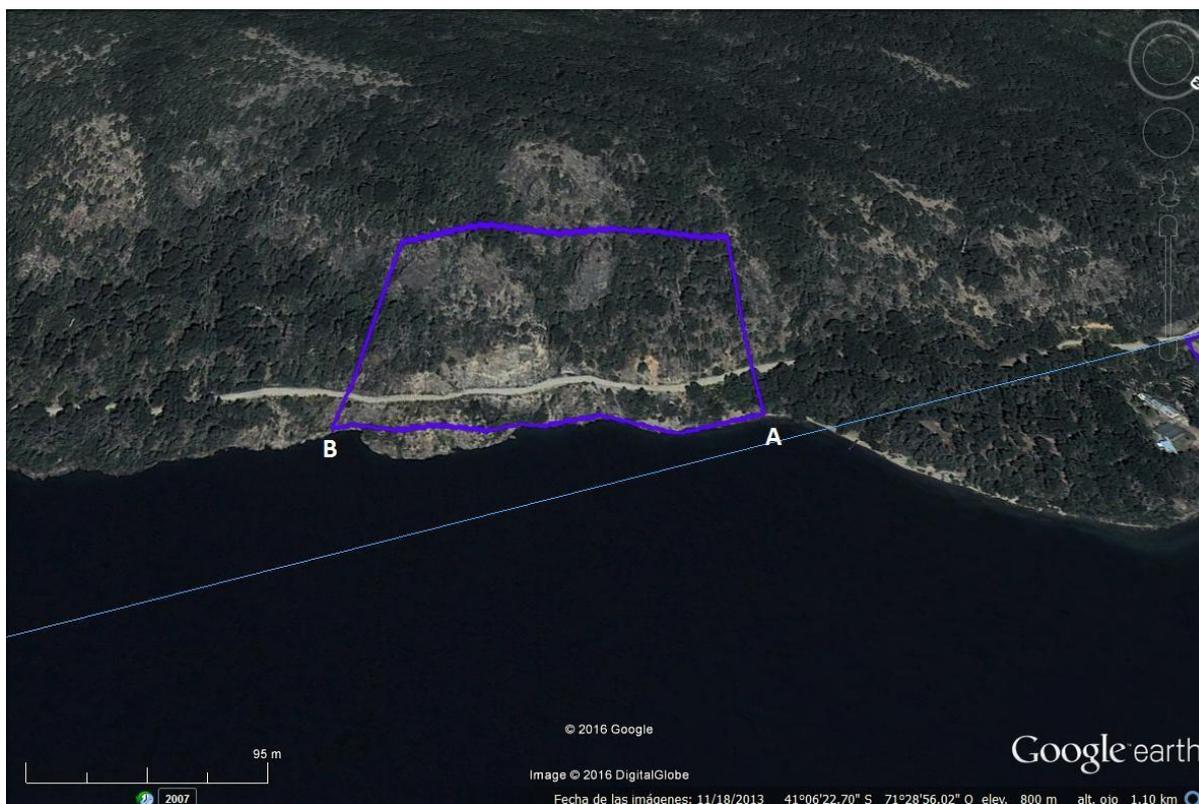


Figura 32: CS_03. Fuente: Google Earth

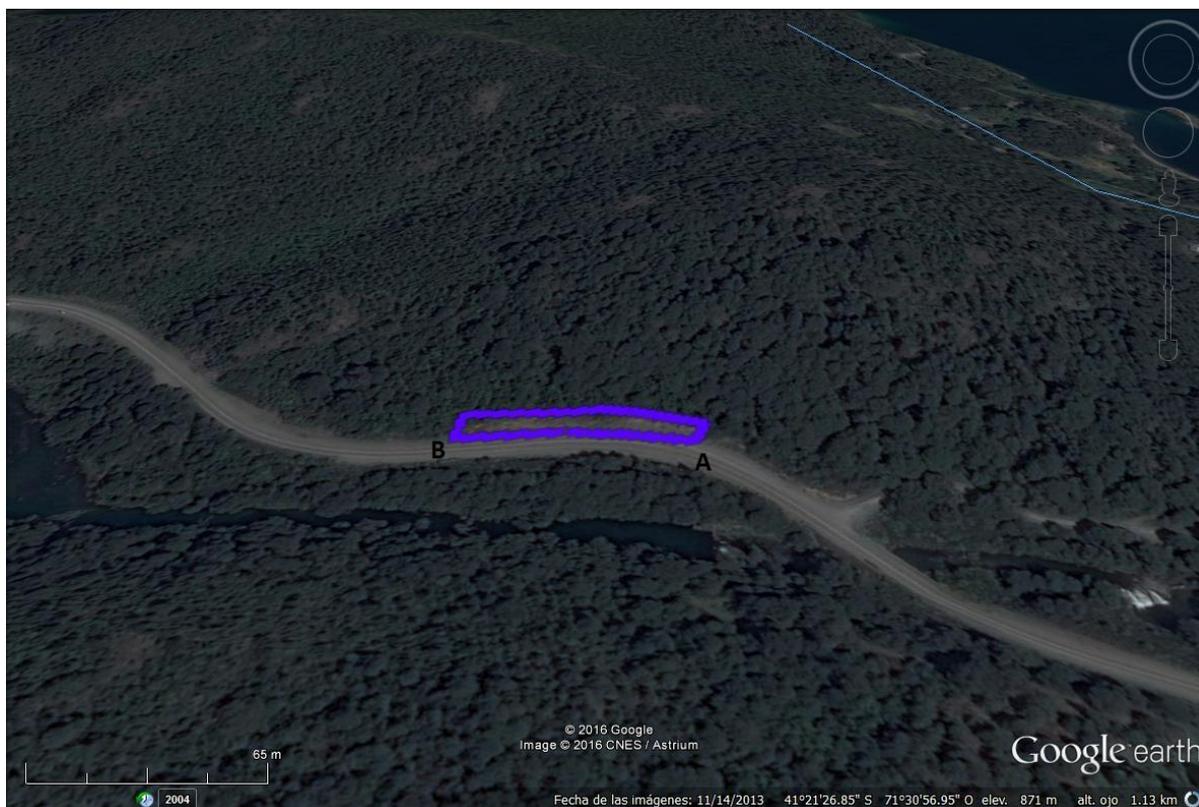


Figura 33: GUI_01. Fuente: Google Earth



Figura 34: GUI_02. Fuente: Google Earth



Figura 35: GUI_03. Fuente: Google Earth

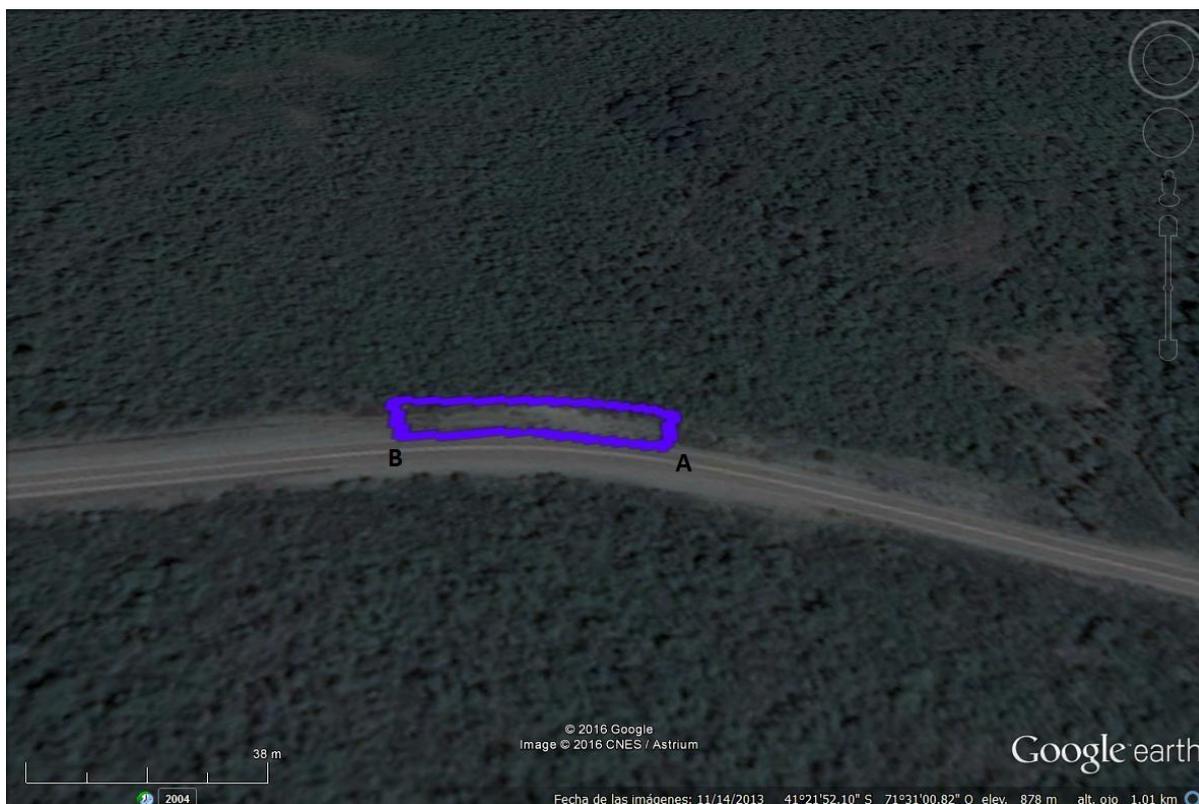


Figura 36: GUI_04. Fuente: Google Earth



Figura 37: GUI_05, GUI_06 y GUI_07. Fuente: Google Earth



Figura 38: GUI_08. Fuente: Google Earth



Figura 39: GUI_09. Fuente: Google Earth



Figura 40: GUI_10, GUI_11 y GUI_12. Fuente: Google Earth



Figura 41: GUI_13. Fuente: Google Earth



Figura 42: GUI_14. Fuente: Google Earth



Figura 43: GUI_15 y GUI_16. Fuente: Google Earth



Figura 44: GUI_17. Fuente: Google Earth



Figura 45: GUI_18. Fuente: Google Earth



Figura 46: GUI_19. Fuente: Google Earth



Figura 47: GUI_20. Fuente: Google Earth



Figura 48: GUI_21. Fuente: Google Earth



Figura 49: GUI_22. Fuente: Google Earth



Figura 50: GUI_23 y GUI_24. Fuente: Google Earth



Figura 51: GUI_25 y GUI_26. Fuente: Google Earth



Figura 52: GUI_27. Fuente: Google Earth



Figura 53: GUI_28. Fuente: Google Earth

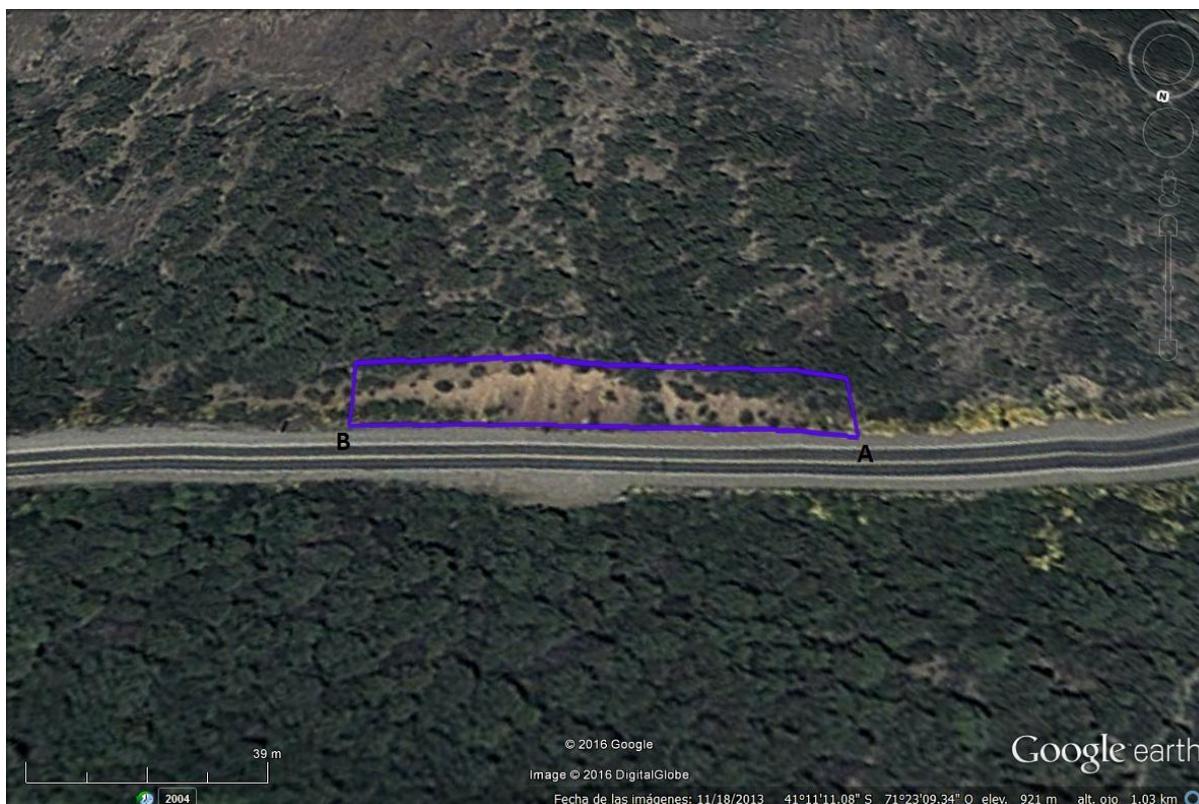


Figura 54: GUT_01. Fuente: Google Earth

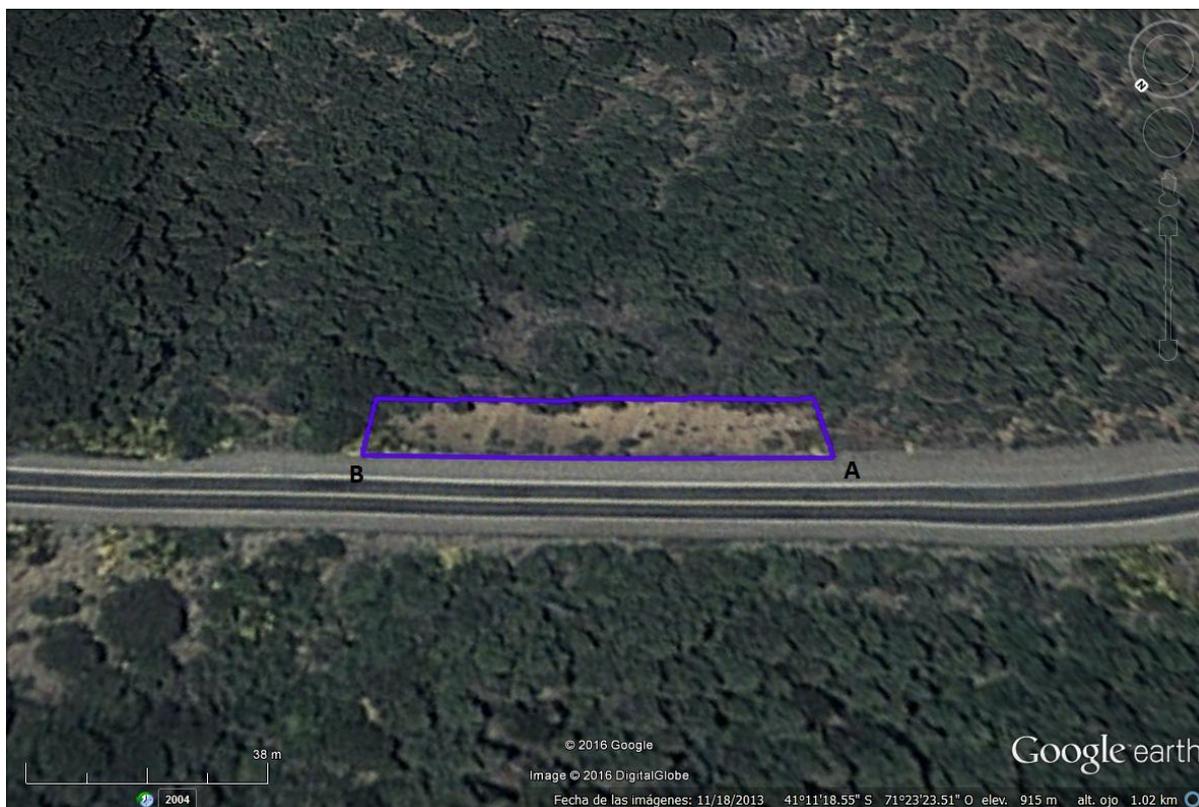


Figura 55: GUT_02. Fuente: Google Earth



Figura 56: GUT_03. Fuente: Google Earth



Figura 57: GUT_04. Fuente: Google Earth

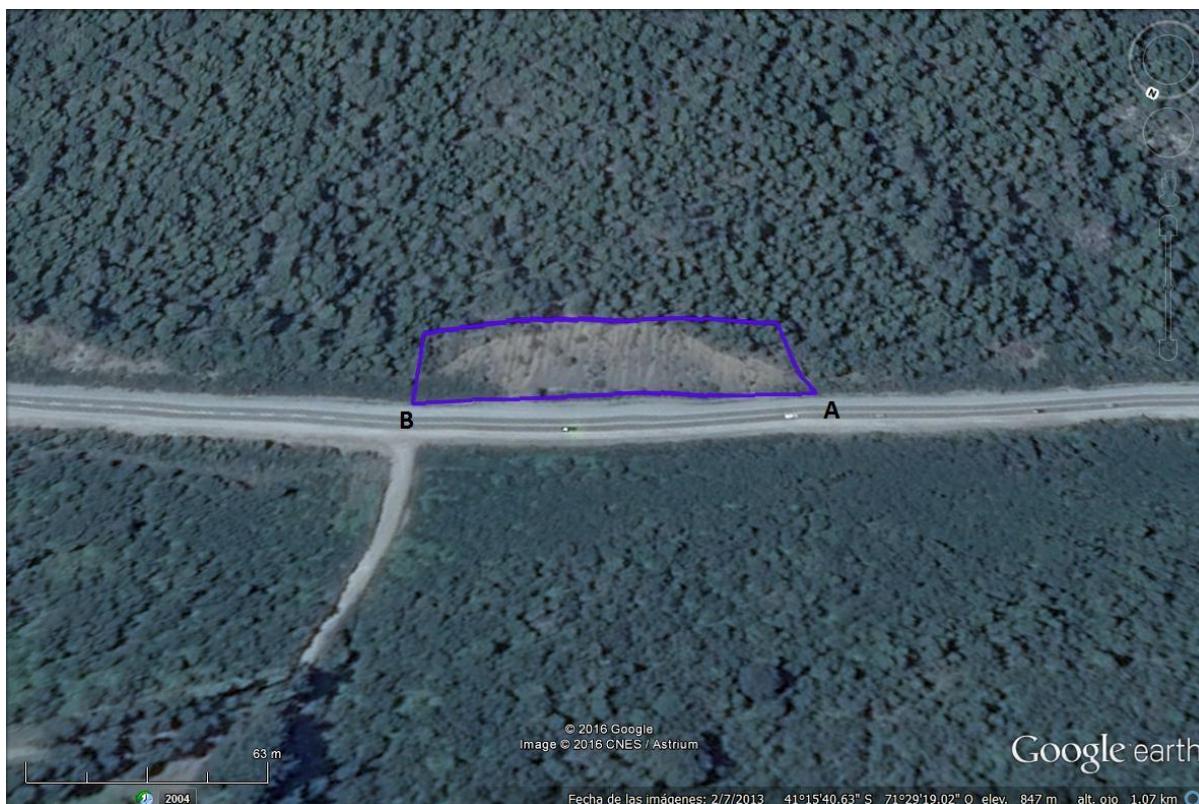


Figura 58: GUT_05. Fuente: Google Earth



Figura 59: GUT_06 y GUT_07. Fuente: Google Earth



Figura 60: GUT_08. Fuente: Google Earth



Figura 61: GUT_09. Fuente: Google Earth



Figura 62: GUT_10 y GUT_11. Fuente: Google Earth

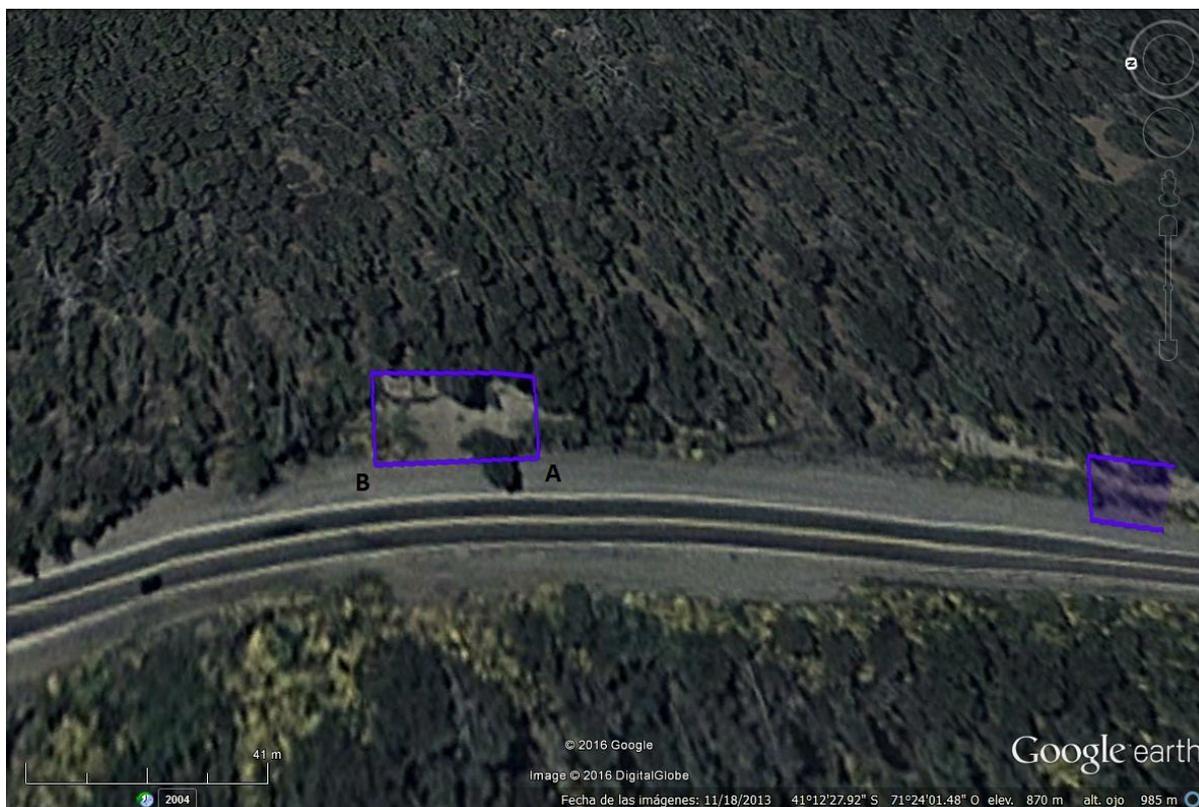


Figura 63: GUT_12. Fuente: Google Earth



Figura 64: GUT_13. Fuente: Google Earth



Figura 65: M_01. Fuente: Google Earth



Figura 66: M_02. Fuente: Google Earth



Figura 67: M_03. Fuente: Google Earth



Figura 68: NH_01. Fuente: Google Earth



Figura 69: NH_02. Fuente: Google Earth

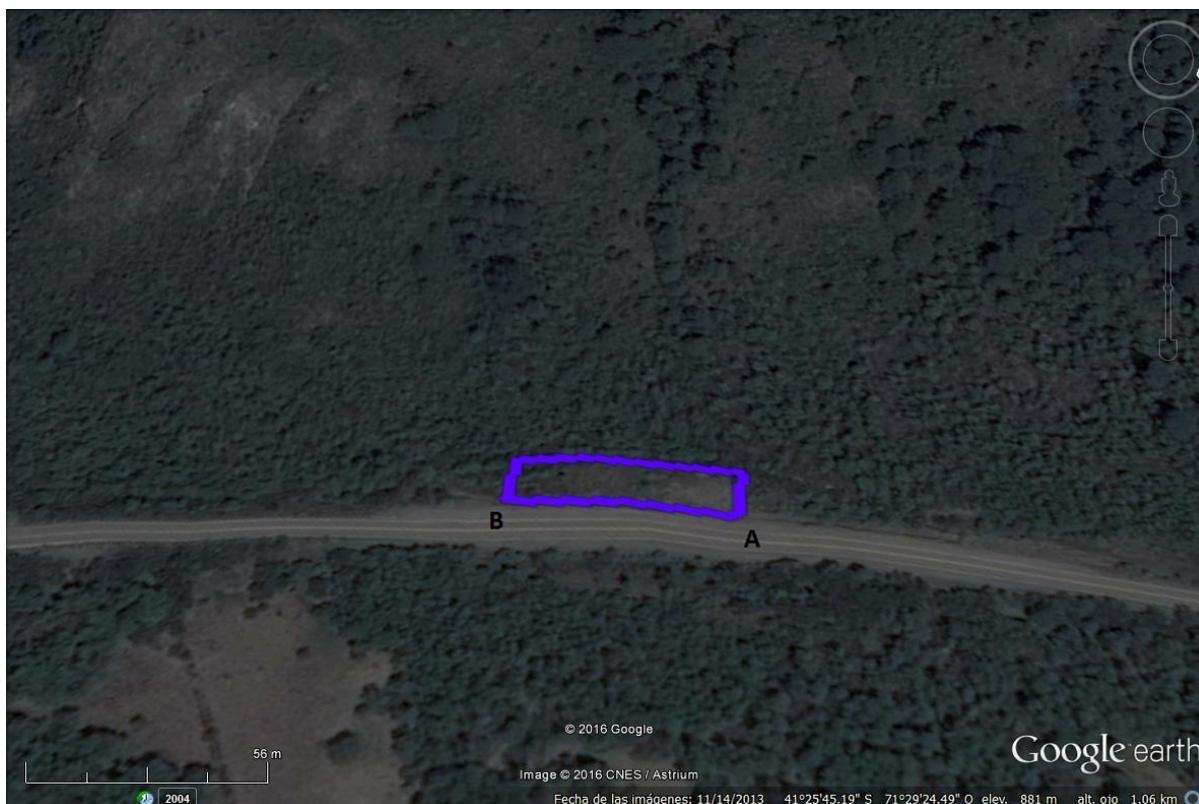


Figura 70: V_01. Fuente: Google Earth



Figura 71: V_02. Fuente: Google Earth



Figura 72: V_03. Fuente: Google Earth



Figura 73: V_04 y V_05. Fuente: Google Earth



Figura 74: V_06. Fuente: Google Earth



Figura 75: V_07 y V_11. Fuente: Google Earth

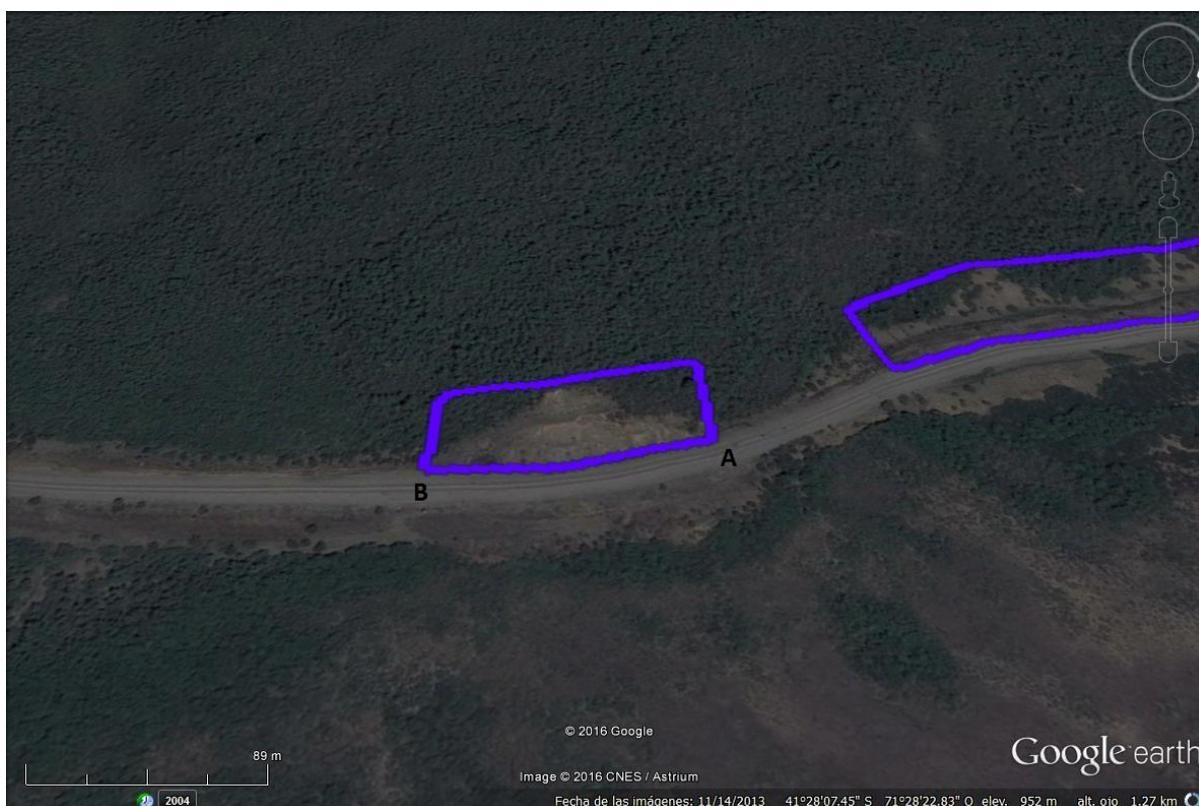


Figura 76: V_08. Fuente: Google Earth



Figura 77: V_09 y V_12. Fuente: Google Earth



Figura 78: V_10. Fuente: Google Earth

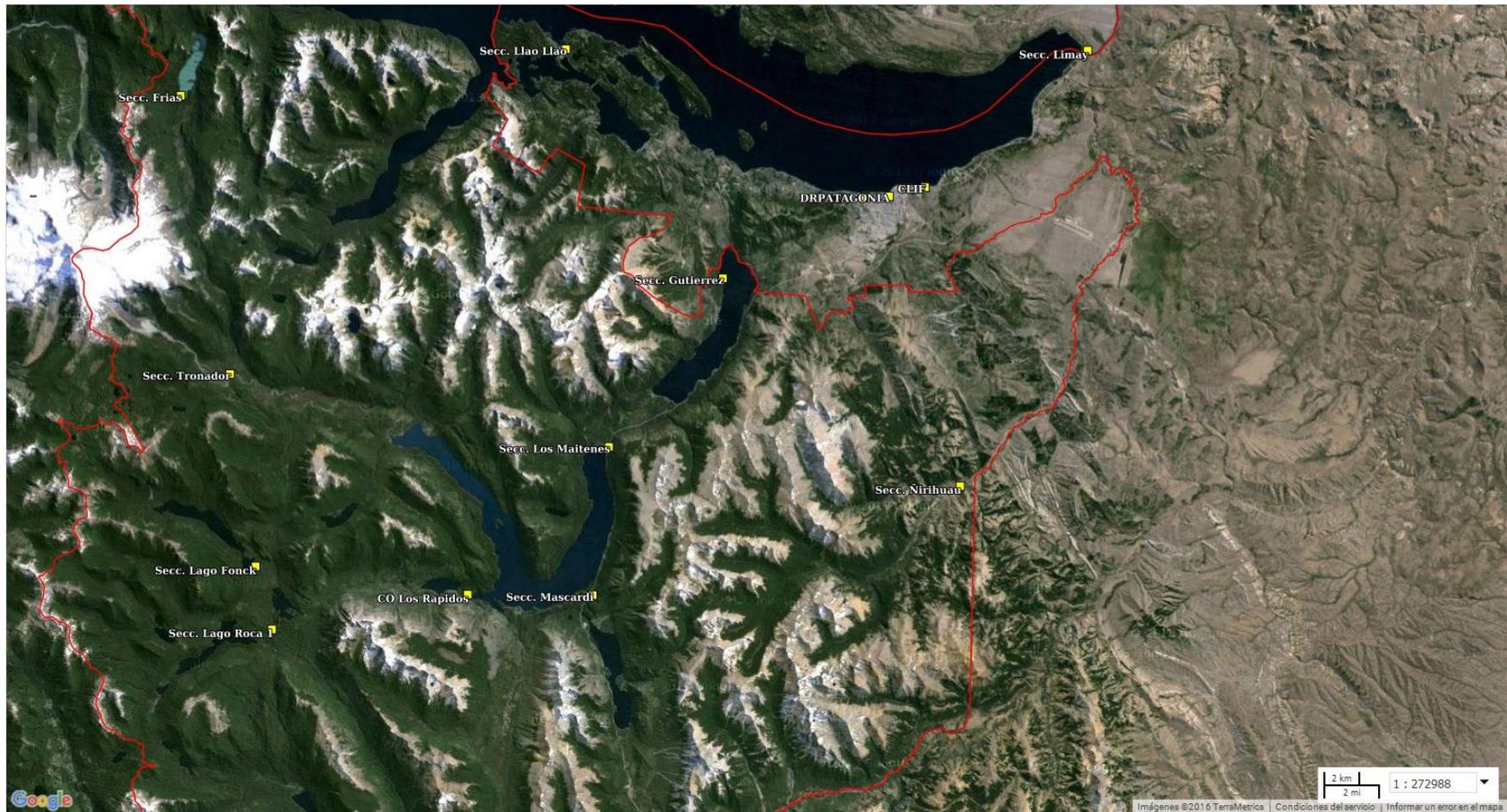


Figura 79: Límites Parque Nacional Nahuel Huapi. Fuente: SIB



Figura 80: Talud B_03, luego del incendio. Fuente: Google Earth

ANEXO II: Especies



Figura 1: *Acaena splendens*, aspecto general. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 2: *Acaena splendens*, detalle de las hojas. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 3: *Acaena splendens*, rama con inflorescencias. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 4: *Acaena splendens*, detalle de la infrutescencia. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 5: *Baccharis magellanica*, aspecto general. Fuente: G. Calabrese



Figura 6: *Baccharis magellanica*, detalle de las hojas. Fuente: G. Calabrese



Figura 7: *Baccharis magellanica*, planta con frutos. Fuente: G. Calabrese



Figura 8: *Baccharis patagonica*, aspecto general. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 9: *Baccharis patagonica*, ramas y capítulos masculinos. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 10: *Baccharis patagonica*, detalle de los capítulos. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 11: *Baccharis patagonica*, ramas con flores femeninas. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion.



Figura 12: *Berberis empetrifolia*, aspecto general. Fuente: G. Calabrese



Figura 13: *Berberis empetrifolia*, detalle de las ramas. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 14: *Berberis empetrifolia*, detalle de las hojas, espinas y flores. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 15: *Berberis empetrifolia*, detalle del fruto. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 16: *Berberis microphylla* creciendo espontáneamente en talud. Fuente: G. Calabrese



Figura 17: *Berberis microphylla*, detalle de las ramas. Fuente: Instituto de Botánica



Figura 18: *Berberis microphylla*, detalle de las hojas, espinas y flores. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 19: *Berberis microphylla*, detalle del fruto. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 20: *Cortaderia araucana*, aspecto general. Fuente: SIB



Figura 21: *Embothrium coccineum*, aspecto general. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 22: *Embothrium coccineum*, detalle de las hojas. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 23: *Embothrium coccineum*, detalle de las flores. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 24: *Embothrium coccineum*, detalle de los frutos. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 25: *Escallonia rubra*, ramas y flores. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 26: *Escallonia rubra*, detalle de las flores. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 27: *Escallonia virgata*, aspecto general. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 28: *Escallonia virgata*, detalle de las ramas. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 29: *Escallonia virgata*, detalle de las flores. Fuente: Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 30: *Fabiana imbricata*, aspecto general. Fuente: G. Calabrese



Figura 31: *Fabiana imbricata*, detalle de las ramas. Fuente: G. Calabrese



Figura 32: *Haplopappus glutinosus*, aspecto general. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 33: *Haplopappus glutinosus*, aspecto general con flores. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 34: *Haplopappus glutinosus*, detalle de los capítulos. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 35: *Haplopappus glutinosus*, detalle de las hojas. Fuente: G. Calabrese



Figura 36: *Maytenus chubutensis*, aspecto general. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 37: *Maytenus chubutensis*, ramas y frutos. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion



Figura 38: *Maytenus chubutensis*, detalle de las hojas. Fuente: Instituto de Botánica Darwinion