



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**"ANÁLISIS DE LAS INTENSIDADES DE LOS SISMOS DEL
21/MARZO/1947, 28/MARZO/1965, 26/SEPTIEMBRE/1967, 08/JULIO/1971,
12/NOVIEMBRE/1974, 04/JUNIO/1975, 14/OCTUBRE/1997, Y SU RELACION CON LA
PLACA DE NAZCA Y EFECTOS LOCALES"**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

JORGE GUSTAVO ACEVEDO SALGADO

**PROFESOR GUIA:
RODOLFO SARAGONI HUERTA**

**MIEMBROS DE LA COMISION:
ADOLFO OCHOA LLANGATO
MANUEL ARANEDA CABRERA**

**SANTIAGO DE CHILE
2021**

RESUMEN DE LAMEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Ingeniero Civil

POR: Jorge Gustavo Acevedo Salgado

FECHA: Enero, 2021

PROFESOR GUÍA: Rodolfo Saragoni Huerta

PROFESOR CO-GUÍA: Adolfo Ochoa LLangato

PROFESOR COMISIÓN: Manuel Araneda Cabrera

"ANALISIS DE LAS INTENSIDADES DE LOS SISMOS DEL 21/MARZO/1947, 28/MARZO/1965, 26/SEPTIEMBRE/1967, 08/JULIO/1971, 12/NOVIEMBRE/1974, 04/JUNIO/1975, 14/OCTUBRE/1997, Y SU RELACION CON LA PLACA DE NAZCA Y EFECTOS LOCALES"

El presente estudio plantea analizar las intensidades registradas por la sismicidad en los últimos 53 años del siglo recién pasado (años 1947 a 2000) en la porción continental del país, en torno a la cuenca del Río Aconcagua, curso que cruza nuestro país en sentido este a oeste, desde la Cordillera de Los Andes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, en una zona donde coincidentemente cambia la morfología en superficie, el ángulo con el cual subduce la Placa de Nazca bajo la Corteza Continental Americana, y subduce la cordillera submarina de Juan Fernández frente las costas chilenas, todo en una franja más bien estrecha en torno a los 33° de latitud sur. En mayor detalle, se tiene que en torno a la latitud 33°S, la morfología en superficie pasa de la zona de los cordones transversales a la dominancia del valle central, el ángulo de subducción de la Placa de Nazca se vuelve subhorizontal al sur de los 33°, y se tiene que en un lapso de 60 años se han producido 6 sismos de magnitud importante, con epicentro en la porción continental del país, entre los 32°10'S y los 33°12'S de latitud. Respecto de intensidades, se plantea realizar un análisis de las intensidades registradas para sismos de magnitud mayor o igual a 5.0 ($M_b \geq 5.0$) con epicentro en la zona continental del país, entre las latitudes 31°S a 34°S, basada en una recopilación de los sismos de magnitud $M_b \geq 5.0$ ocurridos entre los años 1947 y 2000, más un análisis de las intensidades reportadas para los sismos principales ocurridos alrededor de estos mismos años, y en particular para los eventos de mayor magnitud ocurridos en los años 1947, 1965, 1967, 1971, 1974, 1975 y 1997, los cuales dan el título a este estudio. A partir del cruce de información de intensidades reportadas a nivel de localidad para cada uno de los sismos principales detallados, con su ubicación geográfica, antecedentes geológicos, geotécnicos, de mecánica de suelos disponibles, se pretende establecer las leyes de decaimiento de la intensidad en roca en función de la distancia hipocentral, más el incremento de intensidad asociado la presencia de depósitos superficiales para cada localidad. Como resultado se entregan resúmenes de la información recopilada, tales como reportes de intensidades, información geológica y de mecánica de suelos por cada localidad, junto a la ubicación geográfica, datos hipocentrales, e imágenes satelitales mostrando la morfología para cada localidad. Finalmente se obtienen incrementos de intensidad por localidad y tipo de depósito superficial, los cuales resultan en general concordantes con los obtenidos por estudios anteriores efectuados sobre la información de sismos costeros más recientes, por lo cual se espera este estudio aporte en la corroboración o ajuste de los incrementos de intensidades por tipo de depósito y localidad en base al análisis de las intensidades reportadas para sismos históricos ocurridos en la zona en estudio.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores y profesionales que han hecho posible este trabajo, y a todas esas hermosas y queridas personas quienes han aportado a completar este importante paso de vida, desde mis padres, hermanas y todos quienes me han apoyado en este camino hasta el día de hoy.

Especialmente al profesor Manuel Araneda Cabrera, por mantener el impulso y apoyo todos estos años, al profesor Rodolfo Saragoni Huerta por su interés y apoyo a este trabajo, y al profesor Adolfo Ochoa Llangato, por su más que oportuna gestión, trabajo y apoyo a este proceso. A todos ellos mi profundo agradecimiento.

Finalmente agradezco todo el aprendizaje obtenido en este proceso, desde el conocimiento y visión del tema, su evolución en el tiempo, y las conclusiones que se pudieron obtener finalmente.

TABLA DE CONTENIDO

1.0	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS GENERALES.....	1
1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.3	METODOLOGIA	2
2.0	ANTECEDENTES Y REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1	TECTONICA, MAGMATISMO Y SUBDUCCIÓN EN LA ZONA CENTRAL	4
2.1.1	TECTONICA, EVOLUCION DEL MAGMATISMO Y SUBDUCCION	4
2.1.2	PROFUNDIDAD DE CONTACTO SISMOGENICO	7
2.1.3	FUENTES SISMOGENICAS EN CHILE.....	8
2.1.4	DIFERENCIAS ENTRE SISMOS INTERPLACA E INTRAPLACA	10
2.2	MORFOLOGIA.....	12
2.2.1	MORFOLOGIA DE LA SUPERFICIE CONTINENTAL.....	12
2.2.2	MORFOLOGIA DEL MARGEN CONTINENTAL	16
2.3	GEOLOGIA.....	25
2.3.1	GEOLOGIA CONTINENTAL.....	25
2.3.2	GEOLOGIA DEL MARGEN CONTINENTAL.....	35
3.0	DEPOSITOS DE SUELOS SUPERFICIALES	37
4.0	FACTORES LOCALES INCIDENTES EN LA INTENSIDAD.....	51
4.1	ANTECEDENTES SOBRE FACTORES INCIDENTES EN LA INTENSIDAD.....	51
4.2	ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS ANALISIS SISMO PUNITAQUI 1997.....	52
4.3	ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS SOBRE INCREMENTOS DE LA INTENSIDAD SISMICA PARA SUELOS TIPO Y NIVEL FREATICO.....	59
5.0	SISMICIDAD HISTORICA.....	61
5.1	RECOPIACION DE INFORMACION PARA SISMICIDAD HISTORICA.....	61
5.2	ANALISIS DE SISMICIDAD HISTORICA.....	64
6.0	ANTECEDENTES PARA EVENTOS PRINCIPALES	68
6.1	PARAMETROS E INFORMACION GENERAL DE SISMOS PRINCIPALES.....	68
6.1.1	FUENTES DE INFORMACION.....	68
6.1.2	ESTIMACION DE LA LONGITUD DE RUPTURA	69
6.1.3	RESUMEN DE PARAMETROS BASICOS PARA SISMOS PRINCIPALES.....	69
6.2	SISMO DEL 21 DE MARZO DE 1947	75

6.3	SISMO DEL 28 DE MARZO DE 1965	76
6.4	SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967.....	79
6.5	SISMO DEL 08 DE JULIO DE 1971	84
6.6	SISMO DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1974	89
6.7	SISMO DEL 04 DE JUNIO DE 1975	90
6.8	SISMO DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997	91
7.0	ANALISIS INTEGRADO DE ANTECEDENTES	105
7.1	ANALISIS DE GEOLOGIA, SUELOS E INTENSIDAD POR LOCALIDAD, MAPAS DE INTENSIDADES	105
7.2	ANALISIS DECAIMIENTO DE LA INTENSIDAD Y AMPLIFICACION DE SUELOS	124
7.2.1	MODELOS PARA DETERMINACION DE DISTANCIAS EPICENTRALES E HIPOCENTRALES.....	124
7.2.2	EVALUACIÓN DEL DECAIMIENTO DE LA INTENSIDAD	127
7.2.3	ANALISIS DE DECAIMIENTO DE INTENSIDADES – MODELO A.....	129
7.2.4	ANALISIS DE DECAIMIENTO DE INTENSIDADES - MODELO B.....	136
7.2.5	ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	144
7.2.6	ANALISIS DE AMPLIFICACION DE INTENSIDAD POR DEPOSITOS DE SUELOS.....	145
8.0	DISCUSIÓN.....	159
9.0	CONCLUSIONES.....	164
	BIBLIOGRAFIA	166

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: ESQUEMA CON LOS DISTINTOS TIPOS DE FUENTES SISMOGENICAS EN CHILE	8
Figura 2: ESQUEMA DE TESIONES EN PLACA DE NAZCA SUBDUCTADA BAJO PLACA CONTINENTAL	9
Figura 3: MORFOLOGIA AL NORTE DE RIO PETORCA, ZONA DE LOS VALLES TRANSVERSALES	15
Figura 4: MORFOLOGIA ENTRE RIO PETORCA Y RIO ACONCAGUA, ZONA DE LAS CUENCAS TRANSICIONALES, MAS RELIEVE AL SUR DE RIO ACONCAGUA.....	15
Figura 5: SECCION TIPO ZONA DEPRESION INTERMEDIA (Fte.: Mapa Geomorfológico Chile Central)	16
Figura 6: DIAGRAMA DE BLOQUE ESQUEMATICO DEL MARGEN CONTINENTAL CONVERGENTE ACTIVO EN CHILE	17
Figura 7: MORFOLOGÍA TRIDIMENSIONAL DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE, PROYECCIÓN MERCATOR	18
Figura 8: MORFOLOGÍA TRIDIMENSIONAL DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE EN TORNO A LOS 33°S. PROYECCIÓN EN PLANTA Y PRINCIPALES RASGOS SUBMARINOS	19
Figura 9: MORFOLOGÍA TRIDIMENSIONAL DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE EN TORNO A LOS 33°S. ENCUENTRO CON DORSAL DE JUAN FERNANDEZ Y CAMBIO EN CURVATURA DE PLACA CONTINENTAL.	20
Figura 10: PRINCIPALES CAÑONES Y VALLES SUBMARINOS DEL MARGEN CONTINENTAL CENTRO-SUR DE CHILE. CON COLOR ROJO SE MUESTRAN LOS CAÑONES DE MAYOR IMPORTANCIA.	22
Figura 11: IMAGEN TRIDIMENSIONAL DE LAS PRINCIPALES FORMACIONES SUBMARINAS EN TORNO A LOS 33°S. FUENTE: REVISTA DE BIOLOGÍA MARINA Y OCEANOGRAFÍA, VERSIÓN ON-LINE ISSN 0718-1957, V.43 N.3 VALPARAÍSO, DICIEMBRE 2008.	23
Figura 12: (DERECHA) DETALLE DEL ÁREA DE LA BOCA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. CONTORNOS CADA 200M. (IZQUIERDA) MODELO 3D DEL ÁREA DE LA BOCA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. VISTA DE AZIMUT 250°, ELEVACIÓN 30°.	23
Figura 13: (DERECHA) DETALLE DEL ÁREA DE LA CABEZA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. CONTORNOS CADA 50M. (IZQUIERDA) MODELO 3D DEL ÁREA DE CABEZA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. VISTA DE AZIMUT 90°, ELEVACIÓN 25°.	24
Figura 14: (DERECHA) DETALLE DEL ÁREA DEL CAÑÓN SUBMARINO ACONCAGUA. CONTORNOS CADA 100M. (IZQUIERDA) MODELO 3D DEL ÁREA CERCANA A LA CABEZA DEL CAÑÓN ACONCAGUA. VISTA DE AZIMUT 315°, ELEVACIÓN 30°.....	24
Figura 15: MAPA GEOLOGICO DIGITAL DE CHILE, ENTRE LOS -70° A -72° Y ENTRE LOS -31° A -34°.....	25

Figura 16: MAPA GEOLOGICO DIGITAL DE CHILE, DETALLE ENTRE LOS -70° A -72° Y ENTRE LOS -32° A -34°	26
Figura 17: MAPA GEOLOGICO DIGITAL DE CHILE, SIMBOLOGIA	27
Figura 18: MAPA DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MAYORES DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE CENTRAL Y DE LA CORTEZA OCEÁNICA (PLACA DE NAZCA) ADYACENTE	36
Figura 19: RELACION EMPIRICA ENTRE LA DENSIDAD Y LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE LA ONDA COMPRESIONAL PARA ROCAS CHILENAS	39
Figura 20: ISOSISTAS EN ROCA DEL TERREMOTO DE PUNITAQUI DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997, ESCALA MSK (FUENTE: DÍAZ, 2001)	54
Figura 21: ISOSISTAS EN DEPÓSITOS SUPERFICIALES DEL TERREMOTO DE PUNITAQUI DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997, ESCALA MSK (Fuente: Díaz, 2001)	55
Figura 22: SISMICIDAD HISTÓRICA DESDE 1730 A 2015, EPICENTROS Y LONGITUDES DE RUPTURA	62
Figura 23: SISMOS DE MAGNITUD $M_b / M_s \geq 5.0$, ENTRE LOS AÑOS 1950 A 2000	66
Figura 24: PROFUNDIDAD HIPOCENTRAL PARA SISMOS MAGNITUD M_b o $M_s \geq 5.0$ ENTRE LOS AÑOS 1950 A 2000	67
Figura 25: PROYECCIÓN DE HIPOCENTROS PARA SISMOS PRINCIPALES, SEGÚN LATITUD Y LONGITUD	72
Figura 26: UBICACIÓN DE EPICENTROS PARA SISMOS PRINCIPALES Y SU ENTORNO TECTONICO.	74
Figura 27: SISMICIDAD MENSUAL PARA OCTUBRE 1997 EN LA REGIÓN DE COQUIMBO (Servicio Sismológico de la Universidad de Chile)	93
Figura 28: EPICENTROS PARA SISMOS OCURRIDOS EN 1997, ISOSISTAS PRELIMINARES Y ACELERACIONES HORIZONTALES (Díaz, 2001; Pardo et al., 2000).	93
Figura 29: EPICENTROS, MECANISMOS DE FOCO Y PROYECCIÓN VERTICAL PARA SISMOS DE MAGNITUD >5.0 ENTRE 1997 Y 1998 (Díaz, 2001, Pardo et al., 2000) ..	94
Figura 30: REGISTRO DE ACELERACIONES PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, ILLAPEL (Boroschek, Pozo, León, 2004)	96
Figura 31: REGISTRO DE ACELERACIONES PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, PAPUDO (Boroschek, Pozo, León, 2004)	97
Figura 32: REGISTRO DE ACELERACIONES PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, SANTIAGO (Boroschek, Pozo, León, 2004).....	98
Figura 33: ESPECTRO DE RESPUESTA PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, ILLAPEL (Boroschek, Pozo, León, 2004)	99
Figura 34: ESPECTRO DE RESPUESTA PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, PAPUDO (Boroschek, Pozo, León, 2004)	100
Figura 35: COLAPSO DE MUROS EN UNA VIVIENDA DE ADOBE, EN LA CIUDAD DE PUNITAQUI.....	101

Figura 36: GRIETAS EN VIVIENDAS SOCIALES CONSTRUIDAS CON ALBAÑILERÍA DE BLOQUES, UBICADAS EN LA PARTE ALTA DE OVALLE, HACIA LA SALIDA A LA SERENA.	101
Figura 37: DAÑOS EN UN EDIFICIO DE ALTO OVALLE.....	102
Figura 38: DAÑOS EN LA CAJA DEL ASCENSOR EN UN EDIFICIO DE OVALLE...	102
Figura 39: DERRUMBE EN LA RUTA QUE UNE LOS VILOS CON ILLAPEL.	102
Figura 40: COLAPSO DE UNA DE LAS CEPAS DEL PUENTE EL TENIENTE EN LA RUTA 5 NORTE, DEBIDO AL TERREMOTO DE PUNITAQUI. EN LA ESQUINA INFERIOR IZQUIERDA SE OBSERVA EL PUENTE MECANO PUESTO POR EL COLAPSO DEL ESTRIBO NORTE A CAUSA DE LOS TEMPORALES ANTERIORES AL TERREMOTO.	102
Figura 41: GRIETAS EN EL CORONAMIENTO DEL EMBALSE COGOTI (Pinos, 2000).	102
Figura 42: DEFORMACIONES EN EL CORONAMIENTO DEL EMBALSE COGOTI (Pinos, 2000).	102
Figura 43: GRIETAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN EN EL HOSPITAL DE ILLAPEL.	103
Figura 44: ARRANQUE DE PERNOS EN EL HOSPITAL DE ILLAPEL.	103
Figura 45: DAÑO EN COLUMNA CORTA DEL PISO MECÁNICO EN EL HOSPITAL DE COQUIMBO (Astrosa, 2001).	103
Figura 46: DAÑOS EN UNA DE LAS ESCALERAS DEL HOSPITAL DE COQUIMBO (Astrosa, 2001).	103
Figura 47: FALLA EN ESTANQUES DE ACERO.....	103
Figura 48: FALLA EN ESTANQUES DE ACERO.....	103
Figura 49: COLAPSO DEL TRANQUE DE RELAVES, PLANTA EL MAITÉN.....	104
Figura 50: COLAPSO DEL TRANQUE DE RELAVES, PLANTA EL ALGARROBO.....	104
Figura 51: COLAPSO DEL TANQUE DE RELAVE, PLANTA DON ARTURO EN LA QUEBRADA MARQUESA.....	104
Figura 52: COLAPSO DEL TRANQUE DE RELAVE, PLANTA EL ROMERO EN ILLAPEL.	104
Figura 53: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 21 DE MARZO DE 1947	107
Figura 54: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 28 DE MARZO DE 1965	110
Figura 55: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967....	115
Figura 56: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 09 DE JULIO DE 1971	117
Figura 57: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 12 DE NOVIEMBRE DE 1974	120
Figura 58: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 04 DE JUNIO DE 1975	123
Figura 59: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947	129

Figura 60: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965	130
Figura 61: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967	132
Figura 62: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971	133
Figura 63: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974	134
Figura 64: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975	135
Figura 65: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947	137
Figura 66: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965	138
Figura 67: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967	140
Figura 68: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971	141
Figura 69: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974	142
Figura 70: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975	143

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: DIFERENCIAS ENTRE SISMOS INTERPLACA E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA.....	11
TABLA 2: RECOPIACION SUELOS INFORME “PROJECT OF GEOLOGICAL SURVEY OF STRONG - MOTION SITE IN CENTRAL CHILE”	40
TABLA 3: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 1 de 4	42
TABLA 4: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 2 de 4	43
TABLA 5: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 3 de 4	44
TABLA 6: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 4 de 4	45
TABLA 7: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 1 de 447	
TABLA 8: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 2 de 448	
TABLA 9: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 3 de 449	
TABLA 10: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 4 de 4	50
TABLA 11: INCREMENTOS DE LA INTENSIDAD SISMICA PARA CATEGORIAS BASICAS DE SUELOS, A PARTIR DE DATOS MACROSISMICOS (Medvedev, 1965)	60
TABLA 12: INCREMENTOS DE INTESIDAD SISMICA, SEGÚN CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE FUNDACION, SISMO DEL 3 DE MARZO DE 1985 (Astroza y Monge, 1989)	60
TABLA 13: VARIACIONES DEL GRADO DE INTENSIDAD SISMICA CON LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (Medvedev, 1965).....	60
TABLA 14: RESUMEN DE ANTECEDENTES BÁSICOS PARA SISMOS PRINCIPALES EN ESTUDIO.....	70
TABLA 15: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 21 DE MARZO DE 1947 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)	75
TABLA 16: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 28 DE MARZO DE 1965.....	77
TABLA 17: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 28 DE MARZO DE 1965 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)	78
TABLA 18: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (1 de 3).....	81

TABLA 19: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (2 de 3).....	82
TABLA 20: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (3 de 3).....	83
TABLA 21: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)	83
TABLA 22: DATOS CATALOGO DE INTENSIDADES CERESIS (Ceresis, 2006).....	85
TABLA 23: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 08 DE JULIO DE 1971	86
TABLA 24: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 08 DE JULIO DE 1971 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)	86
TABLA 25: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1974 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)	89
TABLA 26: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 04 DE JUNIO DE 1975 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)	90
TABLA 27: ACELERACIONES MÁXIMAS POR ESTACIÓN PARA EL SISMO PUNITAQUI DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997 (Díaz, 2001; Pardo Et .al., 2000).....	95
TABLA 28: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 21 DE MARZO DE 1947	106
TABLA 29: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 28 DE MARZO DE 1965 (1 de 2).....	108
TABLA 30: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 28 DE MARZO DE 1965 (2 de 2).....	109
TABLA 31: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (1 de 4).....	111
TABLA 32: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (2 de 4).....	112
TABLA 33: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (3 de 4).....	113
TABLA 34: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (4 de 4).....	114
TABLA 35: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 09 DE JULIO DE 1971	116
TABLA 36: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 12 DE NOVIEMBRE DE 1974 (1 de 2)	118
TABLA 37: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 12 DE NOVIEMBRE DE 1974 (2 de 2)	119

TABLA 38: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 04 DE JUNIO DE 1975 (1 de 2)	121
TABLA 39: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 04 DE JUNIO DE 1975 (2 de 2)	122
TABLA 40: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 21 MARZO 1947	129
TABLA 41: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947	129
TABLA 42: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 28 MARZO 1965	130
TABLA 43: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965	130
TABLA 44: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967	131
TABLA 45: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967	131
TABLA 46: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967	132
TABLA 47: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 09 JULIO 1971	133
TABLA 48: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971	133
TABLA 49: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974	134
TABLA 50: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974	134
TABLA 51: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 04 JUNIO 1975	135
TABLA 52: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975	135
TABLA 53: LONGITUDES DE RUPTURA PARA SISMOS PRINCIPALES EN ESTUDIO	136
TABLA 54: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 21 MARZO 1947	137
TABLA 55: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947	137
TABLA 56: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 28 MARZO 1965	138
TABLA 57: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965	138

TABLA 58: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967	139
TABLA 59: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967.....	139
TABLA 60: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967.....	140
TABLA 61: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 09 JULIO 1971	141
TABLA 62: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971.....	141
TABLA 63: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974.....	142
TABLA 64: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974	142
TABLA 65: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 04 JUNIO 1975.....	143
TABLA 66: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975	143
TABLA 67: RESUMEN TIPO ECUACION Y FACTOR DE CORRELACION R^2 PARA CURVAS DE DECAIMIENTO EN ROCA.....	144
TABLA 68: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD – METODO A (1 de 3).....	146
TABLA 69: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD – METODO A (2 de 3).....	147
TABLA 70: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD – METODO A (3 de 3).....	148
TABLA 71: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD – METODO B (1 de 3).....	149
TABLA 72: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD – METODO B (2 de 3).....	150
TABLA 73: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD – METODO B (3 de 3).....	151
TABLA 74: DIFERENCIAS EN INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ENTRE MODELO A Y MODELO B.....	153
TABLA 75: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS EN FUNCION DE DEPOSITOS GEOLOGICOS.....	154
TABLA 76: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (1 de 4).....	155
TABLA 77: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (2 de 4).....	156

TABLA 78: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (3 de 4).....157

TABLA 79: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (4 de 4).....158

1.0 INTRODUCCIÓN

El presente estudio nace a partir de la necesidad de verificar las deducciones establecidas respecto del origen de sismos de gran magnitud, con epicentro en la zona continental de Chile central, dada la forma que al inicio de este estudio se había determinado para las curvas isosistas, fuertemente orientadas en sentido este-oeste, asociado al hecho que entre las latitudes 31° a 33°33' la Placa de Nazca cambia su ángulo de subducción, discontinuidad extensamente estudiada mediante las profundidades y mecanismos focales de los sismos que se producen en esta parte del país, y al cambio de la morfología en el margen continental en torno a la misma latitud, donde el relieve cambia en sentido norte – sur, pasando de la zona de valles transversales a la zona de valle central.

Actualmente y dada la generación de múltiples estudios relacionados y el conocimiento acerca de la forma en la cual se produce el cambio de ángulo en la zona subductada de la Placa de Nazca en la zona referida, acerca de la tectónica en la zona en estudio, y de los factores locales que impactan en la determinación de la intensidad en un determinado punto, tales como la conformación geológica, profundidad de roca, naturaleza de los depósitos superficiales, y la conformación morfológica superficial, es que las conclusiones que se pueden establecer hoy son más contundentes respecto de las curvas isosistas.

Luego la motivación principal para completar este estudio es el generar un aporte al conocimiento respecto de la influencia de los fenómenos locales en la intensidad determinada en superficie para sismos de gran magnitud, pero en esta ocasión a partir de la información histórica recopilada para sismos ocurridos en la zona de estudio durante los últimos años del siglo pasado, entre los años 1947 y 2000, y analizar su correlación con estudios realizados para sismos más recientes, lo cual se espera permita expandir temporalmente las conclusiones obtenidas por estudios anteriores.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

El presente estudio tiene como objetivo analizar las intensidades que generan las curvas isosistas para los sismos indicados en el título de este trabajo, y lograr establecer su forma.

Para esto se estima necesario entender la tectónica y procesos orogénicos, así como las fuentes sismogénicas en la zona de transición del ángulo de subducción de la placa de Nazca.

En seguida se plantea analizar los efectos locales de suelos, en las intensidades reportadas para los seis sismos principales, indicado en el título de este trabajo. Para cumplir con este objetivo se analizará la morfología, geología y antecedentes de mecánica de suelos que incidan en la determinación de las intensidades observadas para los estos sismos.

A partir de lo anterior se pretende aumentar el conocimiento disponible para evaluar el impacto de factores locales en la intensidad, a través de agregar un mayor espacio de tiempo analizado.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la transición de la placa de Nazca desde subducción escalonada a subhorizontal, en torno a los 33°S, a partir de información bibliográfica.
- Analizar la sismicidad histórica a partir de los sismos de magnitud $M_b \geq 5.0$, ocurridos entre los años 1947 y 2000 en el área continental de Chile central, entre las latitudes 31° S a 34° S.
- Establecer los factores locales de mayor importancia en la determinación de la intensidad para un sismo dado.
- Establecer las variaciones en el valor de la intensidad asociada a efectos locales de suelo.
- Comparar los resultados obtenidos con los generados por estudios similares para sismos más recientes.
- Entregar una recopilación de información de registros históricos de intensidades y los conocimientos generados por estudios considerados relevantes respecto de la tectónica y subducción en la zona en estudio.

1.3 METODOLOGIA

Para cumplir con los objetivos planteados, se aplica la metodología que sigue:

- I. Recopilación de data histórica e intensidades reportadas para los sismos principales motivo de este estudio, los cuales corresponden a los siguientes eventos:
 - Petorca, del 21/MARZO/1947.
 - La Ligua, del 28/MARZO/1965.
 - Santiago, del 26/SEPTIEMBRE/1967.
 - Papudo, del 08/JULIO/1971.
 - Llay-Llay, del 12/NOVIEMBRE/1974.
 - La Ligua, del 04/JUNIO/1975.

Para esto se estima necesario recurrir a postales de registro históricas, data en redes telesísmicas y antecedentes de estudios previos.

- II. Recopilación de data desde fuentes de redes telesísmicas acerca de la sismicidad histórica en la zona en estudio, entre los años 1947 a 2000, con intensidad mayor o igual a 5.0 ($M_b \geq 5.0$) y análisis de esta información.
- III. Recopilación de antecedentes en estudios acerca de sismos de importancia cercanos a la zona en estudio: Sismos del 14 de octubre de 1997, y del 16 de septiembre del 2015.
- IV. Incorporación de antecedentes disponibles acerca de:
 - Tectónica y características de la subducción en la zona en estudio.
 - Morfología de la zona en estudio y morfología para cada localidad con intensidades reportadas.

- Geología regional y local para localidades con intensidades reportadas.
 - Naturaleza de los depósitos de suelos superficiales y profundidad del basamento rocoso.
- V. Luego, para cada uno de los sismos principales motivo de este estudio, se realizará un cruce de las intensidades registradas para cada localidad, con la determinación de la distancia hipocentral más las características geológicas, presencia de roca, y caracterización geotécnica de los suelos en rellenos superficiales. En base a lo anterior se modelarán las leyes de decaimiento de intensidad en roca en función de la distancia hipocentral para cada sismo principal, y luego se establecerán las diferencias de intensidades respecto de la intensidad en roca, por la presencia de depósitos de suelos superficiales, para cada localidad con intensidades reportadas.
- VI. Se discutirán los resultados obtenidos en términos de incrementos de la intensidad para los distintos tipos de depósitos y localidades, los cuales serán comparados con los resultados de estudios similares efectuados, para otros sismos de importancia más contemporáneos.
- VII. Finalmente se buscarán las conclusiones de este proceso, tales que puedan representar un aporte al mejor entendimiento de las tendencias observadas.
-

2.0 ANTECEDENTES Y REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 TECTONICA, MAGMATISMO Y SUBDUCCIÓN EN LA ZONA CENTRAL

2.1.1 TECTONICA, EVOLUCION DEL MAGMATISMO Y SUBDUCCION

Respecto de los aspectos orogénicos en la zona central del país, en relación con la forma de la subducción de la Placa de Nazca, su evolución y efectos en la morfología y del margen continental, se han recopilado los antecedentes expuestos en el ANEXO 1, donde se entregan resúmenes más detallados de los artículos consultados, incluyendo figuras entregadas en cada uno de estos estudios, los que ilustran los antecedentes que siguen.

En base a los antecedentes reunidos en el ANEXO 1, es posible extraer lo siguiente:

- I.** La placa de Nazca mantiene su avance en dirección al nor-este, en tanto la placa continental mantiene su desplazamiento hacia el oeste a menor velocidad que la Placa de Nazca. Como resultado de estos movimientos convergentes y la menor rigidez de la placa oceánica en relación a la placa continental, la Placa de Nazca subduce bajo el margen continental a una velocidad aproximada de 7 a 8cm/año. Esta velocidad se entiende como alta y está asociada al proceso de subducción de placas jóvenes.
- II.** En la zona de contacto sismogénico, las placas se encuentran fuertemente acopladas.
- III.** Entre los 27°S y los 33°S la placa oceánica subduce con un bajo ángulo respecto de la horizontal, del orden de los 10°, lo cual es denominado subducción subhorizontal. Al norte y sur de esta zona la placa horizontal subduce con ángulos del orden de los 30° respecto de la horizontal (25° a 30°) lo cual se denomina como subducción escalonada.
- IV.** En la zona de subducción litosférica subhorizontal, se tiene que la placa oceánica más allá de la zona de contacto penetra en la astenósfera con una velocidad aún bastante alta, y se postula que, al contactar la mesosfera, la placa subductada se comba y “flota” sobre la mesósfera. Producto de este fenómeno se genera una cuña astenosférica muy pequeña o no se desarrolla esta cuña astenosférica, razón por la cual no existe volcanismo cuaternario en la superficie de la placa continental, a diferencia de las zonas donde la placa oceánica subduce con ángulos mayores. Se dice que en esta zona la placa está muy cerca o en contacto con la parte inferior de la placa continental. Se tendría que, si el espacio entre la placa subductada y la parte inferior de la placa continental es muy delgado, las fuerzas hidrodinámicas cobran tal importancia que pueden balancear las fuerzas gravitacionales que actúan sobre la placa subductada mientras desciende. Se estima que el espesor actual del material astenosférico entre la placa subductada y la placa continental es menor a los 15 Km lo cual para estos efectos es una dimensión muy baja.
- V.** Se ha establecido que el espesor de la placa continental en su parte occidental es algo menor a los 130Km.
- VI.** Existe un gap sísmico entre los 320Km y los 525Km de profundidad bajo la zona continental, bajo la zona cordillerana de Los Andes y margen occidental de la pampa argentina.

- VII.** Soluciones de mecanismos focales para sismos de profundidad intermedia indican que la extensión en el sentido de la subducción domina en la placa de Nazca por más de 350 Km desde la zona de acoplamiento, luego la compresión en el sentido de la subducción domina a mayores profundidades.
- VIII.** La actual configuración de subducción subhorizontal y ausencia de volcanismo, no es una característica estable en el tiempo, sino el producto de un proceso de desplazamiento del arco volcánico hacia el este, al tiempo que se aplanaba el ángulo de subducción para la placa de Nazca y subducía la Dorsal de Juan Fernández. En detalle:
- a. Este cambio ocurrió a contar de unos 18 millones de años atrás, con la migración de frente volcánico principal hacia el este y la formación de centros volcánicos menores tras el arco principal; Luego entre los 11 y los 7,5 millones de años atrás el volcanismo migró rápidamente al este desde la Cordillera de Los Andes hacia las Sierras Pampeanas en Argentina, hasta llegar a unos 700 Km de distancia de la fosa marina; En este lugar el volcanismo andesítico ocurrió hasta alrededor de 5 a 4,9 millones de años atrás (última actividad volcánica en Pocho).
 - b. Inicialmente se sugería que el aplanamiento en el ángulo de subducción de la Placa de Nazca es debido a la subducción de la Dorsal de Juan Fernández. Un combamiento en la dorsal habría sido inducido hace unos 20 millones de años atrás, el cual hoy se proyecta en superficie al este de las Sierras Pampeanas. Este segmento habría pasado bajo la Cordillera de Los Andes hace unos 15 millones de años, bajo la Precordillera argentina alrededor de 10 millones años atrás, y bajo la región al norte de la Sierra de Córdoba hace 7 millones de años atrás, coetáneamente con un cambio en el tipo de rocas en la Cordillera Principal.
 - c. Se evidencia un engrosamiento de la corteza continental en la zona de subducción más cercana a la superficie.
 - d. Se tiene que el volcanismo en la zona de subducción plana está ausente en su parte oeste por la falta de calor suficiente para fundir el manto sobre la placa subductada, y en la parte este, porque la placa de Nazca ha perdido los componentes necesarios debido al tiempo que recorre los más de 700Km que separan este punto de la fosa marina, aun cuando las temperaturas son lo suficientemente altas como para producir fusión.
- IX.** Se ha establecido que el cambio en la pendiente en torno a los 33°S con la cual subduce la Placa de Nazca bajo el margen continental sudamericano, ocurre de manera suave y continua, pasando de una subducción con un ángulo en torno a los 30° a una subducción con bajo ángulo, subhorizontal. Ocurre un aplanamiento de la placa subductada hacia el sur, entre los 20°S y los 32°S, conformando una extensión horizontal similar a una playa entre los 100 y 125 Km de profundidad. Se aprecia eso si un cambio fuerte en las pendientes y curvaturas del modelo tridimensional en torno a los 33°S hasta los 150 Km de profundidad, manteniendo sin definir la geometría de la placa de Nazca más allá de esta profundidad, considerando que hasta los 150 Km de profundidad se ha establecido que la transición en torno a los 33°S ocurre de manera gradual y continua, de acuerdo a

publicación de Thomas Cahill y Bryan Isacks, noviembre de 1992, la cual se resume en ítem V del ANEXO 1.

- X.** Los cambios en la tectónica continental y el aplanamiento de la placa subductada corresponden a una acomodación geométrica, a la forma del borde de la placa Sudamericana, y por tanto se encuentran asociados más bien a un cambio abrupto en la curvatura de la Placa de Nazca, de convexa a cóncava hacia arriba inmediatamente debajo de la interfase de la placa, y esta geometría de la subducción es afectada por la curvatura de la placa continental, lo cual es explicado a través de la aplicación de la curvatura Gaussiana para la placa curvada. La polaridad de la curvatura vertical en la placa subductada es gobernada por la orientación de la curvatura lateral del margen de la placa continental. De esto se infiere que existe una superficie al interior de la placa de Nazca que permanece capaz de transmitir tensiones, lo cual permite a la placa subductada asumir una forma consistente con la curvatura Gaussiana, y es así como la placa en descenso responde al cambio de polaridad en la curvatura lateral del margen continental.
- XI.** Se tiene que la forma actual en el margen de la placa continental puede deberse a la tasa variable de sedimento a lo largo de este margen. En zonas de mayor actividad magmática y amplias planicies la cantidad de sedimento en la fosa marina es mucho mayor, que en regiones donde la subducción es subhorizontal. Considerando que la velocidad con la cual la placa subduce es más bien constante, y que el proceso de convergencia es la suma de la subducción y la deformación interplacas, las variaciones en la cantidad de sedimento en la fosa marina están relacionadas con variaciones en la subducción. En una subducción escalonada, la presencia de cuña astenosférica contribuye a incrementar el prisma de acreción por la generación de una mayor cantidad de sedimentos; Por otro lado, el incremento en la convexidad de la placa de Nazca hacia el mar, en sentido norte sur resulta en un menor ángulo de subducción, evacuando el material astenosférico entre la placa subductada y la placa continental, asociada a una menor transferencia de calor y menores tasas de generación de sedimentos, las cuales una vez más, dan origen a incrementos en la convexidad de la placa subductada.
- XII.** La placa de Nazca habría evolucionado desde su posición hipotética hace unos 12 millones de años atrás a la actual, pasando de una curvatura simple inicial a la configuración actual con varios tipos de curvatura, cóncava hacia el mar en zonas de subducción escalonada, y convexa hacia el mar en zonas de subducción subhorizontal, en directa correlación con la cantidad de sedimentos frente a la fosa marina. Esta configuración se esquematiza en la figura A1.15 en ANEXO 1.
- XIII.** Se tiene que gran parte del sistema orogénico de Los Andes, deformación y la presencia del arco volcánico tardío en las Sierras Pampeanas en Argentina, tendría origen en el cambio de la geometría y batimetría de la placa de Nazca subducida, especialmente en la subducción de la dorsal de Juan Fernández, mientras se generaba la subducción subhorizontal de la placa de Nazca frente a las costas chilenas.
- XIV.** Los efectos en las estructuras geomorfológicas oceánicas indican que la colisión de la dorsal de Juan Fernández con la fosa chilena se propagó de norte a sur, desde hace unos 18 millones de años a los 11 millones de años atrás.

- XV.** Las tasas de propagación del frente de fuerzas de plegamiento hacia el este pasaron de 2,5mm/año entre los 15 a 9 millones de años atrás, a 13,3 mm/año entre los 9 y 6 millones años atrás y a 13,7mm/año en las etapas más tardías entre los 5 y 2 millones de años atrás.
- XVI.** La datación y geometría de la onda de deformaciones hacia el este, a lo largo de la cordillera Principal de Los Andes, su parte Frontal y Precordillera en Argentina, se ajustan a un modelo en el cual la placa de Nazca subducida se aplanada y se aproxima a la superficie después del inicio del combamiento en la dorsal de Juan Fernández en el margen de la costa de Chile, hace unos 11 millones de años atrás.
- XVII.** El levantamiento de la Precordillera Argentina por inversión tectónica de fallas normales preexistentes y levantamiento de las Sierras Pampeanas en la vecindad de los 33°S ocurren desde hace unos 2,6 millones de años hasta el presente. Estudios con GPS indican una deformación activa en el frente de plegamiento de la Precordillera Argentina y en las Sierras Pampeanas, y la actividad magmática cesó en estas regiones hace unos 8,6 millones de años y 1,9 millones de años respectivamente.
- XVIII.** El volcanismo más reciente ocurrió a más de 750 Km al este de la fosa marina, a partir del cual se ha determinado una estrecha relación entre la propagación al este del arco magmático, la formación de nuevas zonas de transición de elementos frágiles a dúctiles como función de la generación de calor, y la deformación orogénica.
- XIX.** El levantamiento y deformación en territorio argentino claramente siguen la propagación al este del arco magmático, lo cual implica que el levantamiento y la deformación están más bien relacionadas a un debilitamiento termal y a una anisotropía en la corteza, más que a fluctuaciones en tensiones compresivas horizontales. La propagación al este del magmatismo en los últimos 6 millones de años juega un importante rol en el debilitamiento de la corteza continental y en el desarrollo de transiciones de elementos frágiles a dúctiles, que permitieron el levantamiento de los bloques de basamento del núcleo bajo las Sierras Pampeanas.

2.1.2 PROFUNDIDAD DE CONTACTO SISMOGENICO

Un dato relevante, tomado de la memoria de Lazo, 2008, dice relación con la asociación espacial y temporal de volcanes y "plateaus" con zonas de subducción de gran ángulo, todo lo cual sugiere que la variación del ángulo de subducción afecta tanto la génesis del magma como la transferencia de calor hacia la superficie de la placa superior. La presencia de una cuña astenosférica, alineada a 75Km de profundidad bajo el alineamiento volcánico cuando este existe, gobernaría los procesos de generación de magma, y debilitamiento mecánico de la placa superior (Belmonte-Pool, 1997). Respecto de la profundidad del contacto sismogénico, y considerando que el cambio desde una zona acoplada a una desacoplada, debería estar relacionada con la transición desde una zona de grandes terremotos en una zona acoplada, a una zona de pequeños terremotos en una zona desacoplada, Tichelaar y Ruff (1991) concluyeron que para el caso de sismos con magnitud mayor a 6.0, existe un gran cambio en la máxima profundidad de acoplamiento en torno a los 28°S, y que al sur de esta latitud, la zona sísmicamente acoplada se extiende a profundidades de entre 36Km a 41Km. Por otra parte, Suarez y

Comte (1993) indicaron que la máxima profundidad del acoplamiento sismogénico a lo largo de la zona de subducción de Chile se extiende consistentemente hasta los 50Km sin presentar variaciones apreciables a lo largo del rumbo de la fosa.

Complementariamente, en otras publicaciones se plantea que este contacto sismogénico ocurre en una zona inclinada de contacto interplacas, de unos 150Km de largo, en las cercanías de la zona en estudio por el norte (S. Barrientos, 2015).

2.1.3 FUENTES SISMOGENICAS EN CHILE

Respecto de Fuentes Sismogénicas a lo largo de Chile, se tiene que en nuestro caso estas fuentes son cuatro, y corresponden a las que se muestran en la figura 1 siguiente, y se indican con las letras A a la D, las que luego son descritas a continuación.

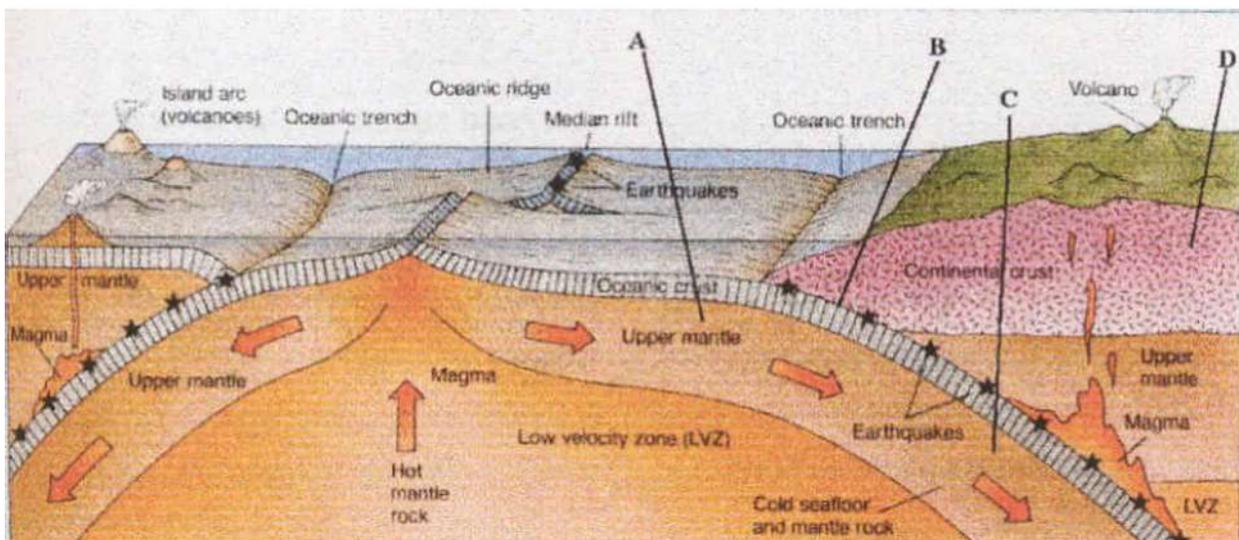


Figura 1: ESQUEMA CON LOS DISTINTOS TIPOS DE FUENTES SISMOGENICAS EN CHILE

Las fuentes sismogénicas que se muestran en la figura anterior son los siguientes:

- A. **Sismos en el Outer Rise**, corresponden a sismos costa afuera generados en el combamiento de la placa oceánica, por acumulación de compresiones y normalmente están asociadas a la acumulación de tensiones previa a la ocurrencia de un terremoto en el contacto interplacas.
- B. **Sismos de tipo interplaca**, se generan en la zona de contacto entre la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana, asociados a epicentros costeros y se caracterizan por alcanzar grandes magnitudes, incluyendo eventos de mayor magnitud a nivel mundial.
- C. **Sismos de tipo intraplaca**, son aquellos que se producen en el interior de la placa de Nazca que subduce bajo la placa continental Sudamericana, y se generan por efecto de flexiones, desacoplamiento, peso de la placa oceánica mientras subduce, y cambios de fase de minerales (Belmonte-Pool, 1997) lo cual genera anomalías de tensiones en el interior de la placa, la cuales inducen localmente estados tensionales o compresionales. Estos eventos tienen hipocentros en la

zona continental con profundidades de foco intermedias y profundas (Leyton, 2001; Lazo, 2008).

- D. **Sismos de tipo cortical**, se originan en el interior de la placa continental Sudamericana, a profundidades no mayores a los 30Km y por lo general presentan mecanismos de falla de rumbo, aunque pueden tener algunos mecanismos de tipo compresivo y también puede estar asociados a volcanes. Estos sismos por lo regular son de magnitudes pequeñas e intermedias, sin embargo, pueden generar severos daños en las poblaciones cercanas al epicentro debido a su poca profundidad hipocentral (Lazo, 2008)

Las fuentes sismogénicas A a la D anteriores, corresponden todas a fuentes de origen tectónico. A las fuentes de origen tectónico, se pueden sumar las fuentes de origen volcánico, de colapso como en el caso de minas o cavernas, y las generadas por el hombre, por ejemplo, a partir de explosiones subterráneas.

En la figura siguiente se muestra un esquema de los esfuerzos presentes en la placa de Nazca en el proceso de subducción, con mayor detalle en la fuerzas o tensiones actuantes en el segmento de la placa ya subductada, más allá de la zona de contacto con la placa continental. De este esquema se infiere que la placa subductada se encuentra sometida a esfuerzos predominantemente tensionales inmediatamente después de haber pasado por la zona de contacto interplacas, y esta condición se mantendría en su avance bajo la placa continental, hasta alcanzar profundidades tales que hagan prevalecer los esfuerzos del tipo compresionales.

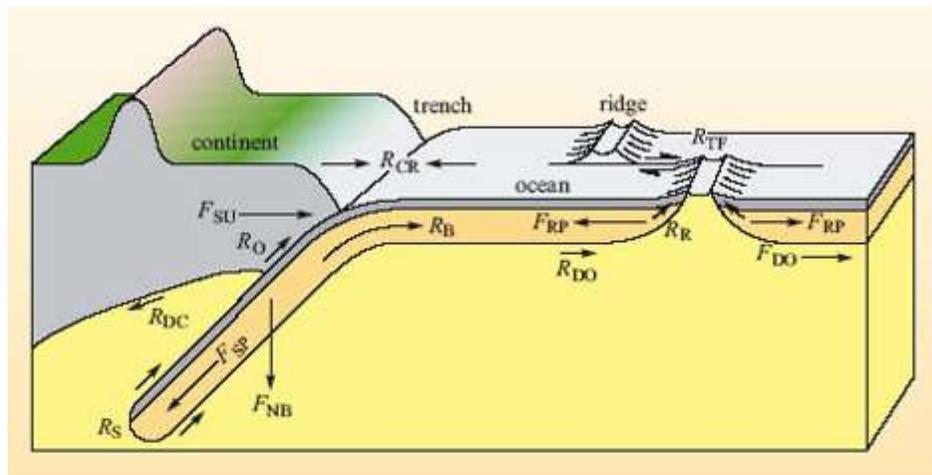


Figura 2: ESQUEMA DE TENSIONES EN PLACA DE NAZCA SUBDUCTADA BAJO PLACA CONTINENTAL

En la figura 2 anterior, las fuerzas con denotadas con la letra "F" corresponden a fuerzas que propenden al movimiento de subducción, mientras que con la letra "R" se denotan fuerzas que se oponen o resisten al movimiento de subducción.

En detalle:

F_{DO}: Fuerza oceánica, generada por el movimiento más rápido de la astenósfera.

- R_{DO}: Fuerza de arrastre oceánica, generada en el contacto con la astenósfera, cuando la placa y la astenósfera se desplazan en sentidos opuestos.
- R_{DC}: Fuerza de arrastre bajo la placa continental.
- F_{RP}: Fuerza de empuje generada en las mesodorsales oceánicas, que empuja la placa oceánica.
- R_R: Resistencia friccional de la placa asociada a rotura de placa recién generada.
- R_{TF}: Resistencia de falla transformada, a lo largo de la falla entre segmentos de placa.
- F_{NB}: Fuerza boyante negativa, asociada a la acción gravitatoria sobre la placa subductada.
- F_{SP}: Slab-Pull; Componente de la fuerza gravitatoria actuando en la dirección descenso transmitida a la placa subductada.
- R_S: Slab Resistance o Resistencia de Punta; Resistencia al descenso de la placa, asociada al arrastre friccional sobre la punta, parte superior e inferior de la placa, asociada a la viscosidad del manto al ser desplazado.
- R_B: Bending Resistance; Resistencia debido a la flexión necesaria en la placa previa al inicio del deslizamiento del segmento bajo la placa continental.
- R_O: Resistencia por fricción de la placa subductada con la placa continental, en el contacto sismogénico entre ambas placas.
- F_{SU}: Fuerza de succión generada por el sedimento en la fosa marina, generada sobre el contacto entre la placa subductada y la placa continental. Esta fuerza favorece el proceso de subducción.
- R_{CR}: Collisional Resistance / Fuerza de Choque; Resistencia generada por la colisión de las placas y el proceso de deformación asociado.

2.1.4 DIFERENCIAS ENTRE SISMOS INTERPLACA E INTRAPLACA

(Lazo, 2008) Los sismos de tipo interplaca e intraplaca de profundidad intermedia se diferencian en varios aspectos: en su intervalo de recurrencia, el cual es mayor en un evento intraplaca; en la caída de tensión que es más alta en un evento intraplaca; en la profundidad del foco, los sismos intraplaca de profundidad intermedia son más profundos, entre 60Km a 100Km, debido a que ocurren bajo el contacto interplacas y al interior de la placa que subduce; los sismos interplacas suelen tener epicentros marítimos o costeros, mientras que los del tipo intraplaca de profundidad intermedia presentan epicentros continentales; a igual momento sísmico, la frecuencia de esquina y la energía sísmica liberada en los sismos intraplaca de profundidad intermedia es mayor que en los eventos interplaca; la razón entre la energía sísmica y el momento sísmico es un orden de magnitud mayor en un sismo intraplaca, lo cual quiere decir que para igual momento sísmico, el largo de ruptura es mayor en un evento interplaca (Scholz et al., 1986, Silva, 2003); los terremotos del tipo intraplaca a distancias y magnitudes comparables son más destructivos en las proximidades del epicentro; finalmente, en relación a la eventual ocurrencia de tsunamis, considerando que estos son producidos por cambios bruscos en la componente vertical con la que oscila el fondo marino provocados por un terremoto de gran magnitud con epicentro costero o próximo a la costa, este tipo de fenómenos están asociados a terremotos del tipo interplaca, que provocan un cambio en el fondo marino.

En la tabla siguiente se entrega un resumen con las principales diferencias entre estos dos tipos de fuente sismogénica (Norambuena 2006).

TABLA 1: DIFERENCIAS ENTRE SISMOS INTERPLACA E INTRAPLACA DE PROFUNDIDAD INTERMEDIA
(Norambuena 2006)

CARACTERÍSTICA	INTERPLACA	INTRAPLACA
Tipo de Mecanismo	Subducción tipo compresional (thrust).	Subducción de profundidad intermedia (compresional o tensional).
Profundidad de foco	Superficial, en el contacto de las placas.	Intermedia, bajo el contacto de las placas, en el interior de la placa que subducta.
Ubicación del epicentro	Marítimo.	Continental.
Réplicas	Muchas réplicas.	Pocas réplicas.
Caída de Tensión	Baja caída de tensión.	Alta caída de tensión.
Tsunami	Presencia de Tsunami para eventos de gran magnitud ($M_w > 7.5$).	Ausencia de Tsunami.
Contenido de frecuencias	Menor contenido de alta frecuencia. Menor cantidad de cruces por cero.	Mayor contenido de alta frecuencia. Mayor cantidad de cruces por cero.
Aceleraciones	Menores aceleraciones, las cuales no decaen significativamente con la distancia.	Mayores aceleraciones, las cuales decaen significativamente con la distancia.
Intensidades	Menores intensidades y atenuación menor (daños menores que se extienden en áreas mayores).	Altas intensidades en la zona epicentral y rápida atenuación.
Orden de magnitud	Eventos grandes pueden presentar $M_w > 8$.	Grandes eventos pueden presentar $7 < M_w < 8$.

En el caso del presente estudio es necesario considerar estas características de acuerdo a las distintas fuentes sismogénicas, dado que los sismos principales en estudio son del tipo intraplaca.

2.2 MORFOLOGIA

2.2.1 MORFOLOGIA DE LA SUPERFICIE CONTINENTAL

Aun considerando que la placa continental presenta un margen emergido superficial y una parte sumergida la cual finalmente enfrenta a la placa oceánica subductada, en este punto se trata la morfología del margen continental emergido.

La zona en estudio se caracteriza por presentar dos tipos de relieve característicos y distintos entre sí (Ana Norambuena, Memoria de Título, 2006; Fuenzalida E., Humberto A., 1988):

- I. Al norte de los 33°S el relieve corresponde a la zona denominada “Región de las planicies Litorales y Cuencas del Sistema Montañoso Andino Costero” o de los “Valles Transversales”, la cual se extiende desde el río Elqui por el norte hasta el río Aconcagua por el sur. Es un territorio orográficamente difícil donde las unidades morfológicas fundamentales se restringen a dos grupos:
 - a. Las planicies litorales fluviales y marinas o ambas a la vez, ubicadas en la costa;
 - b. Región montañosa interior, donde la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes se confunden al estar unidas por una serie de cordones montañosos orientados en sentido este-oeste, conformando valles entre sus cumbres, por lo que en cuanto al relieve aparecen unidos, pero se distinguen litológicamente.
- II. El límite definido a los 33°S en torno al río Aconcagua es impreciso, al ser establecido sobre un conjunto de formas denominadas “Cuencas Transicionales”, las que aparecen entre La Ligua por el norte y el eje Montenegro-Runge-Polpaico por el sur.

La zona entre el Río Petorca y el Río Aconcagua, corresponde a la zona de las cuencas transicionales y resulta de interés por constituir una zona previa a la transición en la morfología del país en sentido norte-sur. En esta región las unidades distinguibles son la Cordillera de Los Andes, la Cordillera de La Costa, y las Plataformas o Planicies Litorales, en cuyo interior se inscriben valles y cuencas.

En mayor detalle las unidades indicadas pueden ser descritas como sigue:

- a. **Cordillera de Los Andes:** En esta región, este eje montañoso orientado en sentido norte-sur tiene alturas superiores a los 4.000 m, del cual derivan cordones montañosos que llegan a formar parte de la Cordillera de La Costa. El límite entre las dos cordilleras puede situarse en la franja entre la falla de Los Angeles y Pocuro. Los relieves de la cordillera en su parte alta denotan influencia de acciones glaciares tanto en el modelamiento como en los depósitos sedimentarios, mientras que hacia los niveles medios y bajos prevalecen las influencias fluviales.
- b. **Cordillera de la Costa:** Esta cordillera cubre el extremo meridional de los valles transversales y se caracteriza por la existencia de cadenas de cerros

separadas por valles fluviales de fondo plano y trazado sinuoso. Al sur del paralelo 33°S el relieve se ordena en dos cordones longitudinales separados por la cuenca del Pangué (Curacaví). Esta cordillera está modelada en rocas sedimentario volcánicas y granitoides de edad paleozoica y sedimentos cuaternarios en los fondos de los valles y cuencas.

Los alineamientos montañosos transversales de eje continuo bajan progresivamente desde la Cordillera de Los Andes hasta las Planicies Litorales. Lateralmente están disectados por quebradas que en su base presentan rinconadas y conos aluviales.

En la parte alta de esta cordillera, las montañas presentan cumbres angostas, laderas con pronunciada pendiente, taludes con exposición de estratos plegados y quebradas profundas que desembocan en conos aluviales.

El relieve de los niveles medios e inferiores adquiere formas redondeadas y está disectado por numerosas quebradas de reducida extensión. En la base de los cerros se localizan conos aluviales de diversa magnitud, que en pocos casos poseen cobertura de suelos agrícolas, pero predominan aquellos cuyas formaciones superficiales se componen de clastos angulosos, arenas y arcillas en proceso de consolidación. La inestabilidad del horizonte superficial de los conos aluviales se refleja en la existencia de cárcavas, lechos de esteros divagantes y abundancia de clastos de gran volumen.

- c. **Planicies Litorales:** Se trata de superficies modeladas por erosión marina y sometidas a una intensa meteorización y activa erosión que las ha transformado en colinas. Las planicies litorales están interrumpidas por la depresión inferior de los valles, donde toman contacto con las terrazas fluviales y fluvio marinas. Esta relación con los valles fluviales explica, en parte, la presencia de campos de dunas sobrepuestas a las planicies en las proximidades de la desembocadura de los ríos y de algunos esteros. A pesar de que la zona de litoral se ha formado por cambios en la posición relativa del nivel del mar, lo que debiese estar reflejado en una disposición de escalones paralelos a la costa, esta ha sido modificada por una tectónica de bloques fallados desigualmente desplazados.

El límite con la Cordillera de La Costa suele estar mal definido por el descanso progresivo de sus alturas en lugares como Puchuncaví, Margamarga y Casablanca. En otros lugares como Los Molles, Cerro El Cobre, Colmo o Limache, el límite está claramente marcado por rotura de pendientes.

El borde occidental corresponde a la línea de costa de trazado sinuoso, compuesto de relieves bajos que contienen playas y que pueden prolongarse en campos de dunas (Longotoma, Ritoque, Las Cruces Santo Domingo), alternándose con relieves altos de cerros de pronunciada

pendiente con acantilados (Zapallar, Maitencillo, Horcón, Playa Ancha, Quintay).

- III. Al sur de los 33°S, desde el río Aconcagua y hasta el río Bío-Bío se desarrolla la “Región Central de las Cuencas y del Llano Fluvio-Glacio-Volcánico” o de la “Depresión Intermedia”, en la que se distinguen muy claramente las unidades morfológicas que la conforman: la Faja Costera, la Cordillera de la Costa, la Depresión Intermedia, la Precordillera y la Cordillera Andina. En detalle:
- a. **La Faja Costera** ubicada al oeste se caracteriza por planicies litorales, unas de abrasión y otras de sedimentación marina o fluvio-marina, mientras que por el este se sitúan los cursos medios de los ríos, organizando activos llanos de sedimentación fluvial.
 - b. **La Cordillera de la Costa** aparece como aspecto de muro en el sector septentrional y se deprime rápidamente hacia el sur. Dentro de ella se observa presencia de cuencas graníticas y otras de relleno aluvial reciente.
 - c. **La Depresión Intermedia** más al este, de origen tectónico y relleno sedimentario fluvio-glacio-volcánico, se presenta en la zona más septentrional en forma de cuencas, mientras que en el centro y sur de la región aparece en forma de llano.
 - d. Entre la Depresión Intermedia y la Cordillera de los Andes, se desarrolla la **Precordillera**, rasgo bien definido en el sector más septentrional.
 - e. **La Cordillera Andina** se identifica por sus alturas y abundantes recubrimientos glacio-volcánicos en los valles altos. Episodios sísmicos y de origen climático han remodelado estos materiales, muchos de los cuales han trascendido hacia la Precordillera y el llano central.

Las dos figuras siguientes, figuras 3 y 4, muestran el relieve a partir de imágenes satelitales recientes. La primera imagen muestra el relieve al norte del Río Petorca correspondiente a la morfología de los Valles Transversales. La segunda imagen muestra el relieve entre los Ríos Petorca y Aconcagua, correspondiente a la zona de las Cuencas Transicionales, y el inicio del relieve al sur del Río Aconcagua, correspondiente a la zona de Depresión Intermedia.

En la figura 5 siguiente se entrega a la izquierda un extracto del Mapa Geomorfológico de Chile, mostrando la zona entre los ríos Petorca y Aconcagua, de las Cuencas Transicionales, donde ocurre la transición desde los Valles Transversales por el norte a la Depresión Intermedia por el sur, y a la derecha se ilustra la morfología tipo para la zona de Depresión Intermedia, al sur de los 33°S.

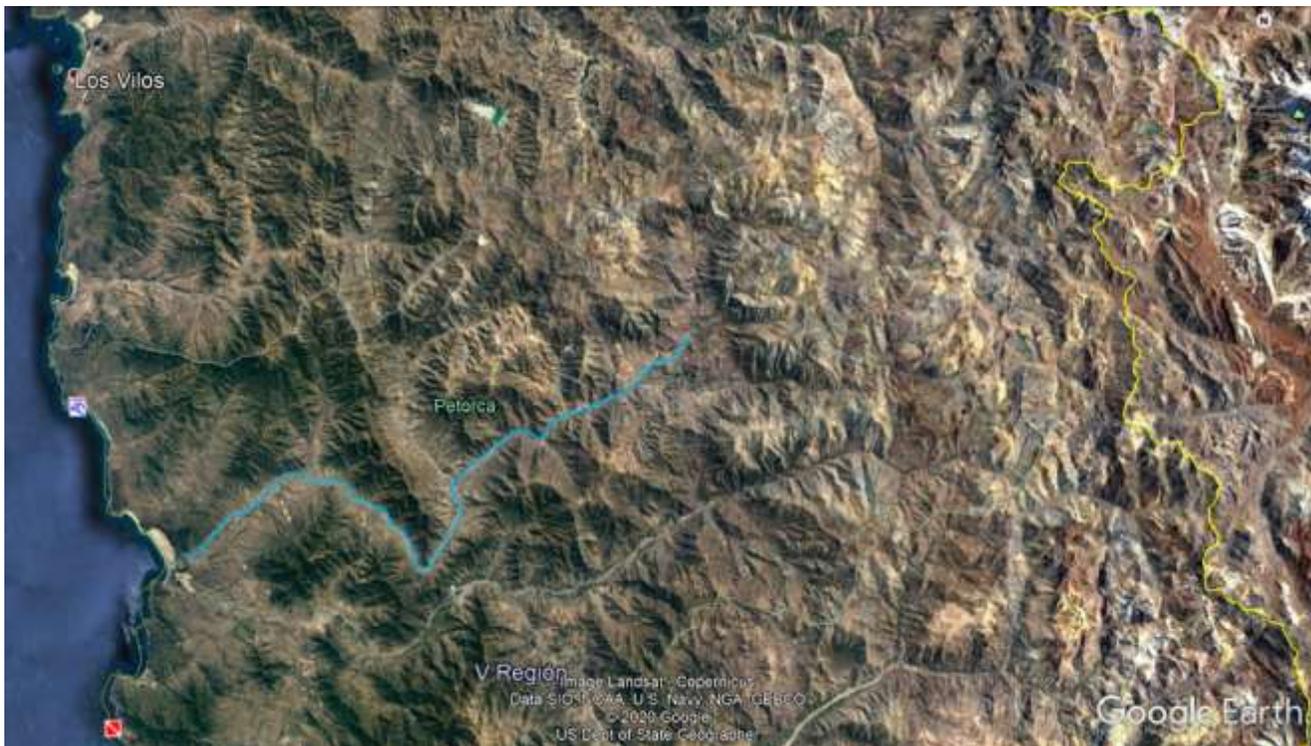


Figura 3: MORFOLOGIA AL NORTE DE RIO PETORCA, ZONA DE LOS VALLES TRANSVERSALES



Figura 4: MORFOLOGIA ENTRE RIO PETORCA Y RIO ACONCAGUA, ZONA DE LAS CUENCAS TRANSICIONALES, MAS RELIEVE AL SUR DE RIO ACONCAGUA

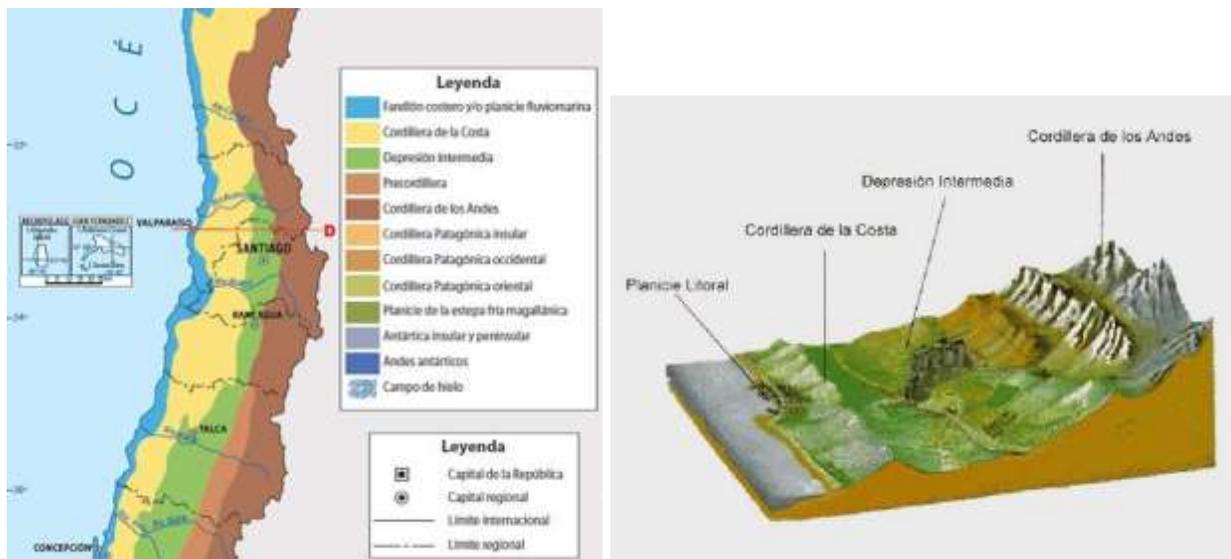


Figura 5: SECCION TIPO ZONA DEPRESION INTERMEDIA (Fte.: Mapa Geomorfológico Chile Central)

En el ANEXO 2 adjunto, se entregan antecedentes detallados acerca de la evolución de la morfología actual en torno a la latitud 33°S.

2.2.2 MORFOLOGIA DEL MARGEN CONTINENTAL

El margen continental corresponde a la parte de la plataforma continental que se encuentra sumergida en el Océano Pacífico, la cual define la costa chilena y es donde se contacta con la Placa de Nazca.

La morfología del margen continental se obtiene a partir de levantamientos recientes efectuados por el Grupo de Trabajo de Geología Marina, GEMA, del Comité Oceanográfico Nacional de Chile, CONA, contenidos en la publicación “Geología Marina de Chile” del año 2010. En este grupo participan investigadores de varias universidades e instituciones de investigación chilenos. Los textos y figuras que siguen están tomados de los capítulos 4.1 “Batimetría del margen continental chileno” y 4.2 “Cañones submarinos en el margen continental chileno”, contenidos en la publicación antes referida. Todos los contenidos bajo este capítulo han sido transcritos y extractados de la publicación antes referida.

Los rasgos morfológicos más importantes presentes en el margen continental y en torno al margen continental chileno, corresponden a: plataforma continental, talud continental, cañón submarino, fosa oceánica, talud oceánico (o talud externo), elevación externa y planicie abisal. Se habla también de rasgos estructurales internos: prisma de acreción y basamento.

En la figura siguiente se muestra un diagrama de los rasgos morfológicos más importantes, señalados en el párrafo anterior, más la dirección o rumbo del margen continental, y la dirección de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, señalada por las flechas anti paralelas.

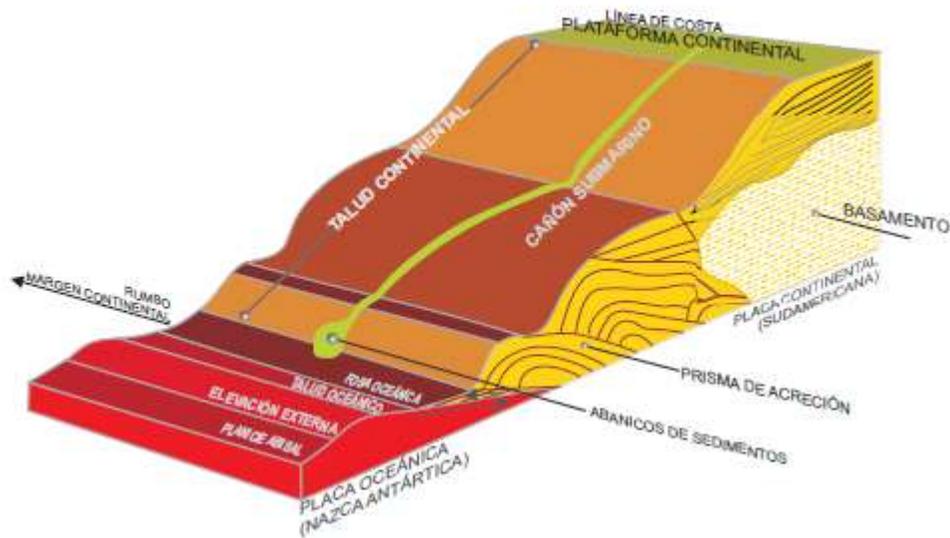


Figura 6: DIAGRAMA DE BLOQUE ESQUEMATICO DEL MARGEN CONTINENTAL CONVERGENTE ACTIVO EN CHILE

La zona en estudio para esta memoria, se encuentra frente al segmento Provincia Centro-Sur del margen continental chileno, el cual se extiende entre los 33°S y los 47°S. Las principales características de esta provincia son la plataforma continental bien desarrollada, con presencia de una serie de cuencas sedimentarias y cañones submarinos que bajan hasta la fosa marina y que cortan el prisma de acreción presente en la totalidad de la provincia Centro-Sur.

La fosa presenta rellenos sedimentarios progresivamente mayores hacia el sur, alcanzando espesores de más de 2.000m. Esto provoca que la fosa deje de presentar el típico perfil transversal en forma de "V" desde los 40°S hacia el sur. Asimismo, a lo largo de la fosa existe un canal distributivo desde los 42°S (Canal Chacao) hasta los 33°S (Valparaíso) a través del cual se transportan sedimentos provenientes desde los cañones submarinos hacia el norte. En tanto, el talud continental presenta un ancho variable alcanzando dos mínimos en los 38°S y en los 47°S.

En la zona norte de esta provincia se encuentra la dorsal asísmica del archipiélago de Juan Fernández, expresada principalmente por la presencia del "Guyot" y del monte submarino O'Higgins. Sobre el margen continental esta dorsal da lugar a la dorsal tectónica de Punta Salinas, la cuenca de Valparaíso y a la deformación del cañón submarino de San Antonio. La intersección de la dorsal de Juan Fernández con la fosa actúa como barrera para el transporte de sedimentos hacia la provincia Norte del margen continental.

Desde los 38°S hasta los 47°S, una serie de zonas de fractura sobre la placa oceánica de Nazca intersectan la fosa. En particular, la zona de fractura de Mocha coincide con la península de Arauco, la cual es interpretada como un sollevamiento local de la plataforma continental.

En la figura que sigue se muestra la morfología tridimensional del margen continental de Chile.

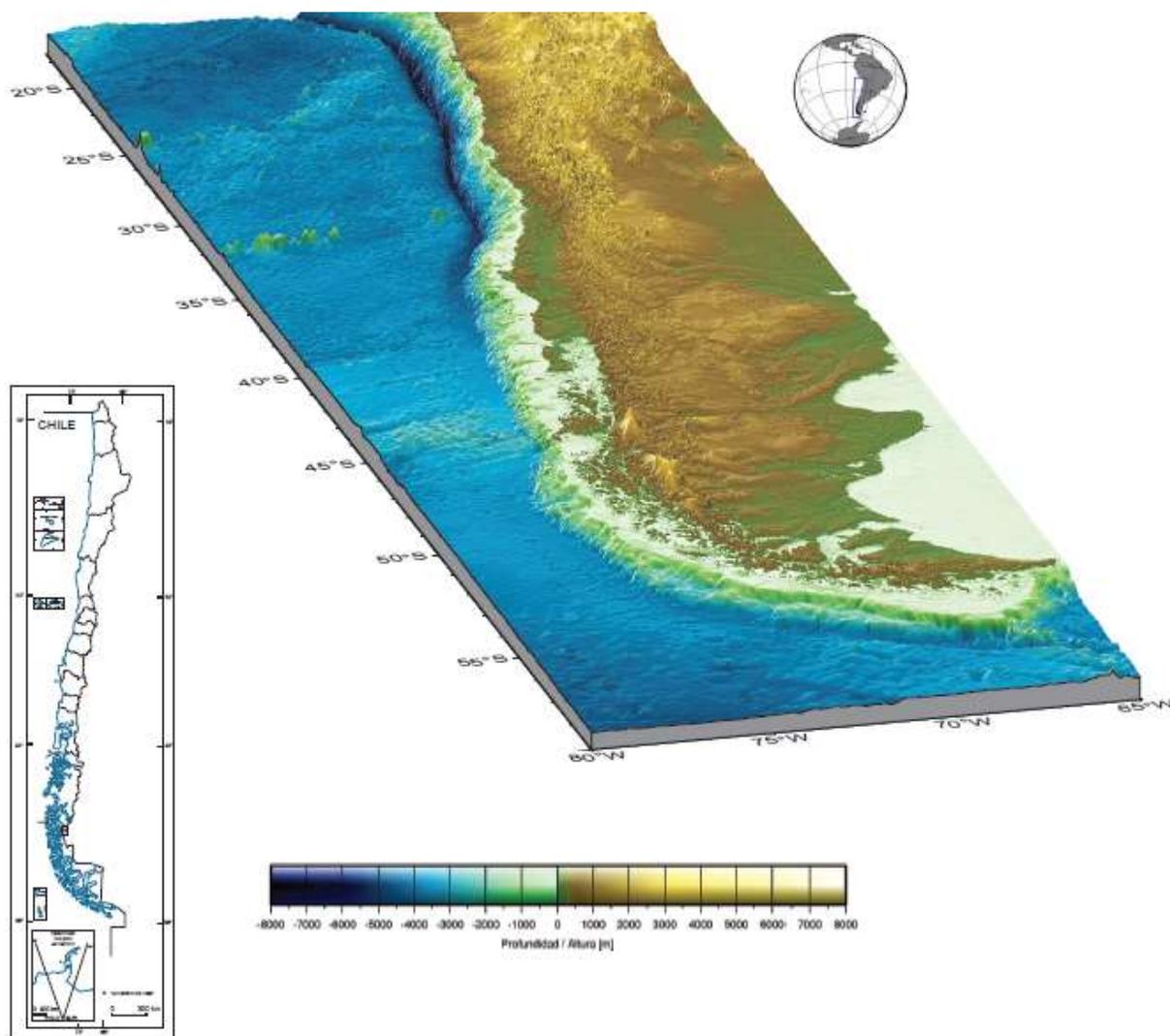


Figura 7: MORFOLOGÍA TRIDIMENSIONAL DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE, PROYECCIÓN MERCATOR
(Elipsoide de referencia wgs-84. Vista desde un azimut de 195° y con una elevación de 20°).

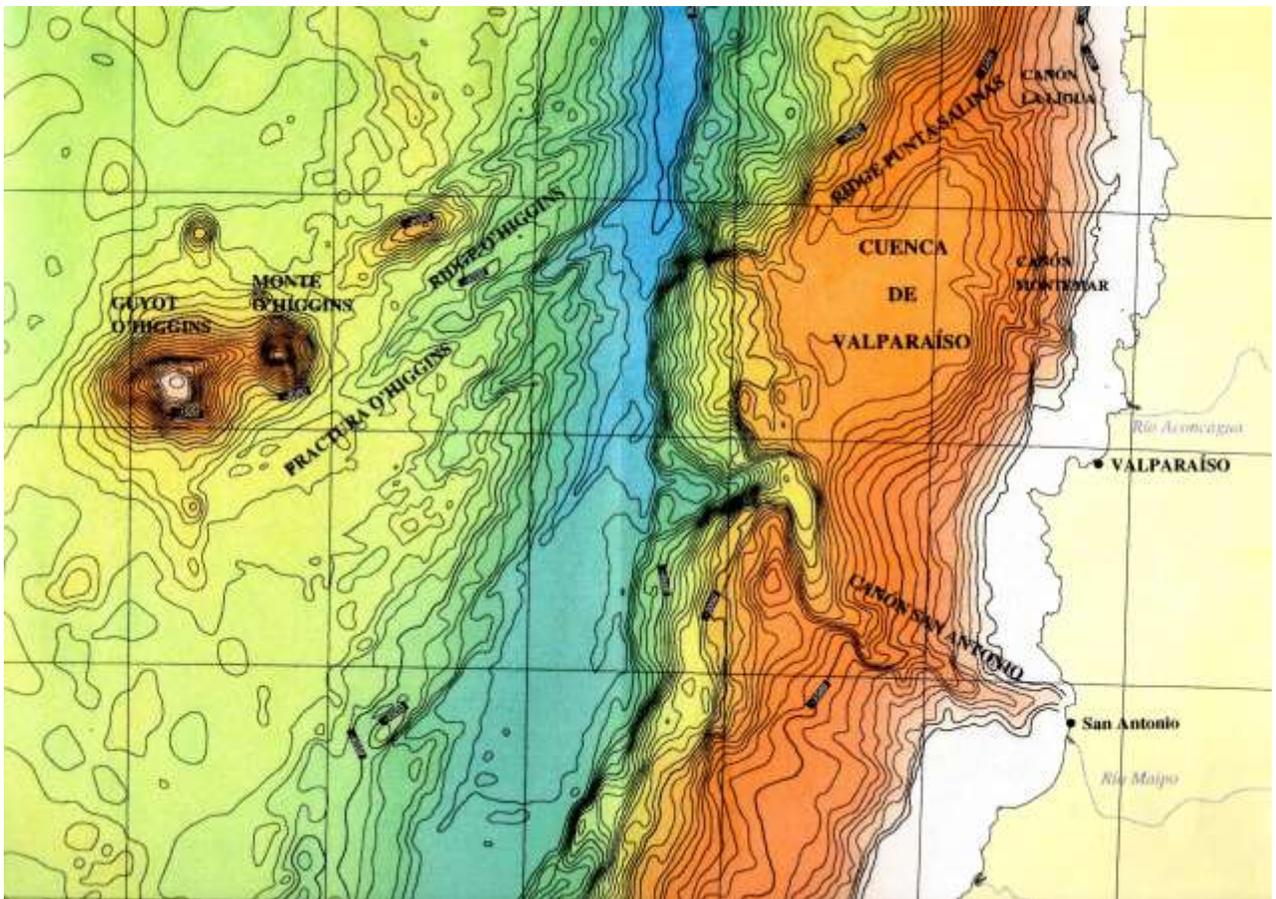


Figura 8: MORFOLOGÍA TRIDIMENSIONAL DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE EN TORNO A LOS 33°S. PROYECCIÓN EN PLANTA Y PRINCIPALES RASGOS SUBMARINOS

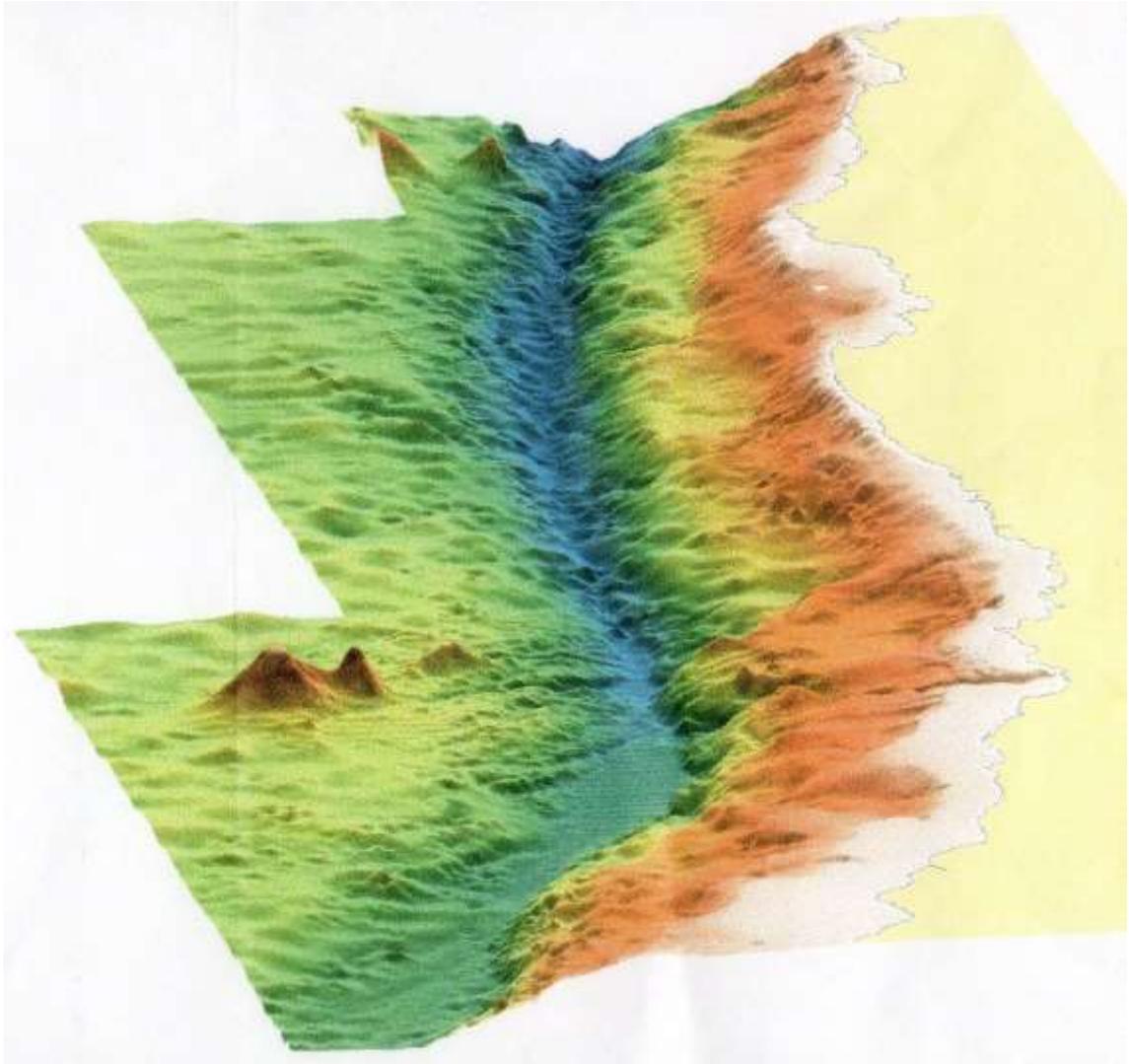


Figura 9: MORFOLOGÍA TRIDIMENSIONAL DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE EN TORNO A LOS 33°S. ENCUENTRO CON DORSAL DE JUAN FERNANDEZ Y CAMBIO EN CURVATURA DE PLACA CONTINENTAL.

Respecto de los cañones submarinos se tiene que estos normalmente son valles sinuosos y angostos que cortan la plataforma y el talud continental, típicamente presentan una sección transversal en forma de "V" con paredes abruptas. Sus cabeceras se encuentran próximas a la costa y se asocian con la presencia de ríos en el continente. Normalmente la boca de los cañones submarinos se encuentra en la base del margen continental. Los cañones representan un importante conducto para el transporte de sedimentos terrígenos desde la costa hacia las grandes profundidades.

A lo largo del margen continental chileno existen varios cañones submarinos, siendo más numerosos en la zona sur que en la zona norte. Esto se debe principalmente a que en la zona sur existe una mayor cantidad de ríos, cuyos aportes sedimentarios permiten la generación de corrientes de turbidez, y otros fenómenos erosivos submarinos, que favorecen la creación, el desgaste y la profundización de los cañones submarinos. Los principales cañones submarinos en el área Centro-Sur son el cañón Aconcagua, el cañón

San Antonio, ambos ubicados en torno a los 33°S, más el cañón Bío-Bío ubicado en la VIII región, y el cañón Chacao en la X región. En la Figura 10 se muestra la ubicación de los principales cañones en el margen chileno.

En la zona de Valparaíso se encuentran tres cañones submarinos importantes, de norte a sur: el cañón La Ligua, más al norte del Aconcagua y casi frente a la localidad del mismo nombre; el cañón Aconcagua, casi frente a la desembocadura del río Aconcagua; y el cañón San Antonio, frente al puerto de San Antonio. De estos tres, el cañón San Antonio es el más grande.

En la Figura 11 se muestra una representación tridimensional de la zona en torno a los 33°S, mostrando la cuenca submarina de Valparaíso, y la ubicación de los cañones La Ligua, Aconcagua y San Antonio.

El cañón San Antonio bordea el lado sur de la cuenca de Valparaíso. Tiene un largo sobre 170Km, una pendiente de 2° desde su cabeza hasta unos 80Km de la costa y luego cambia a 6,3° hasta su desembocadura. Esta última área está erosionada, por lo tanto, el abanico abisal sedimentario se encuentra poco desarrollado. Su sinuosidad, relación entre el largo del eje y el largo del cañón en línea recta, es de 1,25, y tiene aproximadamente una forma de "U" en varias secciones a lo largo de él. El cañón es aparentemente alimentado por los sedimentos provenientes del río Maipo durante períodos de alta descarga. La forma de "U" puede ser causada por depósitos de turbiditas y escombros que cubren el piso del cañón.

Los cañones Aconcagua y La Ligua desembocan sobre la cuenca Valparaíso y son los tributarios principales de sedimentos terrígenos a esta cuenca sedimentaria. El cañón Aconcagua mantiene una dirección similar a la de los típicos cañones del margen chileno (SE-NO, ESE-ONO). Sin embargo, el cañón La Ligua tiene una dirección contraria (NE-SO). En esta parte la dorsal punta Salinas interrumpe el talud escarpado y probablemente sea un obstáculo para el flujo de sedimentos del cañón La Ligua, provocando que tenga la dirección actual.

El cañón Aconcagua se ha cartografiado con mayor detalle en el sector de la cabeza y tronco, hallando que se presenta sinuoso. Es alimentado también por varios cañones tributarios o canales que interceptan su eje en distintas profundidades. Al sur de este cañón y muy próximos a la ciudad de Valparaíso, existen varios cañones pequeños o canales submarinos que llevan sedimentos directamente a la cuenca de Valparaíso. Probablemente estos canales estarían asociados a los esteros existentes entre el puerto de Valparaíso y el río Aconcagua.

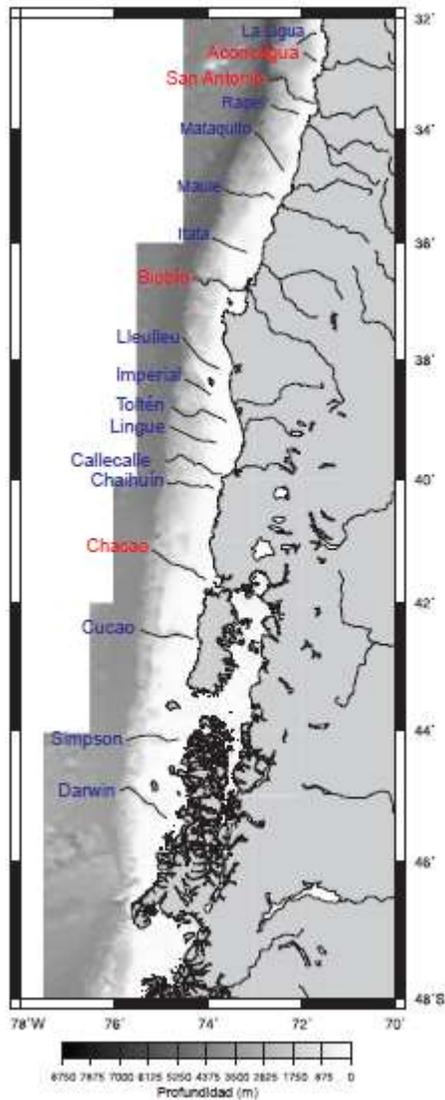


Figura 10: PRINCIPALES CAÑONES Y VALLES SUBMARINOS DEL MARGEN CONTINENTAL CENTRO-SUR DE CHILE. CON COLOR ROJO SE MUESTRAN LOS CAÑONES DE MAYOR IMPORTANCIA.

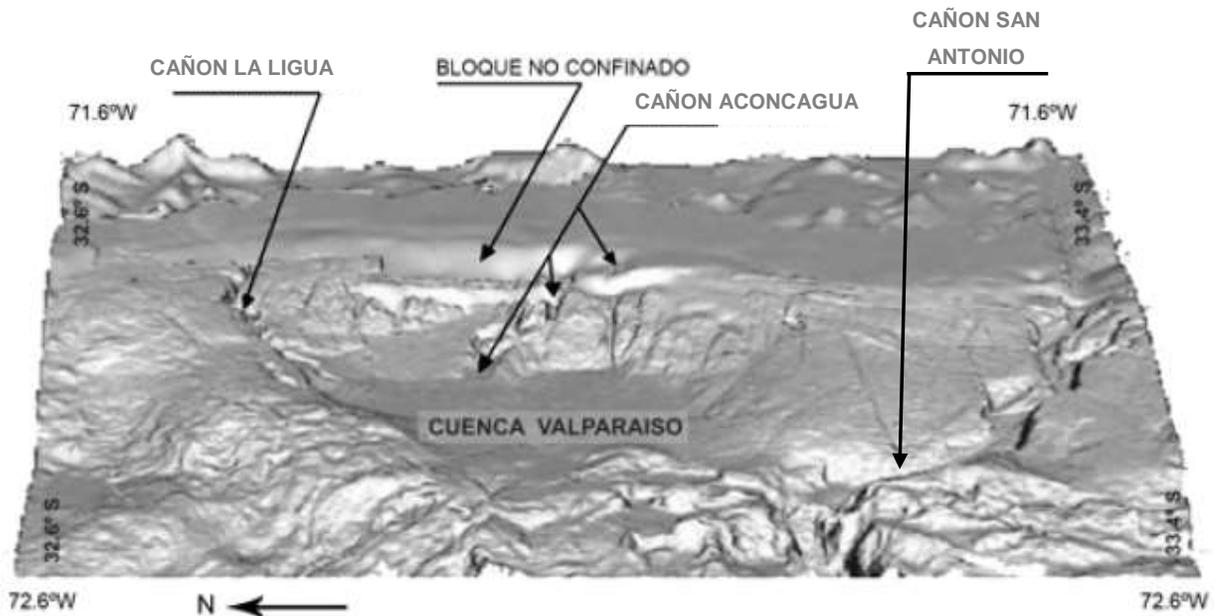


Figura 11: IMAGEN TRIDIMENSIONAL DE LAS PRINCIPALES FORMACIONES SUBMARINAS EN TORNO A LOS 33°S. FUENTE: REVISTA DE BIOLOGÍA MARINA Y OCEANOGRAFÍA, VERSIÓN ON-LINE ISSN 0718-1957, V.43 N.3 VALPARAÍSO, DICIEMBRE 2008.

En las figuras 12 a la 14, se muestra en detalle de la forma de los cañones San Antonio y Aconcagua.

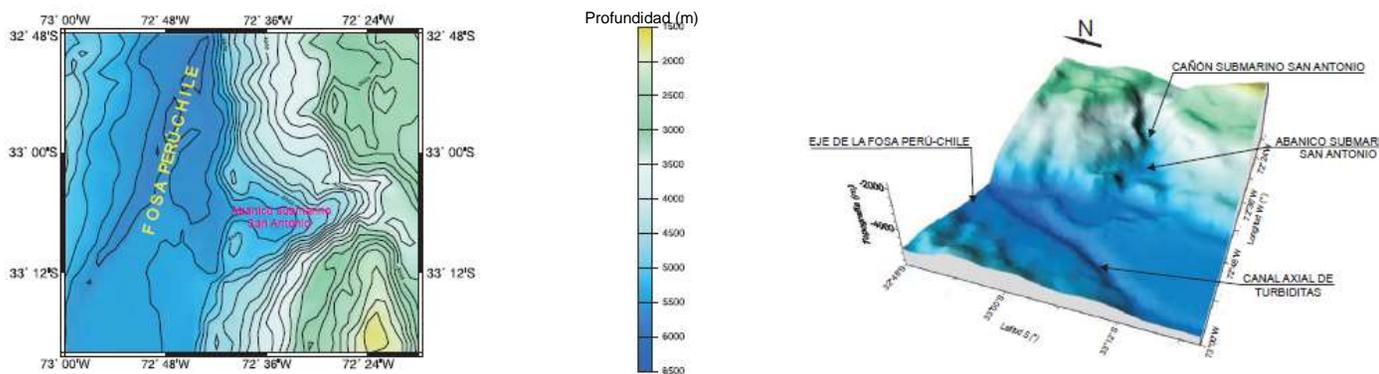


Figura 12: (DERECHA) DETALLE DEL ÁREA DE LA BOCA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. CONTORNOS CADA 200M. (IZQUIERDA) MODELO 3D DEL ÁREA DE LA BOCA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. VISTA DE AZIMUT 250°, ELEVACIÓN 30°.

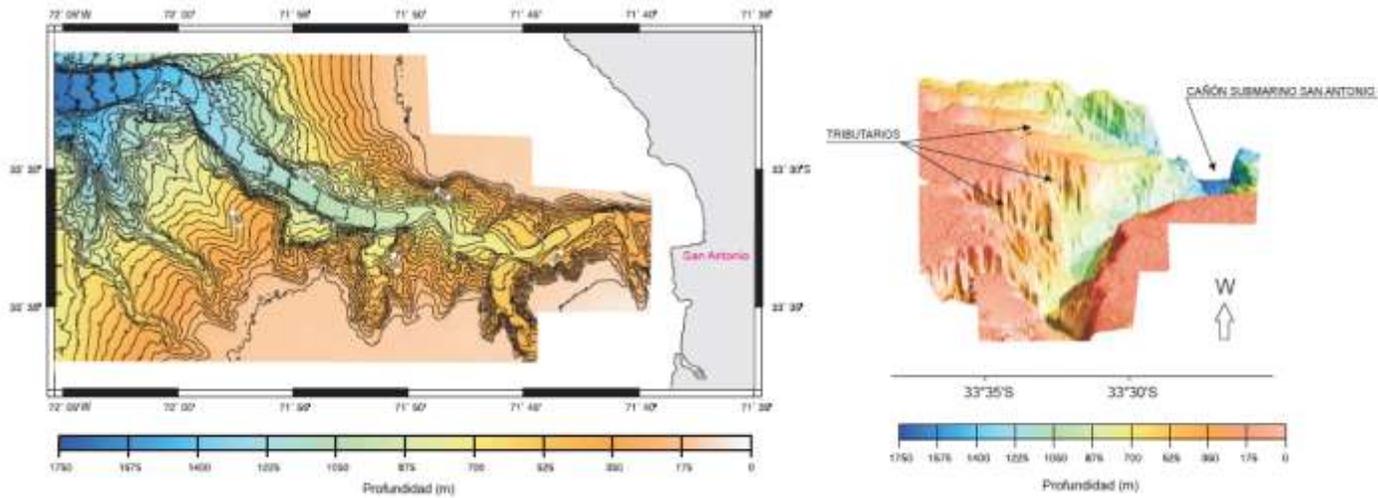


Figura 13: (DERECHA) DETALLE DEL ÁREA DE LA CABEZA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. CONTORNOS CADA 50M. (IZQUIERDA) MODELO 3D DEL ÁREA DE CABEZA DEL CAÑÓN SAN ANTONIO. VISTA DE AZIMUT 90°, ELEVACIÓN 25°.

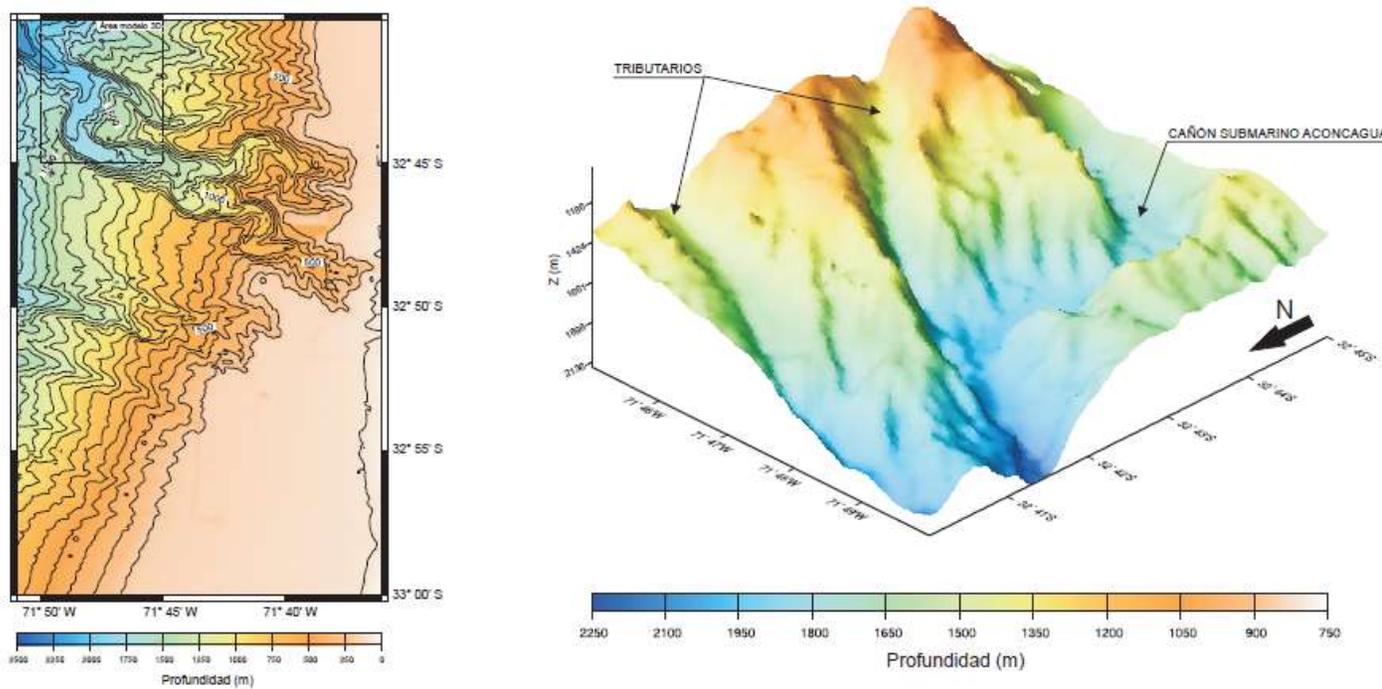


Figura 14: (DERECHA) DETALLE DEL ÁREA DEL CAÑÓN SUBMARINO ACONCAGUA. CONTORNOS CADA 100M. (IZQUIERDA) MODELO 3D DEL ÁREA CERCANA A LA CABEZA DEL CAÑÓN ACONCAGUA. VISTA DE AZIMUT 315°, ELEVACIÓN 30°.

2.3 GEOLOGIA

A continuación, se entregan antecedentes disponibles de la geología continental, es decir la geología correspondiente a la porción emergida de la placa continental, y de la geología del margen continental, correspondiente a la porción sumergida de la placa continental, la cual contacta con la placa oceánica de Nazca.

2.3.1 GEOLOGIA CONTINENTAL

A continuación, se presenta un extracto del Mapa Geológico de Chile publicado en versión digital en el año 2003 por el Sernageomin, en escala 1:1.000.000, de amplio uso en la actualidad, el cual se basa en información de este servicio disponible al año 2000. En las dos figuras siguientes, se entrega un extracto de este mapa geológico para la zona en estudio, y luego un detalle de la zona entre los 32° S y los 34° S, y entre los 71° W y los 73° W.

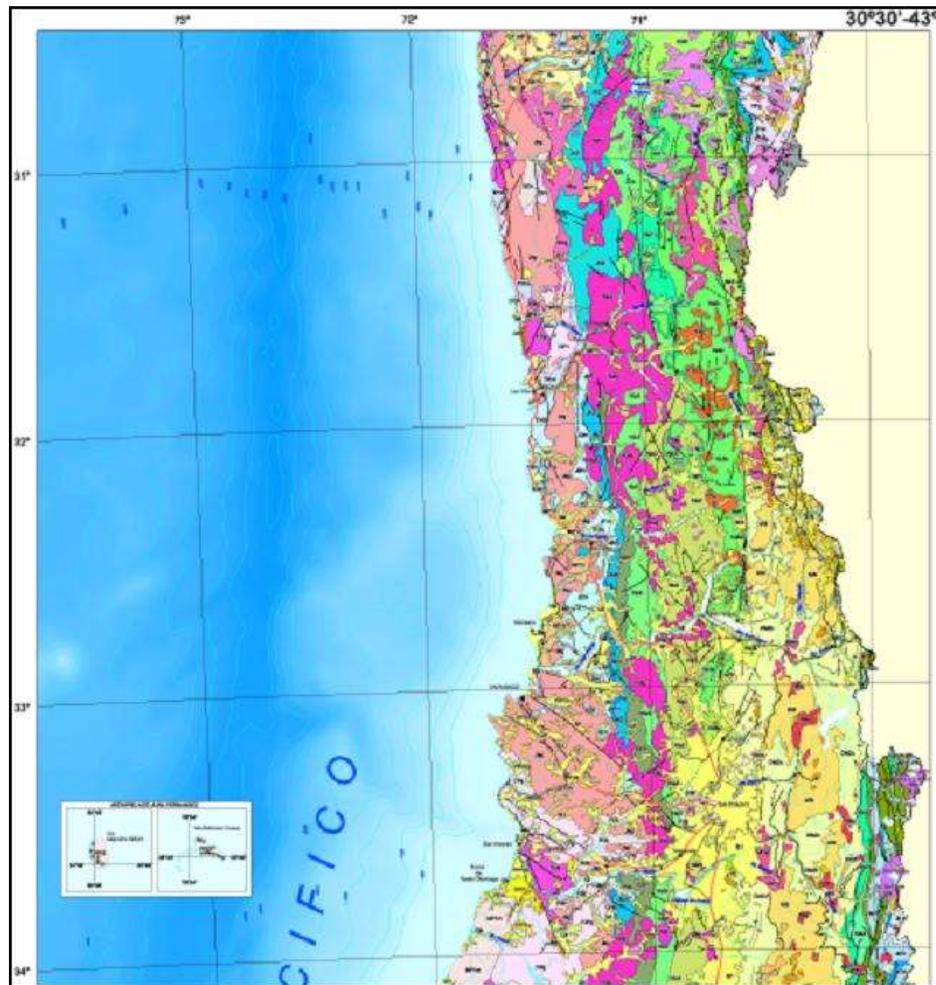


Figura 15: MAPA GEOLOGICO DIGITAL DE CHILE, ENTRE LOS -70° A -72° Y ENTRE LOS -31° A -34°.

(Fuente: Mapa Geológico de Chile publicado en versión digital en el año 2003 por el Sernageomin, en escala 1:1.000.000)

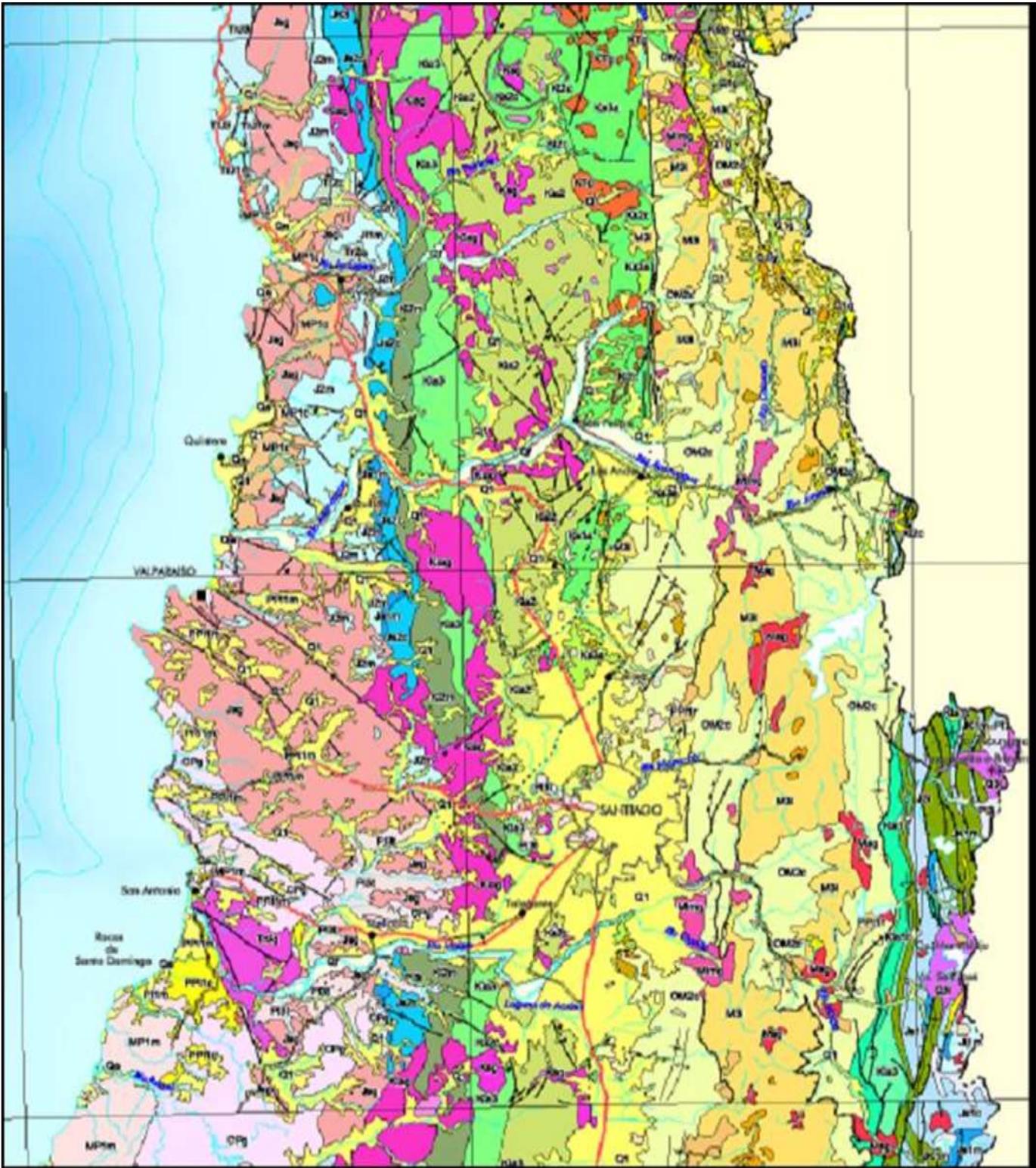


Figura 16: MAPA GEOLOGICO DIGITAL DE CHILE, DETALLE ENTRE LOS -70° A -72° Y ENTRE LOS -32° A -34°.

(Fuente: Mapa Geológico de Chile publicado en versión digital en el año 2003 por el Sernageomin, en escala 1:1.000.000)



Figura 17: MAPA GEOLOGICO DIGITAL DE CHILE, SIMBOLOGIA
(Fuente: Mapa Geológico de Chile publicado en versión digital en el año 2003 por el Sernageomin, en escala 1:1.000.000)

De acuerdo a la información en el mapa geológico de SERNAGEOMIN, se tiene que las principales formaciones presentes en la zona en estudio, de norte a sur y de mar a cordillera, son las que siguen.

Al sur de los 31°S, en la zona costera se observa dominancia de secuencias sedimentarias marinas y transicionales del Triásico Superior (Tr1m) y rocas metamórficas del Devónico-Carbonífero correspondientes a meta areniscas, filitas, y en menor proporción, mármoles, cherts, metabasaltos y metaconglomerados, metaturbiditas con

facies de melange (DC4), y con mayor amplitud se observan rocas intrusivas del Jurásico Medio-Superior (180-142Ma) conformadas por Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda (Jsg). En la zona central dominan rocas intrusivas del Cretácico Inferior bajo (144-124Ma) Monzodioritas y dioritas de piroxeno, hornblenda y biotita, granodioritas y tonalitas (Kibg), secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales, conglomerados, areniscas y limolitas (MP1c) rocas intrusivas del Cretácico inferior alto – Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita (Kiag) y en mayor medida secuencias volcánicas del Jurásico Superior – Cretácico Inferior, lavas basálticas a riolíticas, domos, brechas y aglomerados andesíticos a dacíticos con intercalaciones clásticas continentales y marinas (JK3) y hacia el oriente secuencias volcanosedimentarias continentales del Cretácico Superior, rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas (Ks2c). En la zona cordillerana dominan rocas intrusivas del Eoceno (52-33Ma) granodioritas, tonalitas y dioritas cuarcíferas de hornblenda y biotita, dioritas y monzodioritas de piroxeno y biotita, pórfidos dacíticos y riolíticos (Eg) y luego secuencias volcánicas continentales del Cretácico Superior, lavas, domos y brechas basálticos a dacíticos con intercalaciones piroclásticas y epiclásticas (Ks3i), luego secuencias sedimentarias marinas litorales del Cretácico Inferior (Neocomiano) calizas, calcarenitas, areniscas, margas y coquinas (Ki1m), rocas intrusivas del Oligoceno (33-24Ma) granodioritas, monzogranitos, tonalitas, dioritas de hornblenda y biotita, grabos (Og) y secuencias volcánicas continentales y complejos subvolcánicos del Pérmico-Triásico, tobas, brechas, lavas y domos riolíticos y dacíticos con intercalaciones de areniscas y conglomerados (PTr3).

Al norte de los 32°S, en la zona del Río Choapa, se tienen en la costa rocas metamórficas del Devónico-Carbonífero, metaareniscas, filitas y en menor proporción mármoles, cherts, metabasaltos y metaconglomerados, metaturbiditas con facies de melange (DC4), secuencias sedimentarias marinas, en parte transicionales del Devónico-Carbonífero, areniscas cuarzo-feldespáticas, lutitas micáceas, conglomerados (DC1) y secuencias sedimentarias correspondientes a depósitos fluviales del Pleistoceno-Holoceno, gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación (Qf), seguidos hacia el oeste de rocas intrusivas del Triásico-Jurásico (212-180Ma) granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, dioritas y gabros de piroxeno y hornblenda, sienogranitos (TrJg), secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales, conglomerados, areniscas y limonitas (MP1c), secuencias sedimentarias continentales y marinas del Carbonífero Superior-Pérmico, areniscas, conglomerados, lutitas, calizas y mármoles (CP1) intercalado con secuencias sedimentarias clásticas de pie de monte del Mioceno Superior-Plioceno, aluviales, coluviales o fluviales, conglomerados, areniscas y limolitas (MP1c). La zona central en la altura de Illapel, es ampliamente dominada por rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto – Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita (Kiag), con sectores donde dominan secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas del Cretácico Inferior – Cretácico Superior, brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoítas, conglomerados, areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil, localmente calizas fosilíferas marinas en la base (Ki2c) y secuencias y complejos volcánicos continentales, del Cretácico Inferior alto, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas andesíticas a riolíticas, escasas intercalaciones sedimentarias (Kia3) más cerca de los

32°S. En el sector cordillerano domina de oeste a este, secuencias volcanosedimentarias continentales del Cretácico Superior, rocas epiclásticas y piroclásticas riolíticas, lavas andesíticas y traquíticas (Ks2c) con sectores intercalados por rocas intrusivas del Cretácico Superior – Terciario Inferior, granodioritas, dioritas y pórfidos graníticos (KTg). Luego a mayor altura domina de norte a sur secuencias y complejos volcánicos ácidos del Cretácico Superior, lavas, domos y brechas basálticos a dacíticos con intercalaciones piroplásticas y epiplásticas (Ks3i), rocas intrusivas del Oligoceno (33-24Ma) granodioritas, monzogranitos, tonalitas, dioritas de hornblenda y biotita, gabros (Og) y secuencias sedimentarias y volcánicas continentales con escasas intercalaciones marinas, del Cretácico Inferior – Cretácico Superior, brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoítas, conglomerados, areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil, localmente calizas fosilíferas marinas en la basa (Ki2c) hacia los 32°S, intercalados en las partes más altas por secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior alto – Cretácico Superior bajo, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas (Kia2) y depósitos morreicos, fluvio-glaciales y glacialacustres del Pleistoceno-Holoceno, diamicitos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos (Q1g).

Entre los 32°S y el Río Petorca, en el borde costero dominan de norte a sur secuencias volcánicas continentales y transicionales del Triásico –Jurásico Inferior, lavas, domos, brechas, basálticos a riolíticos con intercalaciones de areniscas y conglomerados (TrJ3), depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa del Pleistoceno-Holoceno, en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados (Q1) en el lecho y ribera de ríos, secuencias sedimentarias clásticas de pie de monte, aluviales, coluviales, fluviales, del Mioceno Superior-Plioceno, conglomerados, areniscas y limolitas (MP1c) en la ribera sur del mismo río, luego nuevamente secuencias volcánicas continentales y transicionales del Triásico –Jurásico Inferior, lavas, domos, brechas, basálticos a riolíticos con intercalaciones de areniscas y conglomerados (TrJ3) y secuencias sedimentarias marinas litorales y transicionales del Triásico-Jurásico Inferior, areniscas cuarcíferas, orto conglomerados, calizas fosilíferas, lutitas y limonitas calcáreas con intercalaciones volcánicas subordinadas (TrJ1m), para luego dominar ampliamente depósitos eólicos del Pleistoceno-Holoceno, arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos (Qe) y secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales, del Mioceno Superior – Plioceno, conglomerados, areniscas y limolitas (MP1c) en las desembocaduras de ríos mayores hasta la desembocadura del mismo Río Petorca. Inmediatamente al oeste del borde costero dominan de norte a sur rocas intrusivas del Jurásico Medio – Superior, Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda (Jsg) seguido al oeste de secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Jurásico, lavas y brechas, andesíticas y basálticas, calizas y areniscas marinas fosilíferas (J2m), sectores de rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto – Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita (Kiag) secuencias sedimentarias y volcánicas continentales del Triásico Medio – Superior, rocas epiclásticas fosilíferas, calizas estromatolíticas, lavas, brechas y tobas andesíticas a riolíticas (Tr2c), depósitos del Pleistoceno – Holoceno, correspondientes a depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, en menor parte fluvio-glaciales deltaicos, litorales o indiferenciados (Q1) en riberas de ríos, y luego rocas intrusivas del Jurásico Medio – Superior (180-142Ma) monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda (Jsg) con secuencias

sedimentarias y volcánicas continentales del Triásico Medio – Superior, rocas epiclásticas fosilíferas, calizas estromatolíticas, lavas, brechas y tobas andesíticas a riolíticas (Tr2c) llegando al Río Petorca. Inmediatamente al oeste, en una franja continua de norte a sur dominan secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Cretácico Inferior (Neocomiano) lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas (Ki2m) en la cordillera de la costa. En la zona central desde el oeste domina de norte a sur secuencias y complejos volcánicos continentales del Cretácico Inferior alto, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas andesíticas a riolíticas, escasas intercalaciones sedimentarias (Kia3) y rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto – Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita (Kia9), intercalados entre sí en una franja norte sur; En la zona de valles centrales dominan ampliamente secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior alto – Cretácico Superior bajo, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas (Kia2) con mayor extensión al norte y sur del Río Petorca, intercalado con rocas intrusivas del Cretácico Superior (90-65Ma) monzodioritas, granodioritas gabros y dioritas de piroxeno, biotita y hornblenda, pórfidos andesíticos y dioríticos (Ksg) en mucho menor proporción y depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, en menor parte fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados, del Pleistoceno – Holoceno (Q1) en torno a los ríos; Hacia el este en otra marcada franja norte-sur, dominan secuencias y complejos volcánicos ácidos del Cretácico Superior, ignimbritas, domos e intrusivos dacíticos a riolíticos, asociados a calderas de colapso (Ks3a) intercalados por sectores de rocas intrusivas del Cretácico Superior – Terciario Inferior, granodioritas, dioritas y pórfidos graníticos (KTg). En la cordillera y limitado por el oeste por una extensa falla orientada norte-sur en línea casi recta, dominan de oeste a este secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno, lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas (OM2c), luego complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas del Mioceno Inferior-Medio, lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas (M3i) y rocas intrusivas del Mioceno Inferior-Medio (22-16Ma) granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, monzonitas y dioritas de biotita y hornblenda (Mimg) en menor cantidad, intercalados en secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno, lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas (OM2c), para luego en altura dominar complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas del Mioceno Inferior-Medio, lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas (M3i) intercalado por depósitos morrénicos, fluvioglaciales y glacialacustres del Pleistoceno-Holoceno, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos (Q1g) en torno a cursos de agua. En la parte entorno a los 32°S dominan aún secuencias sedimentarias y volcánicas continentales, con escasas intercalaciones marinas, del Cretácico Inferior-Cretácico Superior, brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoítas, conglomerados, areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil, localmente calizas fosilíferas marinas en la base (Ki2c) intercaladas con depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, en menor parte fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados, del Pleistoceno – Holoceno (Q1) y depósitos morrénicos, fluvioglaciales y glacialacustres del Pleistoceno-Holoceno, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos (Q1g).

Al sur del Río Petorca y hasta el Río Aconcagua, más la ribera sur del Río Aconcagua, se tiene que en el borde costero dominan depósitos eólicos del Pleistoceno-

Holoceno en forma de dunas, conformados por arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos (Qe) con algún sector de rocas intrusivas del Jurásico Medio-Superior (180-142Ma) conformadas por monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda (Js_g), y luego inmediatamente hacia el este se encuentran las mismas rocas intrusivas anteriores (Js_g) intercaladas con secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales, conglomerados, areniscas y limolitas (MP1c), con depósitos eólicos del Pleistoceno-Holoceno, conformados por arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos (Qe) en riberas de ríos; Luego en una amplia franja norte sur se encuentran secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Jurásico, lavas y brechas, andesíticas y basálticas, calizas y areniscas marinas fosilíferas (J2m), luego una franja dominada por secuencias sedimentarias y volcánicas continentales del Jurásico Medio-Superior, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas a riolíticas (Js2c) y en menor medida secuencias sedimentarias marinas litorales del Jurásico Medio-Superior, calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores (Js1m), intercalada por amplios abanicos de depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, deltaicos, litorales o indiferenciados (Q1) en torno al paso del Río Aconcagua, seguidos al este por una franja de secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Cretácico Inferior (Neocomiano) lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas (Ki2m) y una franja de secuencias y complejos volcánicos continentales del Cretácico Inferior alto, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas andesíticas a riolíticas, escasas intercalaciones sedimentarias (Kia3) formando la cordillera de la costa. La zona central, flanqueada por el oeste por la franja de secuencias y complejos volcánicos anteriores (Kia3), está dominada de norte a sur por secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas (Kia2) con sectores aislados de rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita (Kia_g) y con fallas cruzadas en orientadas noroeste-sureste y noreste-suroeste, con depósitos fluviales cuaternarios, del Pleistoceno-Holoceno, gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación (Qf) y depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa cuaternarios, del Pleistoceno-Holoceno, en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados (Q1) en las riberas y abanicos de los ríos Petorca y Aconcagua, y en su costado este se encuentra flaqueado por una franja de secuencias sedimentarias volcánicas continentales con escasas intercalaciones marinas, del Cretácico Inferior-Cretácico Superior, brechas sedimentarias y volcánicas, lavas andesíticas, ocoítas, conglomerados, areniscas, limolitas calcáreas lacustres con flora fósil, localmente calizas fosilíferas marinas en la base (Ki2c) intercalado con rocas intrusivas del Cretácico Superior-Terciario Inferior, granodioritas, dioritas y pórfidos graníticos (KT_g) y una entre dos a tres fallas orientadas continuas norte-sur por el este. En la zona cordillerana se exhibe amplio dominio de secuencias volcanosedimentarias marinas del Oligoceno-Mioceno, lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas (OM2c) intercalado por complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas del Mioceno Inferior-Medio, lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas (M3i) para pasar a un amplio dominio de los complejos volcánicos y secuencias volcánicas anteriores (M3i) en altura con depósitos

de depósitos morrénicos, fluvioglaciales y glacialacustres del Pleistoceno-Holoceno, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos (Q1g) y depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, fluvioglaciales, deltaicos litorales o indiferenciados del Pleistoceno-Holoceno (Q1) en tornos a cursos de agua. En la Precordillera y en torno al río Aconcagua aparece una franja norte-sur de rocas intrusivas del Mioceno Inferior-Medio (22-16Ma) granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, monzonitas y dioritas de biotita y hornblenda (Mimg), la que es cruzada por el río Aconcagua en sentido sureste-noroeste, a contar de su nacimiento desde el Río Juncal.

En torno a los 33°S y hacia el sur de esta latitud, se observa un sector costero más amplio, desde la altura de Valparaíso y al sur, y dominado por rocas intrusivas del Jurásico Medio-Superior (180-142Ma) monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda (Jsg) desde la cordillera de la costa y hasta el borde costero con sectores de secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas del Pleistoceno, coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados dispuestos en niveles aterrazados emergidos (PI1m) y depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y de remoción en masa, en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados, del pleistoceno-Holoceno (Q1) en quebradas y en torno a cursos de agua; Estos depósitos de rocas intrusivas (Jsg) cubren una amplia zona orientada en de suroeste a noreste, con tres fallas paralelas que la recorren longitudinalmente en el mismo sentido suroeste – noroeste. A contar de aproximadamente los 33,3°S y hasta San Antonio, el borde costero se encuentra dominado por rocas intrusivas del Carbonífero-Pérmico (328-235Ma) granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita (CPg) también con sectores aislados de secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas, del Pleistoceno, coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados dispuestos en niveles aterrazados emergidos (PI1m) y depósitos eólicos del Pleistoceno-Holoceno, arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas de dunas y barjanes, como es el caso de las dunas de Santo Domingo (Qe) desde la cordillera de la costa hasta el borde costero; Este depósito también se orienta de sureste a noroeste, y también presenta una falla longitudinal que le recorre completamente, más otra falla paralela de menor extensión, y orientada sureste-noroeste. Hacia el este y conformando la cordillera de la costa, estos depósitos se encuentran flanqueados por franjas norte sur de secuencias sedimentarias y volcánicas continentales del Jurásico Medio-Superior, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas a riolíticas (Js2c) con secuencias sedimentarias marinas litorales del Jurásico Medio-Superior, calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores (Js1m) y secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Jurásico, lavas y brechas, andesíticas y basálticas, calizas y areniscas marinas fosilíferas (J2m), intercalados con rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas monzogranitos de hornblenda y biotita (K1ag) luego franjas orientadas norte – sur de secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Cretácico Inferior (Neocomiano) lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas (Ki2m) y secuencias y complejos volcánicos continentales del Cretácico Inferior alto, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas andesíticas a riolíticas, con escasas intercalaciones sedimentarias (Kia3) que encuentran a esta altura su límite sur; Estas franjas norte sur no reaparecen hasta al sur del Río Maipo. Hacia el este de estas franjas aparecen nuevamente rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-

85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas monzogranitos de hornblenda y biotita (Kia_g) flanqueando la depresión intermedia hacia el oeste. En la zona central, donde ya se desarrolla el rasgo morfológico de Depresión Intermedia, se aprecia por el norte y en el entorno inmediato a los 33°S secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas (Kia₂) y secuencias y complejos volcánicos ácidos del Cretácico Superior, ignimbritas, domos e intrusivos dacíticos a riolíticos, asociados a calderas de colapso (Ks_{3a}) rodeados por depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa, del Pleistoceno-Holoceno, incluyendo depósitos fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados (Q₁); Hacia el oeste dominan secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno, lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas (OM_{2c}); más al sur la depresión intermedia se aprecia ampliamente dominada por los depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y de remoción en masa del Pleistoceno-Holoceno (Q₁) con sectores aislados de menor extensión con depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso, del Pleistoceno (PI_{3t}) secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas (Kia₂) y secuencias y complejos volcánicos continentales del Cretácico Inferior alto, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas andesíticas a riolíticas, con escasas intercalaciones sedimentarias (Kia₃) en la parte oeste del valle central. El límite oeste de la Depresión Intermedia se encuentra dominado por secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno, lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas (OM_{2c}) y complejos volcánicos del Mioceno Inferior-Medio, parcialmente erosionados y secuencias volcánicas, lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas (M_{3i}) estas últimas dos depositaciones intercaladas entre sí y con rocas intrusivas del Mioceno Superior (13-7Ma) granodioritas de hornblenda y biotita, en menor proporción monzogranitos, monzonitas cuarcíferas y monzodioritas (M_{sg}); En la cordillera frente al valle de Santiago se encuentran de oeste a este se encuentran secuencias sedimentarias continentales aluviales, fluviales y lacustres del Cretácico Inferior alto (Aptiano-Cenomaniano) areniscas, conglomerados, limolitas, calcilutitas y brechas sedimentarias con intercalaciones de tobas (Kia_{1c}) secuencias volcánicas continentales y marinas del Jurásico, lavas y aglomerados basálticos a andesíticos, tobas riolíticas con intercalaciones de areniscas, calizas marinas y conglomerados continentales (J_{3i}) secuencias sedimentarias marinas litorales o plataformales del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, calizas, lutitas, areniscas calcáreas, areniscas y coquinas (JK_{1m}) con estratovolcanes y complejos volcánicos del Cuaternario, lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesítico-basálticos a dacíticos, principalmente calcoalcalinos (Q_{3i}) y secuencias lávicas y centros volcánicos básicos e intermedios del Pleistoceno, depósitos piroclásticos andesíticos-basálticos (PI₃) en altura.

En torno a los 34°S, se observa en el borde costero depósitos eólicos aislados del Pleistoceno-Holoceno, arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanas (Q_e) luego se aprecia amplia dominancia de secuencias sedimentarias marinas transgresivas del Mioceno Superior-Plioceno, areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas (MP_{1m}) y luego rocas sedimentarias del Carbonífero-Pérmico (328-235Ma) granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente muscovita (CP_g) intercaladas con depósitos aluviales, coluviales y de

remoción en masa cuaternarios, del Pleistoceno-Holoceno, en parte fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados (Q1) en torno a ríos principales, para luego encontrar rocas intrusivas del Jurásico Medio-Superior (180-142Ma) monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda (Jsg) rocas intrusivas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma) dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita (Kia_g) secuencias volcánicas y sedimentarias marinas del Cretácico Inferior (Neocomiano) lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas (Ki_{2m}) y secuencias y complejos volcánicos continentales del Cretácico Inferior alto, lavas y brechas basálticas a andesíticas, rocas piroclásticas andesíticas a riolíticas con escasas intercalaciones sedimentarias (Kia₃) conformando la cordillera de la costa; Hacia la zona central aparece de oeste a este secuencias sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo, rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas (Kia₂) depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa del Pleistoceno-Holoceno, fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados (Q1) secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno, lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas (OM_{2c}) y complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas del Mioceno Inferior-Medio, lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas (M_{3i}) depósito que se contacta con las fallas al pie de cordillera de los Andes. En la Precordillera y cordillera aparecen secuencias sedimentarias continentales aluviales, fluviales y lacustres del Cretácico Inferior alto (Aptiano-Cenomaniano) areniscas, conglomerados, limolitas, calcilutitas y brechas sedimentarias con intercalación de tobas (Kia_{1c}) secuencias sedimentarias marinas litorales o plataformales del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, calizas, lutitas, areniscas calcáreas, areniscas y coquinas (JK_{1m}) secuencias sedimentarias continentales y transicionales, en parte lacustres, del Jurásico Superior, brechas sedimentarias, conglomerados, y areniscas rojas con intercalación de tobas y niveles evaporíticos (Js_{1c}) en altura.

FALLAMIENTO EN LA ZONA EN ESTUDIO

A partir de la observación de mapa geológico entre los 31°S y los 34°S, se observa un cambio en la orientación y ubicación de las fallas al norte y al sur del Río Petorca, coincidentemente con el cambio en la morfología de la superficie continental emergida.

En la parte costera y central de Chile, se tiene que los lineamientos de las fallas al norte del río Petorca siguen una dirección norte-sur casi perfectamente recta, exceptuando en la parte norte más cercana a los 31°S, donde en la zona central del país las fallas se orientan en dirección este-oeste cruzadas, con una leve inclinación. En cambio, al sur del río Petorca las fallas cambian a una orientación de nor este – sur oeste y nor oeste – sur este, las cuales se concentran en la zona costera con mayor extensión y frecuencia desde Valparaíso al sur. En la zona central del país el fallamiento es más escaso y se vuelve más frecuente en la zona de la cordillera de Los Andes, con trazados curvos y serpenteantes.

En cuanto a las fallas en la Cordillera de Los Andes si bien mantienen en general un lineamiento norte-sur entre los paralelos 31°S y 34°S, se tiene que al norte del río Aconcagua las fallas siguen líneas rectas y son más frecuentes, mientras que al sur del

río Aconcagua estos fallamientos muestran una inclinación marcada en dirección nor este – sur oeste inmediatamente al sur del río Aconcagua, y más al sur, a contar de la altura del río Mapocho aparecen trazados curvos y serpenteantes aunque también orientados en dirección norte - sur.

2.3.2 GEOLOGIA DEL MARGEN CONTINENTAL

De acuerdo al estudio de Naveas, Juan, contenido en la publicación “Geología Marina de Chile, Comité Oceanográfico Nacional de Chile CONA, 2010, Capítulo 4, El margen continental chileno, 4.3 Estructuras del margen continental de Chile”, publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, se tienen los siguientes resultados de estudios recientes en el margen de Chile, en relación con la barrera que forma la dorsal Juan Fernández alrededor de los 32°S, los rasgos del margen continental difieren claramente al norte y sur de esta latitud.

Al norte de la latitud 32°S:

- El ángulo de subducción de la placa oceánica en la pared externa de la fosa es comparativamente escarpado.
- En la zona de inflexión de la placa oceánica se han formado pronunciadas estructuras tipo horst-graben, es decir, un conjunto de dos fallas normales, con inclinaciones opuestas, donde el sector central normalmente de material de mayor dureza, se levanta por sobre sus lados.
- Existe poco o ningún relleno sedimentario en la fosa Perú-Chile debido a las condiciones extremadamente áridas sobre el continente, y debido a la escasa cubierta sedimentaria sobre la placa oceánica.
- El talud continental tiene una inclinación media.
- La presencia de bloques inclinados y de fallas normales pronunciadas prueban un régimen de extensión en el margen continental.
- La plataforma continental es muy angosta, y ninguna o solamente pequeñas cuencas de ante arco se han formado.
- Existen fuertes indicaciones, también provenientes de investigaciones previas en tierra firme, que se está enfrente de un proceso de erosión por subducción. Es decir, material es removido desde la base del margen continental, en el plano de subducción, y luego es transportado hacia dominios más profundos debajo de la placa continental.

Al sur de la latitud 32°S:

- El ángulo de subducción de la placa oceánica junto a la pared externa de la fosa es extremadamente pequeño.
- La morfología de la placa oceánica es generalmente suave, si es que no está influenciada por zonas de fracturas, montes submarinos u otros similares.
- La fosa Perú-Chile se ensancha considerablemente hacia el sur y contiene un grueso relleno sedimentario, claramente estratificado.
- A lo largo de la fosa existe un pronunciado canal axial de turbiditas que comienza en la latitud 41°30'S y concluye en los 33°S.
- Geométricamente, solo existe un pequeño prisma de acreción, el cual generalmente presenta un frente muy escarpado.

- En el talud continental superior, la morfología es generalmente muy variable y está localmente modelada fuertemente por corrientes y canales de turbiditas.
- Hacia el sur, la plataforma continental se ensancha y contiene cuencas de ante arco comparativamente gruesas, sobre un basamento metamórfico, muy probablemente paleozoico.
- Indicaciones de lineamientos tectónicos heredados, y posiblemente reactivados, podrían estar conectados con patrones presentes en tierra firme.
- Estimaciones aproximadas de masa y de edad del prisma de acreción conducen a la conclusión que se habría requerido, a lo más, 2 a 3 millones de años para su formación. Dado que las condiciones de subducción han prevalecido, al menos, desde el Jurásico Inferior, se concluye que la mayor parte de los sedimentos fue removida por un canal de subducción hacia dominios más profundos, debajo de la placa Sudamericana.

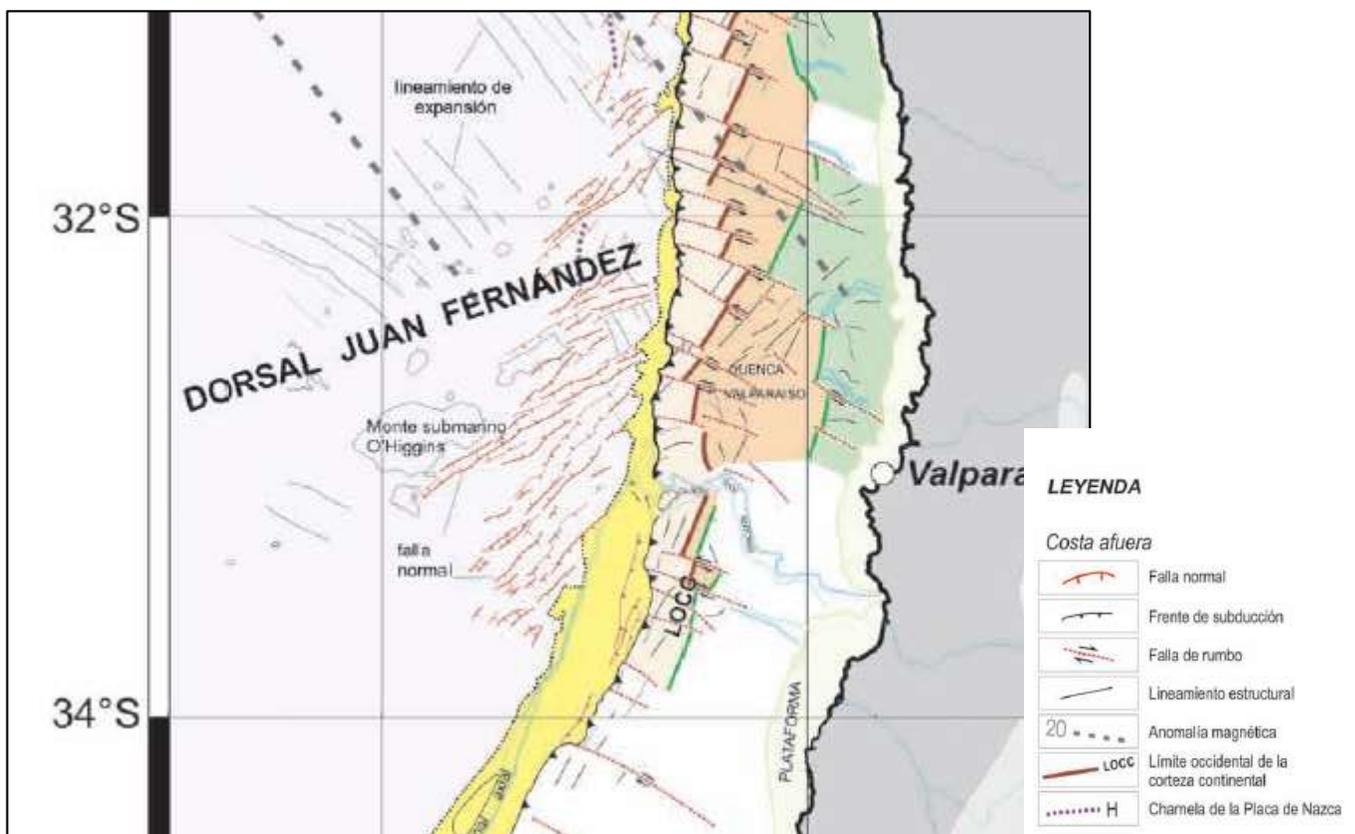


Figura 18: MAPA DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MAYORES DEL MARGEN CONTINENTAL DE CHILE CENTRAL Y DE LA CORTEZA OCEÁNICA (PLACA DE NAZCA) ADYACENTE
 (Fte.: “Geología Marina de Chile, Comité Oceanográfico Nacional de Chile CONA, 2010, Capítulo 4. El margen continental chileno, 4.3 Estructuras del margen continental de Chile”)

3.0 DEPOSITOS DE SUELOS SUPERFICIALES

En este capítulo se entregan antecedentes disponibles acerca de los suelos existentes en la zona en estudio, a partir del levantamiento de los suelos existentes en las principales ciudades y localidades dentro de la zona en estudio.

Los antecedentes disponibles de suelos provienen de tres fuentes: La primera es una extracción de la información relevante para este estudio contenida en el informe , “Project of Geological Survey of strong - motion site in central Chile”, elaborado por los profesores Manuel Araneda y Rodolfo Saragoni, del Departamento de Ingeniería Civil, Sección Ingeniería Estructural Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, de la Universidad de Chile, para Kajima Institute of Construction Technology of Tokyo, en 1994, el cual a través de información de mapas geológicos, perfiles de gravedad, perfiles sísmicos de refracción e inspección de calicatas, reúne información relevante de los suelos existentes y sus velocidades de propagación de ondas, para doce localidades dentro de la zona en estudio; La segunda fuente es una campaña de exploración de suelos , desarrollada por el autor para este estudio en particular, en torno al curso del Río Aconcagua, desde su origen en la Cordillera de Los Andes y hasta su desembocadura en la costa del Océano Pacífico, exploración efectuada en base a la inspección de calicatas excavadas a mano y cortes existentes; La tercera fuente corresponde a una recopilación de resultados de estudios de mecánica de suelos efectuados por el autor dentro de la zona en estudio, entre los años 2007 y 2019, para diversos tipos de proyectos.

El objetivo más allá de este capítulo, es cruzar esta información, con los restantes antecedentes en este estudio, para localidades donde se cuenta con información de intensidades reportadas.

La primera recopilación de depósitos de suelos superficiales, corresponde a la extracción de información contenida en el informe “Project of Geological Survey of strong - motion site in central Chile”, elaborado por los profesores Manuel Araneda y Rodolfo Saragoni, del Departamento de Ingeniería Civil, Sección Ingeniería Estructural Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, de la Universidad de Chile, para Kajima Institute of Construction Technology of Tokyo, en 1994. Esta recopilación se muestra en la Tabla 1 siguiente, la cual contiene parámetros de suelos para las localidades dentro del área en estudio. Este informe contiene profundidades de basamento usando perfiles de gravedad y perfiles sísmicos, con explosivos, más propiedades de los suelos superficiales que fueron determinadas usando el método Ita-Tataki, e información geológica obtenida a partir de mapas geológicos generales. En algunos casos se incluye información de mecánica de suelos, obtenida a partir de calicatas superficiales.

Para las prospecciones se utilizaron las metodologías y equipos que siguen:

Para gravimetrías se usó:

- Gravímetro La Coste Romberg, modelo G411, más altímetro Wallace-Tierman.
- Método bidimensional de Talwani et al. (1965)

Para modelar estructuras geológicas, se usó una densidad de contraste de 0.6gr/cm^3 (2.1gr/cm^3 para sedimentos y 2.7gr/cm^3 para rocas).

Para el método sísmico de refracción, se usó un equipo Geometric, modelo ES 1210F. Para las líneas sísmicas con explosivos; Se usó una configuración estándar de 350m de longitud, con geófonos espaciados cada 30m, y disparos en ambos extremos a 10m del último geófono. Los registros se obtuvieron con una precisión de 0.5 milisegundos. Los tiros se efectuaron en una calicata excavada a mano.

Para estimar las velocidades de ondas P y S se usaron perfiles de refracción cortos bajo la estación del acelerógrafo respectivo. Se usaron geófonos direccionales y una fuente de energía para registrar cada tipo de onda. La generación de pulsos se realizó en ambos extremos del perfil.

Para registrar la onda S, se usó el método Ita-Tataki.

Para estimar la densidad de suelos y rocas, se usó la curva de Araneda (1991) la cual grafica la relación empírica entre la densidad y la velocidad de onda compresional para rocas chilenas, el cual se muestra en la figura siguiente.

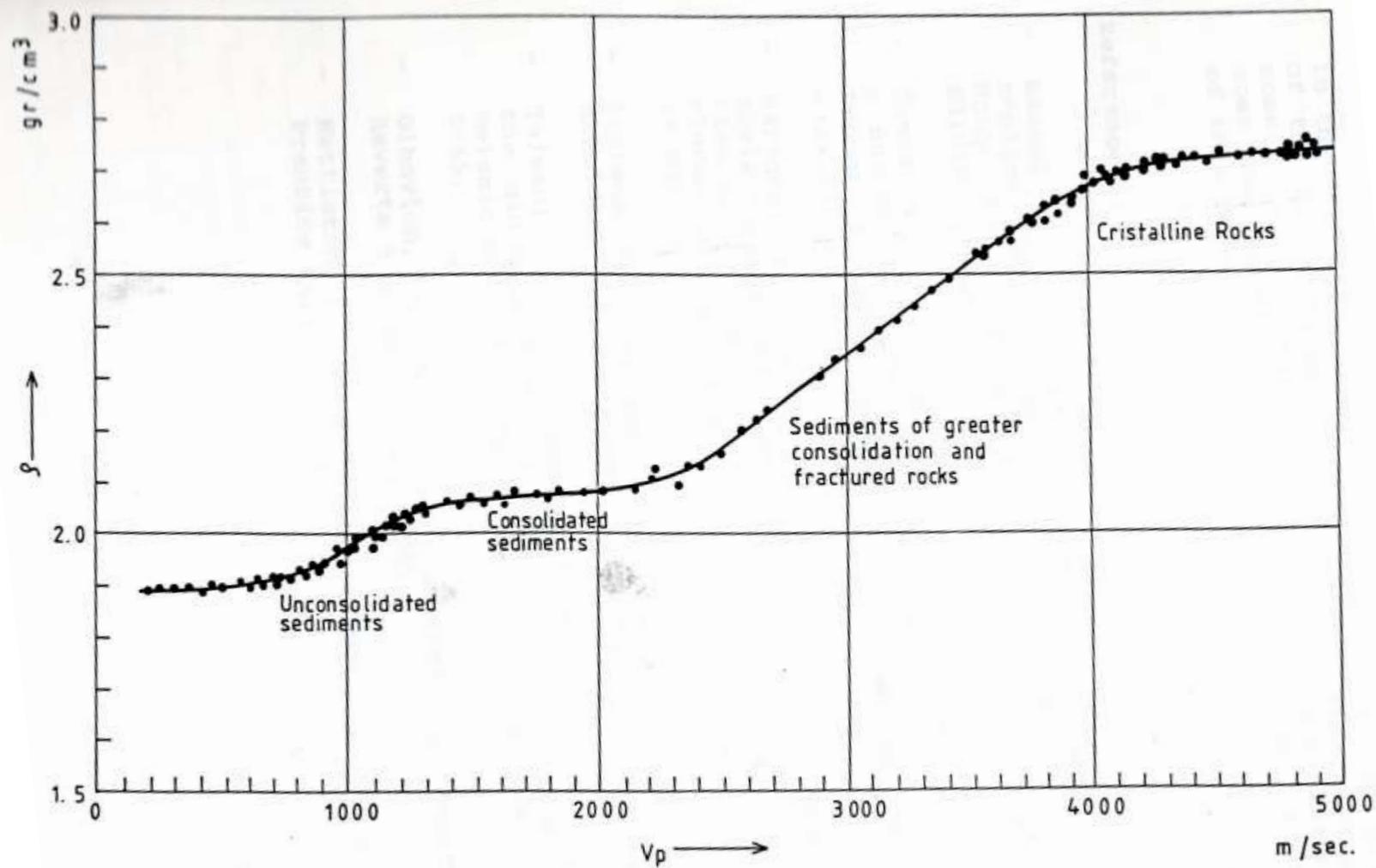


Figura 19: RELACION EMPIRICA ENTRE LA DENSIDAD Y LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE LA ONDA COMPRESIONAL PARA ROCAS CHILENAS

TABLA 2: RECOPIACION SUELOS INFORME "PROJECT OF GEOLOGICAL SURVEY OF STRONG - MOTION SITE IN CENTRAL CHILE"
(M. Araneda y R. Saragoni, 1994)

N°	Localidad	Latitud (°)	Longitud (°)	Descripción	Estratos	Profundidad, m		Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (ton/m ³)
		Altitud				hi (m)	hf (m)			
1.-	ILLAPEL	-31,63	-71,17	SEDIMENTO CUATERNARIO ALUVIAL Y COLUVIAL; FORMACIÓN CRETÁCICA INTRUSIVA DE DIFERENTES EDADES. FORMACIÓN DE SEDIMENTOS CONTINENTALES Y LAVAS DEL MIOCENO-PLIOCENO.	SUELO SUPERFICIAL	0.0	3.5 - 4.0	380	150	2,00
		317 m.s.n.m.			GRAVA COMPACTA	3.5 - 4.0	26.0	2175	1070	2,20
					ROCA	26.0	>30.0	4220	2350	2,70
2.-	LOS VILOS	-31,92	-71,5	PENÍNSULA ROCOSA PALEOZOICA CON PEQUEÑA CAPA DE SEDIMENTOS RECIENTES. FORMACIÓN ARRAYAN DE SEDIMENTOS MARINOS (LUTITAS Y ARENOSOS).	SEDIMENTOS	0.0	0.5 - 0.8	170 - 500	-	2,00
		10 m.s.n.m.			SEDIMENTOS	0.5 - 0.8	4.5 - 4.8	792	330	2,10
					ROCA	10.5 - 12.0	> 12.0	3760	2068	2,60
3.-	LA LIGUA	-32,5	-71,23	DEPÓSITOS CUATERNARIOS DE GRAVA FLUVIAL, PRINCIPALMENTE GRAVA DEPOSITADA POR RÍO LA LIGUA.	SUELO VEGETAL Y FINOS	0.0	2.0 - 3.0	615	240	1,90
		50 m.s.n.m.			GRAVA NO CONSOLIDADA	2.0 - 3.0	7.0 - 10.0	1076	450	2,00
					GRAVA CONSOLIDADA	7.0 - 10.0	47.0 - 50.0	1885	930	2,10
					ROCA	47.0 - 50.0	>50.0	3900	2145	2,60
4.-	PAPUDO	-32,52	-71,45	BATOLITO DEL CRETÁCICO CON VETAS DE SEDIMENTOS CUATERNARIOS. ROCA NO DETECTADA.	SEDIMENTOS	0.0	3.0 - 4.0	340	150	1,80
		25 m.s.n.m.			ROCA METEORIZADA	3.0 - 4.0	15.0 - 16.5	1712	830	2,10
					ROCA (ESTIMADO)	15.0 - 16.5	>20.0	-	-	-
5.-	ZAPALLAR	-33,57	-71,47	BATOLITO CRETÁCICO CON VETAS DE SEDIMENTOS CUATERNARIOS. ROCA NO DETECTADA. BATOLITO CRETÁCICO DE LA COSTA DE INTRUSIVOS, PORFÍRICA GRANÍTICA, DIORITA Y OTROS DEL BATOLITO.	SUELO SUPERFICIAL	0.0	0.5 - 1.0	200 - 250	-	1,50
		75 m.s.n.m.			ARCILLA POCO CONSOLIDADA	0.5 - 1.0	3.0 - 2.5	680	280	1,90
					ARCILLA CONSOLIDADA	3.0 - 2.5	16.0 - 17.0	1330	660	2,10
					ROCA (ESTIMADO)	16.0 - 17.0	>30.0	-	-	-
6.-	VENTANAS	-33,45	-71,29	SEDIMENTOS FLUVIALES Y DE DUNAS CUATERNARIOS CON ARENA DE ROCA Y ARCILLA DE ORIGEN MARINO DEL TERCARIO. ROCA INTRUSIVA, BATOLITO DE CHILE CENTRAL PRINCIPALMENTE DE DIORITAS DEL CRETÁCICO.	SUELO SUPERFICIAL	0.0	6.0	650	155	2,10
		5 m.s.n.m.			ARENA DE BAJO CONT. AGUA	6.0	17.00	1450	306	2,14
					ARENA SATURADA	17.0	57.0 - 70.0	1700	816	-
					ROCA	57.0 - 74.0	>74.0	4500	2430	2,70
7.-	SAN FELIPE	-32,75	-70,73	UBICADA SOBRE SEDIMENTO FLUVIAL CUATERNARIO, PRINCIPALMENTE GRAVA DEL RÍO ACONCAGUA. FORMACIÓN LAS CHILCAS DE ROCA VOLCÁNICA Y SEDIMENTO CONTINENTAL; INTRUSIVO DE BATOLITO CRETÁCICO.	SUELO VEGETAL Y FINOS	0.0	1.0 - 2.0	536	250	-
		643 m.s.n.m.			GRAVA NO CONSOLIDADA	1.0 - 2.0	6.0 - 7.0	950	315	2,00
					GRAVA CONSOLIDADA	6.0 - 7.0	114.0	1520	640	2,10
					ROCA	114.0	>114.0	3600	1940	2,70
8.-	LLAY - LLAY	-32,84	-70,97	SEDIMENTOS FLUVIALES Y ALUVIALES CUATERNARIOS COMPUESTOS POR DEPÓSITOS DE GRAVA. BATOLITO INTRUSIVO AL NORTE Y SUR DEL VALLE; ANDESITA CON FELDESPATO CRETÁCICO; FORMACIÓN LAS CHILCAS DE ROCAS VOLCÁNICAS Y SEDIMENTOS DEL CRETÁCICO.	SUELO VEGETAL Y FINO	0.0	2.0 - 3.0	450	185	1,80
		390 m.s.n.m.			GRAVA CONSOLIDADA	2.0 - 3.0	105.0	1710	820	2,15
					ROCA	105.0	>105.0	4300	2365 (1)	2,70
9.-	VIÑA DEL MAR	-33,02	-71,58	PLANO SOBRE DEPÓSITOS FLUVIALES Y MARINOS CONSTITUTIVOS DEL LECHO DEL ESTERO MARGA MARGA; FORMACIÓN QUINTAY BASAMENTO METAMÓRFICO; BATOLITO DE LA COSTA; SEDIMENTOS CUATERNARIOS.	SUELO SEDIMENTARIO	0.0	5.0	370	140	1,90
		10 m.s.n.m.			2A CAPA	5.0	70.0	1550	680	2,10
					ROCA (POR GRAVEDAD)	70.0	-	4500	2525	2,70
10.-	VALPARAISO EL ALMENDRAL	-33,03	-71,63	SE ENCUENTRA ROCA EXPUESTA EN TODA LA COSTA; BASAMENTO METAMÓRFICO (FORMACIÓN QUINTAY) DEL PALEOZOICO; BATOLITO DE LA COSTA DE PALEOZOICO; SEDIMENTOS RECIENTES, DEPÓSITOS ALUVIALES Y DE DUNAS CUATERNARIOS.	SUELO SUPERFICIAL	0.0	2.5	350	118	1,90
		13 m.s.n.m.			ARENA Y GRAVAS FINAS	2.5	17.5	887	397	2,00
					ARENOSO Y GRAVAS FINAS	17.5	60.0	1365	665	2,10
					ROCA FRACTURADA	60.0	70.0	2500	1300	2,30
					LECHO ROCOSO	70.0	>70.0	4500	2525	2,70
11.-	VALPARAISO U.T.F.S.M.	-33,03	-71,63	SE ENCUENTRA ROCA EXPUESTA EN TODA LA COSTA; BASAMENTO METAMÓRFICO (FORMACIÓN QUINTAY) DEL PALEOZOICO; BATOLITO DE LA COSTA DEL PALEOZOICO; SEDIMENTOS RECIENTES, DEPÓSITOS ALUVIALES Y DE DUNAS CUATERNARIOS.	SUELO SUPERFICIAL	0.0	1.3 - 1.5	764	312	1,90
		5 m.s.n.m.			ROCA EN ESTADO REGULAR	1.3 - 1.5	19.5	3190	1720	2,6 (2)
12.-	LAS TOROTOLAS	-33,1	-70,76	BATOLITO INTRUSIVO DEL CRETÁCICO; FORMACIÓN LAS CHILCAS DE ROCA VOLCÁNICA Y SEDIMENTOS CONTINENTALES DEL CRETÁCICO; FORMACIÓN LO OVALLE DE ROCA VOLCÁNICA Y SEDIMENTO CONTINENTAL DEL CRETÁCICO; CENIZA VOLCÁNICA DEL PERÍODO GLACIAL RECIENTE; ANDESITAS E INTRUSIVOS DE BASALTO DEL TERCARIO.	SUELO SUPERFICIAL	0.0	1.0	1240	520	2,10
		610 m s.n.m. 90Km de la costa			ROCA	1.0	14.0 (3)	3450	1830	2,60

La segunda fuente corresponde a una campaña de exploración de suelos, desarrollada en las localidades ubicadas en torno al curso del Río Aconcagua, desde su origen en la Cordillera de Los Andes, en el Km.15 del Camino Internacional, entre Guardia Vieja y Portillo, a la salida del Refugio N°2, y hasta su desembocadura en la costa del Océano Pacífico, en las cercanías de Con-Con. Esta exploración fue efectuada en base a la inspección visual de calicatas excavadas a mano, y cortes existentes a lo largo de este recorrido, y fue desarrollada para este estudio.

Los resultados de esta prospección se entregan en las tablas siguientes, siguiendo el orden en la cual fueron visitadas las distintas localidades, iniciando en la localidad de Auco, luego hacia el oriente hasta el origen del Río Aconcagua, y luego desde oriente a poniente hasta la desembocadura del Río Aconcagua en el borde costero.

Las tablas incluyen la identificación de la localidad, seguida de sus coordenadas UTM y geográficas más altitud sobre el nivel del mar, determinadas a través del uso de GPS Garmin y geoide de referencia WGS84, para el punto donde se excavó la calicata de exploración o para el punto donde se determinó la estratigrafía en cortes existentes, luego la descripción estratigráfica correspondiente, descripción del entorno y de las construcciones existentes en el lugar. Para algunas localidades, la información ha sido enriquecida con datos recabados a través de entrevistas con personas de cada lugar.

TABLA 3: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 1 de 4

N°	LOCALIDAD	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD msnm	ESTRATO	ESPESOR m	DESCRIPCION	ENTORNO	CONSTRUCCIONES	FUENTE
		ESTE m	NORTE m	LONGITUD °	LATITUD °							
1	Rinconada de Los Andes (Corte en Carretera)	343.532	6.357.165	-70,67	-32,91	916	H1	0.00 a 1.80	Roca meteorizada a mediana altura, suelo arcilloso. Relleno limoso con roca meteorizada, finos de plasticidad media a alta, consistencia media a alta, compacidad alta. Altura rellenos: 1.80 mínimo Abundantes clastos de hasta 30cm.			IV
2	Auco. Santuario Santa Teresita de Los Andes. (Calicatas en construcción para Ampliación Casa de Retiro)	343.252	6.358.934	-70,68	-32,90	826	H1	0.20 a 1.20	Suelo fino arcilloso, plasticidad media a alta, consistencia baja, humedad baja. Terrones. Raicillas. Pocas gravas de cantos angulosos T=2"			IV
							H2	1.20 a 1.70	Fuera del poso aparecen clastos de cantos angulosos T=4" a 6" con arena limo arcillosa, finos plásticos, humedad baja. Consistencia media a alta. Gravitas y restos de roca meteorizada (partículas frágiles). Se aprecia buena trabazón entre partículas.			IV
3	Camino Internacional, Salida Refugio N°2. (Entre Guardia Vieja y Porfillo, Km.15)	386.866	6.361.537	-70,21	-32,88	1.860	GL		Grava arenosa, con limos. Arena de partículas medias. Abundantes partículas angulosas. Consistencia alta, humedad baja. Últimos 1 a 2 metros antes de la superficie con poros.			IV
4	Guardia Vieja	381.666	6.359.075	-70,27	-32,90	1.610	H1		Suelo vegetal. Limo arcilloso, de plasticidad alta, abundante materia orgánica, muy fértil. Se detecta en zonas aisladas del terreno en sectores muy bien definidos.		Construcción predominante, casa de madera de un piso, sobre cimiento de albañilería de piedra o sobre suelo.	TL
							H2		Arena aluvial compacta color gris claro			TL
							H3		Grava aluvial de cantos redondeados, areno-limosa, de consistencia muy alta (no entra un chuzo). En ambas riberas del río predomina este estrato.			TL
5	Riecillo	373.432	6.356.844	-70,35	-32,92	1.621	H1		Suelo vegetal		Casas de madera apoyadas directamente sobre el suelo existente	IV
							H2		Grava arenosa, con gravas aluviales de cantos redondeados. Bolones y clastos con tamaño máximo de entre 1.00 a 1.20 metros.			
6	Río Colorado / Antiguo Camino Internacional	367.612	6.363.570	-70,41	-32,86	1.089			En superficie aparece suelo vegetal contaminado con material de base y sub base de camino. A poca profundidad aparece grava arenosa, con gravas de cantos redondeados. Clastos de cantos subangulares a angulosos, color negro, tipo granito. Se observa arena compacta tipo maicillo y restos de roca meteorizada		Casas de madera en regular estado; muros de cierre de albañilería con bolones aluviales. Abundantes construcciones de adobe en regular estado, de baja altura.	TL / IV

TABLA 4: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 2 de 4

N°	LOCALIDAD	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD msnm	ESTRATO	ESPESOR m	DESCRIPCION	ENTORNO	CONSTRUCCIONES	FUENTE
		ESTE m	NORTE m	LONGITUD °	LATITUD °							
7	Santa Marta al Interior (Tranque)	351.827	6.377.274	-70,58	-32,73	848	H1		Suelo vegetal limoso color café oscuro. Humedad alta, plasticidad baja a media, consistencia media. Gravas y bolones redondeados y angulares de hasta 1m.	Zona amplia plana alejada de cerros, abundante vegetación, zonas de cultivo en todo el sector.	Construcciones de buena calidad. Predominan casas de madera sobre cimientos.	IV
							H2		Grava areno limosa, con partículas de cantos redondeados, color café pardo. Compacidad media a alta.			
8	Cruce Santa Marta.- Límite Provincias Los Andes y San Felipe	349.626	6.375.154	-70,61	-32,75	774	H1		Grava areno limosa, poco arenosa, color gris pardo. Compacidad media.		Casas sobre cimientos, de un piso. Construcciones en madera, albañilería y adobe, en general en regular estado.	IV
9	Cruce Santa Marta / El Calvo / Los Andes	348.630	6.373.738	-70,62	-32,76	784	H1		Grava areno limosa, color gris pardo, de compacidad media a alta.			IV
10	Las Cadenas	349.003	6.371.081	-70,61	-32,79	772	H1	2,00	Grava limosa con partículas de cantos angulares, de hasta 30cm. Humedad baja, compacidad media a alta.			IV
11	El Tambo (Construcción de canal)	342.704	6.374.071	-70,68	-32,76	682	H1	0,50	Grava limosa, color gris pardo, finos de plasticidad baja a media. Partículas de cantos redondeados y angulares T=4". Se detectan algunos clastos redondeados de T= 25cm a 30cm.			IV
12	Ramaditas (Frente a Con Con)	266.097	6.355.272	-71,50	-32,92	0	H1	0,20	Arena fina a media color café pardo claro. Humedad media a alta.	Localidad entre ribera del Río Aconcagua y borde costero, con algunas explanadas, donde domina el estrato rocoso cubierto por una delgada capa de arena fina a media.	Las casas del sector se encontrarían todas fundadas sobre roca, la cual es muy superficial.	IV / TL
							H2	desde 0,20 ó 1,0 m.	Roca			
13	Melosilla de Puchuncaví	272.507	6.370.264	-71,43	-32,78	80						IV
14	Valle Alegre	271.539	6.367.834	-71,44	-32,80	25	H1	0,80	Arena fina limosa, de humedad alta, color café pardo. Compacidad media a alta en profundidad.		Construcciones de Adobe y piedra. Murallones de adobe de 1,5m a 2,0m de altura.	IV
15	Campiche	271.038	6.376.255	-71,44	-32,73		H1		Arena limosa color amarillo claro, de compacidad alta, humedad media. A orilla del camino aparece arena grava limosa de compacidad alta.		Casas de madera de un piso en regular estado, apoyadas sobre la arena compacta.	IV
16	Puchuncaví	274.148	6.376.787	-71,41	-32,72	30	H1	0,50	Arena fina limo arcillosa, color café pardo. Finos de plasticidad media. Humedad media. Con huecos. Compacidad media a alta.		Construcciones de variados materiales: madera, albañilería y algunas construcciones en adobe, en diversos estados. Predominan casas de un piso, fundadas sobre zapatas corridas, detectándose algunas casas apoyadas sobre el suelo superficial existente, e incluso algunas en muy mal estado.	IV
							H2		Grava arenosa, con gravas medias y finas, arena gruesa a fina. Gravas de cantos subangulares, compacidad media a alta.			
							H3		Arcilla arenosa de compacidad alta.			
17	Runge	274.560	6.380.272	-71,40	-32,69	46	H1	0,5 a 1,00	Arena fina limo arcillosa.		Construcciones de un piso sobre fundaciones de zapata corrida, ubicadas entre 0,5 y 1,0 m de profundidad.	IV / TL
							H2	0,30	Maicillo, constituido por arena gruesa a fina.			
							H3	1,00	Arena media a fina, de compacidad media a alta.			

TABLA 5: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 3 de 4

N°	LOCALIDAD	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD msnm	ESTRATO	ESPESOR m	DESCRIPCION	ENTORNO	CONSTRUCCIONES	FUENTE			
		ESTE m	NORTE m	LONGITUD °	LATITUD °										
18	Runge	274.714	6.379.822	-71,40	-32,70	54	H1	0,50 a 1,00	Arena fina arcillosa, de plasticidad media, compacidad media al contenido de humedad natural.			IV			
							H2	0,30	Arcilla color café oscuro, de plasticidad alta, compacidad alta.						
							H3	1,00	Arena arcillo limosa, de plasticidad media, en profundidad compacidad media. En zonas altas predominan arcillas arenosas de color café oscuro, de consistencia muy alta al contenido de humedad natural.						
19	San Antonio	277.736	6.379.072	-71,37	-32,70	131	H1		Arcilla arenosa color café oscuro, de consistencia media al contenido de humedad natural. Consistencia alta a muy alta a humedad baja (seca), plasticidad alta. Aparecen gravas de T=1" a 2", de cantos redondeados en superficie.			IV			
20	Corte en camino	276.160	6.378.399	-71,39	-32,71	59	H1	1,00 a 1,20	Rellenos de arcilla arenosa, grava con gravilla de cantos angulares y redondeados T=20cm, arcilla limo arenosa, gravas arenosas, con arenas gruesas color amarillento tipo maicillo. Algunos huecos y bolsones de gravas angulosas y redondeadas.			IV			
							H2	1,80	Suelo natural, arcilla con arena fina, finos de plasticidad alta, consistencia alta, humedad media a baja.						
21	La Canela	282.018	6.379.221	-71,33	-32,70	417	H1	0,60	Arcilla consolidada en forma de terrones color café, con abundantes raicillas, humedad baja, consistencia muy alta.	Corte en terreno, H=1,30m. Parte alta en faldeo de cerro a borde de La Canela baja.	Construcciones de un piso, de madera con cimientos de madera, en regular estado. Estructura de base corresponde a envigados de madera sobre pilotes.	IV			
							H2	0,7 min	Roca meteorizada con múltiples fisuras, color café y trazas verdosas.			IV			
22	La Canela						H1		Arcilla con arenas compactas gruesas de roca meteorizada, de humedad media, consistencia alta a muy alta (no entra la pala).	Calle del pueblo.		IV			
							H1		Relleno arenoso con finos de humedad baja, poroso, compacidad media a alta, con gravas de T=2" a 4", con cantos irregulares de redondeados a subredondeados.				Estación Médico Rural	Construcción de un piso en madera sobre envigado y pilotes de madera.	IV
							H1		Grava arenosa poco arcillosa, de compacidad media alta, humedad baja.				Parte baja del pueblo / Altura máxima en camino hacia La Canela : 684 msnm		IV
23	Pucalan	280.474	6.374.054	-71,34	-32,75	181	H1		Grava areno arcillosa, de plasticidad media.			IV			
							H2		Arcilla arenosa compacta de color café oscuro, humedad media, plasticidad media a alta. Arenas de granos medios.						

TABLA 6: PROSPECCION DE SUELOS SUPERFICIALES EN TORNO AL RIO ACONCAGUA – Parte 4 de 4

N°	LOCALIDAD	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD msnm	ESTRATO	ESPESOR m	DESCRIPCION	ENTORNO	CONSTRUCCIONES	FUENTE
		ESTE m	NORTE m	LONGITUD °	LATITUD °							
24	Camino	281.341	6.373.943	-71,33	-32,75	224	H1		Rellenos seguidos de suelo natural, Arcilla con gravas de tamaño máximo T=1", 2" y bolones de T=4", de cantos angulares y subangulares, consistencia alta, humedad media, plasticidad media a alta.			IV
25	Corte en camino	292.996	6.376.192	-71,21	-32,73	223	H1		Grava arcillosa en riveras de curso de agua.	Corte en camino.		IV
							H2		Arcilla color café, plástica, de consistencia alta. Este estrato se encuentra sobre roca fragmentada.			
							H3		Arcilla poco gravosa, con gravas de cantos subangulares.			
26	La Cruz	292.591	6.368.983	-71,22	-32,80	195	H1		Grava areno limosa, finos color gris pardo, de compacidad media a alta, humedad baja.			IV
27	Petorquita	297.688	6.368.828	-71,16	-32,80	236	H1		Grava arenosa limosa, con arenas de granos finos, color gris pardo, con finos de plasticidad baja, gravas de cantos redondeados.			IV
28	Hijuelas	299.391	6.369.154	-71,14	-32,80	281	H1		Grava arcillosa en riveras de curso de agua.			IV
							H2		Arcilla arenosa color café.			
							H3		Arcilla color café, estructura tipo migajón, con escasas gravas de cantos redondeados.			
29	Romeral	303.352	6.364.818	-71,10	-32,84	295	H1		Grava arenosa, con partículas de cantos redondeados, compacidad alta, bolones T=4" a 5". Clastos de hasta 2,0m. Depósitos de finos arcillosos.	Riberas Río Aconcagua		IV
30	Ruta 5 Norte, Borde carretera, Km. 90	313.767	6.364.663	-70,99	-32,84	378	H1		Grava areno limosa, color café pardo, humedad media a baja, compacidad media.			IV
31	Puente en Construcción	314.433	6.364.469	-70,98	-32,84		H1		Grava areno limosa.			IV

FUENTES:
IV: INSPECCION VISUAL
TL: TESTIMONIO DE LUGAREÑOS
CT: CORTE EN TERRENO
GL: ESTRATO GLOBAL

La tercera fuente corresponde a una recopilación de resultados de estudios de mecánica de suelos efectuados por el autor, o en los cuales el autor ha participado, para localidades dentro de la zona en estudio, entre los años 2007 y 2019, para diversos tipos de proyectos, habitacionales, industriales, públicos y privados.

Los resultados incluyen la ubicación de las diferentes localidades, identificación del proyecto respectivo, ubicación, descripción de suelos dominantes o estratigráfica de los suelos prospectados y sus características. Estos resultados se muestran en las tablas siguientes.

TABLA 7: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 1 de 4

N	Localidad	Sitio	Proyecto Código Interno	Ubicación	Suelos Dominantes
1	Auco, V Región	Casa Espiritualidad Auco, Santuario Santa Teresa de Los Andes	181029-0237	Carretera San Martín S/N, Rinconada de Los Andes	Suelos vegetal y rellenos de suelos alterados compactos hasta 0.80m; 0.80m a 1.20m, arcilla limosa arenosa, consistencia alta a muy alta, arenas gruesas y escasos bolones aislados, plasticidad media; Lente de arena gravosa compacta, sin trabazón, limpia, e=10cm; 1.30m a 2.20m y más, Grava arenosa algo limosa, bien graduada, arenas gruesas, escasos finos inertes, bolones y clastos T _{máx} =50cm a 1.00m, angulares de forma cúbica, fuertemente trabados, aumentan en cantidad en profundidad.
2	Auco, V Región	Iglesia Monasterio Carmelitas Descalzas	191111-0250	Santuario Sor Teresa de Los Andes	Suelo vegetal y rellenos artificiales hasta 0.60m; 0.60m a 1.50m/1.90m, Arcillas arenosas de baja plasticidad y localmente gravas limosas arenosas, consistencia y compacidad alta, 30% de clastos angulares y subangulares, T _{máx} =30cm, trozos de roca coluviales, finos vesiculares, en sector nor oriente clastos altamente trabados a 0.80m de profundidad; 1.50m/1.90m a 3.00m y mas, Arcillas arenosas y arenas arcillosas, escasas gravas aisladas, consistencia y compacidad media a alta, finos de cohesión baja, bloques de roca T _{máx} =50cm, excepcionalmente T _{máx} =80cm, 10% gravas y bolones T _{máx} =15cm.
3	Buín	Centro	111118-111	Jose Manuel Balmaceda N°570	Rellenos artificiales hasta 1.30m, arcilla arenosa consistencia alta entre 1.30m a 2.50m; Grava arenosa arcillosa fluvial compacta, desde 2.50m y más.
4	Cachagua	Club de Polo Cachagua	070728-015	Club de Polo Cachagua	Relleno artificial y suelo vegetal hasta 1.00m; Arena fina limosa o arcillosa de baja compacidad hasta 1.60m; Arena fina limosa a limpia de compacidad media hasta 3m y más.
5	Calera de Tango	Camino Lonquén Norte Paradero 16	081007-034	Centro de Desarrollo Económico	Arcilla, arenas y gravas de compacidad media hasta 1.30m; Grava arena limosa compacta con bolones fluvial, con suelos en descomposición, hasta 2.00m y más.
6	Calle Larga	Calle Alcalde R. Meneses S/N	120618-125	CESFAM Calle Larga	Calicatas: Arcillas limosas de consistencia alta a muy alta, consolidada entre 0.50m a 4.00m y más. Geofísica: Gravos y arenas compactas V _s =770m/s desde 4.00m y hasta 10.00m a 16.00m; Gravos y arenas de mayor compacidad V _s =920m/s hasta 35.00m y más.
7	Casablanca	Parque La Fragua, Casablanca	180202-0217	Ruta 68 Santiago a Valparaíso, Km 78	Hasta 0.40m suelo vegetal; 0.40m a 0.80m, Arcilla limosa arenosa, consistencia media, plasticidad media a baja, cohesiva, vesicular, expansiva, seguida de Limo arcilloso poco arenoso de suelos en descomposición; 0.80m a 3.20m y mas, Maicillo, limos arcillosos arenosos, consistencia alta a muy alta, arenas gruesas, suelos en descomposición, cementación en aumento con la profundidad; Hacia los 3.20m bloques en descomposición T _{máx} =3" a 4".
8	Chépica	San Antonio, 4m de Chépica	111118-115	Escuela Luis Arturo Zúñiga	Arcillas de baja plasticidad de consistencia media a muy alta, con gravas aisladas entre 0.50m a 2.50m y más. Nivel freático a partir de los 1.60m a 2.40m.
9	Con Con	Laura Barros	140618-147	Río Limarí N°197	Relleno artificial hasta 2.00m; Arena fina limpia de baja compacidad 2.00m a 3.00m y más.
10	El Melón	Calle Freire S/N	080911-032	Escuela El Melón	Grava arenosa limosa compacta, fluvial con bolones entre 0.50m a 2.00m y más, con sectores de arcillas de consistencia media.
11	Embalse Lliu Lliu - V Región	Ladera cerro	090703-052	Sitio 05-519 Claro	Arena gruesa arcillosa tipo maicillo, compacidad baja, hasta 1.70m; Arcilla limosa arenosa de consistencia media hasta 2.20m y más.
12	Huechún	Acceso Andina	100809-069	Acceso Huechun DAND Codelco	Arcilla de consistencia baja, arena fina limpia compacidad baja, grava arenosa limpia compacidad media hasta 1.40m; Grava arenosa limosa compacta desde 1.40m a 2.00m y más.
13	Illapel	Sector norte	150922-176	La Concepción N°105	Arenas limosas con gravas alteradas de baja compacidad hasta 1.00m; Grava arenosa limosa de pie de monte, de compacidad muy alta, cementada entre 1.00m a 2.00m y más.
14	Isla de Maipo	Balmaceda 7200, Lote N°6, cerca Plaza de Lonquén	131106-134	Jardín Infantil Nehuen de Lonquén	Arcilla y arcilla arenosa café de baja plasticidad, consistencia baja, entre 0.30m a 1.40m; Arcilla negruzca plástica, blanda entre 1.40m a 20m; Nivel freático a contar de 2.00m.-
15	Isla de Maipo	Ruta G-40 Talagante - Isla de Maipo	110620-096	Restaurante y Exposición Vinos	Grava arenosa fluvial compacta de mal a bien graduada, limosa por estratos, con bolones y clastos, entre 0.90m a 2.00m y más.
16	La Ligua	Cerro Mestiza	160502-188	Cumbre Cerro Mestiza	Encuentro de 3 formaciones geológicas: Tr2c secuencia volcano sedimentaria del triásico, Js2c secuencia volcano sedimentaria del Jurásico, MP1c secuencia sedimentaria del Neógeno; Arcilla poco consolidada y limo arcilloso de consistencia muy alta entre 0.30m y 1.20m; Limo arenoso tipo maicillo consolidado desde 1.20m hasta la roca.
17	Lampa	Camino Lo Pinto	071222-022	Consultorio Municipal Lampa	Arenas arcillosas y arcillas arenosas de baja plasticidad, blandas poco densas, hasta 2.00m; Arcilla negruzca plástica y nivel freático en torno a los 2.00m y más.
18	Lampa	Costado Ruta 5 Norte, Juan de La Fuente N°340	080912-031	Galpón Vetrosystem	Rellenos artificiales compactos y sueltos hasta 1.85m; Arcilla plástica negruzca de consistencia alta hasta 3.00m y más.
19	Lo Gallardo a San Juan, V Región	Viña Hacienda San Juan	170424-0210	Camino Lo Gallardo San Juan (G-904) N°5955, Comuna San Antonio	Zonas bajas, suelo vegetal o rellenos artificiales, seguidos de arcillas de baja consistencia, plasticidad media a alta, cohesivas, vesiculares, seguidas de arcillas poco arenosas, de baja consistencia, hasta 3.00m y mas, arenas gruesas, plasticidad alta, cohesivas, nivel freático a 1.80m; Zonas altas, rellenos artificiales y suelo vegetal, seguidos de limos arenosos de consistencia alta, arenas de granos finos, con arenas limosa de compacidad media hasta 3.00m y mas.
20	Melipilla	Centro	111118-113	Arturo Prat N°630	Rellenos artificiales hasta 2.00m; Grava arenosa limo arcillosa fluvial compacta desde 2.00m y más.
21	Nogales	Calle Lautaro N°90	080912-033	Escuela Ulda Aracena	Arcillas de baja plasticidad de consistencia media, con lentes de arena y gravas aisladas en profundidad, hasta 2.00m y más.

TABLA 8: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 2 de 4

N	Localidad	Sitio	Proyecto Código Interno	Ubicación	Suelos Dominantes
22	Paine	Ruta 5 Sur, 600m al norte de Salida a Champa	121213-129	Planta Vida Estable Macro Food S.A.	Arcillas blandas algo arenosas de baja plasticidad, intercaladas con arenas limosas de baja compacidad, hasta 3.00m y más.
23	Peñaflor	El Trapiche	080320-026	Parque El Trapiche	Arena media de compacidad media o Arena limosa baja compacidad entre 0.30m a 0.70m; Grava arenosa fluvial compacta, saturada bajo nivel freático, ambos a contar de 0.70m y más.
24	Peñaflor	Parque Malloquito	070929-018	Parque Malloquito	Grava muy arenosa con finos, compacidad media, entre 0.30m a 1.00m; Grava arenosa con bolones, fluvial, compacta hasta 2.00m y más.
25	Pirque	Lo Arcaya	150910-175	Parcela 13 Condominio Terranova	Grava arenosa pobremente graduada de baja compacidad, de 0.30m a 1.60m; Grava arenosa de compacidad media y Grava arenosa fluvial arcillosa de compacidad media, a contar de 1.60m y más.
26	Punitaqui	Centro	110516-094	Casa de la Cultura	Gravas arenosas y arenas gravosas limosas mal graduadas con bolones y clastos subangulares, compacta, coluvial, entre 0.60m a 3.20m y más.
27	Quilpué	Centro	080301-025	Centro Cultural Quilpué	Arenas arcillosas compactas altamente cementadas, lentes de maicillo denso mas estratos con bolones cuarzosos y aumento en arenas gruesas tipo maicillo en profundidad, y aumento en compacidad y cementación, hasta 6.00m y más.
28	Rancagua	Centro	111107-106	Liceo María Luisa Bombal	Relleno artificial hasta 1.00m; Arcilla arenosa de consistencia media a alta entre 1.00m a 2.00m y más.
29	Rancagua, Periferia Norte	Sitio Claro 06-049	171120-0212	-34°7'43"/ -70°43'59"	Suelo natural arcilla, consistencia media a alta, plasticidad media, vesicular hasta 1.40m; Grava areno arcillosa fluvial, compacidad alta a muy alta, fuerte trabazón, cantos redondeados T _{máx} =3", finos cohesivos de plasticidad media, transición a estrato de grava arenosa fluvial mas limpio.
30	Rengo	Afuera Rengo	111118-109	Camino a Popeta S/N	Gravas arenosas de compacidad media, con bolones, entre 0.30m a 3.00m y más.
31	San Bernardo, Centro	Calle 1 de mayo N°239	140114-138	Edificio 1 Mayo 239	Relleno artificial hasta 0.80m; Grava arenosa compacta con bolones, fluvial, con mayor compacidad bajo 2.70m, hasta 4.00m y más.
32	San Bernardo, Río Maipo con Ruta 5 Sur	Panamericana Sur Km. 29	130105-130	Planta Petreos Río Maipo	Relleno artificial compacto superficial; Arcilla de consistencia alta a media hasta 3.20m y 6.40m por ladera cercana; Grava arenosa fluvial poco limosa compacta con bolones hasta los 10.00m; Grava arenosa limpia fluvial con bolones hasta 12.00m y más. Nivel Freático a 45.00m.
33	San Pedro	Municipalidad de San Pedro	071130-019	Consultorio Municipal de San Pedro	Arcilla negruzca plástica, de consistencia media o Arcilla limosa blanquecina consolidada, de consistencia muy alta hasta 1.20m; Arcilla de baja plasticidad, consistente, con sectores de consolidados en forma de bloques, hasta 2.00m y más.
34	Santiago Centro	Edificio Hotel San Martín	150415-0163	San Martín N°69	Pavimentos y rellenos artificiales hasta 0.70m; 0.70m a 1.10m, Arcilla consistencia baja, plasticidad baja, natural; 1.10m a 2.60m, Grava areno limosa, compacidad media, pobremente graduada, baja trabazón, arenas medias y gruesas, 10% a 20% bolones redondeados y subredondeados, T _{máx} =40cm, mayoritariamente 6", finos baja plasticidad, transición a la 2a Depositación de la Grava de Santiago; 2.60m a 3.00m, Grava areno limosa muy compacta, difícil de excavar, finos consolidados, cantos redondeados, T _{máx} =6", 2a Depositación Grava de Santiago; 3.00m a 3.30m, Grava arenosa limpia, muy permeable, sin trabazón, arenas gruesas, T _{máx} =6", cantos redondeados, transición a 1a Depositación Grava de Santiago; 3.30m a 6.70m, Grava arenosa arcillosa, compacta, 20% bolones T _{máx} =20cm, cantos redondeados, arenas medias, intercaladas con depósitos de bolones subangulares T _{máx} =6", clasto T _{máx} =70cm, seguido de porteras de gravas arcillosas, sin arenas, finos plásticos cohesivos, transición a 1a Depositación Grava de Santiago; 6.70m a 15.0m, Grava areno arcillosa de la 1a Depositación de la Grava de Santiago, compacta, 30% de bolones a 20% en profundidad, cantos redondeados y subredondeados, T _{máx} =20cm a 30cm, excepcionalmente clastos T _{máx} =45cm, pobremente graduada y bien graduada intercaladamente, arenas medias y gruesas, finos cohesivos de baja plasticidad, humedad alta a muy alta en profundidad; No se detecta nivel freático; Infiltración f = 173.19 m/día, en disminución con la profundidad y aumento en la cantidad de finos arcillosos.
35	Santiago Poniente	Planta Beiersdorf Chile	121204-0128	Av. Lo Espejo N°501, Maipú	Suelo vegetal, duro, seco, o rellenos artificiales hasta 0.50m; 0.50m a 2.40m Grava arenosa poco limosa, compacta, buena trabazón, cantos redondeados y subredondeados, 10% a 30% bolones T _{máx} =30cm, finos de baja plasticidad, grava fluvial superficial; 2.40m a 4.00m, Grava arenosa con escasos finos a limpia, compacta, 30% bolones T _{máx} =40cm, cantos redondeados y subredondeados, finos inertes o de muy baja plasticidad, no cohesivos.
36	Santiago, Centro	Obra Comercial	180806-0228	Bascañán Guerrero N°239	Rellenos artificiales hasta 1.00m; 1.00m a 1.60m arcilla arenosa, consistencia media, cohesiva, plasticidad baja, sectores mas consolidados; 1.60m a 2.50m y mas, arena limosa con gravas aisladas, compacidad media, escasos finos de plasticidad media, granos finos y medios, T _{máx} =3", cantos subredondeados.
37	Santiago, Colina	Data Center Claro	180808-0226	Lira N°1120, Colina	Rellenos artificiales hasta 1.90m; 1.90m a 2.20m arcilla de consistencia media a baja, materia orgánica, vesicular; 2.20m a 2.45m, arenas medias y gruesas, limpias, escasas gravas finas, compacta, mal graduado; 2.45m a 3.00m y mas, limo arenoso consolidado a arena fina limosa compacta, finos de baja plasticidad, vesicular, posible suelo de origen piroclástico.

TABLA 9: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 3 de 4

N	Localidad	Sitio	Proyecto Código Interno	Ubicación	Suelos Dominantes
38	Santiago, Colina	Desarrollo Industrial Bayona	171227-0216	Bayona N°601, Colina	Pavimento y rellenos compactados de base estabilizada, hasta 1.40m; 1.40m a 2.10m, Arcilla expansiva, consistencia alta, plasticidad media a alta, con 15% arenas; 2.10m a 5.00m y mas, Arcilla de consistencia media a baja, humedad media, estructura tipo migajón, 20% a 35% de arenas, de baja plasticidad, no expansiva.
39	Santiago, Colina, Camino Juan Pablo II	MDPR Patagon Land	180821-0231A	Camino Juan Pablo II Chicureo, corte en acceso a MDPR, estudio parte alta elevación.	Suelo vegetal 10cm de espesor; 0.10m a 0.70m/1.40m, arcilla negruzca consolidada, vesicular, materia orgánica, plasticidad media a alta, poco expansiva, escasos bolones angulares descompuestos Tmáx=30cm; hasta 2.00m y mas, limo consolidado, muy duro, baja a nula plasticidad, con bloques de roca muy trabados en aumento en profundidad.
40	Santiago, Huechuraba, Ciudad Empresarial	Edificio Corporativo Claro	180911-0233	Av. El Salto N°5450	Relleno artificial compacto hasta 0.85m; 0.85m a 2.00m, Arcilla de consistencia media, estructura tipo migajón, plasticidad baja, escasas arenas de granos medios de suelos en descomposición.
41	Santiago, La Granja	Jardín Infantil	180404-0219	Valdivia N°0415, cerca Av. Santa Rosa	Limo y Limo gravoso a limo arcilloso poco gravoso hasta 1.50m, consistencia media; 1.50m a 3.00m y mas, Grava limo arenosa a grava arenosa con escasos limos en profundidad, la cual corresponde a la 2a deposición de la Grava de Santiago, gravas redondeadas y subredondeadas, de mal graduada a mejor graduada en profundidad, 20% bolones Tmáx=50cm, arenas media a finas, finos inertes.
42	Santiago, La Reina	Centro Cultural La Reina	191016-0249	Santa Rita N°1153, esquina Echeñique	Suelo vegetal y relleno artificial, hasta 0.60m; 0.20m a 0.90m, Arcilla parda de consistencia alta, plasticidad baja, vesicular, zonas cementadas; 0.90m a 1.60m/2.20m, Arcilla café, consistencia media, finos de baja a nula plasticidad, vesicular, con gravas medias aisladas, redondeadas a subredondeadas, Tmáx=2"; 1.60m/2.20m a 3.00m y mas, Arcilla café, consistencia media, plasticidad media, sin cohesión, vesicular.
43	Santiago, Lo Barnechea	Camino a Farellones Km.18	090918-056	Camino a Farellones Km.18	Arena arcillosa con restos de roca en descomposición de compacidad alta a muy alta en profundidad y aumento de trozos de roca, hasta 3.00m y más.
44	Santiago, Lo Espejo	Jardín Infantil	180404-0218	Carlos Dittborn N°2575, cercano cruce de Av. Lo Ovalle y Autopista Central (Ruta 5 Sur)	Relleno artificial hasta 0.30m; Grava arenosa limosa, compacta, pobremente graduada hasta 1.70m, baja trabazón, 20% a 30% bolones Tmáx=40cm, cantos redondeados y subredondeados, transición a 2a deposición de Grava de Santiago; 1.70m a 3.00m y mas, Grava arenosa poco limosa, compacta, mejor graduada, 20% a 30% bolones redondeados y subredondeados, Tmáx=40cm, corresponde a 2a deposición Grava de Santiago del Río Maipo.
45	Santiago, Peñalolén, Las Pircas	Condominio	150724-0173	Natalia Larraín Vial 4399	Suelo vegetal y finos hasta 0.70m; Depósitos heterogéneos de finos y gravas arenosas de baja compacidad, clastos aislados de hasta 50cm; Escombro de ladera, grava areno limosa, pobremente graduada, con 50% de clastos Tmáx=0.80m a 1.00m, angulares a subangulares, arenas medias a finas, finos inertes.
46	Santiago, Providencia, Santa Magdalena	Providencia, a cuadras del Río Mapocho	150228-0154	Santa Magdalena N°34	Relleno artificial superficial hasta 0.50m; Limo arcilloso consistencia media a alta, baja plasticidad, natural hasta 2.80m; 2.80m a 4.50m, Grava arcillas arenosa fluvial contaminada con sedimentos de finos, compacta 20% bolones redondeados Tmáx=30cm; 4.50m a 6.00m, 2a Deposición Grava de Santiago, Grava arenosa fluvial, compacta, limpia, arenas medias y gruesas, 30% de bolones y clastos Tmáx=50cm, mal graduada, inestable al ser excavada; 6.00m a 8.00m, Grava arenosa poco limosa, mal graduada, compacta, 20% bolones Tmáx=35cm, cantos subredondeados, estrato de transición; 8.00m a 11.50m, 1a Deposición de Grava de Santiago, Gravas areno arcillosa, Gravas areno limosas, compactas, en general bien graduadas, 10% a 20% de bolones y clastos, Tmáx= 30cm a 50cm, cantos redondeados y subredondeados, arenas medias a gruesas, finos cohesivos de mediana plasticidad, buena trabazón; Nivel freático 10.20m; Infiltración f = 85.86 m/día.
47	Santiago, Puente Alto	Pavimentación Eje Santiago Menadier - Interferencia Canal de Riego SCM	INGE- SGC- 4168-80	Av. Sargento Menadier Interferencia con Canal Lo Pinto	Relleno artificial heterogéneo hasta 0.60m; 0.60m a 1.80m, Grava areno arcillosa, compacta, finos de baja a mediana cohesión, arenas medias, cantos redondeados a subredondeados, 30% bolones Tmáx=30cm, clastos cúbicos; 1.80m a 3.80m y mas, Grava arenosa con escasos nulos no plásticos, compacta, baja a nula trabazón, arenas medias a gruesas, cantos redondeados y subredondeados, 30% a 40% bolones Tmáx=50cm, semiesféricos, ovoideas y alargados, corresponden a 2a deposición de Grava Fluvial de Santiago, del Río Maipo.
48	Santiago, Quilicura	Cerro Los Cóndores con San Ignacio	GEOFUN - Dic.2011	Calle Cerro Los Cóndores con San Ignacio	Suelo vegetal hasta 0.20m; 0.20m a 1.80m, Relleno artificial de compacidad alta, grava arenosa con finos de baja plasticidad, Tmáx=14", escombros y basuras; 1.80m a 2.30m, Arcilla negruzca, consistencia alta, plasticidad alta, homogénea; 2.30m a 3.00m, Arcilla café, consistencia alta, dura, plasticidad media, porosa, tipo migajón; Nivel freático entre 1.00m a 1.40m, 2.80m napa colgada fuerte.

TABLA 10: RECOPIACION ESTUDIOS MECANICA DE SUELOS 2007-2019 – 4 de 4

N	Localidad	Sitio	Proyecto Código Interno	Ubicación	Suelos Dominantes
49	Santiago, Quilicura	Planta Bakels Chile	180903-0232	Av. Las Esteras Norte Nº2751, Comuna de Quilicura	Relleno artificial compacidad media a baja, hasta 1.50m; 1.50m a 2.00m, arcilla negruzca, saturada, blanda, homogénea, plasticidad alta, muy cohesiva; 2.00m a 3.00m y mas, arcilla homogénea, blanda, mediana a baja consistencia, plasticidad alta, cohesiva, no expansiva, con escasas arenas gruesas negruzcas.
50	Santiago, Recoleta	Jardín Infantil	INFORME 180404-0220	Fray Andresito Nº3127, Recoleta	0.00m a 0.80m Limo de baja plasticidad, seco, consistencia media a alta; 0.80m a 4.00m y mas, Grava arenosa de baja compacidad, con poroterías, seguida de grava areno limosa compacta, arena de granos finos y medios, cantos redondeados y subredondeados, 10% a 30% bolones Tmáx=20cm a 40cm, seguida de Grava arenosa mejor graduada, compacta, correspondiente a la 2a depositación de Grava de Santiago del Río Mapocho, con escasos finos limosos inertes, arenas medias y gruesas, cantos redondeados y subredondeados, 20% a 30% bolones Tmáx= 40cm
51	Santiago, Recoleta	Sector Patronato	180629-0224	Tabaré Nº969	Hasta 2.00m Limo Arcilloso de consistencia alta a media en profundidad, vesicular, plasticidad media, materia orgánica en superficie, y arenas gruesas de suelos en descomposición al final del estrato; 2.00m a 2.20m y mas, Grava limo arenosa, compacta, arenas de granos medios, finos cohesivos de plasticidad media, cantos redondeados y subredondeados, gravas bien graduadas, transición a la 2a depositación de Grava de Santiago.
52	Santiago, Renca	Jardín Infantil	180404-0221	Bucalemu Nº5677, Renca	0.00m a 2.00m, Limos arenosos, consistencia media a baja, vesicular, plasticidad baja a nula, cohesión media a baja, arenas finas; 2.00m a 2.40m, Arena fina poco limosa, compacidad media, arena muy fina, granos en descomposición, mal graduada, escasos finos no cohesivos, plasticidad baja a nula; 2.40m a 3.00m y mas, Arcilla limosa, consistencia baja, baja cohesión, plasticidad media a baja.
53	Talagante	Parcelas	140912-157	Las Golondrinas Camino. Interior A Nº5874-3	Arcillas de consistencia baja entre 0.50m a 1.30m; Gravos arenosas con finos variables compacidad media a alta, 30% bolones, entre 1.30m a 2.00m; Grava arenosa fluvial compacta limpia, entre 2.00m a 3.00m y más.
54	Talagante	Talagante periferia	140903-156	Prolongación Uno Poniente Nº1242	Grava areno arcillosa compacta, Gravos arenosas con finos variables compactas a muy compactas, y Grava arenosa fluvial limpia compacta con 30% bolones 30cm, desde 0.50m a 3.00m y más.
55	Til Til	Huertos Familiares Lote 12B	070811-016	Conjunto Habitacional	Arcilla plástica poco arenosa de consistencia alta, entre 0.30m y 1.20m; Arcilla de baja plasticidad algo consolidada, de consistencia alta, hasta 2.00m, bajo 2.00m de profundidad con maicillo.
56	Valparaíso	Almendral	091223-063	SML Valparaíso	Relleno artificial hasta 1.00m; Arenas arcillosas medias a gruesas, poco gravosas en profundidad de compacidad media desde 1.00m a 5.00m y más.
57	Valparaíso	Caleta Portales	090724-054	Caleta Portales	Relleno artificial de arenas con restos de desechos, bolones y clastos bajo los 3.00m hasta 3,40m; Arena gruesa a media bien graduada algo gravosa, de baja compacidad, se estima corresponde a nivel de playa original, hasta 4.00m y más.
58	Valparaíso	Cerro Cordillera	140529-143	Santa Lucia Nº22	Arena arcillosa tipo maicillo, de consistencia baja entre 1.00m a 2.20m; Roca negruzca porfirica, meteorizada, frágil, desde 1.00m a 2.20m; Roca gris claro poco meteorizada, dura, desde 2.00m.
59	Valparaíso	Cerro El Litre	140529-144	La Fontaine Nº171	Relleno artificial hasta 1.00m; Arena arcillosa de compacidad media entre 1.00m a 1.80m; Arena arcillosa gruesa, de compacidad media desde 1.80m a 3.00m y más.
60	Valparaíso	Cerro Esperanza	140619-148	Phillippi Nº599	Arena gruesa negruzca de baja compacidad y materia orgánica 0.30m a 1.00m; Bloques de roca dura y roca color gris oscuro desde 1.00m.
61	Valparaíso	Cerro Larraín	140324-139	Edo. Jenner Nº597	Arena gruesa arcillosa tipo maicillo, compacta, entre 0.65m a 2.15m; Arena fina a media arcillosa, tipo maicillo, muy compacta, desde 2.15m a 3.00m.
62	Valparaíso	Cerro Los Placeres, Quebrada junto a Av. Matta.	080621-030	Av. Matta Nº2503, Villa Berlín.	Relleno artificial heterogéneo, con grandes escombros de sobretamaño en matriz de maicillo, con huecos y suelto hasta 4.00m; Bajo 4.00m continúa el relleno con desechos de menor tamaño y mayor cantidad de arenas tipo maicillo.
63	Valparaíso	Cerro Polanco	140626-149	Pasaje Colina Nº230	Arena fina arcillosa de compacidad muy alta, entre 0.35m a 1.65m; Arcilla muy dura consolidada de 1.65m a 1.90m; Arena fina poco arcillosa y luego arena arcillosa gruesa tipo maicillo, ambas de compacidad muy alta, desde 1.00m a 3.00m y más.
64	Viña del Mar	Cerro Esperanza, Recreo Alto	090620-048	Cerro Esperanza, Recreo Alto	Grava areno arcillosa, de compacidad media, hasta 1.50m; Arena limo arcillosa tipo maicillo y arcilla arenosa de consistencia media hasta 3.10m; Arena limo arcillosa tipo maicillo de consistencia alta, hasta 4.00m y más.
65	Zapallar	Bajada a la playa	151104-181	Av. Ignacio Carrera Pinto Nº105	Arcilla arenosa tipo maicillo de baja compacidad hasta 1.05m; Maicillo, arena gruesa arcillosa de compacidad alta a muy alta desde 1.50m a 2.00m y más.

Notas:

- 1.- Descripciones corresponden a estratigrafías de calicatas en general, y otras obtenidas a partir de prospecciones geofísicas, cuando se indican.
- 2.- Descripciones estratigráficas realizadas por el autor.
- 3.- Tmáx: Tamaño máximo de partículas mas gruesas.
- 4.- Tabla de preparación propia.

4.0 FACTORES LOCALES INCIDENTES EN LA INTENSIDAD

Es reconocida la incidencia de las características locales en la respuesta sísmica que se obtiene en un determinado sitio, además de las características estructurales de los edificios emplazados en el lugar. Luego a continuación se presentan antecedentes existentes sobre estos factores, enfocados en las condiciones locales de suelos y depósitos geológicos. En particular se incluyen antecedentes en este mismo sentido para el sismo de Punitaqui del año 1997, sismo del mismo origen que los sismos principales a estudiar, y con epicentro muy cercano al área de estudio, el cual fue perceptible en buena parte de las localidades que se analizarán más adelante.

4.1 ANTECEDENTES SOBRE FACTORES INCIDENTES EN LA INTENSIDAD

Al analizar los efectos locales, se relaciona con “local” todo el terreno que atraviesan las ondas entre el foco del sismo y el sitio considerado (Dowrick, 1984). Considerando que la vibración de la roca base será similar en dos sitios adyacentes, las diferencias locales en geología y suelos darán lugar a diferentes movimientos en la superficie en los dos sitios. Se indican como los factores que influyen en las modificaciones locales al movimiento subyacente, la ubicación, forma y naturaleza del lecho de roca, más la naturaleza y geometría de los suelos de depósito. Así, el término “local” puede indicar profundidades del orden de 1 Km o más, y el área comprendida dentro de una distancia horizontal de varios kilómetros a la redonda a partir del sitio considerado. (Dowrick, 1984)

Los factores que se consideran como incidentes en los daños producidos por un evento sísmico y por tanto en el valor de la intensidad, son los siguientes:

- a) **Mecanismo Focal, orientación del plano de ruptura y ubicación hipocentral:** En este sentido varios autores plantean que para eventos con mecanismo focal asociado a un plano de ruptura orientado casi verticalmente, con epicentro en la placa subductada y bajo la zona continental, los patrones de radiación pueden generar mayores amplitudes horizontales para ondas de corte S en superficie, implicando mayores y más fuertes movimientos a nivel de suelo.
- b) **Distancia al hipocentro.**
- c) **Profundidad y Morfología del basamento subyacente (roca).**
- d) **Zonas de contacto entre roca y sedimentos:** Dada la constitución de la roca y naturaleza del depósito superficial, puede ser afectada de diferente manera el recorrido de las ondas sísmica S entre estos dos materiales.
- e) **Existencia de aguas subterráneas (napa subterránea).**
- f) **Constitución geológica del sustrato y tipo de suelo de fundación:** Resultan incidentes los efectos de obras fundadas en rellenos artificiales, dunas, flancos de dunas, sedimentos o roca. Esto se refiere a aumento en la intensidad por “amplificación de suelos”.
- g) **Calidad de la construcción:** Dentro de este punto se debe considerar:
 - I. **Tipo de Construcción:** Cabe considerar en este punto, el tipo de materiales empleados y estructuración, siendo la edificación moderna la menos dañada. Por el contrario, las construcciones en adobe o albañilerías sin refuerzos las

cuales resultan ser bastante rígidas, pero de baja resistencia, resultan ser los materiales que históricamente experimentan mayores daños.

- II. **Estado de conservación de las construcciones al momento de ocurrir el sismo;**
 - III. **Estructuras dañadas por la ocurrencia de eventos anteriores:** La existencia de estructuras dañadas por la ocurrencia de sismos o desastres anteriores, las cuales no han sido reparadas correctamente y oportunamente.
 - IV. **Posibles fallas de diseño, cálculo y/o de construcción:** Esto se evidencia en edificios modernos con daños estructurales y que se encuentran rodeados por edificios similares no dañados.
 - V. **Modificaciones estructurales:** La existencia de modificaciones en la estructura de edificaciones existentes afecta su rigidez, por lo tanto, su resistencia y comportamiento ante sollicitaciones sísmicas. Se da el caso de muchas modificaciones estructurales no regularizadas, o debidamente diseñadas.
- h) **Topografía y entorno del emplazamiento:** Resultan relevantes también los rasgos topográficos del terreno existente, ya sea la ubicación del sitio respecto de valles y cimas, laderas de cerros, así como la existencia de quebradas, minas, y otras singularidades. En general, deben ser considerados los cambios en la forma del terreno que puedan alterar la llegada de las ondas sísmicas a la superficie en determinada localidad y su comportamiento ante un movimiento sísmico.

En consecuencia, atendiendo a los factores anteriores, la ocurrencia de eventos con hipocentros en la zona continental, en áreas pobladas, con construcciones de baja calidad y ubicadas en valles dominados por depósitos sedimentarios que puedan producir amplificaciones locales del movimiento del terreno, resultan ser condiciones donde se esperan los mayores daños con altos valores para la intensidad.

Según estudio realizado con motivo del sismo del marzo de 1985 en Chile, J. Corvalán y R. Charrier concluyen que la magnitud de los daños ocasionados por un sismo parece estar controlada por cuatro factores principales y sus combinaciones. Estos factores corresponden a los puntos d) y g) I a III, antes señalados.

4.2 ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS ANALISIS SISMO PUNITAQUI 1997

En el último sentido del punto anterior, a continuación, se presenta un resumen los resultados de la memoria para optar al título de Ingeniero Civil “Estudio de los efectos de las condiciones locales en el terremoto de Punitaqui de 1997”, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile, desarrollada por Oscar Díaz en 2001. En esta memoria se analiza el valor calculado de la intensidad y su corrección debido a condiciones locales de suelos, la determinación de isosistas a partir de valores de intensidad en roca y en depósitos superficiales, y la atenuación de la intensidad por distancia hipocentral a la zona de ruptura.

Respecto de la corrección del valor **calculado de la intensidad debido al efecto de condiciones locales del suelo**, se presentan antecedentes del estudio presentado en la

11ª Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica desarrollada en México en 1996, por los profesores Maximiliano Astrosa y Joaquín Monje, quienes desarrollaron una corrección a la fórmula para el cálculo de la intensidad en superficie, basada en datos empíricos, estudios de suelos, estudios de refracción y gravimetría, a partir de los cuales se obtienen datos de los estratos de suelos superficiales y de la profundidad de la roca basal.

A partir de la relación para la atenuación de la intensidad en superficie obtenida por Barrientos en 1980, que se muestra en la expresión siguiente, donde $I(r)$ es la intensidad sísmica en una localidad ubicada a una distancia r del hipocentro de un sismo, con magnitud M en la escala de Richter:

$$I(r) = 1.3844 M_s - 3.7355 \log(r) - 0.0006r + 3.8461$$

Considerando la información detallada en el párrafo anterior, se obtiene un incremento en la intensidad para los suelos chilenos típicos, en base a la relación propuesta por Medvedev (1965), entre el incremento en la intensidad sísmica y las características sísmicas del suelo (velocidad de ondas P, densidades, rigidez sísmica, estratificación) dada por la expresión siguiente:

$$n = Xn \log\left(\frac{V_o \rho_o}{V_s \rho_s}\right)$$

El estudio citado propone una corrección sobre el valor de la intensidad sísmica, debido al efecto de las condiciones del suelo calculado con la ecuación siguiente:

$$\text{delta } (I_s) = (I_0 + n) - I(r)$$

Donde I_0 es la intensidad en la roca, obtenida descontando el incremento de intensidad en un suelo tipo grava, cuyo valor es detallado en el estudio.

Este estudio ofrece una metodología probada para el caso de un sismo de magnitud $M_s=8.0$ el cual afectó a las localidades en la región del Maule en la zona centro-sur del país. Para la aplicación de esta metodología es necesario conocer el mapa de profundidad de la roca y el perfil de refracción en el sitio objeto de la medición.

Respecto de la **determinación de isosistas a partir de valores de la intensidad en roca y en depósitos superficiales**, a continuación se presenta un resumen del análisis efectuado a partir de las intensidades reportadas en cada una de las localidades empadronadas, para el sismo de Punitaqui del 14 de octubre de 1997, y la ubicación de estas localidades, ya sea directamente sobre roca, sobre depósitos de poco espesor cercanos a la roca, o bien sobre depósitos terciarios o cuaternarios, se analizan las variaciones que experimenta la intensidad sísmica en las distintas unidades geológicas respecto de la intensidad obtenida en roca. Se destaca la importancia de definir isosistas en roca ya que con ellas se determina la atenuación de la intensidad con la distancia al área epicentral. Además, sirven como base para corregir las intensidades al considerar los efectos locales asociados con las características geológicas de las unidades sobre las que se fundan las construcciones. Para trazar las isosistas en roca, se consideran las intensidades obtenidas a partir de los daños en localidades ubicadas en esta unidad, identificadas en la geología de la Hoja de Ovalle.

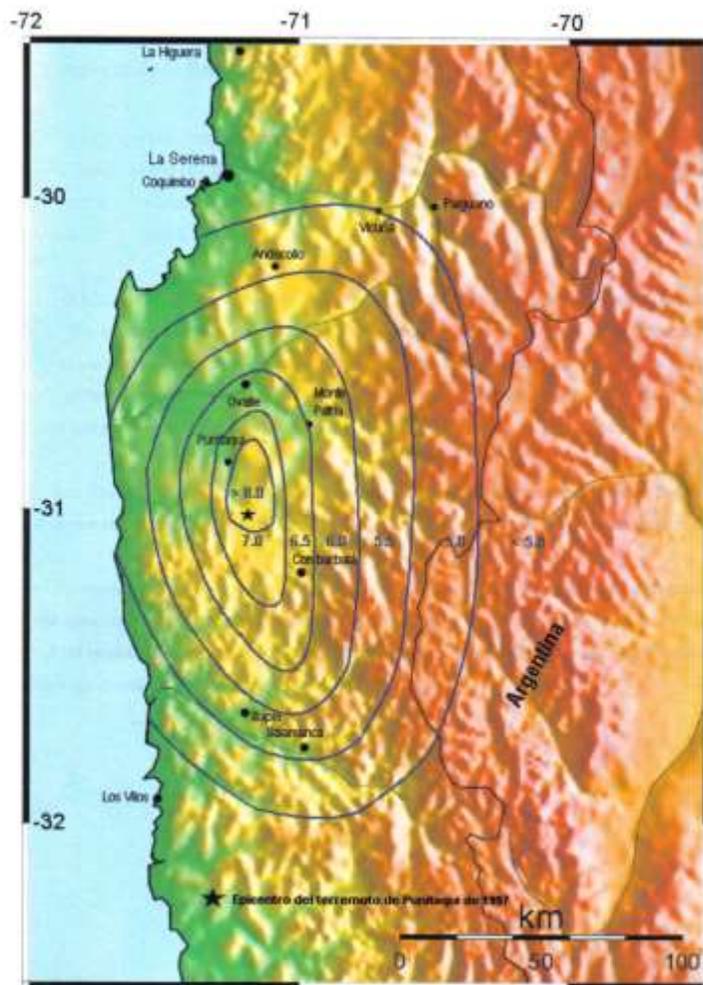


Figura 20: ISOSISTAS EN ROCA DEL TERREMOTO DE PUNITAQUI DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997, ESCALA MSK (FUENTE: DÍAZ, 2001)

Se observa que las isosistas poseen un alargamiento en la dirección norte-sur, lo cual se debe a la propagación de la falla en esa dirección.

Para comparar las intensidades producidas en los distintos depósitos con las correspondientes al trazado de las isosistas en roca, se considerarán un total de 162 localidades, que poseían un número de viviendas encuestadas mayor que 5. Las isosistas obtenidas a partir del mapeo de intensidades son presentadas en la figura siguiente, donde se pueden ubicar el epicentro del terremoto y las localidades más importantes de la región. Es necesario tener en cuenta que el 79 % de las localidades estudiadas se encuentran al este del epicentro, lo que permite identificar con más detalle los efectos locales en esa zona. En cambio, las isosistas trazadas al oeste del epicentro son más suaves debido a los escasos datos de intensidades obtenidos en esta zona.

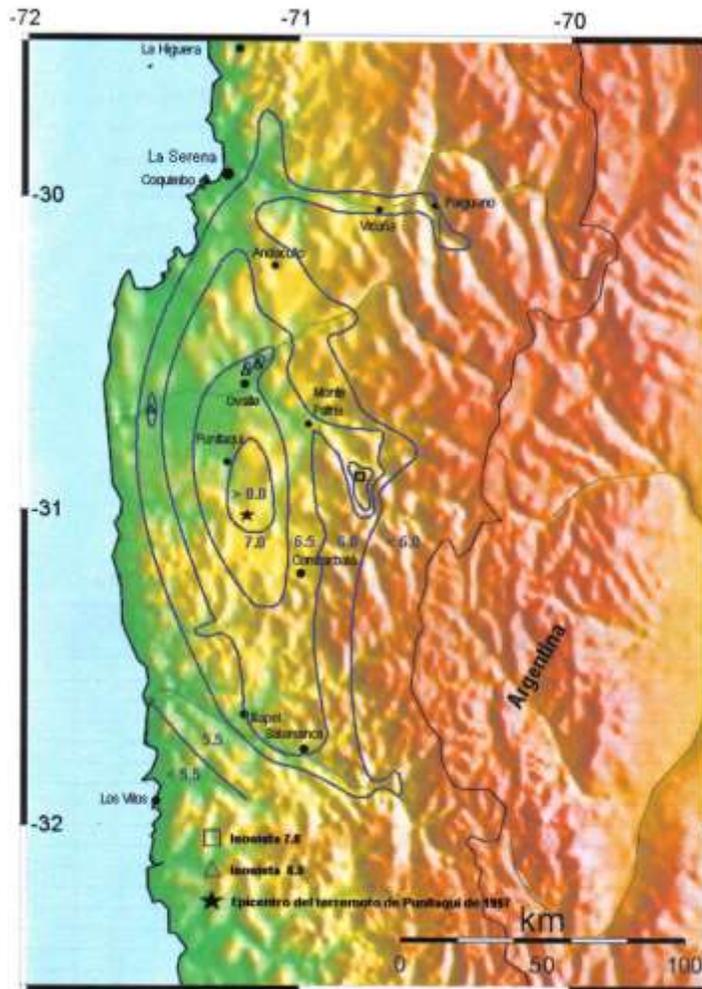


Figura 21: ISOSISTAS EN DEPÓSITOS SUPERFICIALES DEL TERREMOTO DE PUNITAQUI DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997, ESCALA MSK (Fuente: Díaz, 2001)

De la tabulación de las intensidades medidas en roca y en depósitos superficiales según las unidades geológicas determinadas en las cartas geológicas para la región, se concluye lo siguiente:

- 1) La unidad "Tega", denominadas Gravas de Atacama presenta amplificaciones de entre 1 y 2 grados respecto de la roca en la intensidad sísmica de la escala MSK, predominando el incremento de 1 grado con respecto a la roca.
- 2) La unidad Qal, depósitos aluviales, presentan amplificaciones que van entre los 0 y 2 grados, predominando un incremento de 1 grado en la intensidad sísmica de la escala MSK, respecto de la intensidad en roca.
- 3) Las localidades ubicadas en unidades de Qal en quebradas pequeñas, donde se espera un menor espesor de Qal, como Marquesa, Rivadavia y Varillar, presentan un incremento de 0,5 grados en la intensidad sísmica de la escala MSK.
- 4) Las localidades ubicadas en el valle que forma el río Elqui, con espesores de rellenos variables, pero en general bastante anchos, presentan amplificaciones de 1 a 1,5 grados en la intensidad sísmica de la escala MSK, respecto de la intensidad en roca.

- 5) La localidad de Lambert con una amplificación de 2 grados respecto de la intensidad en roca, se encuentra ubicada en el encuentro de lineamientos de falla.

Respecto del **análisis de la distribución de los incrementos en la intensidad según la geología**, y basándose en la información de intensidades por localidad, en roca y en depósitos superficiales, en su estudio, Díaz realiza un análisis estadístico de la distribución de los incrementos en la intensidad según la unidad geológica correspondiente a la localidad.

Se observa que la mayor cantidad de las localidades en este estudio (76%) se ubican en depósitos cuaternarios, en los que se presentan incrementos del grado de intensidad entre 0 y 4,5 grados en la escala MSK, predominando los incrementos de 0,5 y 1 grado. Esta amplia variación del incremento del grado de intensidad se debe a que los depósitos cuaternarios no son homogéneos, dados sus diferentes orígenes y formación. Dada la carencia de una mejor caracterización de los depósitos cuaternarios que permita correlacionar de una mejor manera su naturaleza con los rangos de variación descritos, sólo es posible destacar que en este tipo de depósitos de la IV Región se pueden esperar variaciones del grado de intensidad de entre 0,5 a 1 grado de intensidad predominantemente.

Las localidades ubicadas en depósitos terciarios representan sólo el 7% de las localidades estudiadas, y presentan variaciones en el grado de intensidad entre 0,5 y 2 grados en la escala M.S.K., predominando el incremento de 1 grado.

Las localidades ubicadas en roca representan el 17% de las localidades estudiadas, y se tiene que la mayoría de ellas se utilizaron para trazar las isosistas en roca, exceptuando las localidades de Santa Gracia, donde se obtuvo una amplificación de 1 grado, y las localidades de Maitencillo, El Maitén, Panguecillo y El Parral, donde la amplificación fue de 0,5 grados. Las amplificaciones en estas localidades probablemente se deban a que están fundadas en otro tipo de depósitos recientes de poco espesor y que no estaban identificados en la caracterización geológica disponible.

Entre las conclusiones obtenidas en el estudio (Díaz, 2001) se destaca:

- La asignación del tipo de depósito o unidad geológica a cada localidad se realizó basándose en los estudios y cartas geológicas disponibles de la IV Región, reconociendo que la geología disponible de la zona está dirigida a la minería. Esta situación hace que los depósitos cuaternarios, donde se ubican la mayoría de las localidades de la región, están muy poco estudiados y por lo tanto no bien identificados.
- Adicionalmente es conveniente caracterizar los efectos de tipo cuña y de borde que se producen cuando los depósitos presentan las características de los encontrados en los valles de la IV Región en la cual la mayor parte de ello son estrechos. De este modo se podrá correlacionar las intensidades sísmicas con la forma y las dimensiones de los sedimentos que rellenan los valles de los ríos principales y sus tributarios de la IV Región.
- Los incrementos de las intensidades con respecto a las esperadas en roca son atribuibles a efectos locales dados por las condiciones Geológicas, el tipo de depósito y posible activación de fallas geológicas en algunos sectores en

particular. Este último aspecto debe ser estudiado con mayor detenimiento tanto para la región donde se concentra el estudio como para otras regiones del país, especialmente las con mayor exposición o riesgo.

En cuanto a la **atenuación de la intensidad por distancia hipocentral y distancia a la zona de ruptura**, a continuación se presentan los resultados del estudio realizado en su memoria de título por Oscar Díaz, sobre las relaciones existentes para determinar la atenuación en el grado de la intensidad debido a la distancia al hipocentro, distancia a la falla o zona de ruptura, atenuación esperada en roca por distancia a la falla, y una comparación entre las curvas de atenuación obtenidas para el sismo de Llo-Lleo del 03 de Marzo de 1985, y para el sismo del 14 de Octubre de 1997 en Punitaqui.

La primera relación corresponde a la ecuación:

$$(DH)^2 = ((lat^F - lat^L) * 111.18)^2 + ((long^F - long^L) * 111.18 * \cos(lat^F))^2 + (68 + (m.s.n.m. / 1000))^2$$

Donde:

DH = distancia hipocentral
 long^F = longitud del hipocentro, en grados.
 lat^F = latitud del hipocentro, en grados.
 long^L, lat^F = coordenadas geográficas de la localidad, en grados.
 m.s.n.m. = altura sobre el nivel de mar de la localidad, en metros.

Para esta relación, con los datos recogidos, se obtiene una curva de decaimiento exponencial para la intensidad en función de la distancia hipocentral, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.3169$, cuyo bajo valor se debe a lo disperso de los puntos obtenidos, ya que las intensidades varían según los suelos de fundación en cada localidad.

Para el análisis siguiente, se define la línea de falla para el terremoto de Punitaqui, como aquella línea que pasa por el hipocentro cuya longitud y dirección queda acotada por la isosista para el grado de intensidad 8.0 en roca (Pardo, 2001). Luego, para las localidades comprendidas entre los paralelos donde se extiende la línea de falla, para determinar la distancia de cada lugar a esta línea se utiliza la expresión siguiente:

$$(DL)^2 = ((long^F - long^L) * 111.18 * \cos(lat^L))^2 + (70 + (m.s.n.m. / 1000))^2$$

y para las restantes localidades se utiliza la expresión que sigue:

$$(DL)^2 = ((lat^F - lat^L) * 111.18)^2 + ((long^F - long^L) * 111.18 * \cos(lat^F))^2 + (70 + (m.s.n.m. / 1000))^2$$

Donde:

DL = distancia a la línea de falla.
 long^F = longitud sur por donde corre la línea de falla, en grados.
 lat^F = latitud del extremo de la línea de falla más cercano a la localidad.
 long^L, lat^F = coordenadas geográficas de la localidad, en grados.
 m.s.n.m. = altura sobre el nivel de mar de la localidad, en metros.

Con estos datos se obtiene el gráfico de la intensidad vs. la distancia a la falla, con una curva de atenuación, la cual como en el caso anterior tiene un coeficiente de correlación bastante bajo, $R^2= 0,3328$ debido a lo disperso de los puntos, dado que la intensidad está afectada por la naturaleza de los suelos de fundación.

Sin embargo, respecto de la atenuación esperada para la intensidad en roca, a partir de los datos recogidos de intensidades reportadas en roca y distancia a la falla, aplicando las mismas relaciones anteriores, se genera el gráfico de la curva de atenuación de la intensidad, donde la línea corresponde a la curva de atenuación obtenida, obtiene un factor de correlación de $R^2= 0,6749$, el cual resulta mucho mejor a los casos anteriores.

En un tercer análisis, se estudian los resultados obtenidos a partir de tres modelos:

- Curva de atenuación obtenidas por Oscar Díaz para el terremoto de Punitaqui del 14 de octubre de 1985 correspondiente a la expresión que sigue; Esta fórmula corresponde a la deducida para la atenuación esperada en roca, anterior:

$$I = 10.169 e^{-0.006*DL}$$

- Curva de atenuación obtenida por Menéndez en 1991, a partir de las intensidades del sismo de Llo-Lleo, del 03 de marzo de 1985, correspondiente a la expresión siguiente:

$$I = 7.54 e^{-0.0029*DL}$$

- Ley de atenuación de las intensidades esperada para un terremoto del tipo chileno, propuesta por Barrientos (Barrientos, 1980) con parámetros del sismo de Punitaqui 1997, y corresponde a la expresión:

$$I(r) = a_1 * M_s + a_2 \log(r) + a_3 * r + a_4 * h + a_5$$

Donde:

$$\begin{aligned} I &= \text{Intensidad} \\ r &= DL \\ a_1 &= 1.4239 \\ a_2 &= -4.1245 \\ a_3 &= -0.0003 \\ a_4 &= 0.0073 \\ a_5 &= 3.9253 \\ M_s &= 6.8 \end{aligned}$$

En la ley de Barrientos la intensidad esta expresada en la escala de Mercalli Modificada, pero es comparable con los grados de la escala MSK (Astrosa, 2001). Para efectos de comparación, en la ley propuesta por Barrientos se han utilizado los parámetros del terremoto de Punitaqui ($M_s = 6.8$)

Una vez graficadas las curvas de atenuación de intensidades en roca obtenidas para el terremoto del 03 de marzo de 1985, propuestas por Menéndez (Menéndez, 1991) y la

propuesta por Barrientos (Barrientos, 1980) evaluando su expresión con los parámetros del terremoto del 03 de marzo de 1985, para el rango entre los 0 y los 500 Km de distancia a la línea de falla, el cual es mayor al antes evaluado, es posible observar que ambas curvas poseen los mismos patrones de decaimiento, y se muestran semi paralelas, sin embargo poseen una diferencia de casi 2 grados en la intensidad para una distancia dada, por lo que se estima necesario hacer un ajuste a esta curva en el parámetro dependiente de la intensidad.

Para una mejor estimación de la atenuación de las intensidades en roca en función de la distancia a la línea de falla, se propone una función del tipo exponencial que incluye otro factor dependiente de la distancia a la línea de falla, correspondiente a la expresión siguiente, a través de lo cual permite mejorar la correlación obtenida en las expresiones anteriores, obteniendo un mejor valor para el coeficiente de correlación $R^2= 0,69265$

$$I = \frac{63.2 \cdot e^{-0.001437 \cdot DL}}{\sqrt{DL}}$$

Al graficar esta expresión y la anteriormente propuesta por Díaz, 2001, se puede observar que ambas curvas son muy similares en el rango de distancias revisado en los casos anteriores (hasta 140 Km) y que difieren algo más en la tendencia más allá de los 200 Km y antes de los 60 Km de distancia a la línea de falla. Luego, para el rango entre los 70 y 140 Km de distancia a la línea de falla ambas curvas se ajustan bien a las intensidades obtenidas, sin embargo, para distancias mayores a los 140 Km es necesario contar con nuevos datos de intensidades para evaluar cuál de las curvas se comporta mejor en ese rango.

Para efectos de estudio en adelante solo se considerarán los factores incidentes entre el hipocentro y la superficie del terreno existente, dejando fuera de consideración la calidad de las estructuras y edificaciones existentes en superficie, dada su variabilidad en el tiempo y considerando que se analizará sismos en un rango de 50 años, durante los cuales la calidad de las construcciones tuvo un importante avance.

4.3 ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS SOBRE INCREMENTOS DE LA INTENSIDAD SISMICA PARA SUELOS TIPO Y NIVEL FREATICO

En mayor abundancia, a continuación, se presentan más antecedentes, tomados de la memoria de titulación de Jesarella Molina Arriagada, 2011, respecto de **estudios sobre efectos locales de suelo**, destacando los realizados por Medvedev (1965) en la ex Unión Soviética y por los profesores Astroza y Monje (1989) en la zona central de Chile. Las variaciones de intensidades observadas en estos estudios se resumen en las dos tablas siguientes.

TABLA 11: INCREMENTOS DE LA INTENSIDAD SISMICA PARA CATEGORIAS BASICAS DE SUELOS, A PARTIR DE DATOS MACROSISMICOS (Medvedev, 1965)

Suelo	Incremento de intensidad
• Granito	0
• Calizas y areniscas	0 – 1
• Suelo moderadamente firme	1
• Suelo de fragmentos gruesos (bolones, gravas)	1 – 2
• Suelo arenoso	1 – 2
• Suelo arcilloso	1 – 2
• Relleno suelto	2 - 3

TABLA 12: INCREMENTOS DE INTESIDAD SISMICA, SEGÚN CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE FUNDACION, SISMO DEL 3 DE MARZO DE 1985 (Astroza y Monge, 1989)

Suelo	Incremento de intensidad con respecto a intensidad en roca	Incremento de intensidad con respecto a intensidad en grava
• Depósitos de grava	0,5 – 1	0
• Depósitos coluviales	1 – 2	0,5 – 1
• Depósitos de cenizas pumicítas	1,5 – 2,5	1 – 1,5
• Depósitos lacustres	2 – 2,5	1,5

Respecto del nivel freático, el cual debe ser considerado como una posible causa en la variación de los daños que se observan en superficie, cuando ocurre un sismo destructivo, según Medvedev (1965) la severidad sísmica de una zona varía cuando el nivel freático se encuentra a menos de 10m bajo la superficie de suelos tipo limos, limos arenosos, arena y grava. La influencia de este nivel se puede cuantificar en función del incremento del grado de intensidad sísmica, de acuerdo a lo indicado en la tabla siguiente.

TABLA 13: VARIACIONES DEL GRADO DE INTENSIDAD SISMICA CON LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (Medvedev, 1965)

Profundidad del nivel freático [m]	Variación del grado de intensidad sísmica
0-1	1,0
4	0,5
10	0,0

5.0 SISMICIDAD HISTORICA

5.1 RECOPIACION DE INFORMACION PARA SISMICIDAD HISTORICA

La zona en estudio presenta una frecuente e intensa actividad sísmica, marcada por una de las singularidades sismogénicas más importantes del mundo, cual es la zona de subducción de la placa de submarina de Nazca bajo la placa continental Sudamericana. Los sismos en estudio presentan sus hipocentros ubicados en la parte subductada de la placa de Nazca bajo la corteza continental, los cuales corresponden a sismos intraplaca de origen tensional. En esta zona a la vez, se generan sismos dentro de la placa continental, o corticales, los cuales parecen ser menos frecuentes, pero de igual intensidad, aunque de menor área de influencia, dado que sus ondas decaen más rápido con el aumento de la distancia hipocentral.

En el Anexo 3, se presenta un resumen de la sismicidad histórica desde del siglo XVI (1575) hasta 1985, con algunas observaciones.

En la figura siguiente se muestran los principales eventos ocurridos en la zona en estudio desde el año 1730 al 2015, ordenados en el tiempo de izquierda a derecha, donde en cada caso la barra vertical representa el largo de ruptura asociado al sismo; Este largo de ruptura ha sido recalculado en algunos casos, o bien tomado de la bibliografía disponible. Esta figura considera la información de sismicidad histórica, más información de los sismos principales motivo de este estudio, ubicados en Chile continental, para los cuales se muestra la ubicación de sus epicentros a través de una línea segmentada en color rojo. La línea de ejes de color amarillo en la zona continental demarca la zona en estudio.

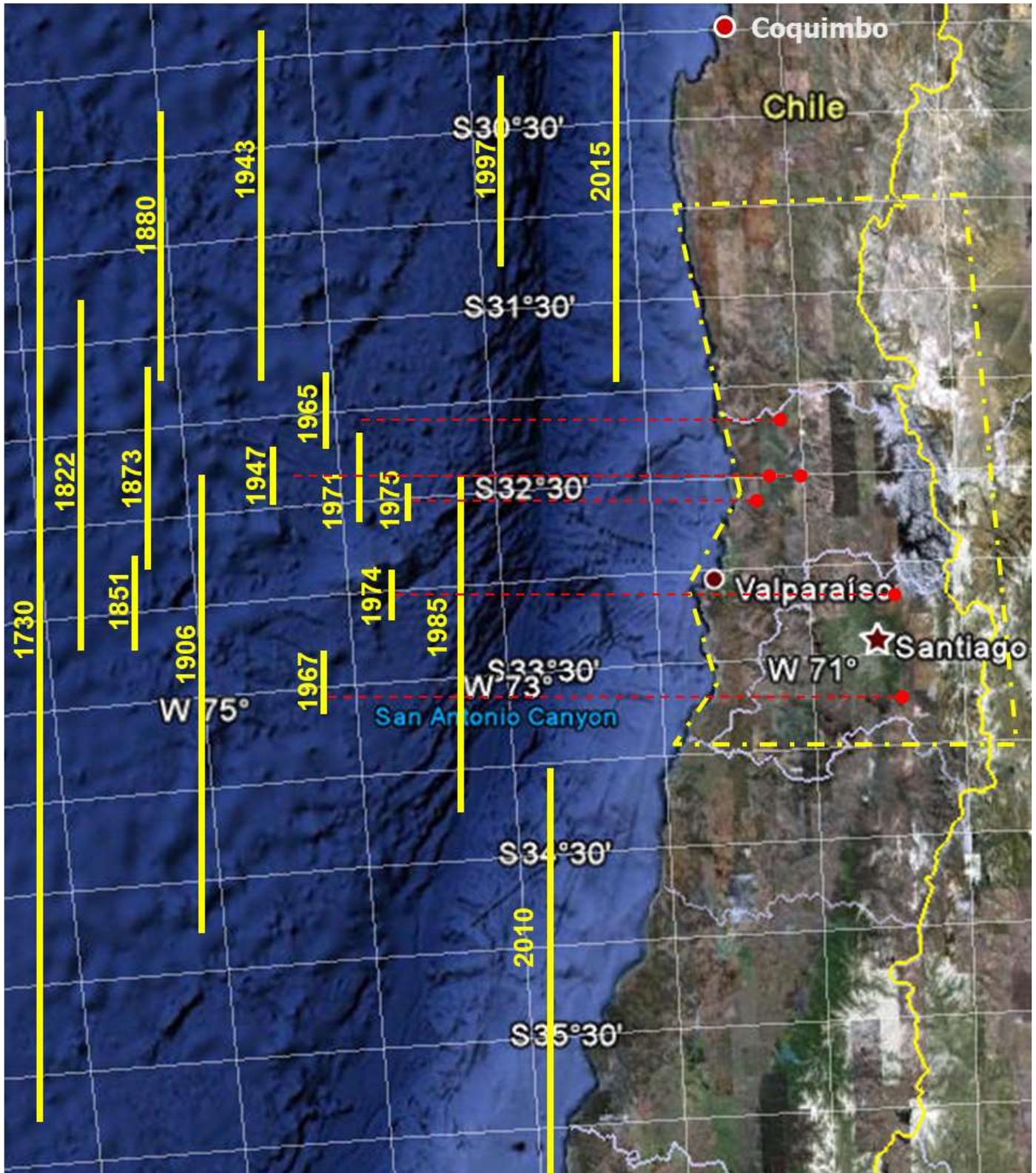


Figura 22: SISMICIDAD HISTÓRICA DESDE 1730 A 2015, EPICENTROS Y LONGITUDES DE RUPTURA

El área marcada en Chile continental cubre desde los 31°s a los 34°s (Beck et al, 1998, más Elaboración Propia)

En particular, a contar de 1822, se tiene la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud cada 30 años aproximadamente entre 1822 y 1971, y con una frecuencia mayor en los últimos años, debida principalmente a la consideración de eventos con hipocentro bajo la parte continental del país, entre eventos del tipo interplaca.

A partir de esta figura se pueden establecer las siguientes observaciones para los sismos registrados a contar del año 1730 en adelante. Se ha considerado esta fecha dado que el sismo de 1730 habría afectado toda la zona de interés con su largo de ruptura estimado, y habría correspondido a una enorme liberación de tensiones y energía en toda la zona de contacto sismogénico en estudio.

- I. Al norte de la zona de estudio, el sismo de 1997 presenta un largo de ruptura igual al sismo anterior ocurrido en 1943, y muy similar al sismo de 1880; Los gaps sísmicos son de 54 años en el primer caso y de 63 años en el segundo, hecho que marca una cierta regularidad, más aún si se considera el sismo de 1822 ocurrido 58 años antes del evento siguiente en el tiempo. En esta zona adicionalmente no se observan sismos de magnitud importante entre los eventos reseñados.
- II. En la parte central y sur de la zona en estudio, entre los 32,5°S y los 33,5°S, se aprecia una mayor cantidad de sismos en iguales periodos de tiempo, en comparación a la zona más al norte, con menores largos de ruptura, en los casos que ha sido determinado, y por tanto con menor liberación de energía, donde los sismos con epicentros en la parte continental se encuentran muy cercanos en el tiempo entre sí, con largos de ruptura escalonados en sentido norte-sur, e intercalados por eventos con epicentros costa afuera de mayor largo de ruptura y por tanto asociados a mayor liberación de energía. Es así como entre los eventos de los años 1906 y 1985, ambos con epicentro costa afuera y mayores largos de ruptura, se encuentran seis sismos con epicentro en la zona continental, de menores largos de ruptura, magnitud y liberación de energía en comparación con los sismos originados costa afuera. Una apreciación similar es posible establecer para los sismos ocurridos entre los años 1730 y 1906 con la consideración de la escasa información disponible para esa época.
- III. Los puntos anteriores podrían conducir a la conclusión que el comportamiento de la sismicidad histórica cambia al norte y al sur de los 32°S, pasando de una zona con eventos de mayor magnitud y liberación de energía en la parte norte, a una zona con mayor frecuencia de sismos de importante magnitud, mucho menos espaciados en el tiempo, pero con menor liberación de energía, cuyas áreas de rupturas superpuestas terminan por ser de largo similar a los largos de ruptura para sismos al norte de los 32°S. Es posible observar que en el último tiempo, desde fines del siglo XIX, al norte de los 32°S la liberación de tensiones en las placas en contacto ha ocurrido a través de sismos de mayor magnitud, con mayores largos de ruptura y mayor liberación de energía en cada evento, equiespaciados en el tiempo a razón de alrededor de 60 años entre un sismo y otro, y con epicentros en la zona continental, es decir asociados a eventos del tipo tensional; En cambio al sur de los 32°S la liberación de tensiones en la placa subductada ha ocurrido a través de eventos con gran liberación de energía, epicentros costa afuera y más espaciados en el tiempo, combinados con la ocurrencia de una mayor cantidad de sismos de menor liberación de energía que ocurren en forma escalonada de norte a sur y con epicentros en la zona continental y de origen tensional.
- IV. Se aprecia en la actualidad un gap sísmico entre los 32°S y los 34°S, evidenciando un segmento de la placa que se ha quedado retrasado, y que deberá activarse en el

futuro, y aunque no se puede determinar cuándo lo hará, se espera que la magnitud de este sismo podría alcanzar un valor de 8.5+. La ocurrencia del sismo de 2015 ha dejado tensionadas las dos zonas adyacentes, la que se encuentra vecina hacia el norte y vecina hacia el sur. Kelleher (1972) indica que la zona de ruptura del sismo de 1943 se extendió entre los 30,2°S y 32,2°S, es decir prácticamente ocupa la misma región en la que ocurrió el sismo de 2015, habiendo ocurrido en 1880 otro sismo de importancia ($M_s=8,2$). Beck et al. (1998) establecen que la función de tiempo en la ruptura fue de 24s produciendo un tsunami local de 4m que alcanzó 10-30cm en Japón (Barrientos S., 2015).

Por otra parte, los mismos autores indican que el terremoto de 1922 tuvo una duración en la fuente de 75s, componiéndose de tres sub-fuentes que representan una compleja liberación de momento, produciendo daño por una extensión de más de 500Km (Willis, 1929). El tsunami local alcanzó 7m en la región epicentral (Caldera-Coquimbo) en tanto que en Japón alcanzó una altura entre 30 y 70cm. A pesar de la evidente acción del tsunami en las costas de Chile, no es clara la extensión hacia el sur de la zona de ruptura asociada al terremoto de 1922. Un valor de función de tiempo en la fuente de 75s indica una magnitud del orden de 8,3 a 8,4. De hecho, para este sismo, M_s ha sido reportada con un valor de 8,3; sin embargo, la estimación a partir de la altura del tsunami generado alcanza a 8,7 (Abe, 1989; Barrientos, 2015).

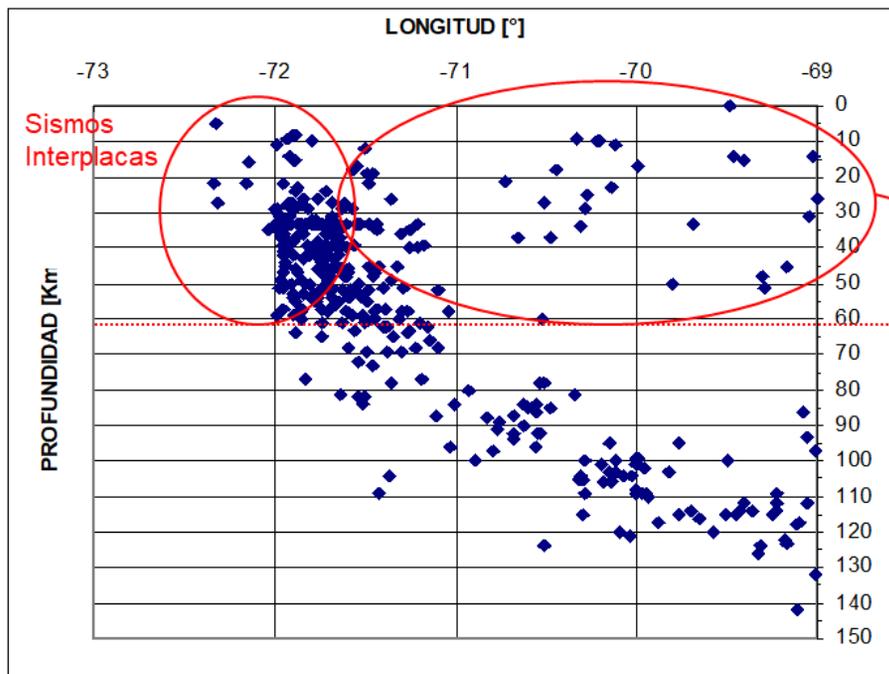
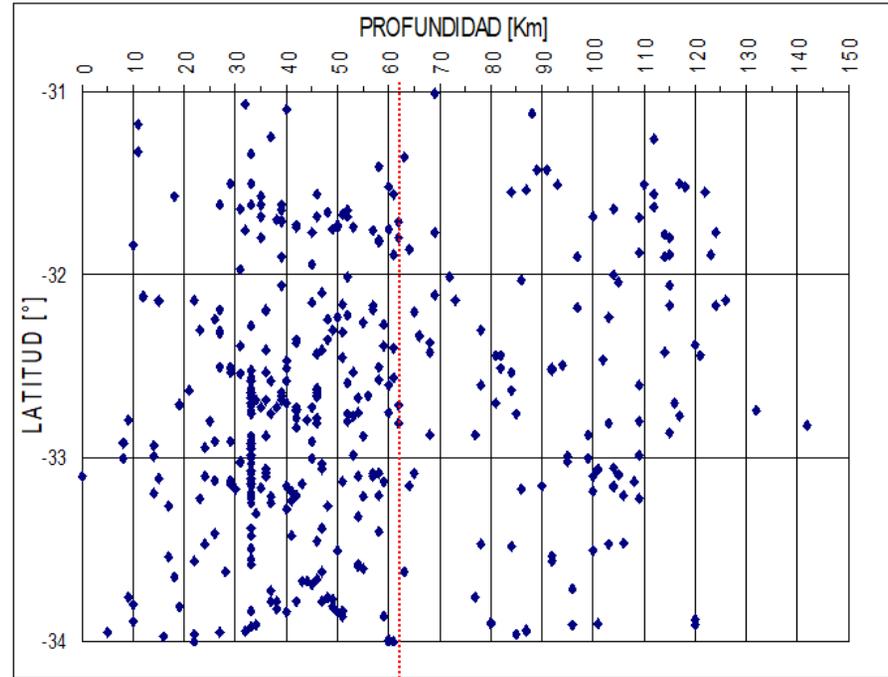
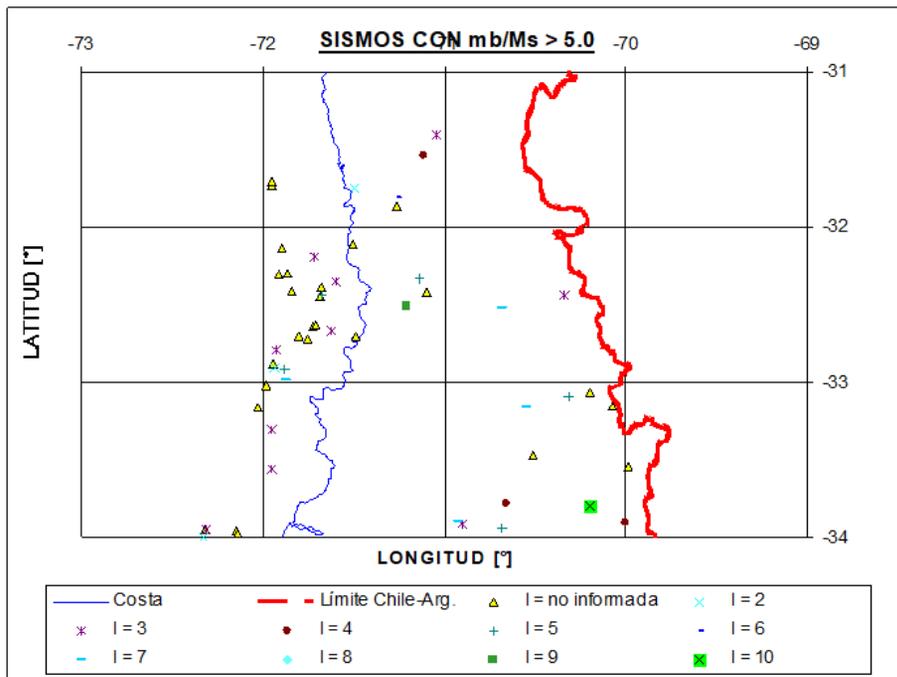
La zona entre Los Vilos y Pichilemu, entre los 32°S a los 34°S, ha sido afectada por terremotos de magnitud variable a través de tiempo. El registro histórico (Lomnitz, 2004; Udías et al. 2012) de los sismos de mayor magnitud comienza en 1647, luego julio 1730, noviembre de 1822, culminando en agosto de 1906, julio de 1971 y finalmente marzo de 1985; Aunque es difícil la estimación de sismos más antiguos, se cree que todos ellos poseen una magnitud en torno de 8,0 excepto el ocurrido en 1730, el cual produjo un maremoto significativo, y el único que ha dejado un registro en las costas de Japón; El terremoto de 1906 se estima alcanzó una magnitud de $M_w=8,2$, y el sismo de 1985 alcanzó una magnitud de $M_w=7,8$ (Barrientos, 2015).

5.2 ANALISIS DE SISMICIDAD HISTORICA

Para el análisis de la sismicidad histórica, se ha considerado una selección de sismos extraídos de los catálogos de las redes telesísmicas USGS-NIC, SISRA y CERESIS, ocurridos entre los años 1950 y 2000, entre las latitudes 31°S a 34°S, entre las longitudes 69°W y 72,5°W, que han alcanzado una magnitud igual o superior a 5.0 (M_b o $M_s \geq 5.0$). La muestra seleccionada para este periodo incluye 520 sismos. La información extraída de cada uno de los tres catálogos mencionados, se encuentra por extenso tabulada en el Anexo 3 de este estudio.

En la figura 23 siguiente se grafican en planta los eventos ocurridos entre los años 1950 a 2000, con magnitud $M_s > 5,0$ dentro de la zona en estudio. En esta misma figura se muestra la profundidad de los hipocentros para cada uno de estos eventos, graficando la variación de la profundidad en función de la latitud, y la variación de la profundidad en función de la longitud. Este último gráfico es paralelo a la zona de Benioff al norte y sur de la zona de transición en torno a los 33°S. Es posible distinguir claramente en cortes verticales según profundidad, la zona de Benioff, con la curva de subducción para la placa de Nazca, y la ubicación de sismos intraplaca, los que de acuerdo a la literatura serían muy probablemente en su mayoría del tipo tensionales, a lo menos en la primera parte de la

placa más al este de la zona de contacto interplacas, los cuales se profundizan de manera monótona hasta los 140Km frente al paralelo 69°W, considerando que de acuerdo al estudio citado, esta transición muy probablemente ocurra a través de una flexión continua de la placa submarina, hasta por lo menos los primeros 150Km de profundidad. También es posible distinguir los sismos de baja profundidad en una banda horizontal, los cuales se estima corresponden a sismos del tipo cortical, originados al interior de la placa continental, para finalmente mostrar un espacio del orden de los 20Km de altura, buena parte del cual debería corresponder a la astenósfera, altura de magma entre la placa ya subductada y la placa continental, la cual según estudios anteriores tendría una altura del orden de 15Km en esta parte del país.



Sismos origen Interplacas o Corticales

Origen Intraplaca Tensional

Sismos origen Cortical

Origen Intraplaca Tensional

Figura 23: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms ≥ 5.0, ENTRE LOS AÑOS 1950 A 2000

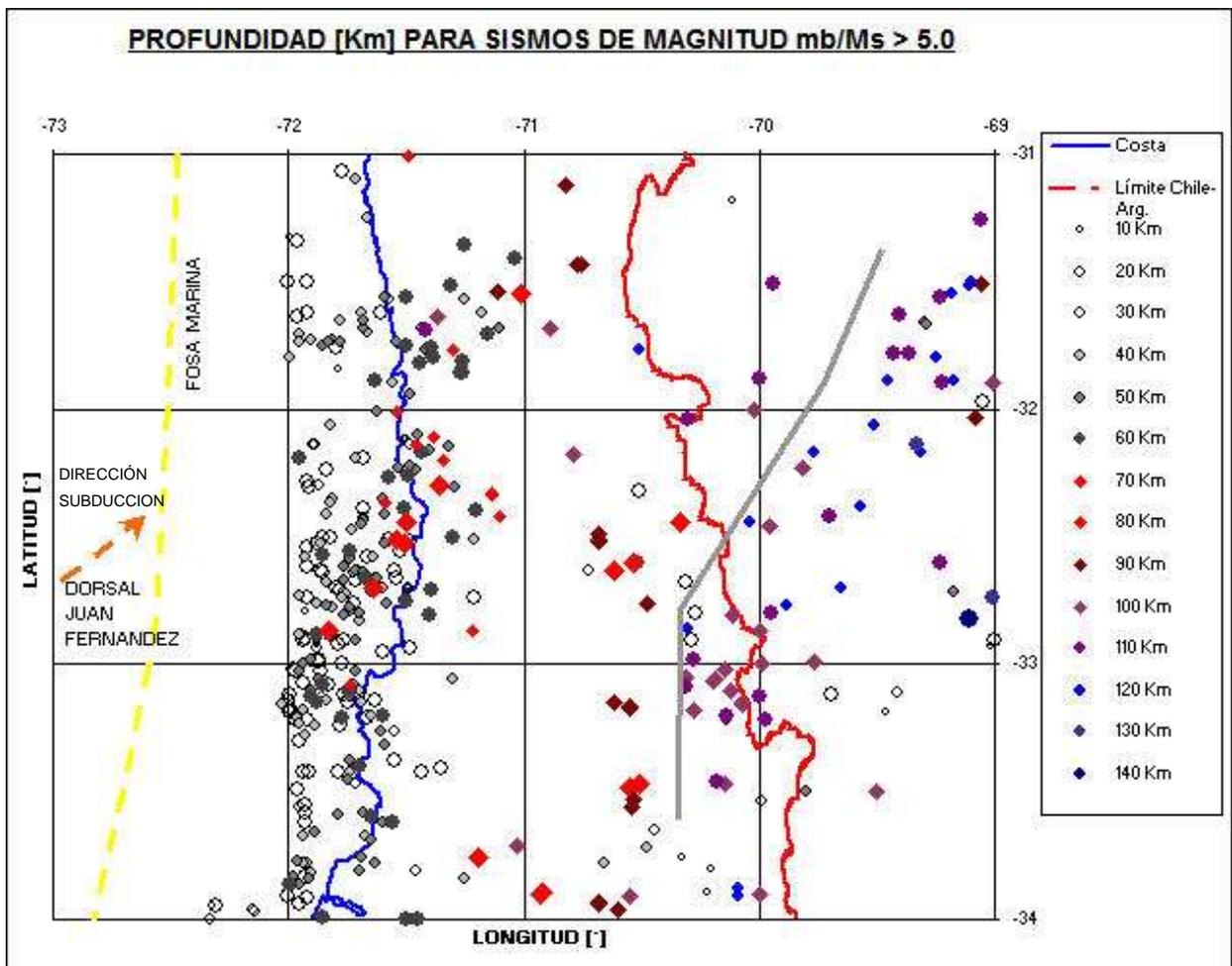


Figura 24: PROFUNDIDAD HIPOCENTRAL PARA SISMOS MAGNITUD Mb o Ms \geq 5.0 ENTRE LOS AÑOS 1950 A 2000

La figura 24, muestra como los datos de hipocentros para sismos históricos, siguen la misma distribución observada por el estudio de Thomas Cahill y Bryan Isacks (noviembre de 1992) para la zona de transición en el ángulo de subducción de la placa de Nazca desde los 31°S hasta los 33°S. En particular se puede ver como entre los 31,5°S y los 33,5°S los hipocentros más profundos se desplazan gradualmente hacia al oeste, y que, al tratarlos de forma agregada, los hipocentros de eventos de mayor profundidad en la parte continental de Chile y Argentina, siguen una tendencia suave y más bien continua de desplazamiento, desde el nor este hacia el sur oeste, mostrando un desplazamiento de aproximadamente 1° hacia el oeste entre los 31,5°S y los 32,5°S, latitud a contar de la cual ya se muestra toda la transición entre la subducción subhorizontal hasta una subducción escalonada. Este desplazamiento de la profundidad hipocentral de los sismos muestreados, con sismos de mayor profundidad desplazados hacia el oeste, se esquematizada en la figura 24 por la línea continua color gris.

Se entiende que estos sismos corresponden a eventos de origen intraplaca y corticales ocurriendo en la zona continental de Chile y bajo los Andes. Se tiene que los sismos en la porción continental con profundidades mayores a los 70Km y hasta los 140Km corresponden a sismos del tipo intraplaca tensionales. Los sismos con profundidades hipocentrales inferiores a los 60Km se considera corresponden a sismos corticales, con

hipocentros en la Placa Sudamericana. Los sismos en la zona costera con profundidades inferiores a los 60Km, se entiende que corresponden a eventos de origen interplacas.

6.0 ANTECEDENTES PARA EVENTOS PRINCIPALES

En este capítulo, se presentan los antecedentes recopilados para cada uno de los principales sismos reseñados en este estudio. Estos sismos se presentan ordenados cronológicamente como sigue:

- I. 21 de marzo de 1947.
- II. 28 de marzo de 1965.
- III. 26 de septiembre de 1967.
- IV. 9 de Julio de 1971.
- V. 12 de noviembre de 1974.
- VI. 4 de junio de 1975.
- VII. 14 de octubre de 1997.

Originalmente, se habían considerado como los sismos principales a estudiar los eventos en numerales I. a VI. Más tarde se incorporó el evento del 14 de octubre de 1997, ocurrido en Punitaqui, ya que, si bien su epicentro está fuera del área de estudio, está muy cerca y fue perceptible en localidades dentro del área de estudio.

6.1 PARAMETROS E INFORMACION GENERAL DE SISMOS PRINCIPALES

6.1.1 FUENTES DE INFORMACION

La información ha sido recopilada a partir de reportes elaborados por equipos interdisciplinarios, quienes recorrieron y analizaron el área afectada por cada uno de los eventos, datos reportados por redes sismológicas nacionales e internacionales, citas en estudios disponibles, para cada evento en particular. En el caso de sismos más antiguos se ha contado con postales de intensidades, que son listados con reporte de intensidad para las localidades donde se obtuvo esa información, recopiladas por el servicio sismológico de la Universidad de Chile.

Los informes referidos en este acápite han servido para entender los fenómenos sísmicos, y la generación de conclusiones conducentes a la elaboración de recomendaciones, para la normativa y métodos de cálculo estructural, que rigen el diseño sísmico de las estructuras construidas en la zona, marcando así la evolución de las regulaciones sismo resistentes a lo largo de nuestra historia.

La comparación entre estos eventos se ve especialmente dificultada por la desigual cantidad de la información disponible para cada evento, en algunos casos muy escasa y ocasionalmente con algunas diferencias entre diferentes fuentes, y en otros muy detallada y elaborada. Al respecto se detectó importante cantidad de información respecto de los eventos de marzo de 1965, Julio 1971 y octubre 1997; Por oposición, el evento ocurrido en marzo de 1947, ni siquiera figura en varias de las redes tele sísmicas internacionales existentes y se encontró muy poca información disponible en organizaciones relacionadas a la sismología en el país.

6.1.2 ESTIMACION DE LA LONGITUD DE RUPTURA

En esta sección se estima la longitud de ruptura a partir de los distintos valores de la magnitud propuesto para cada uno de los eventos principales de este estudio. Esta estimación se realiza en base a la relación empírica que sigue, propuesta por Ramírez (1988) la cual relaciona estos parámetros para el caso de terremotos chilenos.

$$\text{Log}(L) = -1.33 + 0.44 M_s$$

Donde:

L = Longitud o largo de ruptura en Km.

M_s = Magnitud de Richter.

Los valores para los largos de ruptura determinados por la relación anterior, para cada uno de los sismos principales, se muestran en la tabla siguiente de resumen de parámetros básicos. Esta relación tiene como limitación que la Magnitud de Richter comienza a saturarse a partir de M_s= 8.0.

6.1.3 RESUMEN DE PARAMETROS BASICOS PARA SISMOS PRINCIPALES

En la tabla siguiente se entrega un resumen de la información básica recopilada para cada uno de los eventos que se denominan como principales para este estudio, incluyendo las observaciones que se consideran más relevantes para su caracterización. Esta tabla muestra para cada sismo la fecha de ocurrencia del evento, origen sismogénico, profundidad del hipocentro, coordenadas del epicentro, intensidad máxima registrada de acuerdo a las diferentes fuentes consultadas, magnitud Richter M_s, longitud de ruptura, de acuerdo a la relación determinada por Ramírez, 1988, más observaciones pertinentes a cada evento.

En el caso particular del sismo del 21 de marzo de 1947, para el cual se ha reportado una magnitud de Richter muy baja para la intensidad máxima reportada (M_s= 5,5 & Intensidad máxima =7 a 8 Mercalli) se ha definido una magnitud M_s ≅ 6,5 para los análisis en adelante, en base a las intensidades registradas. Por supuesto es muy probable que algunos factores relacionados con la intensidad no sean comparables a la condición de eventos más recientes, tales como la calidad de los materiales de construcción y normativas de cálculo sismo resistente a la época.

**TABLA 14: RESUMEN DE ANTECEDENTES BÁSICOS PARA SISMOS
PRINCIPALES EN ESTUDIO**

Fecha Evento	Origen Sismogénico	Profundidad Hipocentro	Coordenadas del Epicentro	Intensidad Máxima	Magnitud Richter	Longitud de Ruptura, Km	Observaciones
21.Marzo. 1947	Intraplaca	160 Km	32°30'S; 71°00'O Al norte de Petorca	7 a 8	Ms = 6,5 (Valor estimado)	66	Intensa actividad sísmica precursora, en febrero y marzo. Magnitud Ms= 5,5 reportada es muy baja para la intensidad informada.
28.Marzo. 1965	Intraplaca	72 Km	32°20'S; 71°10'O La Ligua	8 a 9	Ms = 7,1	86	Sismos precursores perceptibles, y numerosas réplicas a razón de 6 a 7 diarias, incluyendo sismo del 02 de mayo. Sismo principal perceptible de Copiapó a Osorno, y Buenos Aires en Argentina. Valor máximo calculado para Ms = 7,5.-
26.Sept. 1967	Intraplaca	84 Km	33°36'S; 70°30'O Región Metropolitana	6 a 7	Ms = 6,8	75	Perceptible desde Chañaral a Talca. Evento con muchos daños y pérdidas humanas a pesar de ocurrir a día claro.
08.Julio. 1971	Intraplaca	60 Km	32°30'S; 71°12'O Papudo	9 a 10	Ms = 7,5	103	Perceptible en 600 Km a lo largo de Chile, borde occidental de Argentina, y daños en Buenos Aires a 1300 Km.
12.Nov. 1974	Intraplaca	90 Km	33°10'S; 70°33'O Al norte de Región Metropolitana	6 a 7	Ms = 6,3	58	Perceptible desde Illapel a San José de Maipo (31°S a 34°S). La intensidad reportada resulta alta para la magnitud del sismo, Ms=6.2.-
04.Junio. 1975	Intraplaca	91 Km	32°33,6'S; 71°16,2'O Catapilco / La Ligua	5	Ms = 5,4	41	Intensidad I=5 en emplazamientos mayores de la V Región. Bajo nivel de daño en relación a otros eventos.
14.Oct. 1997	Interplaca	68 Km	30°44,5'S; 71°19,7'O Punitaqui, 10 Km al norte.	7 a 8	Ms = 6,8	75	Sismo registrado en Illapel, Papudo y Santiago. Secuencia de sismos precursores interplaca en Julio (3 meses antes) costa afuera de moderada magnitud; El mayor sismo precursor (06 de Julio) a 80Km de La Serena y Coquimbo sin daños importantes. Evento seguido de numerosas réplicas incluyendo eventos del 03 de noviembre (Mb=6,2) y 12 de enero 1998 (Mb=5,8; interplaca). Ms parece bajo en relación a la intensidad reportada; I=7 a 8 es coherente con Ms= 7,5 a 8,0

Un aspecto interesante respecto del sismo de Punitaqui de 1997, es que este presenta una magnitud en torno a 7 grados, que ocurre a una profundidad de 68Km, en el interior de la placa de Nazca inmediatamente bajo (down dip) uno de los sectores de mayor desplazamiento asociado al evento de septiembre 2015. Pardo et al. (2002) postulan que este terremoto de 1997 es un sismo intraplaca compresivo y lo interpretan como un sismo que es consecuencia del “desdoblamiento” (unbending) de la placa de Nazca como parte de la sub-horizontalización de la subducción entre las latitudes 27°S y 33°S. Si esta hipótesis es correcta, entonces es posible esperar que existan este tipo de eventos hacia el norte y sur del sismo de octubre de 1997, y a profundidades similares. También existe la posibilidad que estas fuentes sismogénicas estén controladas además por fallas pre-existentes en la placa oceánica; Si este es el caso, no se podría necesariamente extrapolar esta condición a otros segmentos entre las latitudes 27°S y los 33°S (Barrientos S., 2015).

En la figura siguiente se muestra la ubicación en planta de los epicentros, para cada uno de los siete sismos principales en estudio, incluyendo la profundidad de los hipocentros, en secciones según un eje meridiano, graficando la variación de la profundidad en función de la latitud, y en un corte según un eje paralelo, resultando un gráfico de variación de la profundidad en función de la longitud. Este último gráfico es paralelo a la zona de Benioff al norte y sur de la zona de transición.

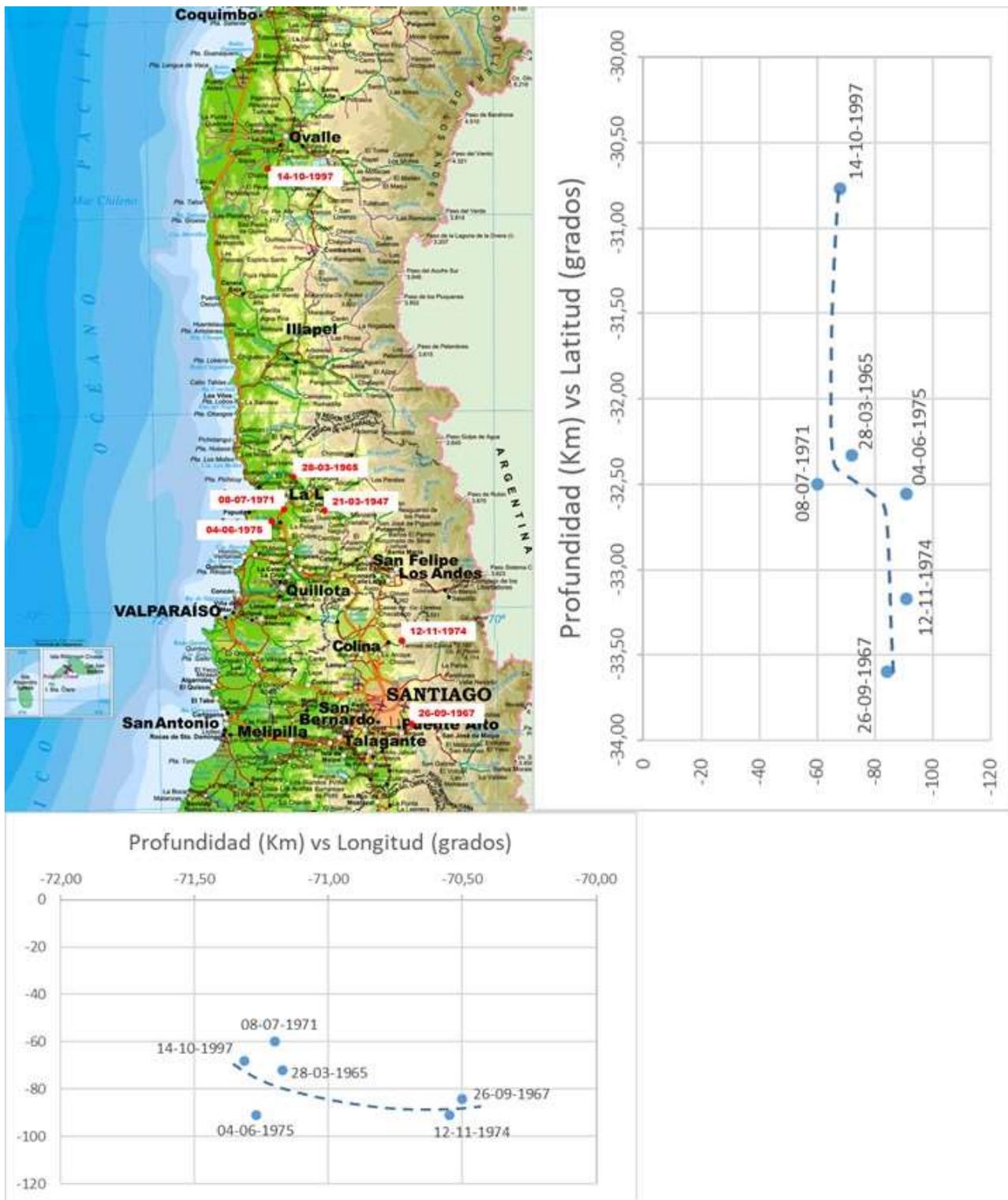


Figura 25: PROYECCIÓN DE HIPOCENTROS PARA SISMOS PRINCIPALES, SEGÚN LATITUD Y LONGITUD

Respecto de la ubicación en planta de epicentros y la profundidad hipocentral, en la figura anterior, se aprecia que los hipocentros de los sismos denominados como principales, siguen la tendencia determinada para la sismicidad histórica, de acuerdo a lo visto en el punto 5.2 anterior. Es decir, que al sur de los 32,5°S, los hipocentros son más profundos, entre los 80Km a 95Km, y se encuentran más al este, en torno a los 70,5°W, mientras que al norte de los 32,5°S los hipocentros son más superficiales, entre los 60Km a 75Km, y en este caso se encuentran entre los 71,5°W a 71,0°W, en la parte septentrional y de la cordillera de la costa. Esta distribución espacial sigue siendo concordante con la transición continua en el ángulo de subducción de la placa de Nazca entre los 31,5°S y 33,5°S, con el cambio a contar de a los 32,5°S.

En la figura siguiente se muestra la ubicación de los mismos epicentros que en la figura anterior, sobre una imagen satelital donde se muestra el relieve continental sobre el nivel del mar y sumergido, más el relieve de la placa de Nazca en su llegada a la fosa marina frente a la costa de Chile Central. Destaca la correlación del desplazamiento de la Placa de Nazca, la ubicación de la dorsal submarina de Juan Fernández, la morfología de la placa continental en su parte submarina, y la ubicación en planta de los epicentros para los sismos de los años 1947, 1965, 1971 y 1975, ubicados cercanos a un eje semi paralelo a la dirección de subducción de la placa oceánica. Se aprecia en esta misma figura, que los epicentros de los sismos ocurridos en los años 1967 y 1974, se encuentran en otra área distante unos 100 km o más al sur de los sismos antes reseñados, y se ubican en los faldeos cordilleranos, en paralelos muy cercanos, es decir, en longitudes bastante cercanas entre sí; Por la distancia a la fosa y profundidad de sus epicentros, estos sismos son de origen tensional y se originarían en la parte superior de la placa subductada, bajo la placa continental.

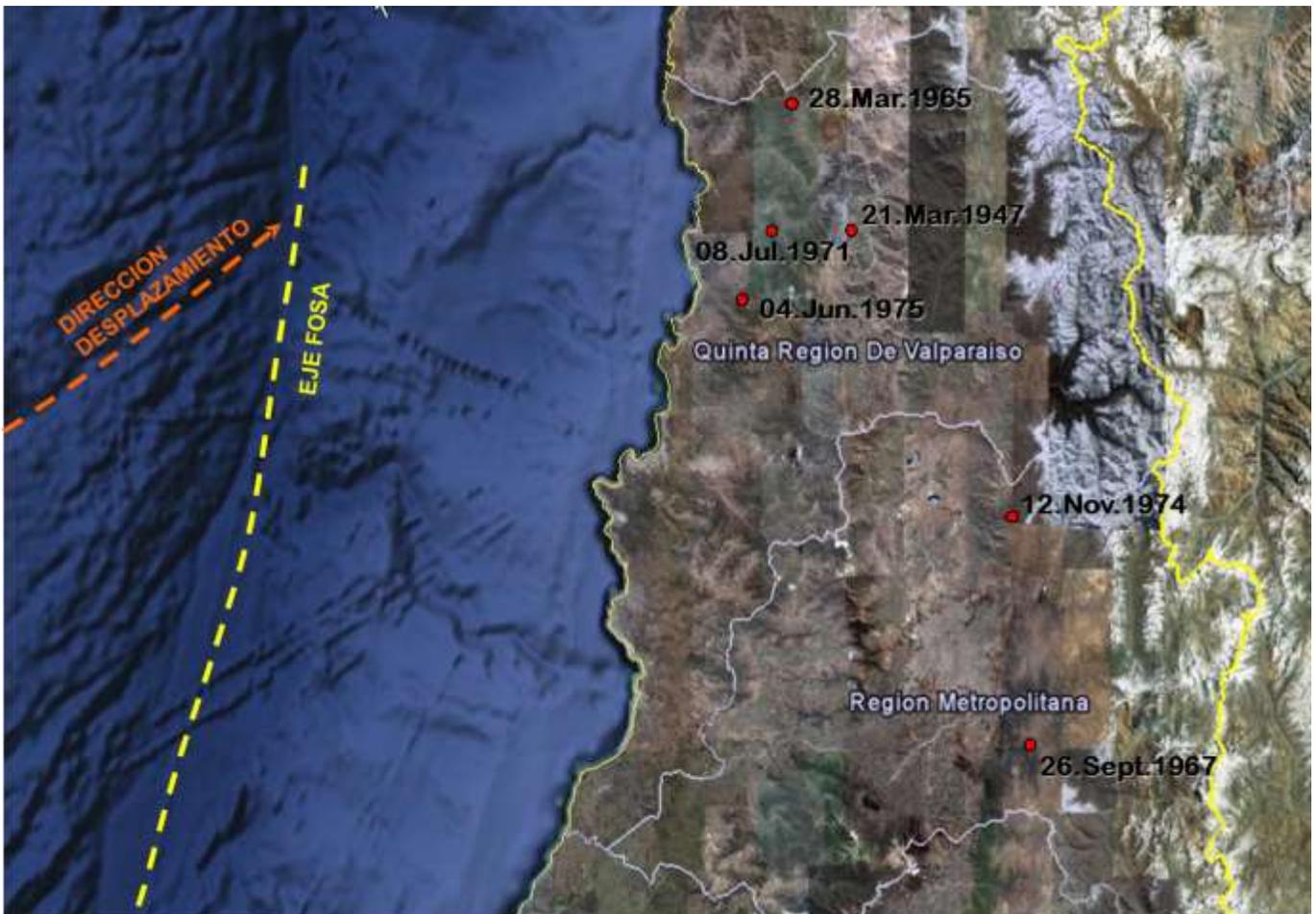


Figura 26: UBICACIÓN DE EPICENTROS PARA SISMOS PRINCIPALES Y SU ENTORNO TECTONICO.

6.2 SISMO DEL 21 DE MARZO DE 1947

GENERALIDADES

El día 21 de marzo del año 1947 a las 12 horas 26 minutos, hora oficial de Chile continental, 16 horas 26 minutos GMT, se produjo un fuerte sismo el cual abarcó la zona comprendida entre los paralelos 32°S a 34°S, siendo perceptible desde Copiapó por el norte y hasta Santiago por el sur, registrando su mayor intensidad en la provincia de Petorca, en la V Región.

ACTIVIDAD SÍSMICA RELACIONADA

Durante el mes de febrero y marzo la zona comprendida entre las latitudes 31°S y 34°S fue particularmente activa (Greve, 1957).

El epicentro del evento principal se ubicó 164Km al norte de Santiago, según estación Santa Lucía, (Greve, 1957) en las coordenadas 32.5°S y 71.0°W, al norte de Petorca. Esta información resulta coincidente con los valores de intensidades reportados mediante postales informativas de la época, recopiladas por el Instituto Sismológico de la Universidad de Chile.

INTENSIDADES

La intensidad máxima del sismo fue de 7.0 a 8.0 en la escala de Mercalli modificada; Este valor fue reportado en una estación ubicada en la localidad de Alicahue, muy cercana a Petorca (Fuenzalida,1988). La profundidad del hipocentro es de 160km (Ceresis, ID 3967).

TABLA 15: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 21 DE MARZO DE 1947 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)

FECHA :	21-03-47
EPICENTRO :	
LATITUD	-32,5
LONGITUD	-70
H	?
Ms	5,5

LOCALIDAD	LATITUD °	LONGITUD °	Intesidad MM	LAT [dec]	LONG [dec]
OVALLE	30,37	71,15	3,5	-30,62	-71,25
COMBARBALA	31,1	71,48	3,5	-31,17	-71,8
ILLAPEL	31,38	71,13	5,5	-31,63	-71,22
LOS VILOS	31,55	71,34	5,5	-31,92	-71,57
PETORCA	32,14	70,54	6,5	-32,23	-70,9
QUILLOTA	32,52	71,15	5,5	-32,87	-71,25
LA LIGUA	32,27	71,14	5,5	-32,45	-71,23
SANFELIPE	32,45	70,44	5,5	-32,75	-70,73
LOS ANDES	32,49	70,36	5,5	-32,82	-70,6
JUNCAL	33,06	70,05	3,5	-33,1	-70,08
SANTIAGO	33,28	70,38	2	-33,47	-70,63
VALPARAISO	33,03	71,36	3,5	-33,05	-71,6
CASABLANCA	33,18	71,23	2	-33,3	-71,38
ALICAHUE	32,21	70,47	7,5	-32,35	-70,78

MAGNITUD

La magnitud en la escala de Richter para el evento no es conocida. Según una de las fuentes consultadas se entrega una magnitud Richter $M_s = 5,5$ para este evento, pero este valor es muy bajo para ser coherente con las intensidades reportadas, utilizando la relación establecida por Barrientos (1980). Aplicando la transformación de magnitudes unificadas de Gutenberg M_b , se determina una magnitud referencial de 6,5 grados, valor que se utilizará en adelante.

ANÁLISIS PRELIMINAR

Si bien este evento marca un hito relevante en la historia sísmica del país, dada la escasa información disponible para este sismo, y principalmente dada la dificultad para determinar su hipocentro, se estima que se trata de un sismo de origen intraplaca, profundo, tensional.

En otro sentido, si es posible corroborar un comportamiento determinado, dada la existencia de importante actividad sísmica por un prolongado periodo de tiempo, lo cual se entiende asociado a sismos del tipo interplacas.

Respecto de la aplicación de las correlaciones conocidas entre las intensidades reportadas para este sismo y la magnitud determinada, se tiene que la magnitud aparece muy baja para el valor de intensidades reportadas; Lo anterior puede tener relación con que el nivel daño generado por este sismo está asociado a la calidad y estado de las construcciones en la época, la cual se estima por mucho inferior a la actual y considerando materialidades de alta siniestralidad como es el adobe, de extenso uso en la época, y muros de mampostería sin refuerzos, luego el escenario de la época podría con mucho resultar no comparable al escenario de eventos posteriores luego es posible considerar que las correlaciones actuales entre la intensidad en función de la distancia epicentral y la magnitud del sismo no sean aplicables para este evento en particular. En consideración de lo anterior y a partir de los valores que determinarían las distintas relaciones, se opta por usar el valor de magnitud 6,5 para los análisis posteriores.

6.3 SISMO DEL 28 DE MARZO DE 1965

GENERALIDADES

Este evento ocurrió el día domingo 28 de Marzo de 1965 a las 12 horas 33 minutos con 15.5 segundos hora chilena (16 horas 33 minutos con 15.5 segundos GMT) y afectó la parte central de Chile, desde Illapel por el norte y hasta la comuna de San Bernardo en la Región Metropolitana, por el sur, causando destrucción en las ciudades de Santiago, Valparaíso y Viña del Mar entre otras; Estas tres ciudades se citan como las más pobladas del país a la época siguiendo el mismo orden decreciente (Monge, Rosenberg, Vives y Yoma, 1965). Este sismo fue perceptible desde Copiapó por el norte y hasta Osorno por el Sur, así como en las ciudades de Mendoza y Buenos Aires en Argentina. [Urrutia y Lanza, 1993]

Según lo establecido por el Instituto de Geofísica y Sismología de la Universidad de Chile, el epicentro se ubicó a unos 138Km a 140 Km. al norte de Santiago, en una zona vecina a La Ligua, de coordenadas 32°20'S y 71°10'W (NOAA reporta epicentro según coordenadas 32.4° S, 71.2° W). La profundidad focal se ha calculado en 61 Km. ± 15 Km (USGS).

MAGNITUD

La magnitud Ms se calculó entre 7.25 según Estación Pasadena, en USA y, 7.5 según Estación en Punta Arenas, consignándose un valor final de Ms=7.1 según a escala de Richter y de Mb=6.0 en la escala de Gutenberg (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979).

INTENSIDADES

Las intensidades máximas registradas para este evento fueron grado 8 a 9 (Monge, Rosenberg, Vives, Yoma, 1965), grado 10 en las estaciones de Llay-Llay y La Ligua (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979), y grado 7 en Santiago (Urrutia y Lanza, 1993). Todos los valores anteriores corresponden a la escala internacional de Mercalli modificada.

En la tabla siguiente se entregan valores de intensidades contenidos en Postales recopiladas por el Departamento de Sismología de la Universidad de Chile, en la fecha del evento, las cuales reúnen información de diversas fuentes de la época.

TABLA 16: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 28 DE MARZO DE 1965.

FECHA :		28-Mar-65		
HORA	LOCALIDAD	LATITUD	LONG.	INTENS.
12:35	PAREDONES	-34,63	-71,9	4,5
	LLO-LLEO(Fdo.Sn.Enrique)	-33,62	-71,62	6
	MINA EL SOLDADO			8,5
	LINARES	-35,08	-71,6	4
	EL COBRE	-28,38	-70,3	8,5
	YUNGAY	-37,05	-72,02	5,5
	CHANCO	-35,43	-73,32	4
	CURICO	-34,59	-71,15	5
	DOMEYKO	-28,58	-70,54	4
	PEUMO	-34,38	-71,17	4
	HUANTA			6
	MINCHA	-31,58	-71,43	8
	EL MELON	-32,67	-71,23	9,5
	S.I. DE PALOMARES	-36,46	-72,02	4
	FREIRINA	-28,31	-71,06	4
	LOS ANDES	-32,82	-70,6	7,5
	TRANQUE EL COBRE	-28,38	-70,3	8,5
	CONCEPCION	-36,47	-73,04	4
	RAPEL DE NAVIDAD	-34,17	-71,5	6,5
	TIL-TIL	-33,08	-70,9	10,5
	LICANTEL	-34,98	-72	6,5
	LOS VILOS	-31,92	-71,57	7,5
	QUINTERO	-32,77	-71,52	9
	CALERA	-32,47	-71,12	2,5
	CONSTITUCION	-35,18	-72,24	4
	PADRE LAS CASAS	-38,73	-72,58	3,5
	ANTUCO	-37,17	-71,43	3
	TALCAHUANO	-36,42	-73,05	4

Los valores en la tabla anterior resultan concordantes en orden de magnitud, con la información anterior, y entre sí, con la excepción de la intensidad reportada para La Calera, la cual resulta muy baja respecto de su entorno, y no será considerada en posteriores análisis.

TABLA 17: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 28 DE MARZO DE 1965 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)

FECHA :	28.03.65				
EPICENTRO :					
LATITUD	32,4				
LONGITUD	71,2				
H	61				
Ms	7,1				
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Intesidad MM	LAT [dec]	LONG [dec]
CABILDO	32,24	71,03	10	-32,4	-71,05
EL COBRE	28,23	70,18	8,5	-28,38	-70,3
EL MELON	32,4	71,14	9,5	-32,67	-71,23
ILLAPEL	31,38	71,13	8,5	-31,63	-71,22
LA LIGUA			10	-32,45	-71,23
LOS ANDES			7,5	-32,82	-70,6
LOS VILOS			7,5	-31,92	-71,57
LLAY-LLAY	32,5	70,59	10	-32,83	-70,98
LLOLLEO	33,37	71,37	6	-33,62	-71,62
MINCHA	31,35	71,26	8	-31,58	-71,43
PADRE LAS CASAS	38,44	72,35	3,5	-38,73	-72,58
PEUMO	34,23	71,1	6	-34,38	-71,17
QUILPUE	33,03	71,28	7	-33,05	-71,47
QUINTERO	32,46	71,31	9	-32,77	-71,52
QUILLOTA			9	-32,87	-71,25
RAPEL DE NAVIDAD	33,57	71,51	6,5	-33,95	-71,85
SANTIAGO	33,28	70,38	7	-33,47	-70,63
SANFERNANDO	34,35	71	5	-34,58	-71
SAN FELIPE	32,45	70,44	8	-32,75	-70,73
TIL-TIL	33,05	70,54	9	-33,08	-70,9
VALPARAISO			7	-33,05	-71,6
VIÑA DEL MAR	33,01	71,33	8	-33,02	-71,55
YUNGAY	37,03	72,01	5,5	-37,05	-72,02

ACTIVIDAD SÍSMICA RELACIONADA

Este sismo fue precedido por algunos sismos perceptibles, entre los cuales se destaca el ocurrido el lunes 22 de marzo a las 18:57 hrs. Numerosas réplicas se sucedieron tras el terremoto principal, a razón de 6 a 7 eventos diarios, siendo el más importante el ocurrido el domingo 2 de mayo a las 21 horas, el cual causó pánico en las numerosas ciudades afectadas por el sismo principal del 28 de marzo (Monge, Rosenberg, Vives, Yoma, 1965).

Las aceleraciones máximas registradas en Santiago fueron de 0.187g en la componente horizontal N10□W y de 0.085g en la componente vertical. Estas aceleraciones se registraron en un acelerógrafo de movimiento fuerte tipo Montana, suministrado por el United States Coast and Geodetic Survey, de 0.065seg. de período propio, amortiguamiento cercano al crítico y que registra los sismos en una escala de aproximadamente 1cm.=0.077g. Este instrumento se hallaba instalado en el subterráneo de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, en Santiago. Esta misma estación registró el sismo en otro acelerógrafo de movimiento fuerte tipo SMAC, procedente del Earthquake Research Institute de Tokio (Monge, Rosenberg, Vives, Yoma, 1965).

DAÑOS SOBRE PERSONAS, INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDAS

Las pérdidas humanas ascendieron a 248 muertos y 350 heridos (Monge,1965). Entre las causas de muertes se citan:

Avalancha El Cobre (desaparecidos)	222
Rodados de rocas	5
Derrumbes de muros, cornisas y chimeneas	19
Pánico	2

El tranque de relaves El Cobre falló, arrasando a una población situada aguas abajo al pie del tranque, provocando la cantidad de muertes detalladas.

De acuerdo a las primeras estimaciones, los costos asociados a las pérdidas materiales se distribuyeron como sigue: 24.4 % afectó al sector público, 57.9 % correspondió a viviendas y un 17.7 % al sector privado.

Las viviendas destruidas fueron aproximadamente 21.000, y más de 71.000 otras viviendas debieron ser reparadas.

En las zonas rurales la construcción era fundamentalmente de adobe. En las áreas urbanas predominaban las viviendas de uno y dos pisos, con muros de albañilería de ladrillos cerámicos provistos de pilares y cadenas de hormigón armado, así como también las tabiquerías de madera rellenas con adobillo; Este tipo de viviendas tenían en general pisos y techos de madera. En las ciudades se encontraban numerosos edificios colectivos de hasta 5 pisos, con muros de albañilería, pilares, cadenas y losas de hormigón armado. Existían también muchos edificios de hormigón armado estructurados en su mayoría con muros rígidos, que tienen por lo general hasta 15 pisos, con la excepción de un edificio de 28 pisos (Monge, Rosenberg, Vives, Yoma, 1965).

Se citan algunos datos sobre porcentajes de destrucción de casas en distintos lugares de zonas rurales: Ventanas 80%; Nogales 95%; Hijuelas 81% (Monge, Rosenberg, Vives, Yoma, 1965).

A partir del estudio antes referido, y de la observación de los daños encontrados en diversas estructuras después del sismo del 28 de Marzo de 1965, se sugieren comentarios acerca del diseño y concepción de estructuras, así como acerca de elementos de la construcción tales como: Juntas de expansión y separación entre edificios, Estanques de agua sobre edificios, Elementos secundarios, Estructuras metálicas livianas, Detalles en hormigón armado, Construcciones de albañilería, Construcciones de madera, Viviendas económicas y Puentes.

6.4 SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967

GENERALIDADES

Este sismo ocurrió el día 26 de septiembre de 1967 a las 11 horas, 11 minutos con 23.7 segundos, hora GMT. Su epicentro se localizó en la latitud 33.6°S y longitud 70.5°W en la Región Metropolitana. La profundidad del foco se ha fijado en 84 Km.

El sismo fue reportado en un gran número de ciudades, siendo perceptible desde Chañaral por el norte y hasta Talca por el Sur.

MAGNITUD

La magnitud del evento en la escala de Richter alcanzó un valor de $M_S=5.6$ (magnitud unificada de Gutenberg $M_B = 5.8$). Sin embargo, USGS determinó una magnitud en la escala unificada de Gutenberg de 6.8 para este mismo evento (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979) y otra fuente da un valor de $M_s = 6.0$ (Malgrange y Madariaga, 1982).

INTENSIDADES

La intensidad máxima del terremoto en la escala de Mercalli modificada fue de 6 a 7, reportada en las localidades de Con-Con y de Calle Larga (Pardo, Acevedo, 1984; Pereira, Crempien, Saragoni, 1979).

En la tabla siguiente se entregan valores de intensidades contenidos en Postales recopiladas por el Departamento de Sismología de la Universidad de Chile, en la fecha del evento, y recopila información de diversas fuentes de la época.

TABLA 18: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (1 de 3)

FECHA : 26-Sep-67

HORA	LOCALIDAD	LATITUD	LONG.	INTENS.
05:25	ESTACION COLINA	-33,12	-70,43	3
07:05	RETEN CHAÑARAL ALTO	-26,37	-69,52	2
	RETEN LAROSA (O'higgins)	-34,18	-71,15	3
07:10	RERE (CON)	-37,08	-72,72	2
	CANELA	-32,41	-71,21	3
	PERALILLO SUR	-34,47	-71,48	4
	RETEN LOS QUELTEHUES	-33,49	-70,13	5,5
	SCHWAGER	-37,03	-73,08	2,5
	RETEN LOS VILOS	-31,92	-71,57	3,5
	RETEN PUQUILLAY (COLCHAG.)	-34,39	-71,13	5,5
	PEDERGAL (COQUIMBO)	-30,85	-70,6	5
	RETEN LAÍNCO (O'HIGGINS)	-39,25	-72,46	5,5
07:11	RUNQUE	-33,01	-70,52	5,5
	SARMIENTO	-34,55	-71,13	4
	RANCAGUA	-34,03	-70,77	6
	LOS ANDES	-32,82	-70,6	4
	RETEN PANIMAVIDA	-35,43	-71,23	3,5
	QUILLOTA	-32,87	-71,25	5,5
	SEWELL	-34,05	-70,35	6
	RETEN CONVENTO VIEJO	-33,47	-71,35	5
	CALETONES	-34,06	-70,29	6
	COYA	-34,13	-70,34	6
	RETEN CODAO	-34,21	-71,12	6
	RETEN SAMO ALTO	-30,2	-70,46	4,5
	VALLE HERMOSO	-32,21	-70,14	7
	MELIPILLA (4a. COMISARIA)	-33,65	-71,23	5
	RETEN CALERA DE TANGO	-33,36	-70,5	5,5
	TENENCIA MARCHIGUE	-34,23	-71,37	5,5
	LAMPA	-33,27	-70,88	6
07:12	PUCHUNCAVÍ	-32,73	-71,4	6
	RETEN QUINTAY	-33,22	-71,63	5
	ILLAPEL (4a. COMISARIA)	-31,63	-71,22	5
	CASABLANCA	-33,3	-71,38	5
	CARRILLO			6
	EL MELON	-32,67	-71,23	5
	EL COBRE	-28,38	-70,3	6
	CAUQUENES, 3a. COMISARIA	-35,92	-72,33	2
	LOS ANDES	-32,82	-70,6	6
	RETEN CUESTA CHACABUCO	-33	-70,7	6
	RAPEL DE NAVIDAD	-34,17	-71,5	4,5
	NAVIDAD	-33,95	-71,85	5
	BARAHONA	-34,12	-70,52	4,5
	RIO BLANCO	-34,17	-70,28	5,5
	TENENCIA CON-CON	-32,92	-71,52	7
	CHINCOLCO	-32,22	-70,85	4
	RETEN PAREDONES	-34,63	-71,9	5,5
	LOS PATOS	-32,5	-70,6	4,5
	CALLE LARGA, LOS ANDES	-32,87	-70,63	6,5
	CATAPILCO	-32,52	-71,27	4,5
	BULNES	-36,7	-72,28	3,5
	RETEN MANQUEHUA			3,5
	RETEN ZAPALLAR	-31,72	-70,65	5
	ROSARIO LO SOLIS	-43,2	-71,33	5,5

TABLA 19: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (2 de 3)

FECHA : 26-Sep-67

HORA	LOCALIDAD	LATITUD	LONG.	INTENS.
	RETEN MONTE PATRIA	-30,41	-70,45	2,5
	CURICO	-34,59	-71,15	4,5
	MINERAL EL SOLDADO			6
	RETEN REÑACA BAJO	-32,58	-71,32	4,5
	RETEN CUTÚ (MAULE)	-35,3	-71,42	5
	NOGALES	-32,72	-71,23	6
07:13	CALBUN (LINARES)	-35,4	-71,25	4
	EL MOLLE	-29,57	-70,51	3
	SAN MIGUEL DE QUERELEMU	-34,3	-71,4	4
	RETEN HIJUELAS	-32,46	-71,08	7
	LLO-LLEO	-33,62	-71,62	5
	RETEN LA LAGUNA	-34,14	-70,4	6
	TALCA, 3a. COMISARIA	-35,23	-71,4	4
	VILLA ALEMANA, SUBCOMISARIA	-33,05	-71,37	5
	RETEN ALCONES	-34,23	-71,44	5
	RETEN EL SAUCE	-28,51	-71,17	4
	SAN ANTONIO	-33,55	-71,6	5
	RETEN OLIVAR	-34,12	-70,51	6
	TENO 3a. COMISARIA	-34,51	-71,09	4
	ESTACION COLINA	-33,12	-70,43	5
	SUBCOM. QUINTERO	-32,77	-71,52	4,5
	POMAIRE	-33,63	-71,13	4,5
07:14	LO MIRANDA (O'HIGGINS)	-34,17	-70,97	5,5
	GRANEROS	-34,07	-70,75	7
	CALETONES	-34,06	-70,29	5,5
	QUEB. ALVARADO	-34,1	-68,85	4
	QUINTERO	-32,77	-71,52	4,5
	SAN PEDRO DE ALCANTARA	-34,46	-71,51	5
07:15	RET. ALGARROBITO	-29,97	-71,13	2,5
	STA. LUCIA (COQUIMBO)			3
	LINARES	-35,08	-71,6	3,5
	PENCAHUE - TALCA	-35,37	-71,78	3,5
	RET. PEDEHUA	-32,2	-71,04	5
	RET. CORCOLEN			5,5
	SN. IGNACIO DE PALOMARES	-36,45	-72,02	3,5
	RET. LA ESTRELLA(COLCH)	-34,33	-71,23	3
07:17	TEN. COQUIMBO	-29,56	-71,24	3
07:20	RET. PORTEZUELO	-31,09	-70,09	2,5
07:23	RET. EL TAMBO	-30,05	-70,75	3
12:02	RET. QUINTAY	-33,22	-71,63	2
12:08	RET. EL TAMBO	-30,05	-70,75	6,5
12:09	INCAUHASI	-29,23	-71	6,5
12:10	RET. SAMO ALTO	-30,2	-70,46	6
12:10	RET. REÑACA BAJO	-32,58	-71,32	3,5
12:10	RET. ALGARROBITO	-29,97	-71,13	7
12:10	EL MOLLE	-29,57	-70,51	6
12:10	RET. CRUZ GRANDE	-29,27	-71,2	5
12:11	RET. MANQUEHUA			6
12:11	VALLE HERMOSO	-32,21	-70,14	2,5
12:11	RET. EL PALQUI	-42,55	-73,53	5
12:11	CALDERA	-27,04	-70,51	2,5
12:12	FARO TORTUGA (COQUIMBO)	-29,55	-71,24	6,5
12:12	CHINCOLCO	-32,22	-70,85	4,5
12:12	CANELA	-32,41	-71,21	5
12:12	RET. MONTE PATRIA	-30,41	-70,45	4,5

TABLA 20: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (3 de 3)

FECHA : 26-Sep-67

HORA	LOCALIDAD	LATITUD	LONG.	INTENS.
12:12	RET. PEDREGAL	-30,51	-70,36	2
12:12	CASABLANCA	-33,3	-71,38	2
12:12	PUCHUNCAVI	-32,73	-71,4	4
12:12	RET. CHAÑARAL ALTO	-26,37	-69,52	4
12:12	HUASCO	-28,43	-71,2	3
12:12	LA SERENA	-29,88	-71,32	6,5
12:12	RET. ALMTE. LATORRE	-29,63	-71,03	5,5
12:12	STA. LUCIA-COQUIMBO			7
12:12	RET. EL TRANSITO	-28,85	-70,27	4
12:12	RET. SN FELIX-ATACAMA	-28,56	-70,29	4
12:12	TEN. COQUIMBO	-29,56	-71,24	7
12:12	EL ROMERAL	-34,44	-70,57	5,5
12:12	RET. DIAGUITAS	-30,03	-70,57	6
12:13	POMAIRE	-33,63	-71,13	2
12:13	CALLE LARGA - LOS ANDES	-32,87	-70,63	4
12:13	EL MELON	-32,67	-71,23	5
12:13	SAN MARCOS	-30,56	-71,06	5
12:13	LOS ANDES	-32,82	-70,6	3
12:13	RET. LOS LOROS	-27,83	-70,08	6,5
12:14	MAITENCILLO	-30,97	-71,5	6
12:14	ANDACOLLO	-30,13	-71	6
12:14	RIO BLANCO	-34,17	-70,28	2
12:14	COMUNA COLBUN	-35,4	-71,25	4
12:14	LOS PATOS	-32,5	-70,6	2,5
12:14	LLOLLEO	-33,62	-71,62	2
12:15	RET. CORCOLEN			2
12:15	RET. HIJUELAS	-32,77	-71,13	2
12:20	QUEB. ALVARADO	-34,1	-68,85	2
12:23	TEN. CON-CON	-32,92	-71,52	3

TABLA 21: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)

FECHA :		26.09.67			
EPICENTRO :					
LATITUD					
LONGITUD					
H					
Ms					
Ms USCGS					
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Intesidad MM	LAT [dec]	LONG [dec]
PUCHUNCAVI	32,44	71,24	6	-32,73	-71,4
QUINTAY	33,13	71,38	5	-33,22	-71,63
ILLAPEL			5	-31,63	-71,22
CASABLANCA			5	-33,3	-71,38
CARRILLO			6		
EL MELON			5	-32,67	-71,23
EL COBRE			6	-28,38	-70,3
CAUQUENES	35,55	72,2	2	-35,92	-72,33
LOS ANDES			6	-32,82	-70,6
CUESTA CHACABUCO			6	-33	-70,7
RAFAEL DE NAVIDAD	33,57	71,51	4,5	-33,95	-71,85
NAVIDAD	33,57	71,51	5	-33,95	-71,85
BARAHONA	34,07	70,31	4,5	-34,12	-70,52
RIO BLANCO	34,11	70,3	5,5	-34,18	-70,05
CON-CON	32,55	71,31	7	-32,92	-71,52
CHINCOLCO	32,13	70,51	4	-32,22	-70,85
PAREDONES	34,38	71,54	5,5	-34,63	-71,9
LOS PATOS			4,5	-32,5	-70,6
CALLE LARGA	32,52	70,38	6,5	-32,87	-70,63
CATAPILCO	32,31	71,16	5,5	-32,52	-71,27
BULNES	36,42	72,17	3,5	-36,7	-72,28
MANQUEHUE	33,18	70,35	3,5	-33,3	-70,58
ZAPALLAR	32,34	71,28	5	-32,57	-71,47
ROSARIO LO SOLIS			5,5	-43,2	-71,33

DAÑOS ASOCIADOS

Entre los daños reportados figuran el agrietamiento y caída de muros, chimeneas, estucos, rotura de vidrios, la inutilización de cañerías y rieles torcidos. Se le describió como un evento brusco, con fuerte ruido, además de producirse agrietamiento del suelo en gran número de localidades. Dado esto y pese a ocurrir en pleno día, el terremoto produjo gran impacto en la población, pánico y pérdidas humanas.

6.5 SISMO DEL 08 DE JULIO DE 1971

GENERALIDADES

El día 8 de Julio de 1971 a las 23 horas con 3 minutos y 12 segundos (9 de Julio a las 03:03:12 GMT), un terremoto de grandes proporciones sacude centro y norte de Chile, siendo perceptible a lo largo de unos 600 Km. en nuestro país y en la parte occidental de Argentina. Existen reportes de efectos del sismo en edificios ubicados en la ciudad transandina de Buenos Aires a unos 1300 Km. de distancia.

El NOAA reportó para el mismo evento su ocurrencia en el día 9 de Julio a las 03:03:18.7 GMT, epicentro en latitud 32.5°S ($32^{\circ}30'\text{S}$) y longitud 71.2°W ($71^{\circ}12'\text{W}$), profundidad del foco de 58 Km. Según lo informado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, el epicentro de este sismo se ubicó en las coordenadas dadas por la latitud 32.45°S y longitud 71.58°W , el que se encontraría costa afuera un poco al norte de Papudo, con profundidad focal de 60 Km. Las diferencias en longitud para los epicentros obtenidos por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile y el NOAA pueden originarse en dificultades de este último para obtener un azimut exacto dado que utilizan, principalmente, estaciones distantes al norte del epicentro (Eisenberg, Husid, Luco, 1972), a pesar de esto sirven de validación al menos sobre una parcialidad de la información. De acuerdo a la información preliminar entregada por el Departamento de Geofísica, Sismología y Geodesia, de la Universidad de Chile, se tienen las coordenadas para ese evento: $32^{\circ}27'\text{S}$ y $71^{\circ}34'\text{W}$, datos publicados en septiembre de 1971, y referidos en estudio de Pereira, Crempien, Saragoni, 1979. De acuerdo a Bart W, Tichelaar and Larry J. Ruff, 1991, para este evento se fijan las coordenadas $32,59^{\circ}\text{S}$ ($32^{\circ}36'\text{S}$) y $71,09^{\circ}\text{W}$ ($71^{\circ}5,4'\text{W}$). Finalmente, según el CERESIS, en su informe del 2006, se consignan para este sismo las coordenadas $-32,511^{\circ}\text{S}$ ($-32^{\circ}30,66'\text{S}$) y $-71,207^{\circ}\text{W}$ ($-71^{\circ}12,42'\text{W}$) Considerando todas estas fuentes, ya la vista que en la latitud están todas en torno a los $32,5^{\circ}\text{S}$, y que la mayor discrepancia se encuentra en las longitudes, para las cuales se considera los valores de mayor frecuencia y más cercanos al valor promedio o mediana de los datos recabados, se resuelve usar las coordenadas que siguen: $32^{\circ}30'\text{S}$ y $71^{\circ}12'\text{W}$.

MAGNITUD

El NOAA establece una magnitud en la escala unificada de Gutenberg $M_B = 6.5$ ($M_b = 6.6$), y magnitud en la escala de Richter M_S de 7.5, reportada por Berckley (BRK) y Caltech (PAS) (Eisenberg, Husid, Luco, 1972).

INTENSIDADES

Se informa una intensidad en la escala de Mercalli de 10 grados, en las localidades de Illapel, Los Vilos, Salamanca, Combarbalá y la Ligua, y de grado 7 en la localidad de Cabildo. Para las localidades más lejanas de donde este sismo fue perceptible, se determinó una intensidad de grado 3 a 4 en Valdivia, y grado 2 a 3 en Antofagasta (Urrutia y Lanza, 1993). En las tablas siguientes, se muestra información contenida en el Catálogo de Intensidades CERESIS (Ceresis, 2006), en el cual se entregan datos de posición para hipocentro, magnitudes, intensidad máxima e intensidad en 10 ciudades del país, y luego se entregan valores de intensidades contenidos en Postales recopiladas por el Departamento de Sismología de la Universidad de Chile, en la fecha del evento, y recopila información de diversas fuentes de la época, Según las cuales, la intensidad consignada para este sismo llega a nueve ($I = 9$) en la escala de Mercalli modificada, intensidad que se reportó en las localidades de Illapel, Los Vilos, Salamanca y Valparaíso.

TABLA 22: DATOS CATALOGO DE INTENSIDADES CERESIS (Ceresis, 2006)

PAIS	NUM	AÑO	MES	DIA	HORA	LAT	LONG	DEP	MS	MB	INT
CH	4103	1971	7	9	03:03:16	-32.511	-71.207	40	7.5	6.5	9M
LUGAR		DIS EPIC	DIS HYP	LAT	LONG	ELEV	AZI	INT			
ILLAPEL		58	0	-31.61	-71.18	310	0	9M			
LOS VILOS		98	79	-31.9	-71.53	15	333	9M			
SALAMANCA		103	85	-31.78	-70.98	479	11	9M			
VALPARAISO		90	68	-33.03	-71.6	41	216	8M			
QUINTERO		72	43	-32.77	-71.53	20	233	8M			
COMBARBALA		163	152	-31.17	-71.03	904	4	8M			
SANTIAGO		124	110	-33.45	-70.7	520	157	6M			
SANTIAGO		124	110	-33.45	-70.7	520	157	7M			
RIO BLANCO		106	89	-32.91	-70.31	1420	118	7M			
SAN FELIPE		74	46	-32.75	-70.73	636	121	7M			
LOS ANDES		83	60	-32.82	-70.6	820	121	7M			

TABLA 23: REGISTRO DE INTENSIDADES EN POSTALES, RECOPIADAS POR DEPARTAMENTO DE SISMOLOGÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, PARA EL SISMO DEL 08 DE JULIO DE 1971

FECHA :		08-Jul-71		
HORA	LOCALIDAD	LATITUD	LONG.	INTENS.
22:55	SELVA OSCURA	-38,2	-72,09	3,5
23:00	LA LIGUA	-32,45	-71,23	9
	ANDACOLLO	-30,13	-71	7
	SAN IGNACIO DE PALOMARES	-36,45	-72,02	4
23:03	QUINTERO	-32,77	-71,52	8
	SANTIAGO	-33,47	-70,63	6,5
	CHANCO	-35,43	-73,32	4,5
23:04	CAMPAMENTO SEWELL	-34,05	-70,35	5
	RIO BLANCO	-34,17	-70,28	7
	QUILITAPIA	-31,13	-71,15	6
23:05	CALLE LARGA	-32,87	-70,63	9
	HUASCO	-28,43	-71,2	5
	LOS PATOS			6,5
	LOS LOROS	-27,83	-70,08	6
	EL TRANSITO	-28,51	-70,16	5
	CALDERA	-27,04	-70,51	4
23:07	PALMILLA - COLCHAGUA	-34,6	-71,37	6
	CRUZ GRANDE	-29,27	-71,2	5
	COMBARBALA	-31,17	-71,8	8
	SAN MARCOS	-30,56	-71,06	7
23:10	RET. ROSARIO LO SOLIS	-43,2	-71,33	6,5
	PADRE LAS CASAS	-38,73	-72,58	3
	ROSARIO LO SOLIS	-43,2	-71,33	6,5
23:12	RETEN EL TAMBO	-30,03	-70,45	5
?	LA SERENA	-29,88	-71,32	6
	COQUIMBO	-29,56	-71,24	6
	OVALLE	-30,62	-71,25	6
	ILLAPEL	-31,63	-71,22	9
	LOS VILOS	-31,92	-71,57	9
	SALAMANCA	-31,46	-70,58	9
	LA LIGUA	-32,45	-71,23	9
	SAN FELIPE	-32,75	-70,73	7
	LOS ANDES	-32,82	-70,6	7
	VALPARAISO	-33,05	-71,6	8

TABLA 24: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 08 DE JULIO DE 1971 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)

FECHA:	08.07.71				
EPICENTRO:					
LATITUD:	32°27'				
LONGITUD:	71°34'				
H:	60Km				
Ms:	7,5				
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Intesidad MM	LAT [dec]	LONG [dec]
LOS LOROS			6	-27,83	-70,08
EL TRANSITO			5	-28,51	-70,16
CALDERA			4	-27,04	-70,51
PALMILLA			6	-34,6	-71,37
CRUZ GRANDE			5	-29,27	-71,2
COMBARBALA			8	-31,17	-71,8
SAN MARCOS			7	-30,56	-71,06
ROSARIO LO SOLIS			7	-43,2	-71,33
PADRE LAS CASAS			3	-38,73	-72,58
EL TAMBO	-30,03	-70,45	5	-30,5	-70,75
LA SERENA			6	-29,88	-71,32
COQUIMBO			6	-29,56	-71,24
OVALLE			6	-30,62	-71,25
ILLAPEL			9	-31,63	-71,22
LOS VILOS			9	-31,92	-71,57
SALAMANCA			9	-31,46	-70,58
LA LIGUA			9	-32,45	-71,23
SAN FELIPE			7	-32,75	-70,73
LOS ANDES			7	-32,82	-70,6
VALPARAISO			8	-33,05	-71,6

DAÑOS ASOCIADOS

Los daños asociados a este sismo fueron evaluados en tres mil setenta y ocho millones seiscientos cuarenta mil escudos de la época, correspondiendo los efectos destructores más altos al sector vivienda, con pérdidas por dos mil ciento seis millones de escudos de la época.

Por ciudades los daños registrados corresponden a los siguientes (Urrutia y Lanza, 1993):

Santiago: Queda sin abastecimiento de energía eléctrica, sin comunicaciones y sin información; Caída de algunas cornisas y murallas; En el edificio del Congreso se dañaron algunas mamposterías y se agrietaron algunas murallas.

Illapel: Se informó de setecientos setenta y cuatro casas destruidas y otras trescientos diecisiete semi destruidas; La población era de aproximadamente treinta mil habitantes; Tres personas murieron aplastadas y veinticinco resultaron heridas; El hospital quedó inutilizado; La escuela industrial, tres escuelas públicas y un colegio religioso debieron ser demolidos; 65% de los asentamientos rurales destruidos; Se interrumpieron los suministros de agua potable y energía eléctrica; Se derrumbó el tranque de relaves El Arenal, cortando el camino hacia Los Vilos.

Salamanca: Se interrumpen servicios de agua potable, energía eléctrica, alcantarillado y comunicaciones; las viviendas en su gran mayoría quedan inutilizables, incluyendo casas construidas después del sismo de 1965, algunas con fallas en estructuras de hormigón armado; Viviendas rurales 100% inhabitables; Daños personales: un muerto y cuatro heridos; De las cuarenta minas del sector, las diez en operación resultaron bloqueadas por derrumbes.

Petorca: Sólo quedan habitables 10 viviendas de madera y 4 de albañilería; Los muros del tranque de relave Las Pataguas cedieron.

Hierro Viejo: De 200 casas, quedan habitables sólo 10 casas.

Cabildo: Hospital con serios daños, y sus pacientes son trasladados a La Ligua; Casa viejas de adobe derrumbadas; Edificio del Banco del Estado reducido a escombros.

La Ligua: Daños personales: tres muertos y veinte heridos; 75% de las casas destruidas; 40% de las industrias de tejidos con algún tipo de daños; Nichos con roturas en el cementerio; A la salida del pueblo, una roca de más de cinco toneladas cae sobre una vivienda aplastando a algunos de los habitantes; El agua potable fue contaminada; El suministro eléctrico es interrumpido por la caída de los cables de alta tensión.

Zapallar: 49 familias sin hogar.

Catapilco: 39 viviendas destruidas.

San Felipe: Tres muertos y quince heridos; El edificio de correos y telégrafos queda inutilizado.

Los Andes: Un muerto y varios heridos leves; Techumbres dañadas y algunos muros derrumbados.

Minera La Andina: Sin energía eléctrica.

Valparaíso: Suministro eléctrico suspendido; Falta de agua potable; La cúpula de la catedral construida después de 1940 se derrumba cubriendo las naves de escombros; 5.000 casas quedan inhabitables y deben ser demolidas; Los hospitales Traumatológico, Jean Marie Tierra y cuatro salas del Deformes deben ser evacuadas; Frontis del hospital Van Buren derrumbado; Edificio de Juzgados dañado en un 80%; En cine Imperio cae el cielo raso, aplastando a un espectador; Edificio del diario La Unión destruido; El muelle Prat sufrió el hundimiento del pavimento en dos sitios y en el embarcadero de lanchas; El cerro La Cruz con desmoronamientos que dejaron grandes surcos en las calles, se hundieron los adoquines, las escaleras en su mayoría destruidas en las juntas, se desmoronaron murallas y cierros de panderetas.

Viña del Mar: Hospital Gustavo Fricke con daños en sus murallas; Estadio Sausalito clausurado; En la parte alta de la ciudad, las viviendas más modestas se destruyeron o quedaron seriamente averiadas.

Refinería de cobre Las Ventanas: Paralizada debido a problemas en la nave electrolítica y en los hornos de reverbero.

Refinería de petróleo de Con-Con: Paralizada para prevenir posibles incendios.

Quilpué, Villa Alemana, Peñablanca, Limache y Olmué, con miles de viviendas destruidas;

Quilpué: Los edificios de la tesorería, correos y telégrafos, y de la municipalidad derrumbados.

Villa Alemana: El portal Pompeya y el edificio de la Cámara de Comercio Minorista se destruyeron.

Limache: La cárcel, la tenencia de Carabineros, el juzgado de Mayor Cuantía, la Tesorería e Impuestos Internos sufrieron la destrucción de sus inmuebles.

Peñablanca: El cine es destruido.

Olmué: El edificio de la alcaldía resulta derrumbado.

Quintero y Puchuncaví: Gran parte de las construcciones con daños de consideración.

San Antonio: Industria textil suspende sus actividades por 30 días; En el puerto, la única grúa automática quedó inmovilizada, y parte del molo se hundió en 50cm, paralizando las restantes grúas; Derrumbe de un hotel de tres pisos, matando 4 personas.

Llo-Lleo: 40% de casas inhabitables.

Melipilla: Once muertos; Alrededor de 500 viviendas destruidas.

Curacaví, El Monte, Alhué, Pomaire y María Pinto: 500 viviendas derrumbadas, y oficinas de servicios públicos demolidas, la mayoría de adobe.

Colina, Batuco, Lampa, Polpaico, Esmeralda, y comunas de Barrancas y Conchalí: 60% de las viviendas destruidas.

Puente Pullalli, en la carretera Panamericana Norte: Seccionado en tres partes, interrumpiendo el tránsito carretero hacia el norte.

6.6 SISMO DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1974

GENERALIDADES

Este terremoto ocurrió el día 12 de noviembre de 1974 a las 4 de la madrugada con 59 minutos y 50 segundos hora chilena (05:59:50 GMT). El hipocentro se situó al norte de Santiago, en las coordenadas 33.166°S y 70.551°O, y a una profundidad de 86 a 90 Km. Fue perceptible desde Illapel por el norte y hasta San José de Maipo por el Sur (Paralelos 31°S a 34°S).

MAGNITUD

Según los reportes de red tele sísmica ISC, el valor para la magnitud del sismo se fijó en $M_b = 5.4$. Utilizando la transformación de magnitud unificada de Gutenberg M_b a escala Richter M_s , según la expresión:

$$M_b = 1.5 + 0.63 M_s$$

Se tiene que para $M_b = 5.4$ se obtiene $M_s = 6.2$, valor que resulta consistente con el valor entregado por el estudio de Pereira, Crempien, Saragoni, 1979, el cual consigna un valor de $M_s = 6.3$ para este evento.

INTENSIDADES

De acuerdo a lo informado por el SISRA, la intensidad máxima alcanzó el grado 7 en la escala de Mercalli modificada.

Según postales informativas del Departamento de Sismología de la Universidad de Chile, la Intensidad máxima reportada fue de 6.5 en la escala modificada de Mercalli, y corresponde a las localidades de Llay-Llay y Quillota.

TABLA 25: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1974
(Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)

FECHA :	12.11.74				
EPICENTRO :					
LATITUD	33,2				
LONGITUD	70,6				
H	90				
M_s	6,3				
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Intesidad MM	LAT [dec]	LONG [dec]
QUILLOTA			6,5	-32,87	-71,25
SALADILLO			6,5		
LLAY-LLAY	32,5	70,59	6,5	-32,83	-70,98
LA CALERA	32,47	71,12	6,5	-32,78	-71,2
QUINTERO	32,46	71,31	6,5	-32,77	-71,52
LIMACHE	33,01	71,16	6	-33,02	-71,27
SAN ANTONIO	33,33	71,36	6	-33,55	-71,6
LOS ANDES			6	-32,82	-70,6
SAN FELIPE			6	-32,75	-70,73
SANTIAGO			5	-33,47	-70,63
ALGARROBO			5	-33,35	-71,63
CARTAGENA			5	-33,53	-71,6
VALPARAISO			5	-33,05	-71,6
PETORCA			5	-32,23	-70,9
LA LIGUA			4,5	-32,45	-71,23
ILLAPEL			4,5	-31,63	-71,22
SAN JOSE DE MAIPO			4,5	-33,62	-70,35
LOS VILOS			4	-31,92	-71,57
ACONCAGUA			4	-32,8	-71,12

6.7 SISMO DEL 04 DE JUNIO DE 1975

GENERALIDADES

A las 13 horas, 10 minutos y 28.9 segundos del 04 de junio de 1975, hora local (14:10:28.9 GMT) se produce un sismo perceptible en toda la zona en estudio. Su epicentro se ubica en las coordenadas 32.56°S y 71.27°W, con una profundidad focal de 91 Km.

MAGNITUD

Se le asigna una magnitud en escala unificada de Gutenberg de Mb=4,9 y en la escala de Richter Ms=5,4 de acuerdo al ISC.

INTENSIDADES

La máxima Intensidad en la escala modificada de Mercalli informada para el terremoto fue de 5 grados y se reportó en cinco diferentes localidades: Valparaíso, Villa Alemana, Limache, San Felipe y La Ligua.

Pese a tener origen en un evento con importante liberación de energía (Magnitud mayor a 5.0) las intensidades máximas reportadas para este sismo no resultan muy altas (Intensidad < 7 según escala Mercalli modificada). Estos valores de intensidad pueden ser afectados por algunas modificaciones ambientales introducidas en los últimos años antes del sismo, tales como mejoras en los métodos de cálculo y construcción, que dan origen a un mejor comportamiento sísmico en edificaciones, obras civiles de contención, instalaciones, etc., por lo cual los daños reportados resultaron de menores.

TABLA 26: INTENSIDADES PARA SISMO DEL 04 DE JUNIO DE 1975 (Pereira, Crempien, Saragoni, 1979)

FECHA :	04.06.75				
EPICENTRO :					
LATITUD	32,56				
LONGITUD	71,27				
H	91				
Ms	5,4				
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Intesidad MM	LAT [dec]	LONG [dec]
SANTIAGO			3	-33,47	-70,63
VILLA ALEMANA			5	-33,05	-71,37
CATAPILCO			4,5	-32,52	-71,27
VALPARAISO			5	-33,05	-71,6
SAN FELIPE			5	-32,75	-70,73
LA LIGUA			5	-32,45	-71,23
LOS ANDES			4	-32,82	-70,6
ILLAPEL			2	-31,63	-71,22
LIMACHE			5	-33,02	-71,27
QUILLOTA			4	-32,87	-71,25
LA CALERA			4	-32,78	-71,2
SAN PEDRO			4	-32,93	-71,28
NOGALES			4	-32,72	-71,23
SAN ANTONIO			3,5	-33,55	-71,6
RIO BLANCO			3	-34,18	-70,05
PEÑUELAS			3	-33,13	-71,52

6.8 SISMO DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997

GENERALIDADES

Este sismo ocurre a las 22:03:30 hr. del 14 de octubre de 1997, 01:03 hora internacional del 15 de octubre, y corresponde a un terremoto intraplaca de profundidad intermedia, cuyo hipocentro se determinó a 68 Km de profundidad bajo el continente, cuyo mecanismo focal indica un plano de ruptura casi vertical (Díaz, 2001; Dziewonski et al, 1998).

El evento principal afectó principalmente la localidad de Punitaqui, y es registrado en las estaciones de Illapel, en la VI región, Papudo en la V región, y Santiago en la Región Metropolitana (Boroschek, Pozo, León, 2004).

En otras fuentes, el epicentro del evento se ubicó a unos 10 Km. al norte de Punitaqui, en la Latitud 30°44.5'S, Longitud 71°19.7'W y a una profundidad de 55 Km. (Boroschek, Pozo, León, 2004) (Díaz, 2001; Pardo et al., 2000).

De acuerdo al Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, el hipocentro para este sismo se ubicó en la Latitud -30.773°, Longitud -71.315°, y a una profundidad de 56.1Km.

De acuerdo a Barrientos (2015) este es un sismo de magnitud 7.1 que ocurre a una profundidad de 68Km, en el interior de la placa de Nazca inmediatamente bajo (down dip) uno de los sectores de mayor desplazamiento. Pardo et al. (2002) postulan que este terremoto es un sismo intraplaca compresivo y lo interpretan como un sismo que es consecuencia del “desdoblamiento” (unbending) de la placa de Nazca, como parte de la sub-horizontalización de la subducción entre aproximadamente las latitudes 27°S y los 33°S.

Si la hipótesis planteada por Pardo et al. (2002) es correcta, entonces es posible esperar que existan este tipo de eventos hacia el norte y sur de la zona de ruptura del sismo de octubre de 1997, a profundidades similares. También existe la posibilidad que estas fuentes sismogénicas estén controlada además por fallas pre-existentes en la placa oceánica. Si este es el caso, no se podría necesariamente extrapolar esta condición a otros segmentos entre las latitudes 27°S y los 33°S.

MAGNITUD

Este sismo alcanza una magnitud de 6.8 en la escala de Richter, Mb= 6.8 (NEIC) y Mw = 7.1 (Díaz, 2001; Pardo et al., 2000).

El sismo principal fue registrado en cinco acelerógrafos, ninguno de las cuales se ubica en el área epicentral.

Este evento registró en la estación Illapel, estación más cercana al epicentro, una aceleración máxima de 342cm/seg² (0.34 g) (Boroschek, Pozo, León, 2004) en su componente horizontal (Díaz, 2001). En la actualidad las máximas aceleraciones horizontales y verticales han sido las determinadas para el sismo del 27 de febrero del 2010.

Este terremoto fue seguido de numerosas replicas, las mayores de ellas ocurrieron el 3 de noviembre de 1997 ($M_w = 6.2$, $M_b = 6.2$) con epicentro en el continente próximo al evento principal y a una profundidad de 52 Km., y el 12 de enero de 1998 ($M_w = 6.6$, $M_b = 5.8$) localizada en el contacto interplacas a una profundidad de 49 Km (Díaz, 2001; Pardo et al., 2000).

Alrededor de tres meses antes que ocurriera el evento principal, durante el mes de julio de 1997, se produjo una secuencia de sismos de moderada magnitud con epicentro ubicado costa afuera entre los paralelos 29.7°S y 30.8°S . El mayor de éstos sismos interplaca, ocurrió el 6 de julio con una magnitud $M_w = 6.8$ y $M_b = 5.8$ con hipocentro a unos 80 Km de las ciudades de La Serena y Coquimbo sin producir daños importantes, en contraste con los grandes daños ocasionados por el terremoto de Punitaqui en localidades a distancias de aproximadamente 80 Km. de su hipocentro (Díaz, 2001).

SISMICIDAD MENSUAL EN LA ZONA

De acuerdo a lo señalado para este sismo, la zona cercana al terremoto del 14 de octubre de 1997 en Punitaqui, fue objeto de numerosos sismos antecesores y predecesores de importante magnitud. Tal como se aprecia en la figura siguiente donde se muestra la sismicidad mensual para el mes de octubre en la región de Coquimbo (Servicio Sismológico, Universidad de Chile) ocurren durante este mes una importante cantidad de eventos bajo el margen costero frente al sitio del epicentro y a la vez en la vertiente oriental de la cordillera de Los Andes, siguiendo un eje oeste-este similar al sentido en el cual subduce la placa oceánica bajo la litósfera continental.

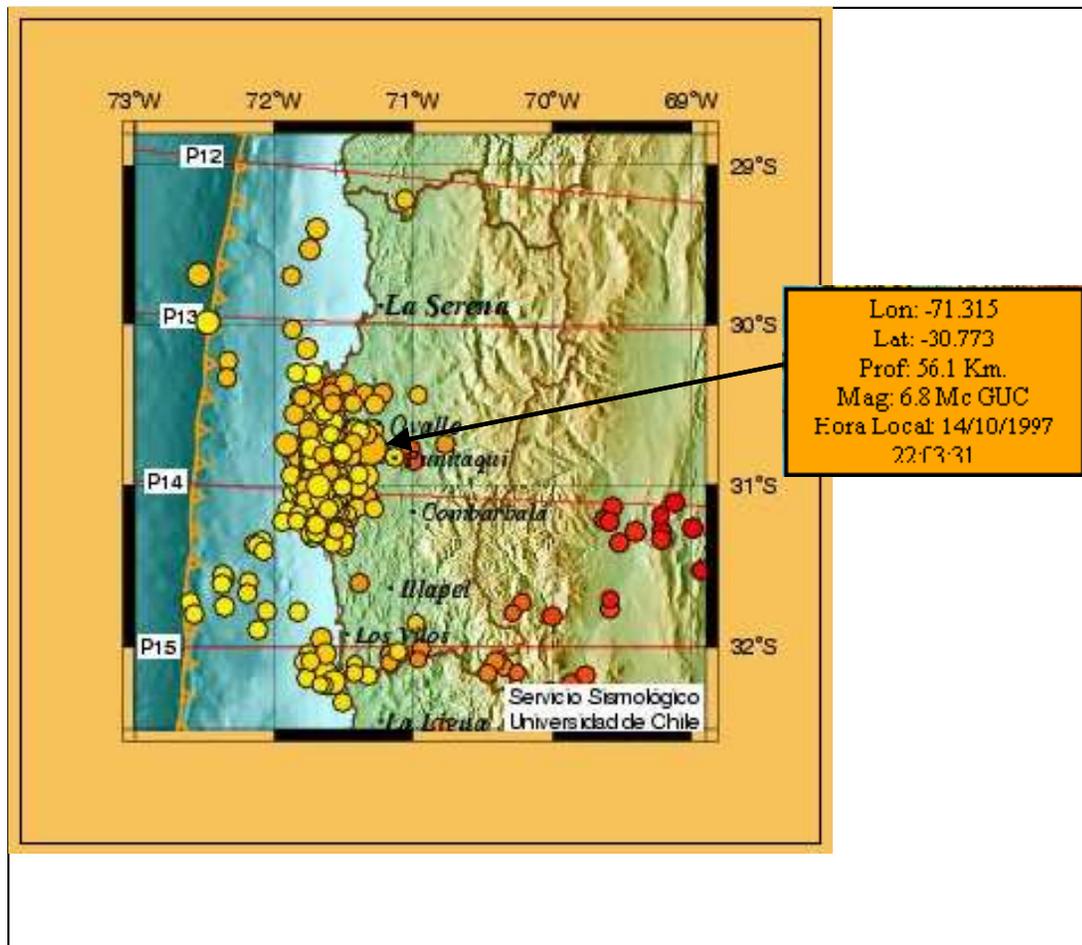


Figura 27: SIMICIDAD MENSUAL PARA OCTUBRE 1997 EN LA REGIÓN DE COQUIMBO (Servicio Sismológico de la Universidad de Chile)

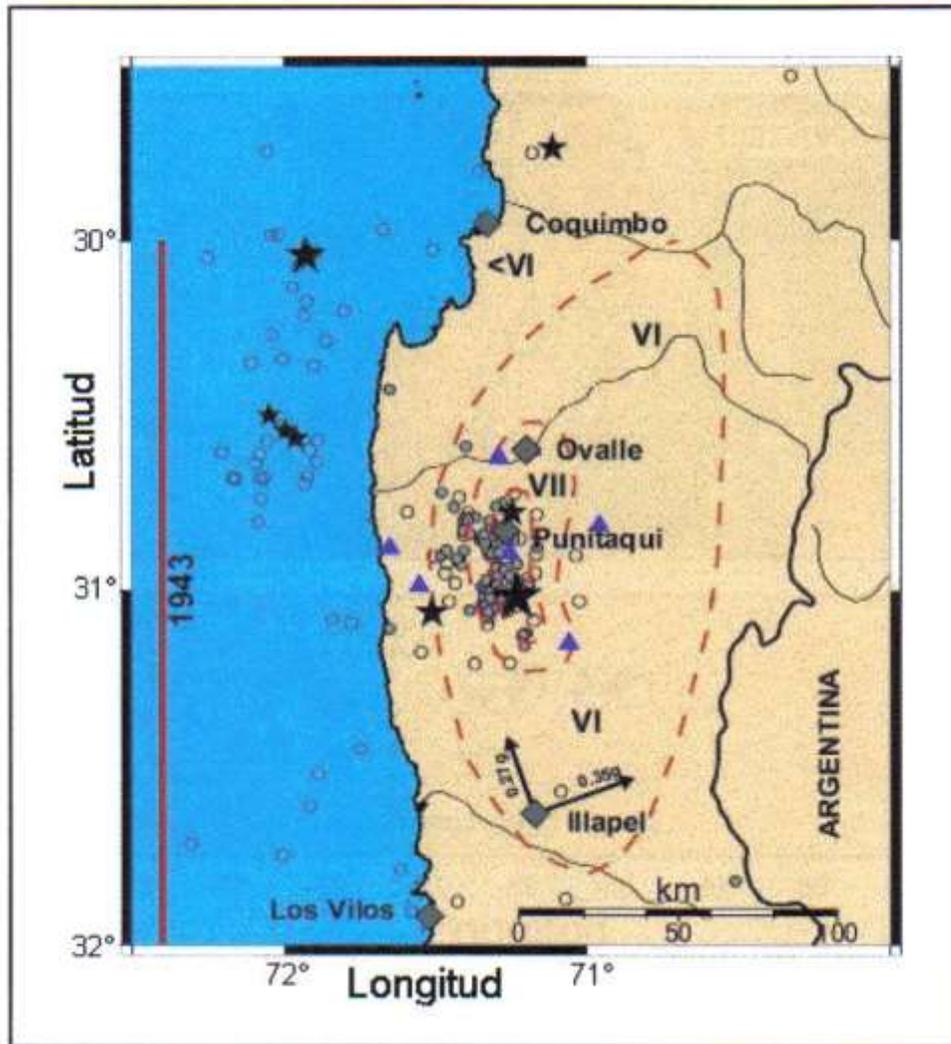


Figura 28: EPICENTROS PARA SISMOS OCURRIDOS EN 1997, ISOSISTAS PRELIMINARES Y ACELERACIONES HORIZONTALES (Díaz, 2001; Pardo et al., 2000).

Las estrellas indican epicentros de sismos ocurridos en 1997 con magnitud $M_b > 5$. La estrella mayor corresponde al epicentro del terremoto de Punitaqui de 1997. Se muestran isosistas preliminares MSK del terremoto de Punitaqui. Se muestra el largo de Ruptura del último gran terremoto de subducción en 1943 en la zona. Las flechas indican la máxima aceleración horizontal registrada en el acelerógrafo de Illapel (Díaz, 2001; Pardo et al., 2000).

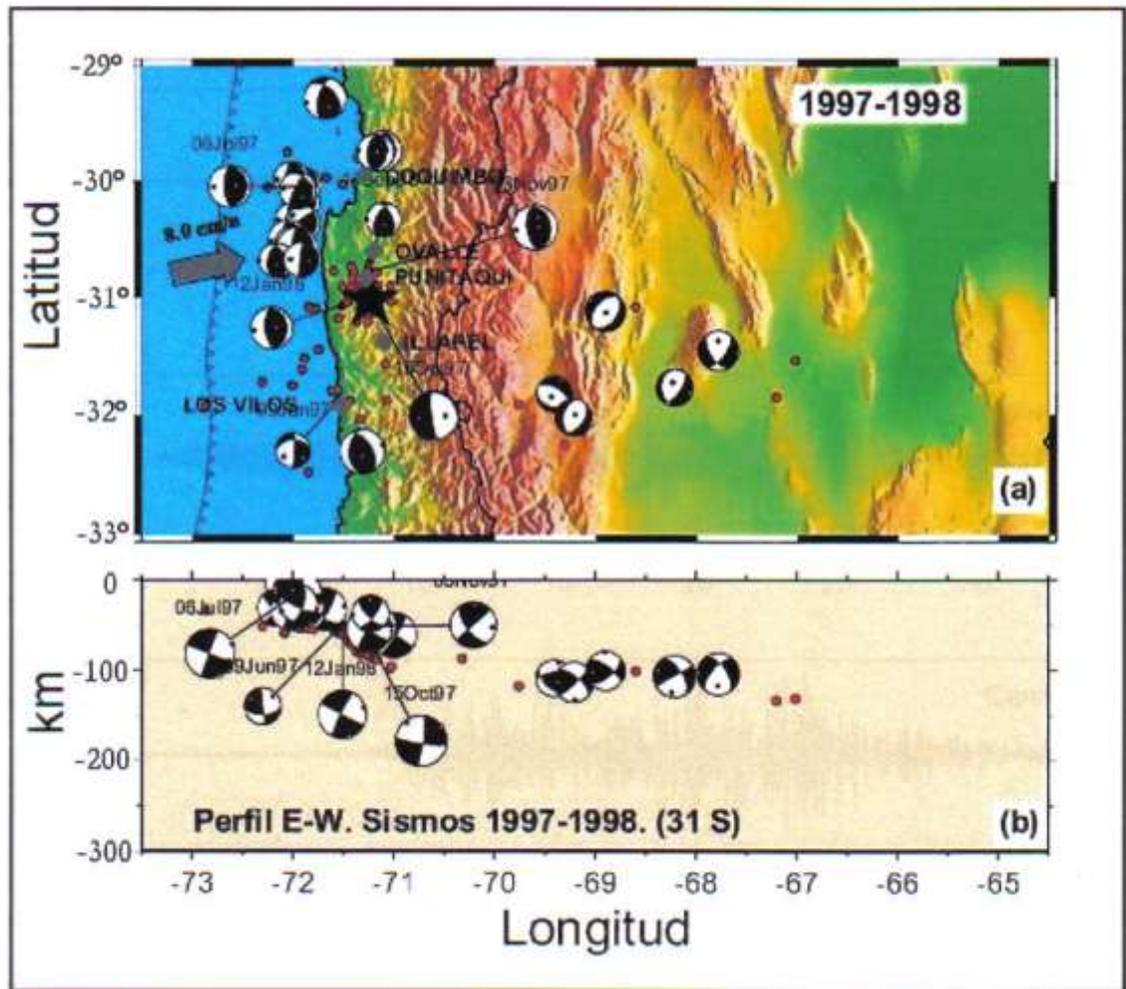


Figura 29: EPICENTROS, MECANISMOS DE FOCO Y PROYECCIÓN VERTICAL PARA SISMOS DE MAGNITUD >5.0 ENTRE 1997 Y 1998 (Díaz, 2001, Pardo et al., 2000)

(a) Epicentros y mecanismo de foco de sismos con magnitud > 5.0 ocurridos entre 1997 y 1998. La estrella indica el epicentro del terremoto de Punitaqui. (b) Proyección en corte vertical E-W de la sismicidad y mecanismos de la figura (a)

REGISTRO DE ACELERACIONES

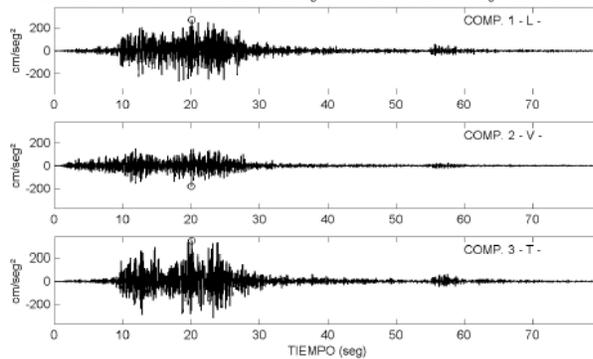
Las aceleraciones máximas registradas por los instrumentos en las diferentes estaciones se presentan en la tabla siguiente:

TABLA 27: ACELERACIONES MÁXIMAS POR ESTACIÓN PARA EL SISMO PUNITAQUI DEL 14 DE OCTUBRE DE 1997 (Díaz, 2001; Pardo Et .al., 2000)

Estación	Ubicación	Distancia epicentral	Componentes	Aceleración máxima (% g)
Illapel	31°38' S	70	N-20°E	27
	71°10' W		N-70°E	35
			Z	18
Papudo	32°31' S	170	N-50°E	9
	71°27' W		N140°E	14
			Z	4
Zapallar	32°34' S	175	NS	5
	71°28' W		EW	6
			Z	4
Santiago FCFM	33°27' S	275	NS	2
	70°40' W		EW	2
			Z	1
Santiago Aisla	33°28' S	275	NS	2
	70°39' W		EW	2
			Z	1
Santiago CCHC	33°26' S	275	NS	2
	70°37' W		EW	2
			Z	-

Los registros de aceleraciones para el sismo del 14 de octubre de 1997, obtenidos en las estaciones de Illapel, Papudo y Santiago, se entregan en las figuras siguientes (Boroschek, Pozo, León, 2004):

UNIVERSIDAD DE CHILE DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
 ILLAPEL SMA-1 4565
 OCTUBRE 14, 1997 HORA 22:03:30.8 MAG 6.8 LAT -30.44.5 LON -71.19.7 PROF 55 KM
 LIMITES FILTRO PASA BANDA : 0.15-0.25 23.00-25.00
 VALORES MAXIMOS : COMP 1 L =267.54 cm/seg² COMP 2 V =180.77 cm/seg² COMP 3 T =342.61 cm/seg²



UNIVERSIDAD DE CHILE DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
 ILLAPEL SMA-1 4565
 OCTUBRE 14, 1997 HORA 22:03:30.8 MAG 6.8 LAT -30.44.5 LON -71.19.7 PROF 55 KM
 LIMITES FILTRO PASA BANDA : 0.15-0.25 23.00-25.00
 VALORES MAXIMOS : COMP 1 L =11.12 cm/seg COMP 2 V =5.44 cm/seg COMP 3 T =15.16 cm/seg

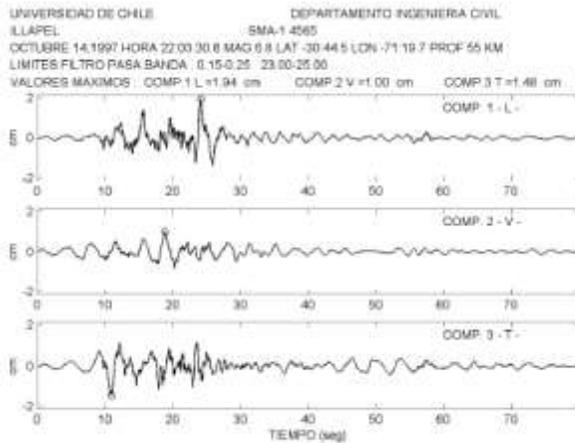
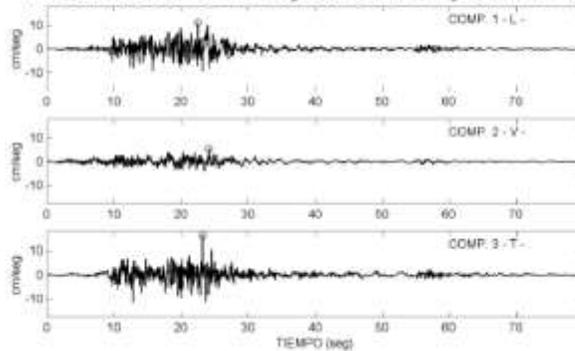
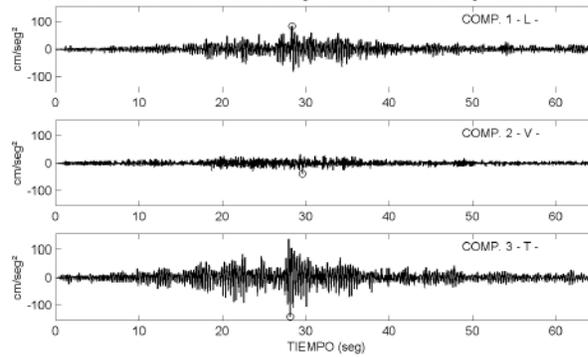
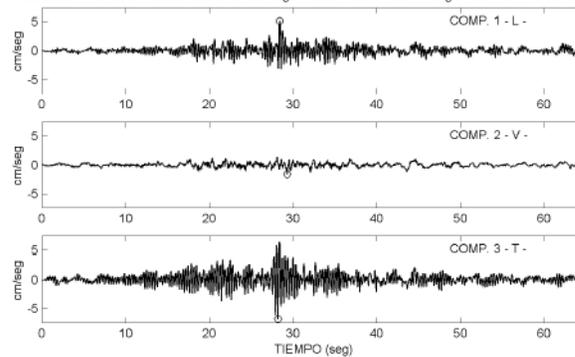


Figura 30: REGISTRO DE ACELERACIONES PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, ILLAPEL (Boroschek, Pozo, León, 2004)

UNIVERSIDAD DE CHILE DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
 PAPUDO SMA-1 5014
 OCTUBRE 14,1997 HORA 22:03:30.8 MAG 6.8 LAT -30:44.5 LON -71:19.7 PROF 55 KM
 LIMITES FILTRO PASA BANDA : 0.15-0.25 23.00-25.00
 VALORES MAXIMOS : COMP.1 L =84.05 cm/seg² COMP.2 V =38.04 cm/seg² COMP.3 T =141.83 cm/seg²



UNIVERSIDAD DE CHILE DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
 PAPUDO SMA-1 5014
 OCTUBRE 14,1997 HORA 22:03:30.8 MAG 6.8 LAT -30:44.5 LON -71:19.7 PROF 55 KM
 LIMITES FILTRO PASA BANDA : 0.15-0.25 23.00-25.00
 VALORES MAXIMOS : COMP.1 L =5.14 cm/seg COMP.2 V =1.63 cm/seg COMP.3 T =6.77 cm/seg



UNIVERSIDAD DE CHILE DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL
 PAPUDO SMA-1 5014
 OCTUBRE 14,1997 HORA 22:03:30.8 MAG 6.8 LAT -30:44.5 LON -71:19.7 PROF 55 KM
 LIMITES FILTRO PASA BANDA : 0.15-0.25 23.00-25.00
 VALORES MAXIMOS : COMP.1 L =0.38 cm COMP.2 V =0.39 cm COMP.3 T =0.38 cm

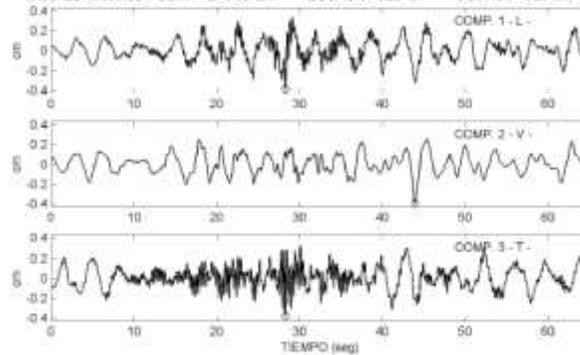


Figura 31: REGISTRO DE ACELERACIONES PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, PAPUDO (Boroschek, Pozo, León, 2004)

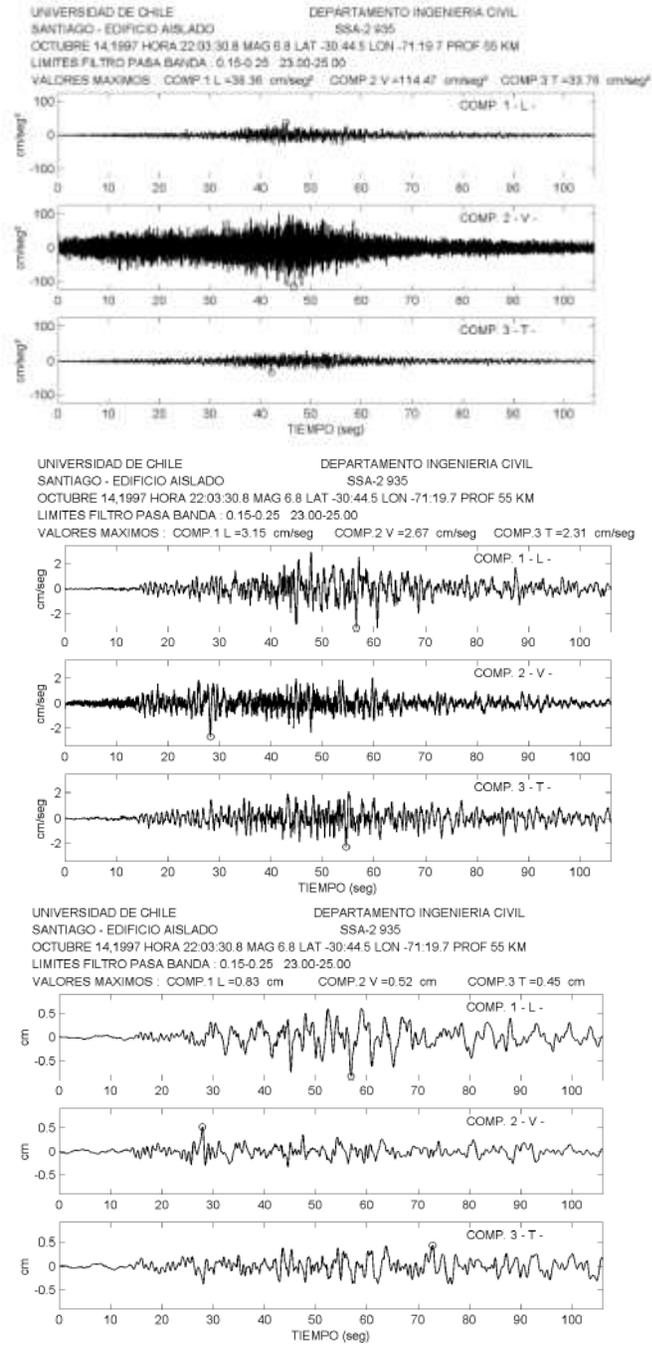


Figura 32: REGISTRO DE ACELERACIONES PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, SANTIAGO (Boroschek, Pozo, León, 2004)

ESPECTRO DE RESPUESTA

Basándose en los registros anteriores, se determinó el espectro de respuesta en las estaciones Illapel y Papudo, los cuales se muestran a continuación en las figuras siguientes:

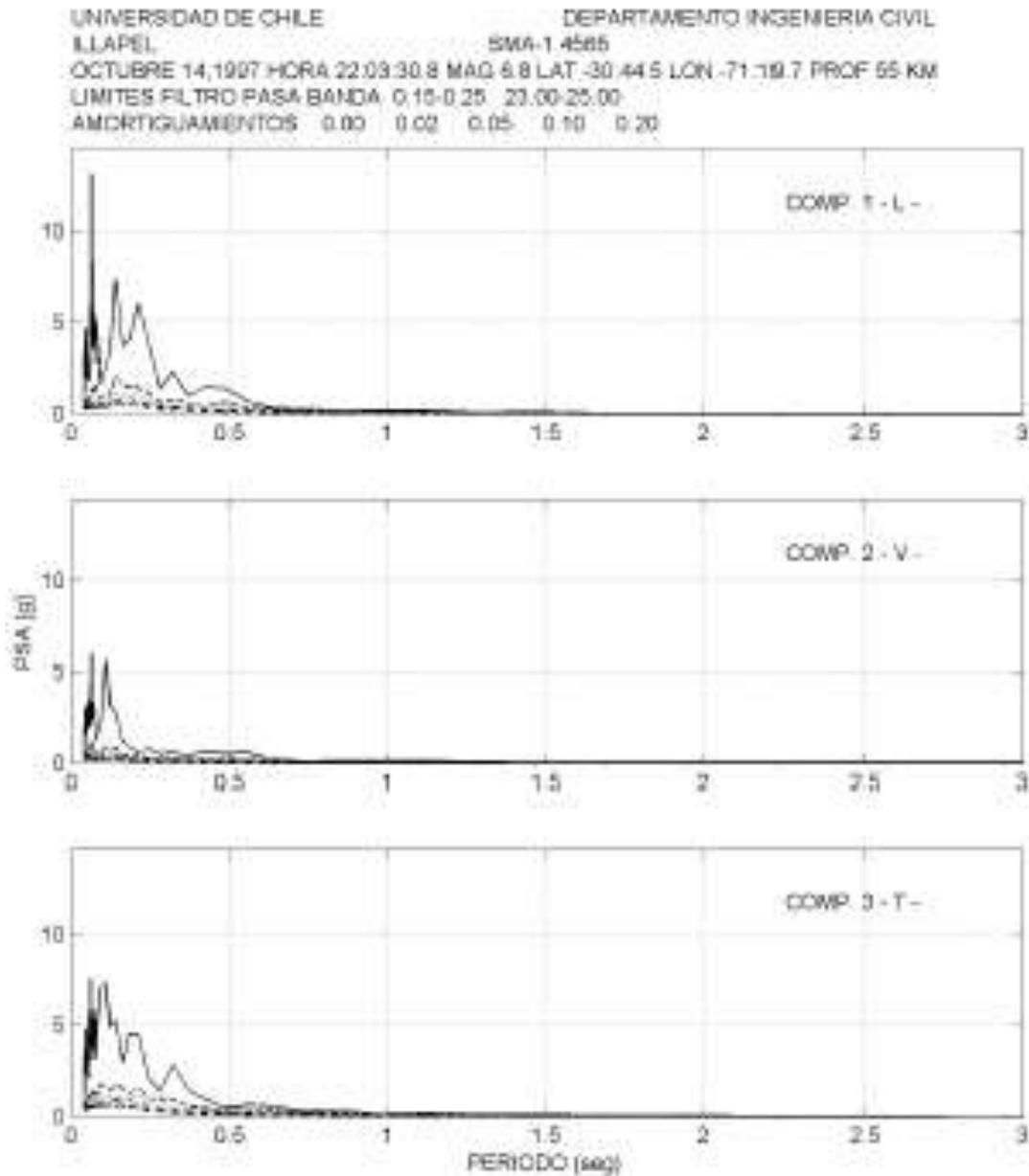


Figura 33: ESPECTRO DE RESPUESTA PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, ILLAPEL (Boroschek, Pozo, León, 2004)

UNIVERSIDAD DE CHILE
PAPUDO
OCTUBRE 14, 1997 HORA 22:03:30.8 MAG 6.8 LAT -30°44.5 LON -71°19.7 PROF 55 KM
LIMITES FILTRO PASA BANDA 0.15-0.25 23.00-25.00
AMORTIGUAMIENTOS 0.00 0.02 0.05 0.10 0.20

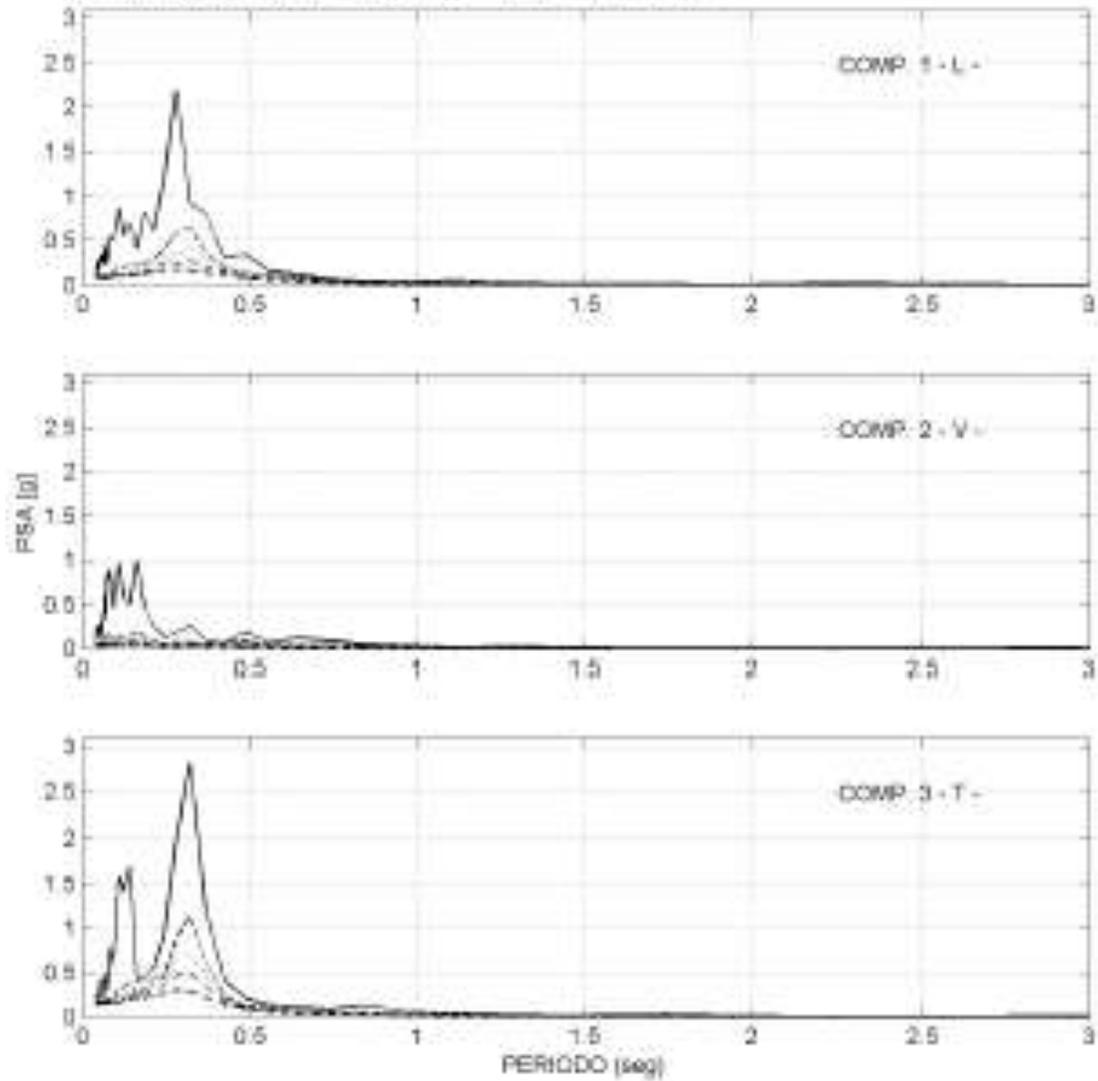


Figura 34: ESPECTRO DE RESPUESTA PARA SISMO DE PUNITAQUI 14 DE OCTUBRE DE 1997, PAPUDO (Boroschek, Pozo, León, 2004)

INTENSIDAD

Los daños se observaron principalmente en la zona comprendida entre Coquimbo e Illapel, zona en la que los terremotos anteriores de mayor magnitud (1971 y 1975) no habían provocado daños severos (Díaz, 2001).

DAÑOS ASOCIADOS

Informaciones de la Oficina Nacional de Emergencia del día 14 de noviembre de 1997, indican que hubo 8 personas muertas y 278 heridos, 6694 casas destruidas, 7473 viviendas con daño mayor y 9893 viviendas con daño menor. En total hubo 55.825 damnificados. El sismo fue sensible desde la Segunda Región, con una intensidad de II grados (MM) en Taltal, hasta la Novena Región, con una intensidad de II grados en Angol, de acuerdo con reportes de Carabineros y ONEMI (ONEMI, 1997) (Díaz, 2001).

El terremoto de Punitaqui, con un mecanismo en falla vertical en la placa de Nazca bajo el continente, produjo un gran daño en estructuras como resultado de un fuerte movimiento del suelo, en contraste con el sismo interplaca del 6 de julio de 1997, de magnitud comparable ($M_w = 6.8$), que no produjo daños en Coquimbo y La Serena, ciudades localizadas a una distancia hipocentral similar a los poblados dañados en el terremoto de Punitaqui (Díaz, 2001).

En las figuras en adelante, se entregan imágenes recogidas de los daños generados por el terremoto del 14 de octubre de 1997 (Díaz, 2001).



Figura 35: COLAPSO DE MUROS EN UNA VIVIENDA DE ADOBE, EN LA CIUDAD DE PUNITAQUI.



Figura 36: GRIETAS EN VIVIENDAS SOCIALES CONSTRUIDAS CON ALBAÑILERÍA DE BLOQUES, UBICADAS EN LA PARTE ALTA DE OVALLE, HACIA LA SALIDA A LA SERENA.



Figura 37: DAÑOS EN UN EDIFICIO DE ALTO OVALLE.



Figura 38: DAÑOS EN LA CAJA DEL ASCENSOR EN UN EDIFICIO DE OVALLE.



Figura 40: COLAPSO DE UNA DE LAS CEPAS DEL PUENTE EL TENIENTE EN LA RUTA 5 NORTE, DEBIDO AL TERREMOTO DE PUNITAQUI. EN LA ESQUINA INFERIOR IZQUIERDA SE OBSERVA EL PUENTE MECANO PUESTO POR EL COLAPSO DEL ESTRIBO NORTE A CAUSA DE LOS TEMPORALES ANTERIORES AL TERREMOTO.



Figura 39: DERRUMBE EN LA RUTA QUE UNE LOS VILOS CON ILLAPEL.



Figura 41: GRIETAS EN EL CORONAMIENTO DEL EMBALSE COGOTI (Pinos, 2000).



Figura 42: DEFORMACIONES EN EL CORONAMIENTO DEL EMBALSE COGOTI (Pinos, 2000).



Figura 43: GRIETAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN EN EL HOSPITAL DE ILLAPEL.



Figura 44: ARRANQUE DE PERNOS EN EL HOSPITAL DE ILLAPEL.



Figura 45: DAÑO EN COLUMNA CORTA DEL PISO MECÁNICO EN EL HOSPITAL DE COQUIMBO (Astrosa, 2001).



Figura 46: DAÑOS EN UNA DE LAS ESCALERAS DEL HOSPITAL DE COQUIMBO (Astrosa, 2001).



Figura 47: FALLA EN ESTANQUES DE ACERO.



Figura 48: FALLA EN ESTANQUES DE ACERO.



**Figura 49: COLAPSO DEL TRANQUE DE RELAVES,
PLANTA EL MAITÉN.**



**Figura 50: COLAPSO DEL TRANQUE DE RELAVES,
PLANTA EL ALGARROBO.**



**Figura 51: COLAPSO DEL TANQUE DE RELAVE,
PLANTA DON ARTURO EN LA QUEBRADA
MARQUESA.**



**Figura 52: COLAPSO DEL TRANQUE DE RELAVE,
PLANTA EL ROMERO EN ILLAPEL.**

7.0 ANALISIS INTEGRADO DE ANTECEDENTES

A continuación, se presenta el análisis integrado de los antecedentes disponibles para este estudio, desde la tectónica, geología y geomorfología submarina y continental en un contexto global y por localidad, así como los antecedentes de intensidades y suelos superficiales. Lo anterior se complementa con un análisis de decaimiento de las ondas sísmicas, en roca y suelos superficiales, determinación de la amplificación de suelos y comparación de estos resultados determinados para sismicidad histórica, versus los resultados de estudios más actuales.

7.1 ANALISIS DE GEOLOGIA, SUELOS E INTENSIDAD POR LOCALIDAD, MAPAS DE INTENSIDADES

Para este análisis se han reunido los antecedentes de geología, y suelos superficiales de acuerdo a información en antecedentes, bajo puntos anteriores, para cada localidad con intensidad reportada.

A través de este cruce de información se han detectado las intensidades determinadas para distintos depósitos geológicos y suelos superficiales, y para cada uno de los sismos principales. En particular se ha hecho este cruce de información, para identificar los casos de localidades donde el sustrato predominante es algún tipo de roca.

En las tablas a continuación, se presenta por separado para cada sismo en estudio, el cruce intensidades por localidad, seguidas del depósito geológico dominante y suelos superficiales. Después de cada tabla se presenta en una figura la ubicación en planta de las intensidades reportadas para cada localidad; Estas figuras contienen el borde costero y línea de límite Chile-Argentina definido en base a puntos coordenados, las intensidades reportadas ubicadas según las coordenadas de la localidad donde se reportaron, y a modo de facilitar la ubicación espacial, esta información se ha dispuesta sobre una imagen del relieve de la zona en estudio, extraída de Google Earth. Se debe considerar que por la diferente construcción del mapa con la ubicación de intensidades y la imagen de Google Earth, existen diferencias en la posición de las intensidades sobre la imagen del relieve, por lo cual se consideran como válidas las coordenadas tabuladas, para cada localidad, y la imagen de fondo como referencial.

En las tablas siguientes se hace referencia a las fuentes de datos de intensidades por localidad que siguen:

- SA: Pereira, M, Crempien, J., Saragoni, R., 1979, "Estudio e instalación de una red local de acelerógrafos de alta intensidad en una placa de subducción fracturada".
- PO: Postales, Recopiladas por el Departamento de Sismología, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, de la Universidad De Chile.

TABLA 28: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 21 DE MARZO DE 1947

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	EPICENTRO	-71,00	-32,30	0							
SA	Casablanca	-71,41	-33,32		2	PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
SA	Santiago	-70,67	-33,45		2	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa compacta fluvial con finos limosos o arcillosos. Grava de Santiago 2ª y 1ª Depositación, hasta entre 50m a 200m (Elab. Propia)
SA	Ovalle	-71,20	-30,60		3,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
SA	Combarbalá	-71,00	-31,18		3,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	Valparaíso	-71,61	-33,05	3,5	3,5	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y homblenda --- Secuencias sedimentarias cuaternarias marinas litorales o fluviales estuarinas.	Almendra: Arena y gravas finas densas 2.5m a 17m, Arena y gravas finas compactidad alta 17m a 60m, Roca fracturada 60m a 70m, Roca lecho desde 70m; UTFSM Roca estado medio 1.5m a 20m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Juncal	-70,09	-32,92	3,5	3,5	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	Roca Cordillera.
SA	La Ligua	-71,23	-32,45		5,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava no consolidada, 3.0 a 7.0m y Grava consolidada 7.0m a 37.0m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	San Felipe	-70,72	-32,75		5,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava no compacta 2m a 10m, Grava compacta 10m a 114m, Roca desde 114m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Quillota	-71,25	-32,87		5,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	Illapel	-71,17	-31,63		5,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m (Araneda y Saragoni, 1994) Arenas limosas con gravas alteradas de baja compactidad hasta 1m, Grava arenosa limosa de pie de monte compactidad muy alta cementada 1m a 2m y mas (Elab. Propia)
SA	Los Andes	-70,60	-32,82		5,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compactidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	5,5	5,5	Jig	MESOZOICO	Jurásico Inferior (202-178Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y tonalitas de homblenda y biotita.	Sedimentos 5m y Roca Basal desde los 5m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Petorca	-70,93	-32,25	6,5	6,5	Kiag	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas y monzodioritas de piroxeno y homblenda, granodioritas, monzogranitos de homblenda y biotita.	Petorquita: Grava arenosa limosa, con arenas de granos finos, color gris pardo, con finos de plasticidad baja, gravas de cantos redondeados (Elab. Propia).
SA	Alicahue	-70,79	-32,35	7,5	7,5	Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	

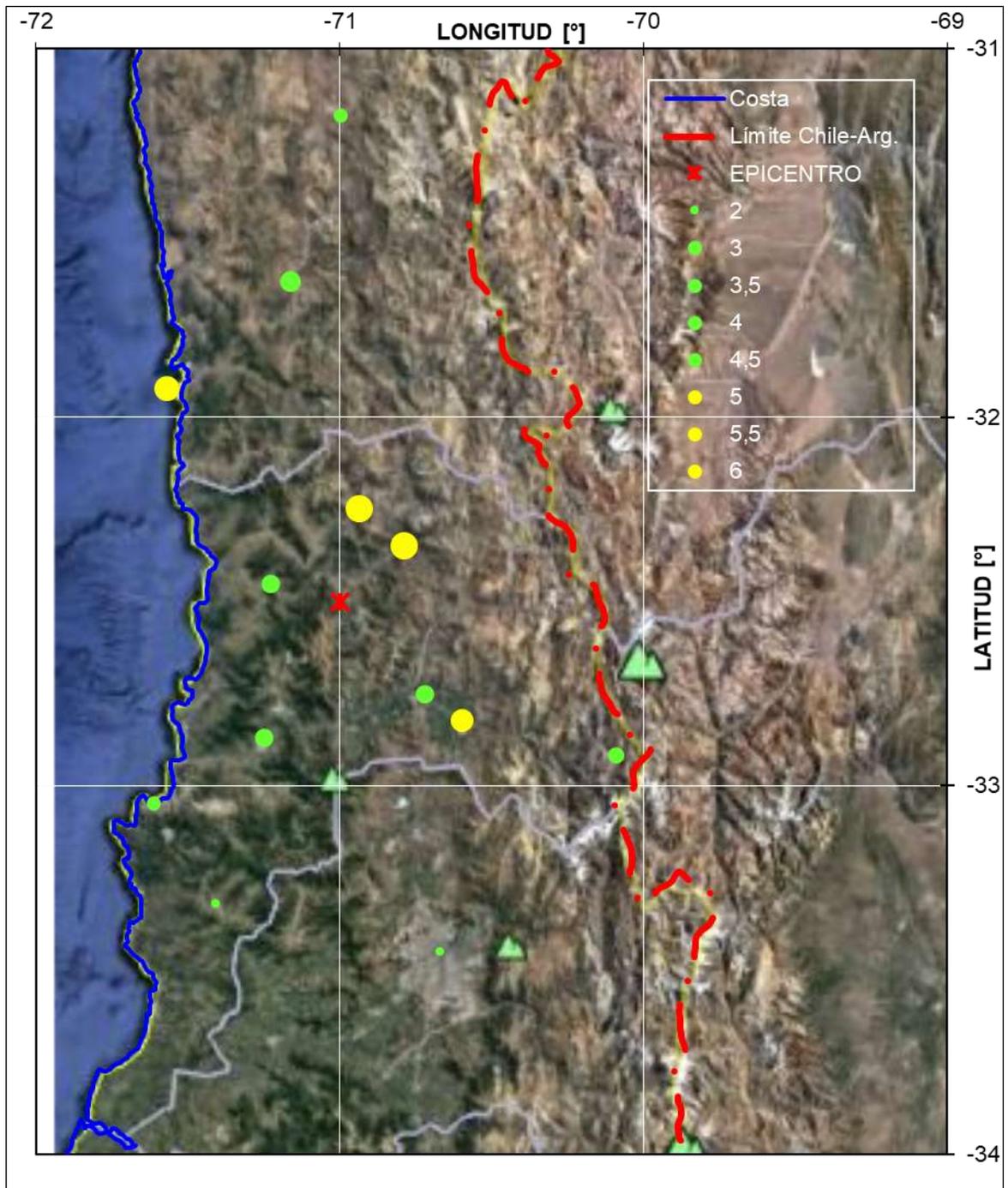


Figura 53: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 21 DE MARZO DE 1947

TABLA 29: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 28 DE MARZO DE 1965 (1 de 2)

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
PO	La Calera	-71,20	-32,79	2,5		Js21m	MESOZOICO	Jurásico Medio-Superior	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores.	
SA	Llo Lleo	-71,62	-33,62	6		PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
PO	Llo Lleo, Fdo Sn. Enrique	-71,62	-33,62	6	6	TrJg	MESOZOICO	Triásico-Jurásico (212-180Ma)	Rocas Intrusivas	Granodioritas, monzogranitos, monzodioritas, dioritas y gabros de piroxeno y hornblenda; sienogranitos.	
SA	Rapel de Navidad	-71,50	-34,17	6,5	6,5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.	
SA	Quilpue	-71,44	-33,05	7		PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	Arenas arcillosas compactas altamente cementadas lentes de maicillo denso mas estratos con bolones cuarzosos y aumento en arenas gruesas tipo maicillo en profundidad, y aumento en compacidad y cementación, hasta 6m y mas (Elab. Propia)
SA	Santiago	-70,67	-33,45	7		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa compacta fluvial con finos limosos o arcillosos, Grava de Santiago 2ª y 1ª Deposición, hasta entre 50m a 200m (Elab. Propia)
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	7	7	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda.	Almendra: Arena y gravas finas densas 2.5m a 17m, Arena ty gravas finas compacidad alta 17m a 60m, Roca fracturada 60m a 70m, Roca lecho desde 70m; UTFSM Roca estado medio 1.5m a 20m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	7,5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	7,5	7,5	Jig	MESOZOICO	Jurásico Inferior (202-178Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y tonalitas de hornblenda y biotita.	Sedimentos 5m y Roca Basal desde los 5m (Araneda y Saragoni, 1994)
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	7,5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
PO	Los Vilos	-71,57	-31,92	7,5	7,5	Jig	MESOZOICO	Jurásico Inferior (202-178Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y tonalitas de hornblenda y biotita.	Sedimentos 5m y Roca Basal desde los 5m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Mincha	-71,43	-31,58	8	8	DC4	PALEOZOICO	Devónico Carbonífero	Rocas Metamórficas	Metaareniscas, filitas, marmoles, cherts, metabasaltos y metaconglomerados.	
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	8		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava no compacta 2m a 10m, Grava compacta 10m a 114m, Roca desde 114m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Viña del Mar	-71,55	-33,02	8	8	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda.	Plano: Suelo firme Vs=680 m/s 5m a 70m, Roca desde 70m (Araneda y Saragoni, 1994) Recreo Alto: Grava areno arcillosa compacidad media, hasta 1.5m, Arena limo arcillosa maicillo y arcilla arenosa de consistencia media hasta 3.1m, Arena limo arcillosa tipo maicillo de consistencia alta hasta 4m y mas (Elab. propia)
PO	Mincha	-71,43	-31,58	8	8	DC4	PALEOZOICO	Devónico Carbonífero	Rocas Metamórficas	Metaareniscas, filitas, marmoles, cherts, metabasaltos y metaconglomerados.	

TABLA 30: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 28 DE MARZO DE 1965 (2 de 2)

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	Illapel	-71,17	-31,63	8,5		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m (Araneda y Saragoni, 1994) Arenas limosas con gravas alteradas de baja compacidad hasta 1m, Grava arenosa limosa de pie de montede compacidad muy alta cementada 1m a 2m y mas (Elab. Propia)
PO	Mina El Soldado	-71,14	-32,66	8,5	8,5	Ki2m	MESOZOICO	Cretácico Inferior (Neocomiano)	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas: lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas y sedimentarias, areniscas y calizas fosilíferas.	
SA	Quintero	-71,52	-32,77	9		Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eolicas (Elab. Propia)
SA	Quillota	-71,25	-32,87	9		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	Til Til	-70,90	-33,08	9		Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	Arcilla plástica poco arenosa de consistencia alta, entre 0.3m y 1.2m, Arcilla de baja plasticidad algo cementada de consistencia alta hasta 2m y mas, luego con maicillo (Elab. Propia)
PO	Quintero	-71,52	-32,77	9		Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eolicas (Elab. Propia)
SA	El Melón	-71,23	-32,67	9,5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa compacta, fluvial con bolones entre 0.5m a 2m y mas, sectores de arcillas de consistencia media (Elab. Propia).
PO	El Melón	-71,23	-32,67	9,5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa compacta, fluvial con bolones entre 0.5m a 2m y mas, sectores de arcillas de consistencia media (Elab. Propia).
SA	Cabildo	-71,07	-32,43	10		Qf	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos fluviales: gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación.	
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	10		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava no consolidada, 3.0 a 7.0m y Grava consolidada 7.0m a 37.0m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Llay Llay	-70,96	-32,84	10		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava compacta 3m a 105m, Roca desde 105m (Araneda y Saragoni, 1994)
PO	Til Til	-70,90	-33,08	10,5		Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	Arcilla plástica poco arenosa de consistencia alta, entre 0.3m y 1.2m, Arcilla de baja plasticidad algo cementada de consistencia alta hasta 2m y mas, luego con maicillo (Elab. Propia)

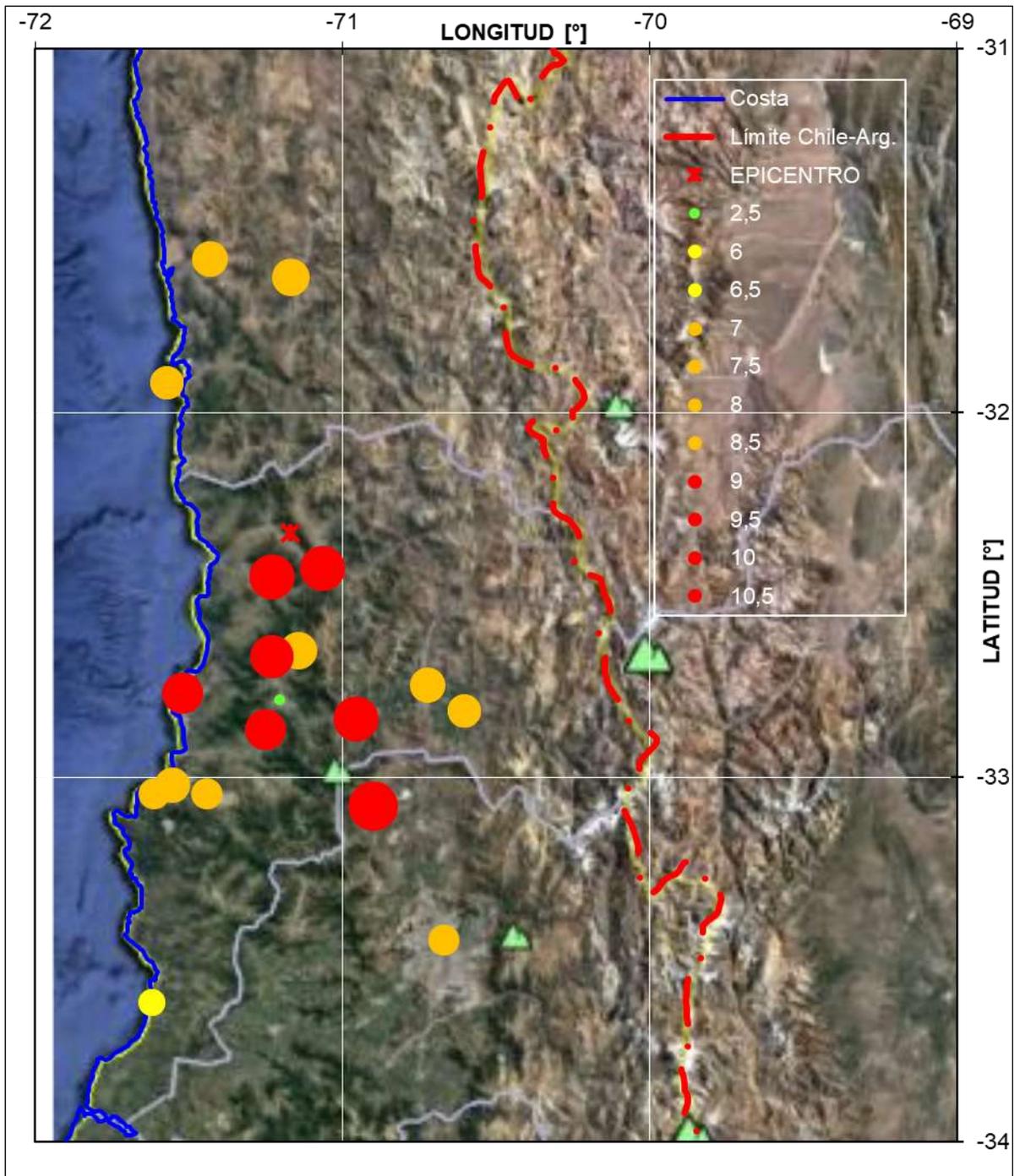


Figura 54: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 28 DE MARZO DE 1965

TABLA 31: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (1 de 4)

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	Estación Colina	-70,71	-33,24	3		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	La Canela	-71,33	-32,70	3		J2m	MESOZOICO	Jurásico	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcánicas y sedimentarias marinas: lavas y brechas, andesíticas y basálticas, calizas y areniscas marinas fosilíferas.	Arcillas consolidadas, arcillas arenosas de consistencia alta a muy alta, arenas arcillosas y gravas arenosas poco arcillosas compactas, sobre roca fracturada en descomposición a menos de 1m de profundidad en adelante (Elab. Propia).
SA	Sta. Lucía, Coquim	-71,12	-30,62	3	3	Kiag	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas y monzodioritas de piroxeno y homblenda, granodioritas, monzogranitos de homblenda y biotita.	
SA	Manquehue	-70,58	-33,30	3,5	3,5	Pl3t	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno	Secuencias Volcánicas	Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos. Asociados a calderas de colapso.	
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	3,5	3,5	Jig	MESOZOICO	Jurásico Inferior (202-178Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y tonalitas de homblenda y biotita.	Sedimentos 5m y Roca Basal desde los 5m (Araneda y Saragoni, 1994)
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	4		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
PO	Chincolco	-70,85	-32,22	4		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	Rafael de Navidad	-71,21	-33,79	4,5	4,5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de homblenda y biotita, localmente de muscovita.	
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	4,5	4,5	Ki2c	MESOZOICO	Cretácico Inferior - Cretácico Superior	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	
PO	Rapel de Navidad	-71,50	-34,17	4,5	4,5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de homblenda y biotita, localmente de muscovita.	
PO	Barahona	-70,72	-34,18	4,5		OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	4,5	4,5	Ki2c	MESOZOICO	Cretácico Inferior -	Secuencias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas	
PO	Catapilco	-71,27	-32,52	4,5		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
PO	Retén Reñaca Bajo	-71,53	-32,96	4,5	4,5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de homblenda y biotita, localmente de muscovita.	
PO	Sucom. Quintero	-71,52	-32,77	4,5		Qe	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eolicas (Elab. Propia)
PO	Pomaire	-71,13	-33,63	4,5	4,5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de homblenda y biotita, localmente de muscovita.	
PO	Quintero	-71,52	-32,77	4,5		Qe	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eolicas (Elab. Propia)
PO	Quintay	-71,63	-33,22	5	5	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y homblenda.	
PO	Illapel	-71,17	-31,63	5		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m (Araneda y Saragoni, 1994) Arenas limosas con gravas alteradas de baja compacidad hasta 1m. Grava arenosa limosa de pie de montede compacidad muy alta cementada 1m a 2m y mas (Elab. Propia)
PO	Casablanca	-71,41	-33,32	5		PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
PO	El Melón	-71,23	-32,67	5		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa compacta, fluvial con bolones entre 0.5m a 2m y mas, sectores de arcillas de consistencia media (Elab. Propia).
PO	Navidad	-71,83	-33,96	5		MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	
PO	Zapallar	-71,46	-32,55	5	5	Jsg	MESOZOICO	Jurásico Medio-Superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y homblenda.	Arcilla consolidada 2m a 13m, Roca estimada 30m (Araneda y Saragoni, 1994) Arcilla, maicillo de baja compacidad hasta 1.5m, Maicillo arena gruesa arcillosa de compacidad alta a muy alta desde 1.5m a 2.0m y mas (Elab. Propia).

TABLA 32: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (2 de 4)

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
PO	Pedergal (Coquimbo)	-70,70	-30,85	5		Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	
PO	El Convento (ex Reten Convento Viejo)	-71,59	-33,77	5		PP1c	CENOZOICO	Neógeno. Plioceno-Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Conglomerados, areniscas, limolitas y arcilolitas, generalmente consolidados, de facies principalmente aluviales, subordinadamente lacustres y eólicas.	
PO	Melipilla, 4a. Comisaría	-71,23	-33,65	5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Rellenos artificiales hasta 2m, Grava arenosa limo arcillosa fluvial compacta desde 2m y mas (Elab. Propia).
PO	Reten Quintay	-71,63	-33,22	5	5	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio Superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuaríferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda.	
PO	Illapel	-71,22	-31,63	5		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m (Araneda y Saragoni, 1994) Arenas limosas con gravas alteradas de baja compactad hasta 1m, Grava arenosa limosa de pie de montede compactad muy alta cementada 1m a 2m y mas (Elab. Propia)
PO	Casablanca	-71,41	-33,32	5		PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
PO	El Melón	-71,23	-32,67	5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa compacta, fluvial con bolones entre 0.5m a 2m y mas, sectores de arcillas de consistencia media (Elab. Propia).
PO	Navidad	-71,85	-33,95	5		MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	
PO	Zapallar	-71,46	-32,55	5	5	Jsg	MESOZOICO	Jurásico Medio-Superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuaríferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda.	Arcilla consolidada 2m a 13m, Roca estimada 30m (Araneda y Saragoni, 1994) Arcilla, maicillo de baja compactad hasta 1.5m, Maicillo arena gruesa arcillosa de compactad alta a muy alta desde 1.5m a 2.0m y mas (Elab. Propia).
PO	Lio Lleo	-71,62	-33,62	5		PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
PO	Villa Alemana	-71,37	-33,05	5		PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
PO	San Antonio	-71,60	-33,55	5		MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	
PO	Estación Colina	-70,71	-33,24	5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	Ret. Pedehua	-71,06	-32,32	5		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
PO	Rio Blanco	-70,50	-34,18	5,5		M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	
PO	Catapilco	-71,27	-32,52	5,5		MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
PO	Retén Los Queltehues	-70,21	-33,82	5,5	5,5	Msg	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior (13-7Ma)	Rocas Intrusivas	Granodioritas de hornblenda y biotita, en menor proporción monzogranitos, monzonitas cuaríferas y monzodioritas.	
PO	Runque	-70,98	-33,01	5,5	5,5	Kiag	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita.	
PO	Quillota	-71,25	-32,87	5,5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	Retén Calera de Tango	-70,77	-33,63	5,5		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcilla aernas y gravas de compactad media hasta 1.3m, Grava areno imosa compacta con bolones fluvial con suelos en descomposición, hasta 2m y mas (Elab. Propia).
PO	Caletones	-70,45	-34,10	5,5	5,5	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	

TABLA 33: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (3 de 4)

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
PO	Cuesta Chacabuco	-70,70	-33,00	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	Rancagua	-70,77	-34,17	6		M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	Relleno artificial hasta 1m, Arcilla arenosa consistencia media a alta entre 1m a 2m y mas (Elab. Propia).
PO	Seweel	-70,35	-34,01	6	6	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	
PO	Caletones	-70,45	-34,10	6	6	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	
PO	Coya	-70,53	-34,21	6		OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	
PO	Lampa	-70,88	-33,27	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arenas arcillosas y arcillas arenosas de baja plasticidad, blandas poco densas, hasta 2m, Arcilla negrusca plástica y nivel freático en tomo a los 2m y mas (Elab. Propia).
PO	Puchuncaví	-71,40	-32,73	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arena fina limo arcillosa, color café pardo, plasticidad media, humedad media, con huecos, de consistencia media a alta; Grava arenosa, compuesta de gravas medias y finas y arena gruesa a fina, gravas de cantos subangulares, consistencia media a alta; Arcilla arenosa de consistencia alta (Elab. Propia).
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
PO	Retén Cuesta Chacabuco	-70,70	-33,00	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	Mineral El Soldado	-71,14	-32,66	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	Nogales	-71,20	-32,74	6		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcillas de baja plasticidad de consistencia media, con lentes de arena y gravas aisladas en profundidad, hasta 2m y mas (Elab. Propia).
PO	Retén La Laguna	-71,20	-34,48	6		OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	
PO	Retén Olivar	-70,76	-34,20	6		OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	6,5		Q1	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	Arcillas limosas de consistencia alta a muy alta consolidada entre 0.5m a 4m y mas; Geofísica: Gravos y arenas compactas Vs=770m/s desde 4m y hasta 10m a 16m, Gravos y arenas de mayor compacidad Vs=920m/s hasta 35m y mas (Elab. Propia).
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	6,5		Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcillas limosas de consistencia alta a muy alta consolidada entre 0.5m a 4m y mas; Geofísica: Gravos y arenas compactas Vs=770m/s desde 4m y hasta 10m a 16m, Gravos y arenas de mayor compacidad Vs=920m/s hasta 35m y mas (Elab. Propia).
PO	Con Con	-71,52	-32,92	7		Qe	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanas tanto activos como inactivos.	Sector dunas: Relleno artificial hasta 2m, Arena fina limpia de baja compacidad 2m a 3m y mas (Elab. Propia). Al interior (Ramaditas) arena fina sobre roca desde 0.20m a 1.0m de profundidad en adelante. (Elab. Propia).
PO	Valle Hermoso	-71,19	-32,45	7	7	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias (Roca, Diaz 2001)	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
PO	Tenencia Con Con	-71,52	-32,92	7		Qe	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanas tanto activos como inactivos.	Sector dunas: Relleno artificial hasta 2m, Arena fina limpia de baja compacidad 2m a 3m y mas (Elab. Propia). Al interior (Ramaditas) arena fina sobre roca desde 0.20m a 1.0m de profundidad en adelante. (Elab. Propia).

TABLA 34: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1965 (4 de 4)

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
PO	Retén Hijuelas	-71,14	-32,80	7		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arcillosa con partículas redondeadas, Arcilla arenosa y Arcillas con gravas redondeadas (Elab. Propia).
PO	Graneros	-70,73	-34,07	7		Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	

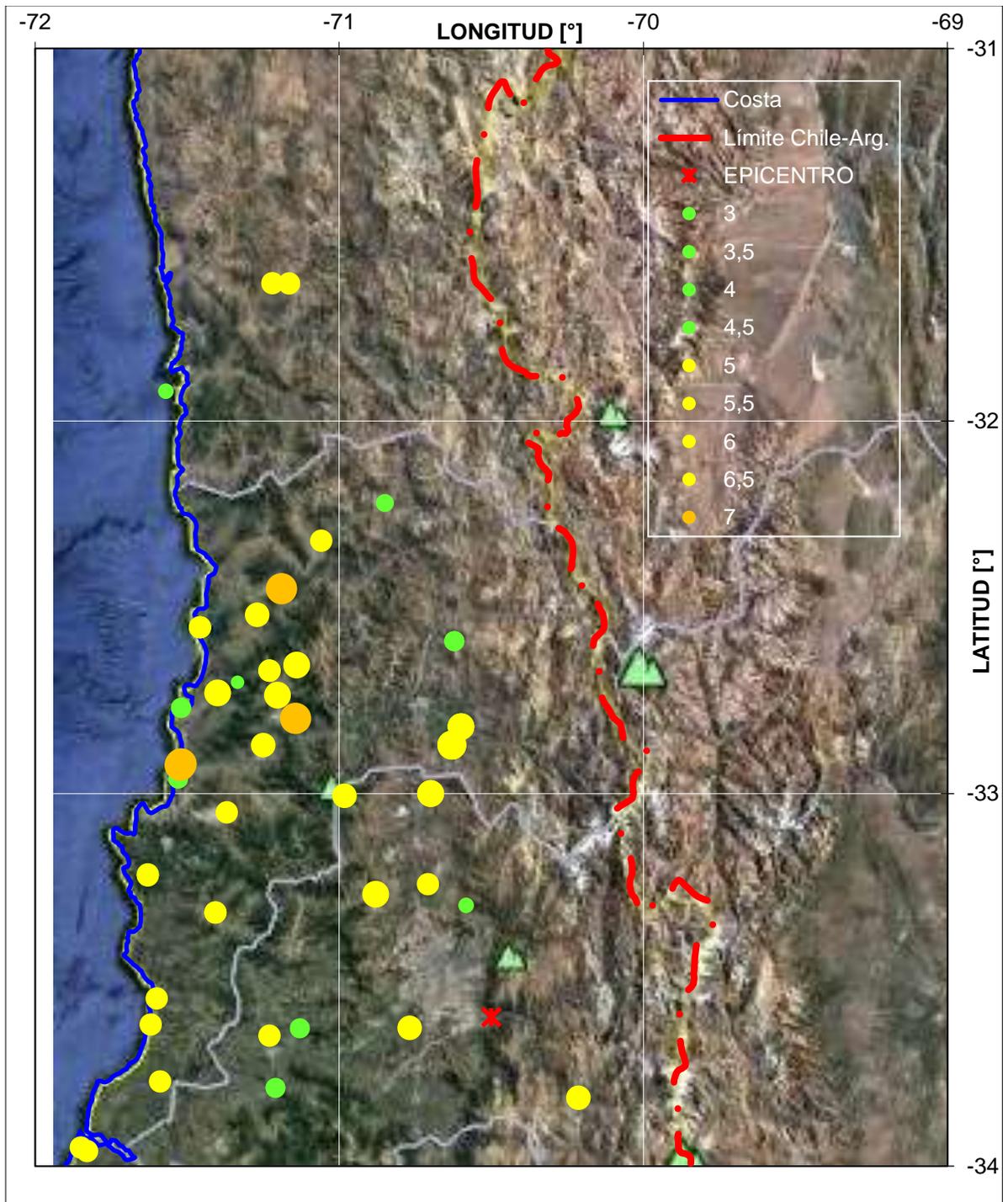


Figura 55: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 26 DE SEPTIEMBRE DE 1967

TABLA 35: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 09 DE JULIO DE 1971

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
PO	Campamento Sewell	-70,35	-34,01	5	5	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	
SA	Ovalle	-71,20	-30,60	6	4,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
PO	Quilitapia	-71,25	-30,92	6	5	JK3			Roca (Diaz, 2001)		
PO	Santiago	-70,67	-33,45	6,5	5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvoglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa compacta fluvial con finos limosos o arcillosos, Grava de Santiago 2ª y 1ª Despositación, hasta entre 50m a 200m (Elab. Propia)
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	6,5	6	Ki2c	MESOZOICO	Cretácico Inferior - Cretácico Superior	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	
SA	San Marcos	-71,07	-30,96	7	6	Ki2c	MESOZOICO	Cretácico Inferior - Cretácico Superior	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	7	5,5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvoglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava no compacta 2m a 10m, Grava compacta 10m a 114m, Roca desde 114m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	7	6	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvoglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compactación media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
SA	Combarbala	-71,00	-31,18	8	7	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvoglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	8	7	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuaríferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y homblenda.	Almendral: Arena y gravas finas densas 2.5m a 17m, Arena y gravas finas compactación alta 17m a 60m, Roca fracturada 60m a 70m, Roca lecho desde 70m; UTFSM Roca estado medio 1.5m a 20m (Araneda y Saragoni, 1994)
PO	Quintero	-71,52	-32,77	8	7	Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.
SA	Illapel	-71,17	-31,63	9	8	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	9	9	Jig	MESOZOICO	Jurásico Inferior (202-178Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuaríferas y tonalitas de homblenda y biotita.	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuaríferas y tonalitas de homblenda y biotita.
SA	Salamanca	-70,96	-31,78	9	8	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvoglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
PO	La Ligua	-71,23	-32,45	9	7,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava no consolidada, 3.0 a 7.0m y Grava consolidada 7.0m a 37.0m (Araneda y Saragoni, 1994)
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	9	8	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvoglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.

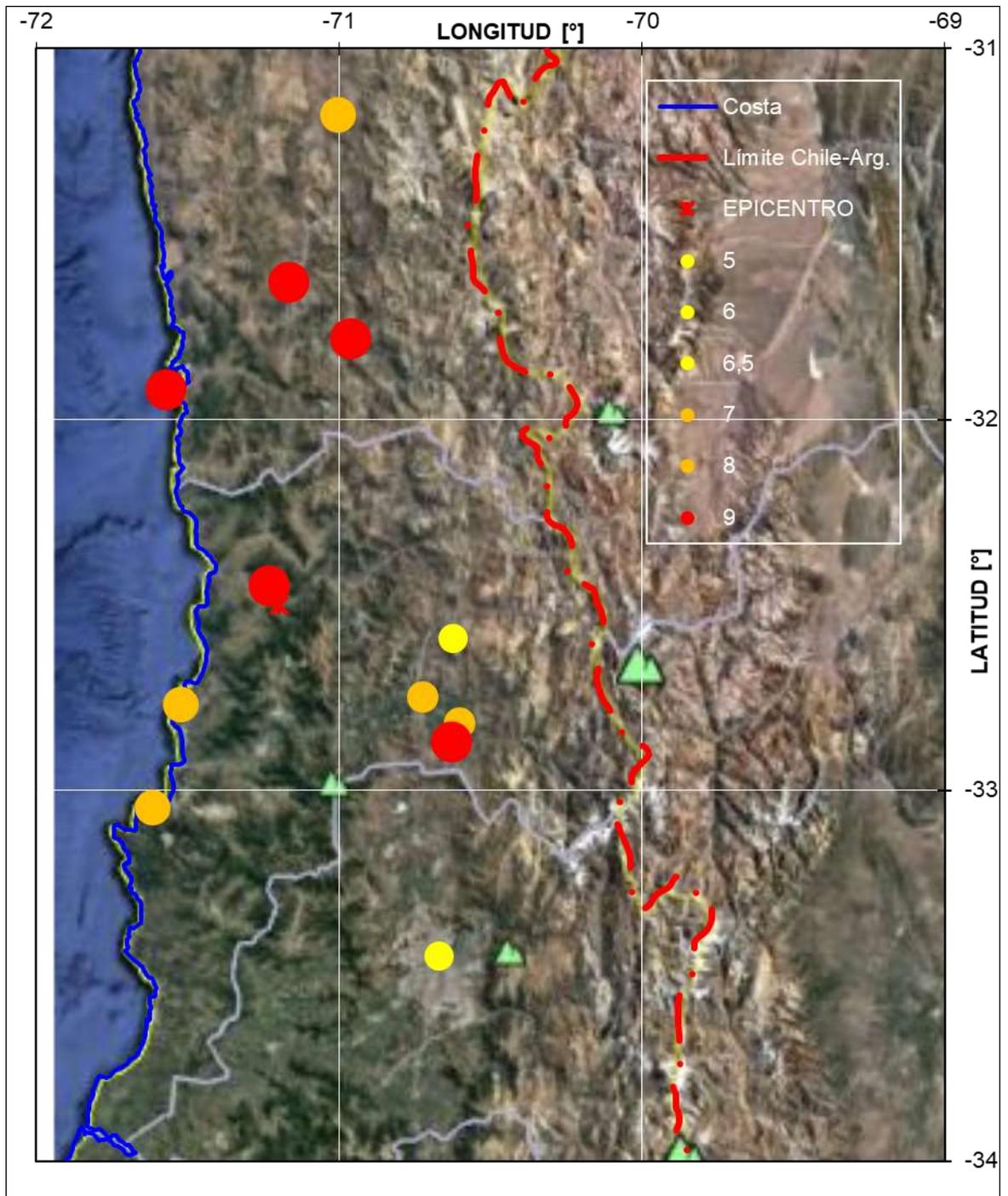


Figura 56: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 09 DE JULIO DE 1971

TABLA 36: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 12 DE NOVIEMBRE DE 1974 (1 de2)

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	EPICENTRO	-70,60	-33,20	0							
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	4	4	Jig	MESOZOICO	Jurásico Inferior (202-178Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas, gabros y monzodioritas de piroxeno, dioritas cuarcíferas y tonalitas de homblenda y biotita.	Sedimentos 5m y Roca Basal desde los 5m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Aconcagua	-71,12	-32,80	4	3	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	Petorca	-70,93	-32,25	4,5	4,5	Kiag	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo (123-85Ma)	Rocas Intrusivas	Dioritas y monzodioritas de piroxeno y homblenda, granodioritas, monzogranitos de homblenda y biotita.	Petorquita: Grava arenosa limosa, con arenas de granos finos, color gris pardo, con finos de plasticidad baja, gravas de cantos redondeados (Elab. Propia).
SA	Illapel	-71,17	-31,63	4,5	3,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m (Araneda y Saragoni, 1994) Arenas limosas con gravas alteradas de baja compacidad hasta 1m, Grava arenosa limosa de pie de montede compacidad muy alta cementada 1m a 2m y mas (Elab. Propia)
SA	San Jose de Maipo	-70,37	-33,63	4,5	3,5	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Ologoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	
SA	Santiago	-70,67	-33,45	5	4	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa compacta fluvial con finos limosos o arcillosos, Grava de Santiago 2ª y 1ª Despositación, hasta entre 50m a 200m (Elab. Propia)
SA	Algarrobo	-71,67	-33,37	5	5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de homblenda y biotita, localmente de muscovita.	
SA	Cartagena	-71,61	-33,55	5	5	CPg	PALEOZOICO	Carbonífero-Pérmico (328-235Ma)	Rocas Intrusivas	Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de homblenda y biotita, localmente de muscovita.	
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	5	5	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180-142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y homblenda.	Almendra: Arena y gravas finas densas 2.5m a 17m, Arena ty gravas finas compacidad alta 17m a 60m, Roca fracturada 60m a 70m, Roca lecho desde 70m; UTFSM Roca estado medio 1.5m a 20m (Araneda y Saragoni, 1994)

TABLA 37: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 12 DE NOVIEMBRE DE 1974 (2 de 2)

FT E	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5	3,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava no consolidada, 3.0 a 7.0m y Grava consolidada 7.0m a 37.0m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Limache	-71,26	-33,01	6	4	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	San Antonio	-71,60	-33,55	6	5,5	MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	6	5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	6	4,5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava no compacta 2m a 10m, Grava compacta 10m a 114m, Roca desde 114m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Quillota	-71,25	-32,87	6,5	5,5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	Saladillo	-70,28	-32,95	6,5	5,5	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	
SA	Llay Llay	-70,96	-32,84	6,5	5,5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava compacta 3m a 105m, Roca desde 105m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	La Calera	-71,20	-32,79	6,5	6	Js21m	MESOZOICO	Jurásico Medio-Superior	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores.	
SA	Quintero	-71,52	-32,77	6,5	5	Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eólicas (Elab. Propia)

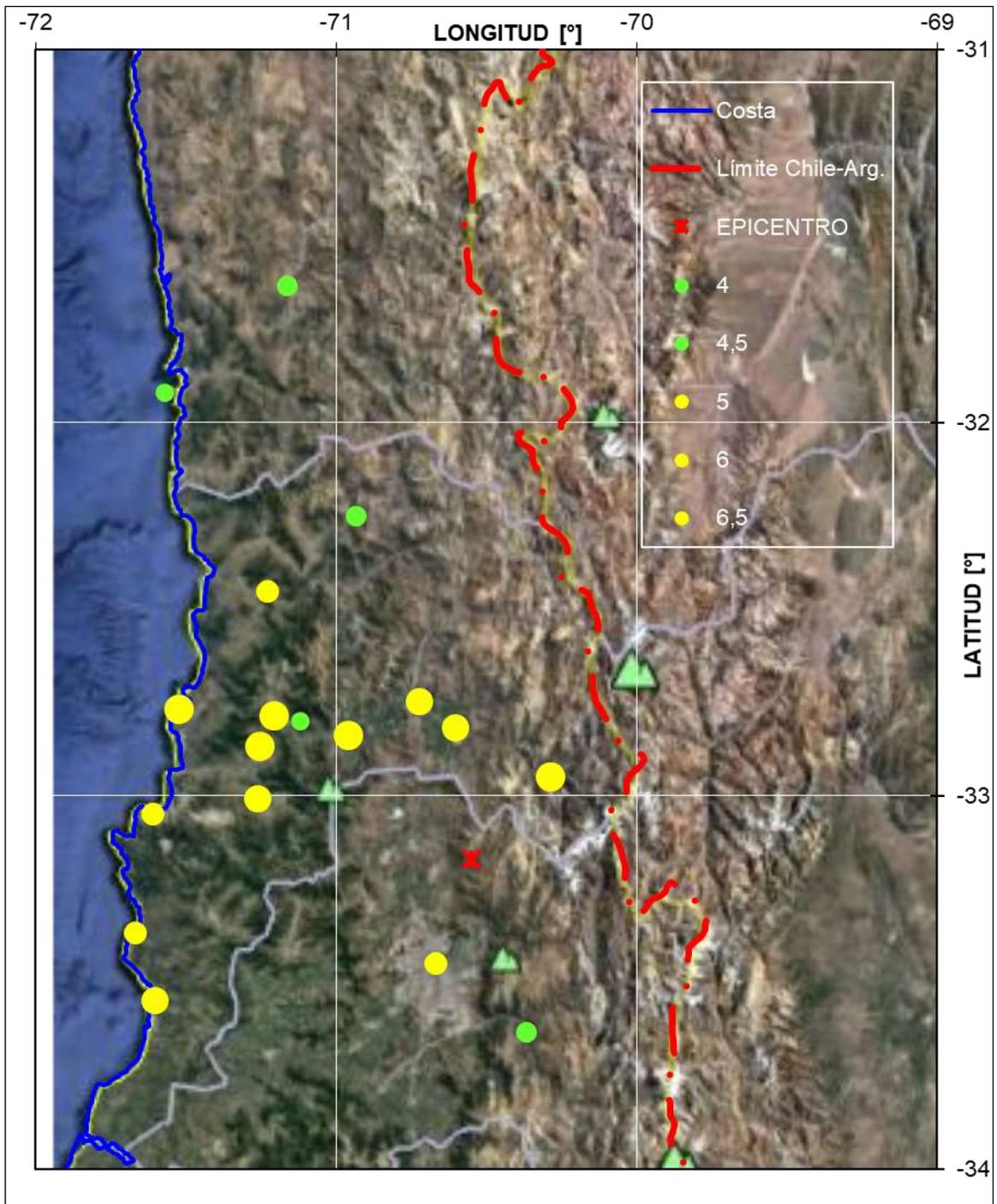


Figura 57: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 12 DE NOVIEMBRE DE 1974

TABLA 38: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 04 DE JUNIO DE 1975 (1 de 2)

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	EPICENTRO	-71,27	-32,56	0							
SA	Illapel	-71,17	-31,63	2	1	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m (Araneda y Saragoni, 1994) Arenas limosas con gravas alteradas de baja compacidad hasta 1m, Grava arenosa limosa de pie de montede compacidad muy alta cementada 1m a 2m y mas (Elab. Propia)
SA	Santiago	-70,67	-33,45	3	2	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa compacta fluvial con finos limosos o arcillosos, Grava de Santiago 2ª y 1ª Despositación, hasta entre 50m a 200m (Elab. Propia)
SA	Rio Blanco	-70,50	-34,18	3	2	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	
SA	Peñuelas	-71,47	-33,16	3	3	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	San Antonio	-71,60	-33,55	3,5	3	MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	4	3,5	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores (Elab. Propia).
SA	Quillota	-71,25	-32,87	4	3	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	

TABLA 39: INTENSIDADES, GEOLOGIA Y SUELOS SUPERFICIALES – SISMO 04 DE JUNIO DE 1975 (2 de 2)

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	INTENSIDAD EN ROCA	INTENSIDAD	SIMBOLO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	SUELOS SUPERFICIALES
SA	La Calera	-71,20	-32,79	4	3,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno- Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	
SA	San Pedro	-71,47	-33,90	4	2,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno- Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcilla negrusca plástica consistencia media o Arcilla limosa balnquecina cementada, consistencia muy alta hasta 1.2m, Arcilla de baja plasticidad, consistente con granos cementados hasta 2m y mas.
SA	Nogales	-71,20	-32,74	4	2,5	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno- Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcillas de baja plasticidad de consistencia media, con lentes de arena y gravas aisladas en profundidad, hasta 2m y mas (Elab. Propia).
SA	Catapilco	-71,27	-32,52	4,5	3,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	
SA	Villa Alemana	-71,37	-33,05	5	4	PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados conquináceos, areniscas y conglomerados.	
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	5	4	Jsg	MESOZOICO	Jurásico medio superior (180- 142Ma)	Rocas Intrusivas	Monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y homblenda.	Almendral: Arena y gravas finas densas 2.5m a 17m, Arena tñ gravas finas compacidad alta 17m a 60m, Roca fracturada 60m a 70m, Roca lecho desde 70m; UTFSM Roca estado medio 1.5m a
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	5	4	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno- Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava no compacta 2m a 10m, Grava compacta 10m a 114m, Roca desde 114m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5	3,5	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava no consolidada, 3.0 a 7.0m y Grava consolidada 7.0m a 37.0m (Araneda y Saragoni, 1994)
SA	Limache	-71,26	-33,01	5	3	Q1	CENOZOICO	Cuatemario. Pleistoceno- Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	

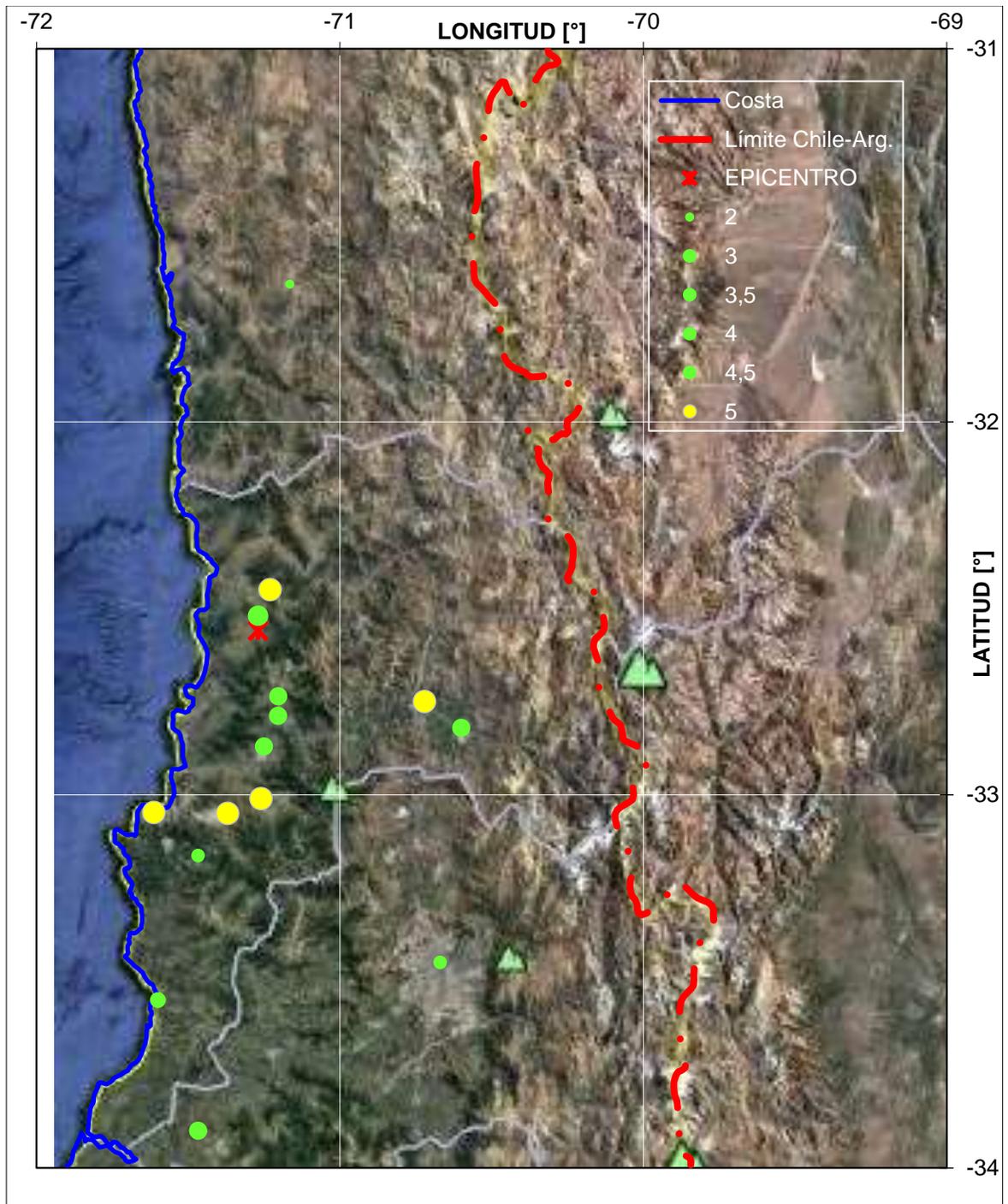


Figura 58: INTENSIDADES EN PLANTA – SISMO 04 DE JUNIO DE 1975

De la observación de los mapas de intensidades anteriores se tiene que en todos los casos no parece posible trazar isosistas de forma regular, y tampoco pueden deducirse orientaciones preferenciales para el trazado de isosistas, ya que para cada sismo se tienen localidades con intensidades de diferentes valores intercalados entre sí, incluyendo puntos cercanos con variaciones de 2.5 grados de diferencia en la intensidad. De acuerdo a estudios anteriores, este comportamiento se debe a amplificaciones de suelos locales, que pueden ser aislados si es posible determinar las intensidades en roca, tal como se ha determinado para eventos de origen intraplaca.

Este comportamiento de las intensidades observadas, en función de factores locales que no permiten trazar isosistas de forma regular, es similar a lo determinado en su estudio por Díaz (2001) y por tanto puede ser resuelto con metodologías similares, que es lo que se desarrolla bajo los puntos siguientes. Tal como el caso de sismo de Punitaqui 1997, los sismos en estudio son eventos intraplaca, con hipocentros bajo el continente, en el interior de la placa de Nazca subductada.

Luego se analizará en adelante el decaimiento de intensidades en roca, y se determinará la amplificación de intensidades en depósitos superficiales y, su correlación con estudios para sismos más recientes o de diferente origen sismogénico.

7.2 ANALISIS DECAIMIENTO DE LA INTENSIDAD Y AMPLIFICACION DE SUELOS

7.2.1 MODELOS PARA DETERMINACION DE DISTANCIAS EPICENTRALES E HIPOCENTRALES

Para el análisis de decaimiento de la intensidad con el aumento de la distancia hipocentral, se utiliza en adelante las definiciones que siguen, tomadas de Lazo, 2008, para la determinación de la distancia epicentral e hipocentral, según los modelos que siguen.

Modelo A:

En este modelo las distancias epicentrales (D_e) e hipocentrales (D_h) se calculan de la manera siguiente:

Distancia Epicentral (D_e): Corresponde a la distancia medida en la superficie desde el epicentro del sismo hasta la localidad donde se tiene una estimación de la intensidad macrosísmica, la cual se determina a través de la expresión que sigue:

$$D_{e1} = \sqrt{[(Lat_F - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_F - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_F)]^2}$$

Donde:

Lat _F :	Latitud del foco [°]
Long _F :	Longitud del foco [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]

Distancia Hipocentral (D_h): Corresponde a la distancia entre el hipocentro y la localidad donde se estima la intensidad, y se determina con la expresión siguiente:

$$D_{h1} = \sqrt{[(Lat_F - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_F - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_F)]^2 + (H_F + h_L)^2} = \sqrt{[D_{e1}]^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

Lat _F :	Latitud del foco [°]
Long _F :	Longitud del foco [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]
H _F :	Profundidad del foco [km]
h _L :	Altura de la localidad [km]

En el término (H_f + h_L) la altura de la localidad “h_L” es despreciable en comparación con la profundidad del foco “H_f”, por lo que podría no considerarse. Este modelo considera que la energía es emitida desde el hipocentro de manera homogénea en todas las direcciones, desde el foco del sismo hacia todas las localidades por igual.

Modelo B:

En este modelo, las distancias epicentrales (D_e) e hipocentrales (D_h) se calculan considerando la longitud del plano de falla del sismo, o de manera más precisa, a la línea de ruptura modelada para el sismo en análisis, de la manera que se indica a continuación. En el caso de Lazo 2008, la línea de ruptura se modela como una línea recta que coincide con el centro del plano de falla, correspondiente al modelo de desplazamiento uniforme (USP) propuesto por Barrientos y Ward (1990).

Distancia Epicentral (D_e): Corresponde a la distancia entre la localidad y la traza proyectada en la superficie de la línea del plano de falla que pasa por el hipocentro. Para determinar esta distancia (D_e) se usa la expresión siguiente:

$$D_{e2} = \sqrt{[(Lat_R - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_R - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_R)]^2}$$

Donde:

Lat _R :	Latitud del punto de la línea de ruptura más cercano a la localidad [°]
Long _R :	Longitud del punto de la línea de ruptura más cercano a la localidad [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]

Distancia Hipocentral D_h: Esta distancia es la hipotenusa del triángulo cuyos catetos son la distancia epicentral (D_e) y la profundidad del foco, luego se determina por la expresión que sigue:

$$D_{h2} = \sqrt{D_{e2}^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

D _{e2} :	Distancia epicentral [km].
H _F :	Profundidad del foco [km].
h _L :	Altura de la localidad [km].

Este método considera que la energía es emitida desde la línea de ruptura definida, de manera homogénea desde cada uno de sus puntos y a todo su largo.

Modelo C:

Este modelo se basa en la ubicación previa de las asperezas, para el sismo en análisis. El modelo de asperezas sugiere que los dos lados de la falla o contacto entre placas esta unidos por áreas de alta rigidez, los cuales se denominan asperezas, tales como montes o irregularidades topográficas en las superficies en contacto de las placas. En este modelo, las distancias epicentrales D_e y Dh se calculan tomando en cuenta la distancia a la aspereza más cercana, según las expresiones que se detallan a continuación.

Distancia Epicentral (D_e): Corresponde a la distancia mínima medida en la superficie, entre la localidad y la aspereza más cercana proyectada en la superficie, a través de la expresión siguiente:

$$D_{e3} = \sqrt{[(Lat_A - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_A - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_A)]^2}$$

Donde:

Lat_A :	Latitud de la aspereza más cercana a la localidad [$^{\circ}$]
$Long_A$:	Longitud de la aspereza más cercana a la localidad [$^{\circ}$]
Lat_L :	Latitud de la localidad [$^{\circ}$]
$Long_L$:	Longitud de la localidad [$^{\circ}$]

Distancia Hipocentral (D_h): Esta es la distancia entre la localidad y la aspereza más cercana, aceptando que la espereza se encuentra a la misma profundidad que el hipocentro; Esta es una aproximación, ya que en rigor la profundidad de cada aspereza corresponde a la profundidad de la placa que subducta en el punto en análisis. La distancia se calcula con la expresión que sigue:

$$D_{h3} = \sqrt{[(Lat_A - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_A - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_A)]^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

Lat_A :	Latitud de la aspereza más cercana a la localidad [$^{\circ}$]
$Long_A$:	Longitud de la aspereza más cercana a la localidad [$^{\circ}$]
Lat_L :	Latitud de la localidad [$^{\circ}$]
$Long_L$:	Longitud de la localidad [$^{\circ}$]
H_F :	Profundidad del foco [km]
h_L :	Altura de la localidad [km]

7.2.2 EVALUACIÓN DEL DECAIMIENTO DE LA INTENSIDAD

En los puntos siguientes se presentan para cada uno de los sismos principales en análisis, las intensidades y distancias epicentrales e hipocentrales por cada localidad, para el caso de intensidades en roca. En base a esta información y su puesta en gráfico y determinación de línea de tendencia para estos valores, es posible obtener una curva de decaimiento de la intensidad en roca a partir de datos empíricos, la cual es extrapolada más allá de los datos de intensidades en roca recolectados, para estimar diferencia de intensidades reportadas para localidades más lejanas. Con esta información es posible determinar las diferencias de intensidad en depósitos de suelos menos la intensidad en roca extrapolada.

En las páginas siguientes se muestra para cada sismo, una primera tabla con datos de intensidades, distancias epicentrales e hipocentrales, para localidades en roca; luego una segunda tabla con la misma información para localidades sobre depósitos de suelo, más

diferencias de intensidades en suelos menos intensidad en roca extrapolada; finalmente un gráfico con las curvas de decaimiento de intensidades sísmicas en roca, y puntos representando las intensidades determinadas en localidades sobre depósitos de suelos. Esta serie de datos se entregan para el caso en que las distancias epicentrales e hipocentrales se han determinado según el Modelo A, y luego según el Modelo B, ambos antes detallados.

Según Modelo A, se considera que toda la energía es emitida de manera uniforme desde el foco o hipocentro, luego este método se basa en determinar la distancia de cada localidad al epicentro y luego la distancia hipocentral.

En seguida, se entregan los datos y curvas producto del análisis según Modelo B, considerando que la energía generada por el sismo, es emitida a través de un plano de ruptura orientado en sentido norte-sur, con su centro en el hipocentro; luego se determinan las distancias desde cada localidad a una línea de ruptura correspondiente a una recta horizontal que pasa justo por el epicentro, orientada en sentido norte-sur, y cuya longitud se determina de acuerdo a la relación definida por Ramírez, 1988; Los valores de estas longitudes de ruptura y coordenadas de los extremos de estas líneas de ruptura, se entregan en tabla anterior a los datos y curvas correspondientes al Modelo B.

El Modelo C no puede ser aplicado, dada la falta de información de las asperezas para sismos principales.

Al trazar las curvas de interpolación, en todos los casos se ha optado por la ecuación de mejor ajuste a los datos, es decir con el mayor valor de coeficiente de correlación, R^2 , para los datos graficados, considerando de preferencia curvas exponenciales y del tipo logarítmico, las cuales se entiende representan mejor el fenómeno de decaimiento.

7.2.3 ANALISIS DE DECAIMIENTO DE INTENSIDADES – MODELO A

Sismo del 21 de marzo de 1947

TABLA 40: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 21 MARZO 1947

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Valparaíso	-71,61	-33,05	3,5	6,5	60,0	91,33	109,28
SA	Juncal	-70,09	-32,92	3,5	6,5	60,0	110,94	126,13
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	5,5	6,5	60,0	90,41	108,51
SA	Petorca	-70,93	-32,25	6,5	6,5	60,0	28,77	66,54
SA	Alicahue	-70,79	-32,35	7,5	6,5	60,0	28,94	66,61

TABLA 41: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Casablanca	-71,41	-33,32	2	6,5	60,0	101,71	118,09	4,8	-2,8	-	PP1m
SA	Santiago	-70,67	-33,45	2	6,5	60,0	111,71	126,80	4,5	-2,5	-	Q1
SA	Ovalle	-71,20	-30,60	3,5	6,5	60,0	211,90	220,23	1,6	1,9	1,9	MP1c
SA	Combarbalá	-71,00	-31,18	3,5	6,5	60,0	146,86	158,64	3,3	0,2	0,2	Q1
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5,5	6,5	60,0	26,17	65,46	7,9	-2,4	-	MP1c
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	5,5	6,5	60,0	41,67	73,05	7,3	-1,8	-	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	5,5	6,5	60,0	49,65	77,88	7,0	-1,5	-	Q1
SA	Illapel	-71,17	-31,63	5,5	6,5	60,0	98,37	115,22	5,0	0,5	0,5	MP1c
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	5,5	6,5	60,0	56,95	82,73	6,7	-1,2	-	Q1

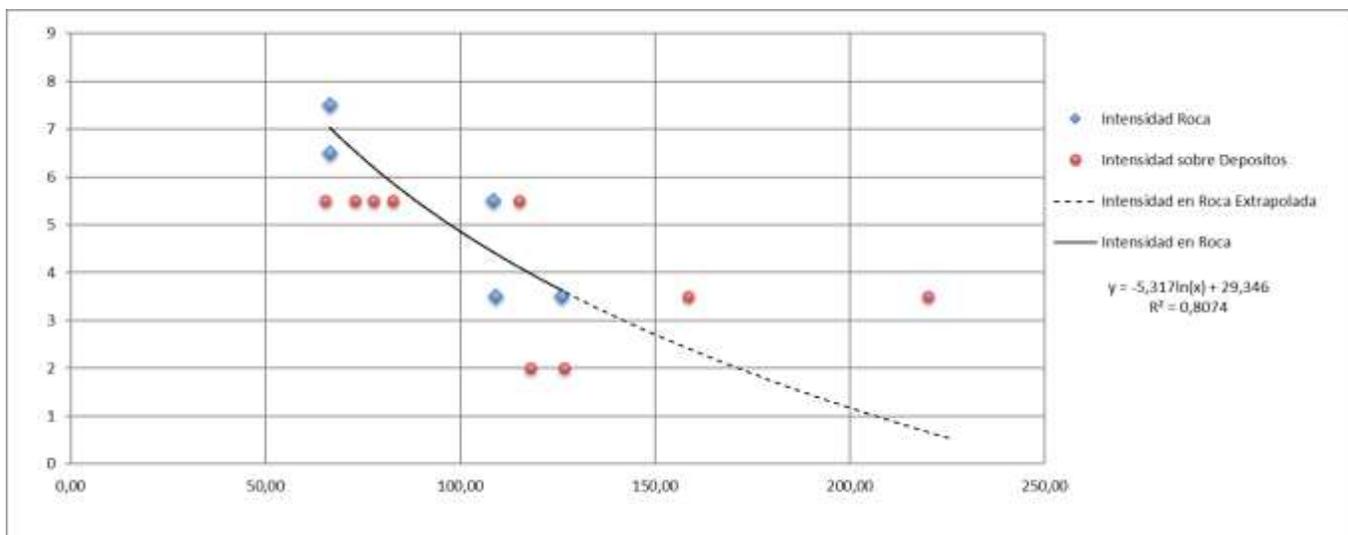


Figura 59: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947

Sismo del 28 de marzo de 1965

TABLA 42: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 28 MARZO 1965

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
PO	Llo Lleo, Fdo Sn. Enrique	-71,62	-33,62	6	7,1	61,0	151,90	163,69
SA	Rapel de Navidad	-71,50	-34,17	6,5	7,1	61,0	207,84	216,60
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	7	7,1	61,0	93,71	111,81
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	7,5	7,1	61,0	63,68	88,19
PO	Los Vilos	-71,57	-31,92	7,5	7,1	61,0	63,68	88,19
SA	Mincha	-71,43	-31,58	8	7,1	61,0	88,25	107,28
SA	Viña del Mar	-71,55	-33,02	8	7,1	61,0	88,14	107,19
PO	Mincha	-71,43	-31,58	8	7,1	61,0	88,25	107,28
PO	Mina El Soldado	-71,14	-32,66	8,5	7,1	61,0	36,29	70,98

TABLA 43: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
PO	La Calera	-71,20	-32,79	2,5	7,1	61,0	51,04	79,54	8,1	-5,6	-	Js21m
SA	Llo Lleo	-71,62	-33,62	6	7,1	61,0	151,90	163,69	6,3	-0,3	0,0	PP1m
SA	Quilpue	-71,44	-33,05	7	7,1	61,0	85,35	104,91	7,4	-0,4	0,0	PP1m
SA	Santiago	-70,67	-33,45	7	7,1	61,0	136,27	149,30	6,5	0,5	0,5	Q1
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	7,5	7,1	61,0	83,57	103,46	7,4	0,1	0,1	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	7,5	7,1	61,0	83,57	103,46	7,4	0,1	0,1	Q1
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	8	7,1	61,0	68,37	91,63	7,8	0,2	0,2	Q1
SA	Illapel	-71,17	-31,63	8,5	7,1	61,0	77,74	98,81	7,6	0,9	0,9	MP1c
SA	Quintero	-71,52	-32,77	9	7,1	61,0	62,51	87,34	7,9	1,1	1,1	Qe
SA	Quillota	-71,25	-32,87	9	7,1	61,0	60,69	86,05	7,9	1,1	1,1	Q1
SA	Til Til	-70,90	-33,08	9	7,1	61,0	88,62	107,59	7,3	1,7	1,7	Kia2
PO	Quintero	-71,52	-32,77	9	7,1	61,0	62,51	87,34	7,9	1,1	1,1	Qe
SA	El Melón	-71,23	-32,67	9,5	7,1	61,0	38,39	72,07	8,3	1,2	1,2	Q1
PO	El Melón	-71,23	-32,67	9,5	7,1	61,0	38,39	72,07	8,3	1,2	1,2	Q1
SA	Cabildo	-71,07	-32,43	10	7,1	61,0	15,71	62,99	8,6	1,4	1,4	Qf
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	10	7,1	61,0	14,92	62,80	8,6	1,4	1,4	MP1c
SA	Llay Llay	-70,96	-32,84	10	7,1	61,0	61,59	86,68	7,9	2,1	2,1	Q1
PO	Til Til	-70,90	-33,08	10,5	7,1	61,0	88,62	107,59	7,3	3,2	3,2	Kia2

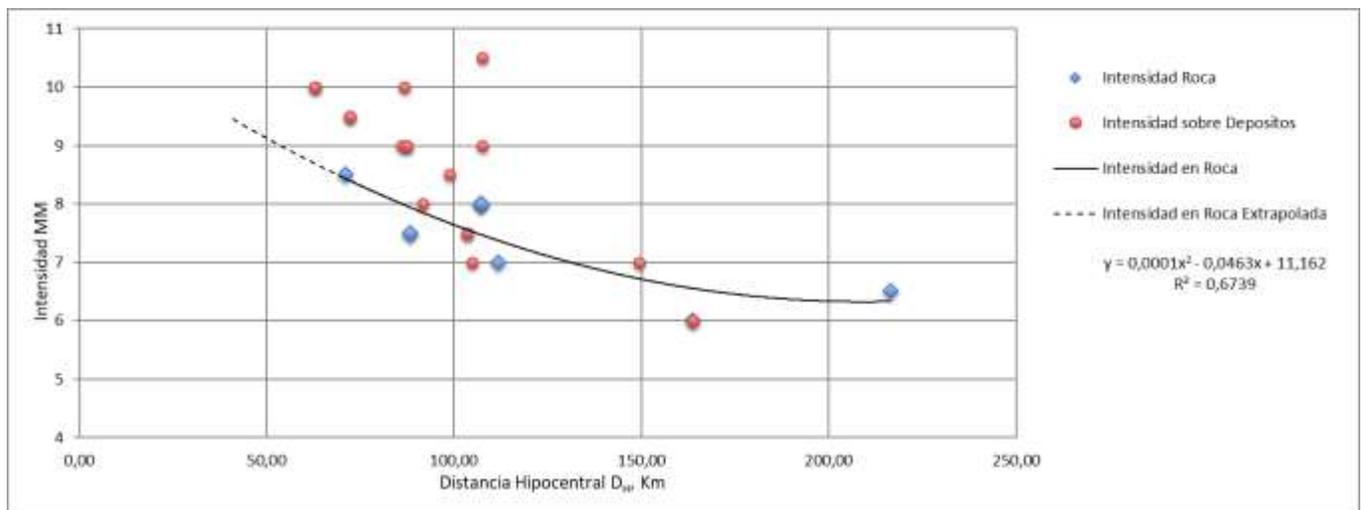


Figura 60: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965

Sismo del 26 de septiembre de 1967

TABLA 44: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Sta. Lucía, Coquimbo	-71,12	-30,62	3	6,8	84,0	338,70	348,96
SA	Manquehue	-70,58	-33,30	3,5	6,8	84,0	34,61	90,85
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	3,5	6,8	84,0	221,45	236,85
PO	Rafael de Navidad	-71,21	-33,79	4,5	6,8	84,0	81,72	117,19
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	4,5	6,8	84,0	113,00	140,80
PO	Rapel de Navidad	-71,50	-34,17	4,5	6,8	84,0	127,97	153,08
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	4,5	6,8	84,0	113,00	140,80
PO	Retén Reñaca Bajo	-71,53	-32,96	4,5	6,8	84,0	134,82	158,85
PO	Pomaire	-71,13	-33,63	4,5	6,8	84,0	70,12	109,42
PO	Quintay	-71,63	-33,22	5	6,8	84,0	132,66	157,02
PO	Zapallar	-71,46	-32,55	5	6,8	84,0	157,72	178,70
PO	Reten Quintay	-71,63	-33,22	5	6,8	84,0	132,55	156,92
PO	Zapallar	-71,46	-32,55	5	6,8	84,0	157,72	178,70
PO	Retén Los Queltehues	-70,21	-33,82	5,5	6,8	84,0	39,90	92,99
PO	Runque	-70,98	-33,01	5,5	6,8	84,0	85,10	119,58
PO	Caletones	-70,45	-34,10	5,5	6,8	84,0	56,18	101,05
PO	Seweel	-70,35	-34,01	6	6,8	84,0	48,36	96,93
PO	Caletones	-70,45	-34,10	6	6,8	84,0	56,18	101,05
SA	La Canela	-71,33	-32,70	3	6,8	84,0	136,41	160,20
PO	Valle Hermoso	-71,19	-32,45	7	6,8	84,0	149,11	171,14

TABLA 45: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
PO	Pedergal (Coquimbo)	-70,70	-30,85	5	6,8	84,0	306,01	317,33	3,3	1,7	1,7	Kia2
PO	Illapel	-71,22	-31,63	5	6,8	84,0	223,82	239,06	3,9	1,1	1,1	MP1c
PO	Illapel	-71,17	-31,63	5	6,8	84,0	223,04	238,33	3,9	1,1	1,1	MP1c
PO	Chincolco	-70,85	-32,22	4	6,8	84,0	155,05	176,35	4,4	-0,4	0,0	Q1
PO	Ret. Pedehua	-71,06	-32,32	5	6,8	84,0	146,59	168,95	4,5	0,5	0,5	MP1c
PO	Catapilco	-71,27	-32,52	4,5	6,8	84,0	129,79	154,60	4,6	-0,1	0,0	MP1c
PO	Catapilco	-71,27	-32,52	5,5	6,8	84,0	129,79	154,60	4,6	0,9	0,9	MP1c
PO	Mineral El Soldado	-71,14	-32,66	6	6,8	84,0	112,76	140,61	4,7	1,3	1,3	Q1
PO	El Melón	-71,23	-32,67	5	6,8	84,0	113,46	141,17	4,7	0,3	0,3	Q1
PO	El Melón	-71,23	-32,67	5	6,8	84,0	113,46	141,17	4,7	0,3	0,3	Q1
PO	Puchuncaví	-71,40	-32,73	6	6,8	84,0	112,57	140,46	4,7	1,3	1,3	Q1
PO	Nogales	-71,20	-32,74	6	6,8	84,0	106,08	135,31	4,8	1,2	1,2	Q1
PO	Sucom. Quintero	-71,52	-32,77	4,5	6,8	84,0	113,03	140,82	4,7	-0,2	0,0	Qe
PO	Quintero	-71,52	-32,77	4,5	6,8	84,0	113,03	140,82	4,7	-0,2	0,0	Qe
PO	Retén Hijuelas	-71,14	-32,80	7	6,8	84,0	98,22	129,24	4,8	2,2	2,2	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	4	6,8	84,0	86,96	120,90	4,9	-0,9	-	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	6	6,8	84,0	86,96	120,90	4,9	1,1	1,1	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	6	6,8	84,0	86,96	120,90	4,9	1,1	1,1	Q1
PO	Quillota	-71,25	-32,87	5,5	6,8	84,0	94,29	126,28	4,9	0,6	0,6	Q1
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	6,5	6,8	84,0	81,59	117,10	5,0	1,5	1,5	Q1

TABLA 46: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	6,5	6,8	84,0	81,59	117,10	5,0	1,5	1,5	Q1
PO	Tenencia Con Con	-71,52	-32,92	7	6,8	84,0	99,88	130,51	4,8	2,2	2,2	Qe
PO	Con Con	-71,52	-32,92	7	6,8	84,0	99,70	130,37	4,8	2,2	2,2	Qe
PO	Cuesta Chacabuco	-70,70	-33,00	6	6,8	84,0	67,92	108,03	5,0	1,0	1,0	Q1
PO	Retén Cuesta Chacabuco	-70,70	-33,00	6	6,8	84,0	67,92	108,03	5,0	1,0	1,0	Q1
PO	Villa Alemana	-71,37	-33,05	5	6,8	84,0	82,70	117,87	4,9	0,1	0,1	PP1m
SA	Estación Colina	-70,71	-33,24	3	6,8	84,0	41,86	93,85	5,2	-2,2	-	Q1
PO	Estación Colina	-70,71	-33,24	5	6,8	84,0	41,86	93,85	5,2	-0,2	0,0	Q1
PO	Lampa	-70,88	-33,27	6	6,8	84,0	44,02	94,83	5,2	0,8	0,8	Q1
PO	Casablanca	-71,41	-33,32	5	6,8	84,0	65,95	106,79	5,1	-0,1	0,1	PP1m
PO	Casablanca	-71,41	-33,32	5	6,8	84,0	65,95	106,79	5,1	-0,1	0,0	PP1m
PO	San Antonio	-71,60	-33,55	5	6,8	84,0	70,61	109,73	5,0	-0,0	0,0	PP1m
PO	Llo Lleo	-71,62	-33,62	5	6,8	84,0	71,70	110,44	5,0	-0,0	0,0	PP1m
PO	Retén Calera de Tango	-70,77	-33,63	5,5	6,8	84,0	17,49	85,80	5,3	0,2	0,2	Q1
PO	Melipilla, 4a. Comisaría	-71,23	-33,65	5	6,8	84,0	47,04	96,28	5,2	-0,2	0,0	Q1
PO	El Convento (ex Reten Convent)	-71,59	-33,77	5	6,8	84,0	72,32	110,84	5,0	-0,0	0,0	PP1c
PO	Navidad	-71,85	-33,95	5	6,8	84,0	94,75	126,62	4,9	0,1	0,1	MP1m
PO	Navidad	-71,83	-33,96	5	6,8	84,0	93,99	126,06	4,9	0,1	0,1	MP1m
PO	Graneros	-70,73	-34,07	7	6,8	84,0	54,01	99,87	5,1	1,9	1,9	Q1
PO	Rancagua	-70,77	-34,17	6	6,8	84,0	65,69	106,63	5,1	0,9	0,9	MP1m
PO	Barahona	-70,72	-34,18	4,5	6,8	84,0	66,26	106,99	5,1	-0,6	-	OM2c
PO	Rio Blanco	-70,50	-34,18	5,5	6,8	84,0	64,82	106,10	5,1	0,4	0,4	M3i
PO	Retén Olivar	-70,76	-34,20	6	6,8	84,0	68,86	108,62	5,0	1,0	1,0	OM2c
PO	Coya	-70,53	-34,21	6	6,8	84,0	67,56	107,80	5,0	1,0	1,0	OM2c
PO	Retén La Laguna	-71,20	-34,48	6	6,8	84,0	108,13	136,93	4,8	1,2	1,2	OM2c

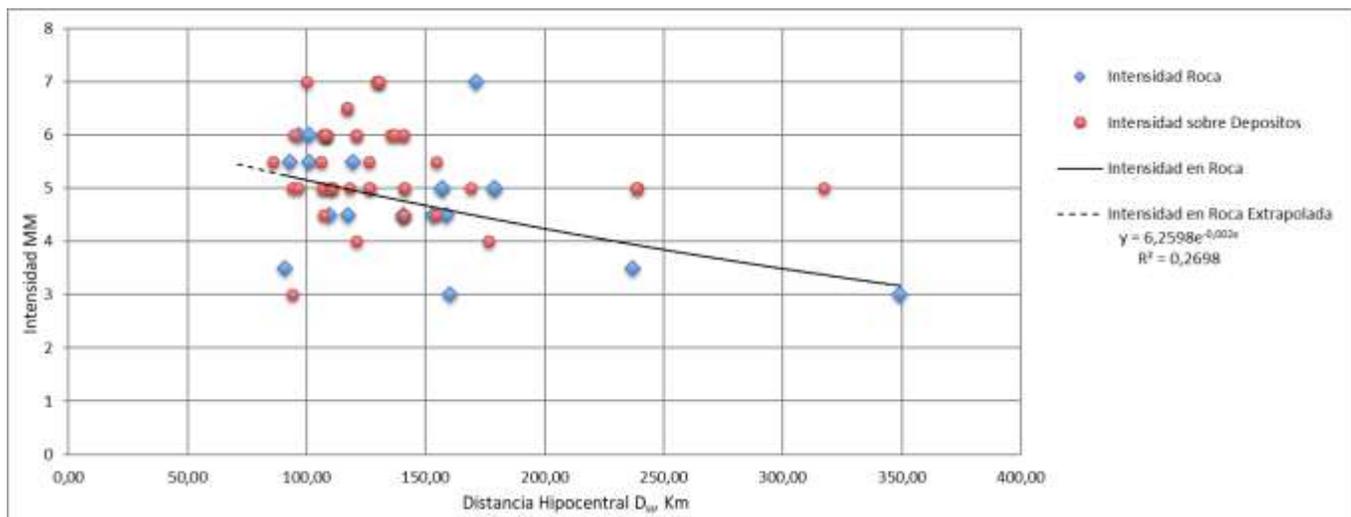


Figura 61: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

Sismo del 09 de julio de 1971

TABLA 47: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 09 JULIO 1971

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
PO	Campamento Sewell	-70,35	-34,01	5	7,5	60,0	192,49	201,62
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	6,5	7,5	60,0	65,05	88,50
PO	Quilitapia	-71,25	-30,92	6	7,5	60,0	176,14	186,08
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	8	7,5	60,0	76,20	96,99
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	9	7,5	60,0	76,49	97,21

TABLA 48: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Ovalle	-71,20	-30,60	6	7,5	60,0	210,76	219,14	5,6	0,4	0,4	MP1c
PO	Santiago	-70,67	-33,45	6,5	7,5	60,0	120,86	134,93	7,1	-0,6	-	Q1
SA	San Marcos	-71,07	-30,96	7	7,5	60,0	172,34	182,48	6,2	0,8	0,8	Ki2c
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	7	7,5	60,0	60,09	84,92	8,3	-1,3	-	Q1
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	7	7,5	60,0	75,60	96,52	8,0	-1,0	-	Q1
SA	Combarbala	-71,00	-31,18	8	7,5	60,0	148,53	160,19	6,6	1,4	1,4	Q1
PO	Quintero	-71,52	-32,77	8	7,5	60,0	46,55	75,94	8,5	-0,5	-	Qe
SA	Illapel	-71,17	-31,63	9	7,5	60,0	96,71	113,81	7,6	1,4	1,4	MP1c
SA	Salamanca	-70,96	-31,78	9	7,5	60,0	84,09	103,30	7,9	1,1	1,1	Q1
PO	La Ligua	-71,23	-32,45	9	7,5	60,0	6,48	60,35	8,9	0,1	0,1	MP1c
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	9	7,5	60,0	75,55	96,48	8,0	1,0	1,0	Q1

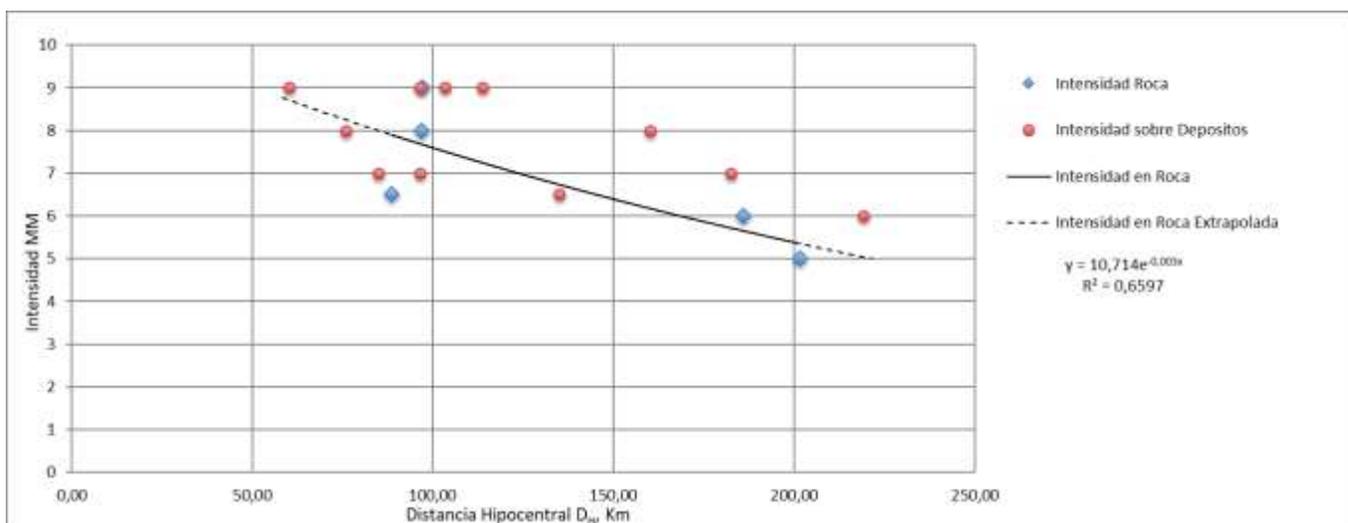


Figura 62: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971

Sismo del 12 de noviembre de 1974

TABLA 49: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	4	6,3	90,0	179,37	200,68
SA	Petorca	-70,93	-32,25	4,5	6,3	90,0	110,81	142,75
SA	San Jose de Maipo	-70,37	-33,63	4,5	6,3	90,0	55,35	105,66
SA	Algarrobo	-71,67	-33,37	5	6,3	90,0	126,46	155,22
SA	Cartagena	-71,61	-33,55	5	6,3	90,0	124,60	153,70
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	5	6,3	90,0	118,94	149,15

TABLA 50: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Aconcagua	-71,12	-32,80	4	6,3	90,0	75,55	117,51	4,9	-0,9	-	Q1
SA	Illapel	-71,17	-31,63	4,5	6,3	90,0	184,30	205,10	4,5	-0,0	0,0	MP1c
SA	Santiago	-70,67	-33,45	5	6,3	90,0	33,74	96,12	5,0	-0,0	0,0	Q1
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5	6,3	90,0	110,11	142,21	4,8	0,2	0,2	MP1c
SA	Limache	-71,26	-33,01	6	6,3	90,0	80,87	121,00	4,9	1,1	1,1	Q1
SA	San Antonio	-71,60	-33,55	6	6,3	90,0	124,15	153,34	4,8	1,2	1,2	MP1m
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	6	6,3	90,0	39,31	98,21	5,0	1,0	1,0	Q1
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	6	6,3	90,0	50,41	103,16	5,0	1,0	1,0	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	6,5	6,3	90,0	84,67	123,57	4,9	1,6	1,6	Q1
SA	Saladillo	-70,28	-32,95	6,5	6,3	90,0	38,44	97,86	5,0	1,5	1,5	OM2c
SA	Llay Llay	-70,96	-32,84	6,5	6,3	90,0	58,12	107,13	5,0	1,5	1,5	Q1
SA	La Calera	-71,20	-32,79	6,5	6,3	90,0	84,22	123,26	4,9	1,6	1,6	Js21m
SA	Quintero	-71,52	-32,77	6,5	6,3	90,0	116,65	147,34	4,8	1,7	1,7	Qe

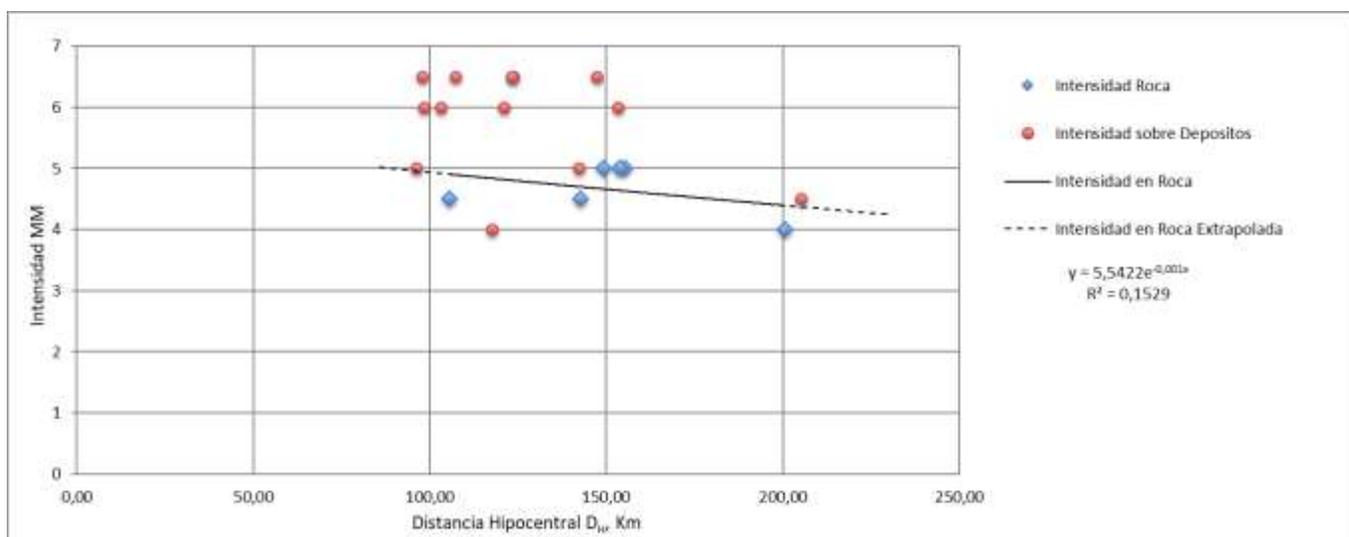


Figura 63: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974

Sismo del 04 de junio de 1975

TABLA 51: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 04 JUNIO 1975

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Rio Blanco	-70,50	-34,18	3	5,4	91,0	199,72	219,48
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	5	5,4	91,0	66,23	112,55

TABLA 52: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Illapel	-71,17	-31,63	2	5,4	91,0	103,96	138,16	4,3	-2,3	-	MP1c
SA	Santiago	-70,67	-33,45	3	5,4	91,0	119,26	150,01	4,0	-1,0	-	Q1
SA	Peñuelas	-71,47	-33,16	3	5,4	91,0	70,52	115,13	4,8	-1,8	-	Q1
SA	San Antonio	-71,60	-33,55	3,5	5,4	91,0	116,02	147,45	4,1	-0,6	-	MP1m
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	4	5,4	91,0	79,90	121,10	4,7	-0,7	-	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	4	5,4	91,0	34,54	97,33	5,3	-1,3	-	Q1
SA	La Calera	-71,20	-32,79	4	5,4	91,0	26,37	94,74	5,3	-1,3	-	Js21m
SA	San Pedro	-71,47	-33,90	4	5,4	91,0	150,58	175,94	3,6	0,4	0,4	Q1
SA	Rio Blanco	-70,50	-34,18	3	5,4	91,0	199,72	219,48	2,9	0,1	0,1	M3i
SA	Nogales	-71,20	-32,74	4	5,4	91,0	20,93	93,38	5,4	-1,4	-	Q1
SA	Catapilco	-71,27	-32,52	4,5	5,4	91,0	4,45	91,11	5,4	-0,9	-	MP1c
SA	Villa Alemana	-71,37	-33,05	5	5,4	91,0	55,60	106,64	5,0	-0,0	0,0	PP1m
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	5	5,4	91,0	64,61	111,60	4,9	0,1	0,1	Q1
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5	5,4	91,0	13,01	91,93	5,4	-0,4	0,0	MP1c
SA	Limache	-71,26	-33,01	5	5,4	91,0	50,04	103,85	5,1	-0,1	0,0	Q1

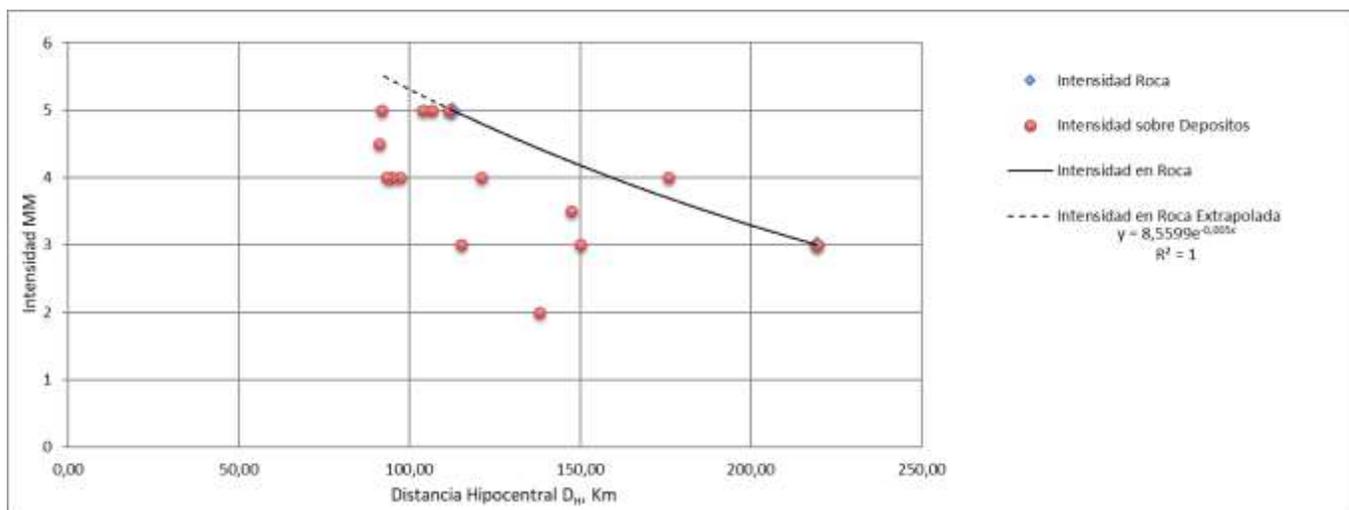


Figura 64: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975

7.2.4 ANALISIS DE DECAIMIENTO DE INTENSIDADES - MODELO B

Para el análisis del decaimiento de intensidades aplicando el modelo B, se requiere determinar la longitud de ruptura para cada uno de los sismos principales en estudio, de acuerdo a lo planteado en párrafos anteriores, aplicando la relación entre la longitud de ruptura y la magnitud Richter. Los resultados de esta determinación de los puntos extremos de cada línea de ruptura, considerando líneas de ruptura orientadas en sentido norte-sur, horizontales, y cuyo punto central se ubica en el hipocentro del sismo.

TABLA 53: LONGITUDES DE RUPTURA PARA SISMOS PRINCIPALES EN ESTUDIO

Año Sismo	Fecha	Ms	Longitud Ruptura, Km	Epicentro		Linea Ruptura, Extremo Norte		Linea Ruptura, Extremo Sur	
				Latitud, °	Longitud, °	Latitud, °	Longitud, °	Latitud, °	Longitud, °
1947	Marzo, 21	6,5	66	-32,30	-71,00	-32,00	-71,00	-32,60	-71,00
1965	Marzo, 28	7,1	86	-32,40	-71,20	-32,01	-71,20	-32,79	-71,20
1967	Septiembre, 26	6,8	75	-33,60	-70,50	-33,26	-70,50	-33,94	-70,50
1971	Julio, 09	7,5	103	-32,27	-71,34	-31,81	-71,34	-32,73	-71,34
1974	Noviembre, 12	6,3	60	-33,20	-70,60	-32,93	-70,60	-33,47	-70,60
1975	Junio, 04	5,4	41	-32,56	-71,27	-32,38	-71,27	-32,74	-71,27
1997	Octubre, 14	6,8	75	-30,27	-71,12	-29,93	-71,12	-30,61	-71,12

En las tablas siguientes se han ordenado las localidades de norte a sur, de acuerdo a su latitud, y se han identificado en bandas de distinto color las localidades al norte de la línea de ruptura, las que se encuentran frente a la línea de ruptura en color verde claro, y las que se encuentran al sur de esta línea.

Sismo del 21 de marzo de 1947

TABLA 54: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 21 MARZO 1947

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	5,5	6,5	60,0	54,69	81,19
SA	Petorca	-70,93	-32,25	6,5	6,5	60,0	4,98	60,21
SA	Alicahue	-70,79	-32,35	7,5	6,5	60,0	14,06	61,63
SA	Juncal	-70,09	-32,92	3,5	6,5	60,0	23,17	64,32
SA	Valparaíso	-71,61	-33,05	3,5	6,5	60,0	30,65	67,38

TABLA 55: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Ovalle	-71,20	-30,60	3,5	6,5	60,0	178,42	188,24	2,8	0,8	0,8	MP1c
SA	Combarbalá	-71,00	-31,18	3,5	6,5	60,0	113,85	128,69	2,9	0,6	0,6	Q1
SA	Illapel	-71,17	-31,63	5,5	6,5	60,0	64,94	88,41	4,2	1,3	1,3	MP1c
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5,5	6,5	60,0	13,08	61,41	5,6	-0,1	0,0	MP1c
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	5,5	6,5	60,0	7,28	60,44	5,7	-0,2	0,0	Q1
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	5,5	6,5	60,0	8,77	60,64	5,6	-0,1	0,0	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	5,5	6,5	60,0	9,67	60,77	5,6	-0,1	0,0	Q1
SA	Casablanca	-71,41	-33,32	2	6,5	60,0	58,67	83,92	4,4	-2,4	-	PP1m
SA	Santiago	-70,67	-33,45	2	6,5	60,0	72,82	94,35	4,0	-2,0	-	Q1

NOTA: Intensidad en Roca Extrapolada para Ovalle estimada para decaimiento de forma asistótica.-

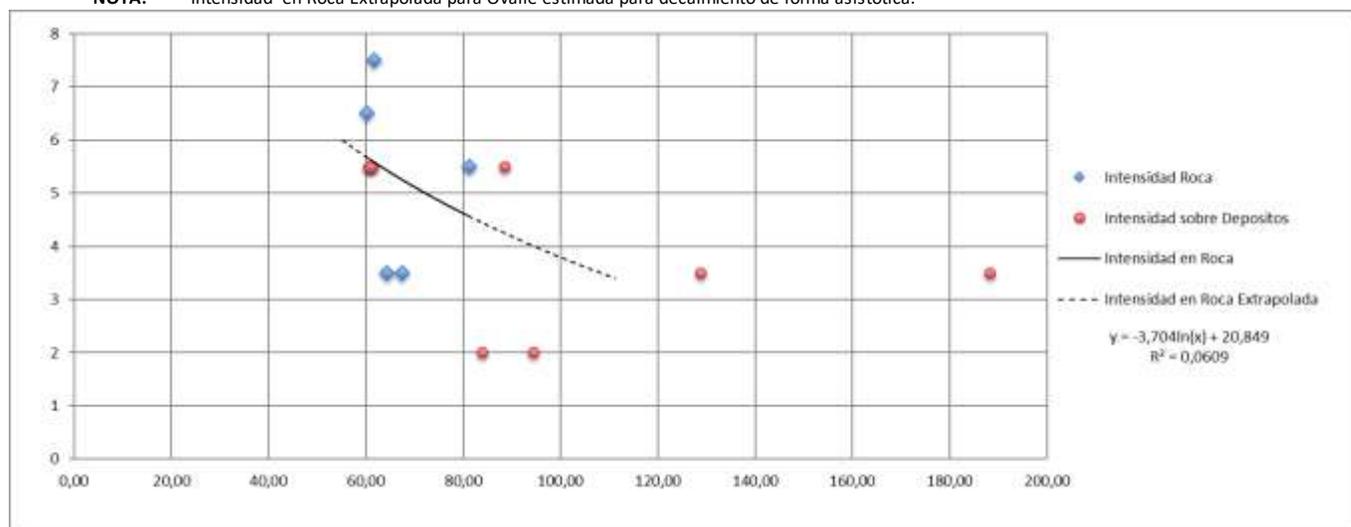


Figura 65: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 21 MARZO 1947

Sismo del 28 de marzo de 1965

TABLA 56: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 28 MARZO 1965

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Mincha	-71,43	-31,58	8	7,1	61,0	47,50	77,31
PO	Mincha	-71,43	-31,58	8	7,1	61,0	47,50	77,31
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	7,5	7,1	61,0	38,52	72,14
PO	Los Vilos	-71,57	-31,92	7,5	7,1	61,0	38,52	72,14
PO	Mina El Soldado	-71,14	-32,66	8,5	7,1	61,0	1,09	61,01
SA	Viña del Mar	-71,55	-33,02	8	7,1	61,0	36,06	70,86
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	7	7,1	61,0	39,03	72,42
PO	Llo Lleo, Fdo Sn. Enrique	-71,62	-33,62	6	7,1	61,0	101,32	118,27
SA	Rapel de Navidad	-71,50	-34,17	6,5	7,1	61,0	161,88	172,99

TABLA 57: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Illapel	-71,17	-31,63	8,5	7,1	61,0	34,75	70,21	7,8	0,7	0,7	MP1c
SA	Cabildo	-71,07	-32,43	10	7,1	61,0	6,14	61,31	8,0	2,0	2,0	Qf
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	10	7,1	61,0	3,41	61,10	8,1	1,9	1,9	MP1c
SA	El Melón	-71,23	-32,67	9,5	7,1	61,0	2,08	61,04	8,1	1,4	1,4	Q1
PO	El Melón	-71,23	-32,67	9,5	7,1	61,0	2,08	61,04	8,1	1,4	1,4	Q1
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	8	7,1	61,0	13,83	62,55	8,0	-0,0	0,0	Q1
SA	Quintero	-71,52	-32,77	9	7,1	61,0	11,96	62,16	8,0	1,0	1,0	Qe
PO	Quintero	-71,52	-32,77	9	7,1	61,0	11,96	62,16	8,0	1,0	1,0	Qe
PO	La Calera	-71,20	-32,79	2,5	7,1	61,0	7,98	61,52	8,0	-5,5	-	Js21m
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	7,5	7,1	61,0	20,45	64,34	8,0	-0,5	-	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	7,5	7,1	61,0	20,45	64,34	8,0	-0,5	-	Q1
SA	Llay Llay	-70,96	-32,84	10	7,1	61,0	15,21	62,87	8,0	2,0	2,0	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	9	7,1	61,0	17,22	63,38	8,0	1,0	1,0	Q1
SA	Quilpue	-71,44	-33,05	7	7,1	61,0	37,74	71,73	7,7	-0,7	-	PP1m
SA	Til Til	-70,90	-33,08	9	7,1	61,0	41,19	73,60	7,7	1,3	1,3	Kia2
PO	Til Til	-70,90	-33,08	10,5	7,1	61,0	41,19	73,60	7,7	2,8	2,8	Kia2
SA	Santiago	-70,67	-33,45	7	7,1	61,0	82,76	102,81	7,0	-0,0	0,0	Q1
SA	Llo Lleo	-71,62	-33,62	6	7,1	61,0	101,32	118,27	6,8	-0,8	-	PP1m

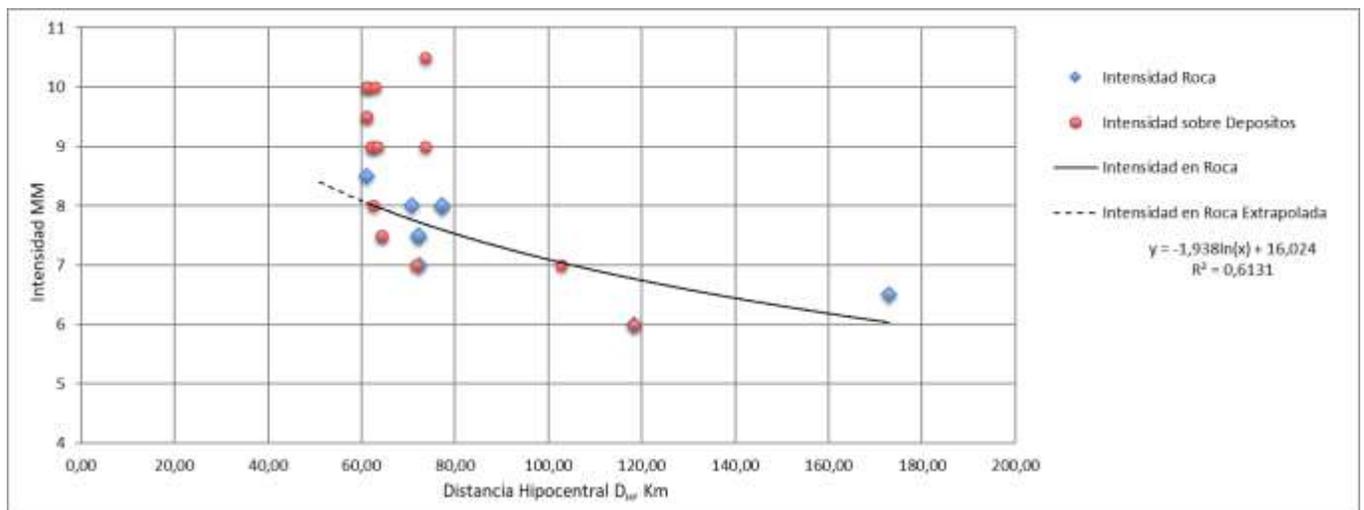


Figura 66: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 28 MARZO 1965

Sismo del 26 de septiembre de 1967

TABLA 58: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Sta. Lucía, Coquimbo	-71,12	-30,62	3	6,8	84,0	294,60	306,34
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	3,5	6,8	84,0	152,56	174,16
PO	Valle Hermoso	-71,19	-32,45	7	6,8	84,0	92,55	124,99
PO	Zapallar	-71,46	-32,55	5	6,8	84,0	83,78	118,64
PO	Zapallar	-71,46	-32,55	5	6,8	84,0	83,78	118,64
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	4,5	6,8	84,0	74,60	112,35
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	4,5	6,8	84,0	74,60	112,35
SA	La Canela	-71,33	-32,70	3	6,8	84,0	67,20	107,57
PO	Retén Reñaca Bajo	-71,53	-32,96	4,5	6,8	84,0	45,66	95,61
PO	Runque	-70,98	-33,01	5,5	6,8	84,0	31,88	89,84
PO	Quintay	-71,63	-33,22	5	6,8	84,0	34,41	90,77
PO	Reten Quintay	-71,63	-33,22	5	6,8	84,0	34,36	90,75
SA	Manquehue	-70,58	-33,30	3,5	6,8	84,0	2,84	84,05
PO	Pomaire	-71,13	-33,63	4,5	6,8	84,0	42,01	93,92
PO	Rafael de Navidad	-71,21	-33,79	4,5	6,8	84,0	56,81	101,40
PO	Retén Los Queltehues	-70,21	-33,82	5,5	6,8	84,0	23,47	87,22
PO	Seweel	-70,35	-34,01	6	6,8	84,0	15,63	85,44
PO	Caletones	-70,45	-34,10	5,5	6,8	84,0	18,83	86,08
PO	Caletones	-70,45	-34,10	6	6,8	84,0	18,83	86,08
PO	Rapel de Navidad	-71,50	-34,17	4,5	6,8	84,0	94,15	126,17

TABLA 59: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
PO	Pedergal (Coquimbo)	-70,70	-30,85	5	6,8	84,0	268,14	280,99	3,5	1,5	1,5	Kla2
PO	Illapel	-71,22	-31,63	5	6,8	84,0	182,65	201,04	4,1	0,9	0,9	MP1c
PO	Illapel	-71,17	-31,63	5	6,8	84,0	182,37	200,79	4,1	0,9	0,9	MP1c
PO	Chincolco	-70,85	-32,22	4	6,8	84,0	116,24	143,41	4,6	-0,6	-	Q1
PO	Ret. Pedehua	-71,06	-32,32	5	6,8	84,0	105,84	135,12	4,7	0,3	0,3	MP1c
PO	Catapiño	-71,27	-32,52	4,5	6,8	84,0	85,61	119,94	4,8	-0,3	0,0	MP1c
PO	Catapiño	-71,27	-32,52	5,5	6,8	84,0	85,61	119,94	4,8	0,7	0,7	MP1c
PO	Mineral El Soldado	-71,14	-32,66	6	6,8	84,0	70,10	109,41	4,9	1,1	1,1	Q1
PO	El Melón	-71,23	-32,67	5	6,8	84,0	69,31	108,90	4,9	0,1	0,1	Q1
PO	El Melón	-71,23	-32,67	5	6,8	84,0	69,31	108,90	4,9	0,1	0,1	Q1
PO	Puchuncaví	-71,40	-32,73	6	6,8	84,0	64,99	106,20	5,0	1,0	1,0	Q1
PO	Nogales	-71,20	-32,74	6	6,8	84,0	62,12	104,48	5,0	1,0	1,0	Q1
PO	Sucom. Quintero	-71,52	-32,77	4,5	6,8	84,0	62,67	104,80	5,0	-0,5	-	Qe
PO	Quintero	-71,52	-32,77	4,5	6,8	84,0	62,67	104,80	5,0	-0,5	-	Qe
PO	Retén Hijuelas	-71,14	-32,80	7	6,8	84,0	55,03	100,42	5,0	2,0	2,0	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	4	6,8	84,0	49,14	97,32	5,1	-1,1	-	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	6	6,8	84,0	49,14	97,32	5,1	0,9	0,9	Q1
PO	Los Andes	-70,60	-32,82	6	6,8	84,0	49,14	97,32	5,1	0,9	0,9	Q1
PO	Quillota	-71,25	-32,87	5,5	6,8	84,0	49,01	97,25	5,1	0,4	0,4	Q1
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	6,5	6,8	84,0	43,67	94,67	5,1	1,4	1,4	Q1

TABLA 60: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	6,5	6,8	84,0	43,67	94,67	5,1	1,4	1,4	Q1
PO	Tenencia Con Con	-71,52	-32,92	7	6,8	84,0	48,82	97,16	5,1	1,9	1,9	Qe
PO	Con Con	-71,52	-32,92	7	6,8	84,0	48,55	97,02	5,1	1,9	1,9	Qe
PO	Cuesta Chacabuco	-70,70	-33,00	6	6,8	84,0	29,66	89,08	5,1	0,9	0,9	Q1
PO	Retén Cuesta Chacabuco	-70,70	-33,00	6	6,8	84,0	29,66	89,08	5,1	0,9	0,9	Q1
PO	Villa Alemana	-71,37	-33,05	5	6,8	84,0	35,19	91,07	5,1	-0,1	0,0	PP1m
SA	Estación Colina	-70,71	-33,24	3	6,8	84,0	6,60	84,26	5,2	-2,2	-	Q1
PO	Estación Colina	-70,71	-33,24	5	6,8	84,0	6,60	84,26	5,2	-0,2	0,0	Q1
PO	Lampa	-70,88	-33,27	6	6,8	84,0	11,81	84,83	5,2	0,8	0,8	Q1
PO	Casablanca	-71,41	-33,32	5	6,8	84,0	32,92	90,22	5,1	-0,1	0,0	PP1m
PO	Casablanca	-71,41	-33,32	5	6,8	84,0	32,92	90,22	5,1	-0,1	0,0	PP1m
PO	San Antonio	-71,60	-33,55	5	6,8	84,0	65,30	106,40	5,0	0,0	0,0	MP1m
PO	Llo Lleo	-71,62	-33,62	5	6,8	84,0	73,69	111,74	4,9	0,1	0,1	PP1m
PO	Retén Calera de Tango	-70,77	-33,63	5,5	6,8	84,0	17,89	85,88	5,2	0,3	0,3	Q1
PO	Melipilla, 4a. Comisaría	-71,23	-33,65	5	6,8	84,0	49,97	97,74	5,1	-0,1	0,0	Q1
PO	El Convento (ex Reten Convent)	-71,59	-33,77	5	6,8	84,0	85,72	120,02	4,8	0,2	0,2	PP1c
PO	Navidad	-71,85	-33,95	5	6,8	84,0	122,28	148,35	4,6	0,4	0,4	MP1m
PO	Navidad	-71,83	-33,96	5	6,8	84,0	120,44	146,84	4,6	0,4	0,4	MP1m
PO	Graneros	-70,73	-34,07	7	6,8	84,0	25,43	87,77	5,2	1,8	1,8	Q1
PO	Rancagua	-70,77	-34,17	6	6,8	84,0	35,48	91,18	5,1	0,9	0,9	M3i
PO	Barahona	-70,72	-34,18	4,5	6,8	84,0	33,74	90,52	5,1	-0,6	-	OM2c
PO	Rio Blanco	-70,50	-34,18	5,5	6,8	84,0	27,15	88,28	5,2	0,3	0,3	M3i
PO	Retén Olivar	-70,76	-34,20	6	6,8	84,0	37,47	91,98	5,1	0,9	0,9	OM2c
PO	Coya	-70,53	-34,21	6	6,8	84,0	29,96	89,18	5,1	0,9	0,9	OM2c
PO	Retén La Laguna	-71,20	-34,48	6	6,8	84,0	87,89	121,57	4,8	1,2	1,2	OM2c

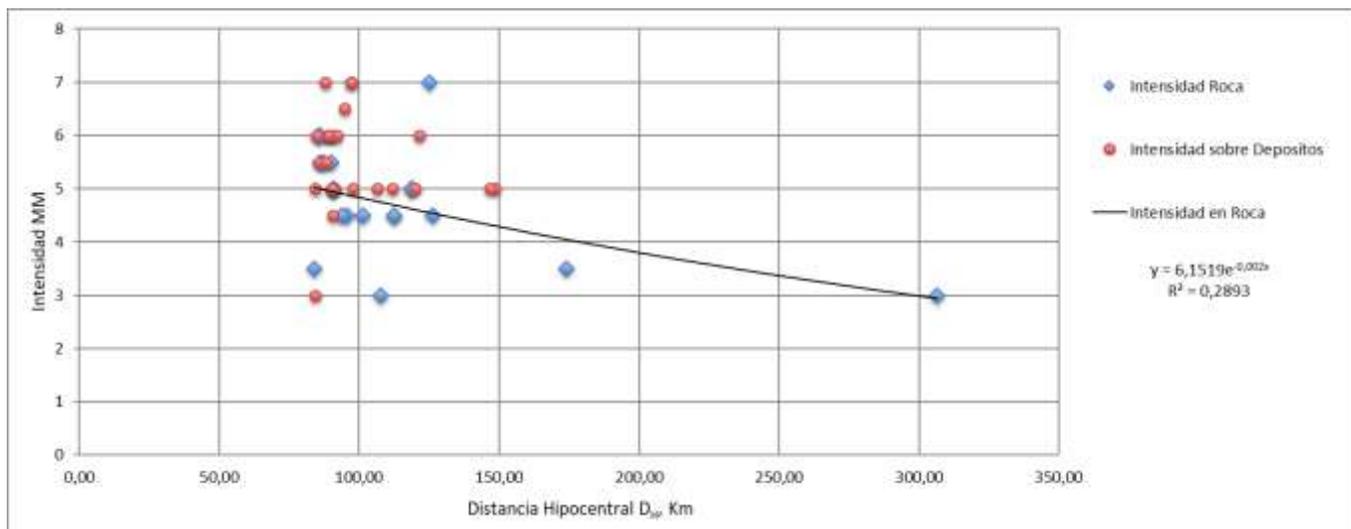


Figura 67: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 26 SEPTIEMBRE 1967

Sismo del 09 de julio de 1971

TABLA 61: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 09 JULIO 1971

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
PO	Quilitapia	-71,25	-30,92	6	7,5	60,0	124,88	138,54
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	9	7,5	60,0	36,02	69,98
PO	Los Patos	-70,62	-32,59	6,5	7,5	60,0	24,77	64,91
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	8	7,5	60,0	9,65	60,77
PO	Campamento Sewell	-70,35	-34,01	5	7,5	60,0	116,46	131,01

TABLA 62: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Ovalle	-71,20	-30,60	6	7,5	60,0	159,51	170,42	4,5	1,5	1,5	MP1c
SA	San Marcos	-71,07	-30,96	7	7,5	60,0	121,04	135,10	5,3	1,7	1,7	KI2c
SA	Combarbala	-71,00	-31,18	8	7,5	60,0	97,29	114,30	5,9	2,1	2,1	Q1
SA	Illapel	-71,17	-31,63	9	7,5	60,0	45,49	75,29	7,2	1,8	1,8	MP1c
SA	Salamanca	-70,96	-31,78	9	7,5	60,0	35,78	69,86	7,4	1,6	1,6	Q1
PO	La Ligua	-71,23	-32,45	9	7,5	60,0	1,71	60,02	7,8	1,2	1,2	MP1c
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	7	7,5	60,0	12,49	61,29	7,7	-0,7	-	Q1
PO	Quintero	-71,52	-32,77	8	7,5	60,0	7,65	60,49	7,8	0,2	0,2	Qe
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	7	7,5	60,0	11,07	61,01	7,7	-0,7	-	Q1
PO	Calle Larga	-70,63	-32,87	9	7,5	60,0	7,38	60,45	7,8	1,2	1,2	Q1
PO	Santiago	-70,67	-33,45	6,5	7,5	60,0	54,26	80,90	7,0	-0,5	-	Q1

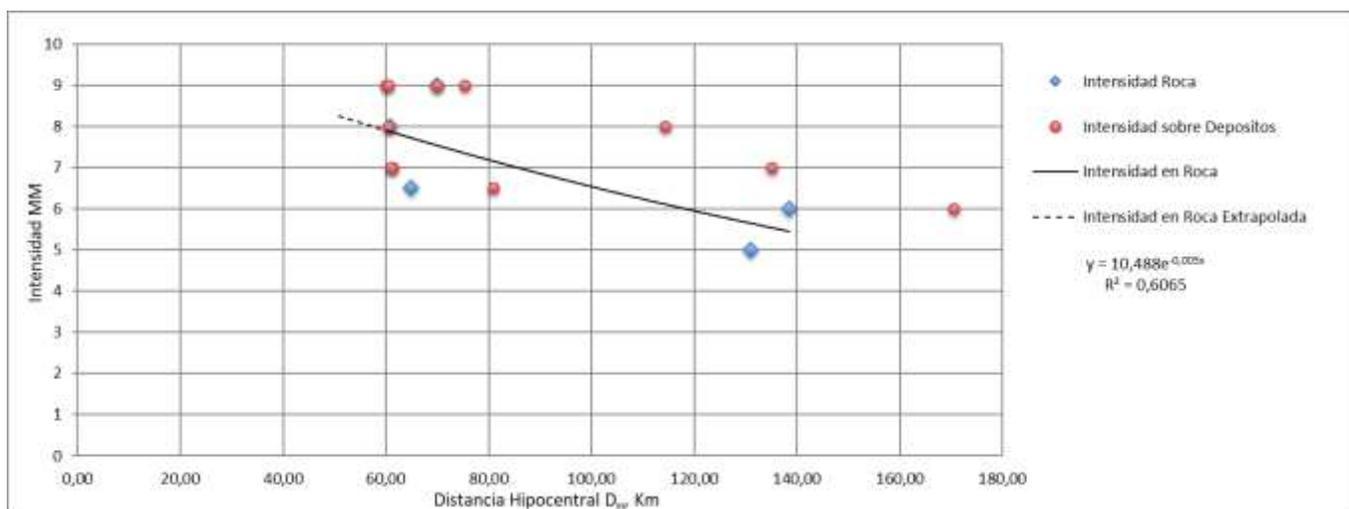


Figura 68: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 09 JULIO 1971

Sismo del 12 de noviembre de 1974

TABLA 63: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Los Vilos	-71,57	-31,92	4	6,3	90,0	109,21	141,51
SA	Petorca	-70,93	-32,25	4,5	6,3	90,0	72,15	115,35
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	5	6,3	90,0	7,14	90,28
SA	Algarrobo	-71,67	-33,37	5	6,3	90,0	46,01	101,08
SA	Cartagena	-71,61	-33,55	5	6,3	90,0	52,90	104,39
SA	San Jose de Maipo	-70,37	-33,63	4,5	6,3	90,0	23,05	92,91

TABLA 64: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Illapel	-71,17	-31,63	4,5	6,3	90,0	141,03	167,30	3,6	0,9	0,9	MP1c
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5	6,3	90,0	50,27	103,09	4,7	0,3	0,3	MP1c
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	6	6,3	90,0	16,55	91,51	4,9	1,1	1,1	Q1
SA	Quintero	-71,52	-32,77	6,5	6,3	90,0	17,14	91,62	4,9	1,6	1,6	Qe
SA	La Calera	-71,20	-32,79	6,5	6,3	90,0	13,85	91,06	4,9	1,6	1,6	Js21m
SA	Aconcagua	-71,12	-32,80	4	6,3	90,0	12,26	90,83	4,9	-0,9	-	Q1
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	6	6,3	90,0	8,70	90,42	4,9	1,1	1,1	Q1
SA	Llay Llay	-70,96	-32,84	6,5	6,3	90,0	7,50	90,31	4,9	1,6	1,6	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	6,5	6,3	90,0	7,56	90,32	4,9	1,6	1,6	Q1
SA	Saladillo	-70,28	-32,95	6,5	6,3	90,0	1,09	90,01	4,9	1,6	1,6	OM2c
SA	Limache	-71,26	-33,01	6	6,3	90,0	1,84	90,02	4,9	1,1	1,1	Q1
SA	Santiago	-70,67	-33,45	5	6,3	90,0	5,93	90,20	4,9	0,1	0,1	Q1
SA	San Antonio	-71,60	-33,55	6	6,3	90,0	52,71	104,30	4,6	1,4	1,4	MP1m

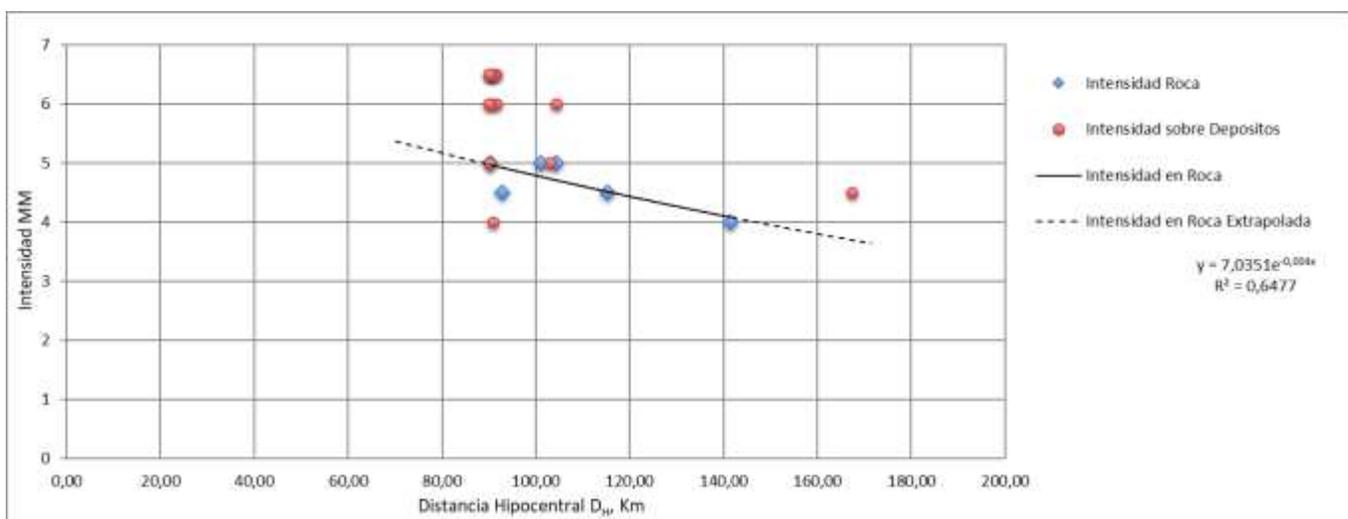


Figura 69: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 12 NOVIEMBRE 1974

Sismo del 04 de junio de 1975

TABLA 65: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN ROCA – SISMO 04 JUNIO 1975

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad Roca	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km
SA	Rio Blanco	-70,50	-34,18	3	5,4	91,0	161,43	185,31
SA	Valparaiso	-71,61	-33,05	5	5,4	91,0	35,05	97,52

TABLA 66: DATOS CURVA DE DECAIMIENTO DE INTENSIDAD EN DEPOSITOS SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975

FTE	LOCALIDAD	LONGITUD [°]	LATITUD [°]	Intensidad sobre Depositos	Magnitud Ms, Richter	Prof Hipocentro, m	D _{Ep} , Km	D _{Hip} , Km	Intensidad Roca Extrapolada	ΔIntensidad Depositos Calculada	Incremento Intensidad vs Roca	Depósito Geológico
SA	Illapel	-71,17	-31,63	2	5,4	91,0	83,23	123,32	4,2	-2,2	-	MP1c
SA	La Ligua	-71,23	-32,45	5	5,4	91,0	2,27	91,03	5,1	-0,1	0,0	MP1c
SA	Catapilco	-71,27	-32,52	4,5	5,4	91,0	0,00	91,00	5,1	-0,6	-	MP1c
SA	Nogales	-71,20	-32,74	4	5,4	91,0	1,85	91,02	5,1	-1,1	-	Q1
SA	San Felipe	-70,72	-32,75	5	5,4	91,0	14,76	92,19	5,1	-0,1	0,0	Q1
SA	La Calera	-71,20	-32,79	4	5,4	91,0	5,29	91,15	5,1	-1,1	-	Js21m
SA	Los Andes	-70,60	-32,82	4	5,4	91,0	19,91	93,15	5,0	-1,0	-	Q1
SA	Quillota	-71,25	-32,87	4	5,4	91,0	14,13	92,09	5,1	-1,1	-	Q1
SA	Limache	-71,26	-33,01	5	5,4	91,0	29,69	95,72	5,0	0,0	0,0	Q1
SA	Villa Alemana	-71,37	-33,05	5	5,4	91,0	34,24	97,23	4,9	0,1	0,1	PP1m
SA	Peñuelas	-71,47	-33,16	3	5,4	91,0	46,98	102,41	4,8	-1,8	-	Q1
SA	Santiago	-70,67	-33,45	3	5,4	91,0	80,12	121,24	4,3	-1,3	-	Q1
SA	San Antonio	-71,60	-33,55	3,5	5,4	91,0	90,16	128,10	4,1	-0,6	-	MP1m
SA	San Pedro	-71,47	-33,90	4	5,4	91,0	128,74	157,66	3,4	0,6	0,6	Q1
SA	Rio Blanco	-70,50	-34,18	3	5,4	91,0	161,43	185,31	2,9	0,1	0,1	M3i

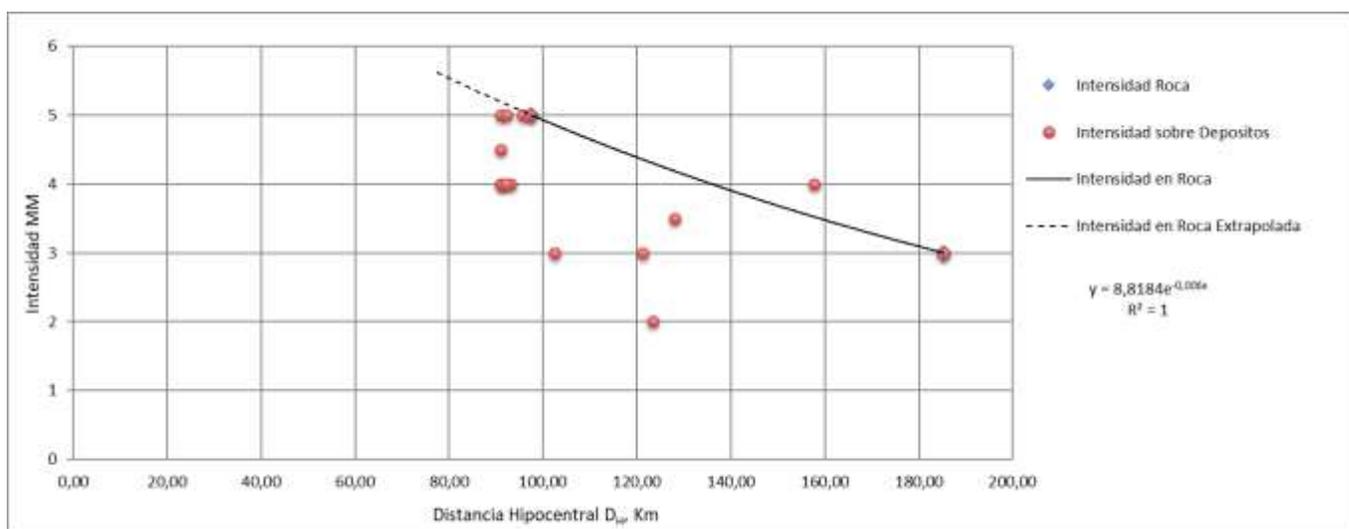


Figura 70: CURVA DECAIMIENTO INTENSIDAD EN ROCA E INTENSIDADES EN SUELOS – SISMO 04 JUNIO 1975

7.2.5 ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

En los cuadros anteriores, algunas localidades se incluyen más de una vez, dado que existen reportes de intensidades de más de una fuente, y se quiso analizar la totalidad de los datos, en esta etapa.

En cuanto a la calidad de las curvas para representar el decaimiento de las intensidades en roca y su extrapolación. Para esto se usa el factor de correlación R^2 , cuyos valores oscilaron entre 0,15 y 0,81 para el uso del Modelo A, y variaron entre 0,29 y 0,65 para el uso del Modelo B. No se ha considerado el caso del sismo del año 1975, que, por solo poseer dos localidades con intensidad reportada en roca, su factor de correlación es $R^2=1.0$ para ambos modelos A y B.

En la tabla siguiente se muestra un cuadro comparativo del tipo de ecuación obtenido para la curva de decaimiento y factor de correlación para cada sismo, según el Modelo A y B.

TABLA 67: RESUMEN TIPO ECUACION Y FACTOR DE CORRELACION R^2 PARA CURVAS DE DECAIMIENTO EN ROCA

Sismo	Modelo A		Modelo B	
	Tipo Ecuación	R2	Tipo Ecuación	R2
21.Marzo.1947	Logarítmica	0,81	Logarítmica	0,60
28.Marzo.1965	Polinómica grado 2	0,67	Logarítmica	0,61
26.Sept.1967	Exponencial	0,27	Exponencial	0,29
08.Julio.1971	Exponencial	0,66	Exponencial	0,61
12.Nov.1974	Exponencial	0,15	Exponencial	0,65
04.Junio.1975	Exponencial	1,00	Exponencial	1,00

Se puede ver que:

- Los factores de correlación son del mismo orden de magnitud sismo a sismo, entre ambos modelos, salvo para el sismo del año 1974, donde el factor de correlación para el modelo B es mucho mejor que para el modelo A.
- En la mayor parte de los casos los factores de correlación varían entre 0,60 y 0,81 (70%) y que la mayor parte de estos casos los factores de correlación son mayores para el modelo B, exceptuando para el sismo de 1947, donde por el modelo A se obtiene un factor de correlación 0,81 vs. en valor 0,60 para el modelo B.

Por otro lado, se debe considerar que modelo puede representar de mejor manera el origen de propagación de ondas en un fenómeno sísmico intraplaca y el decaimiento de intensidades, es decir cual se ajusta mejor a la realidad, al considerar que la energía es emitida desde un punto o desde una línea de ruptura como la que se ha propuesto. En este sentido se entiende como más cercano a la realidad el modelo B, considerando que las tensiones al interior de la placa subductada generen muy probablemente planos de falla orientados en dirección norte-sur, originados por tensiones a su vez orientadas en

la dirección longitudinal de la placa subductada, es decir por tensiones orientadas en dirección cercana a un eje este-oeste, considerando que la placa mantiene la dirección en la cual subduce.

Por otro lado, se observa que las curvas de decaimiento en roca no presentan un comportamiento tan asintótico como en el caso de sismos interplacas, sino que más bien muestran un rápido decaimiento en la tensión de las ondas, lo cual es totalmente concordante con lo que se sabe de sismos de origen intraplaca. Las distancias máximas extrapoladas con intensidades en roca sobre $I=5.0$ son del orden de los 200Km (219,14Km) para los cálculos según modelo A, y de 170Km (172,99Km) para cálculos según método B. En ambos modelos A y B se logran extrapolar datos sobre los 300Km (348,96 Km y 306,34Km respectivamente) para el sismo del año 1967, pero con intensidades bajas $I=3.0$.

También es posible notar que las distancias máximas epicentrales e hipocentrales, en todos los sismos son bastante menores para determinaciones usando el modelo B, vs. el modelo A, dada a menor distancia a la línea de ruptura para buena parte de las localidades con registro de intensidades. Las distancias hipocentrales máximas determinadas por el modelo B, de la línea de ruptura, son entre un 12% a 42% menores a las determinadas por el uso del modelo A. Luego para el modelo B la caída de tensión es más rápida.

En consecuencia, las amplificaciones de suelo determinadas para cálculos según el modelo B, tienden a ser mayores que para el modelo A, para localidades más cercanas o frente a la línea de ruptura considerada en cada evento.

7.2.6 ANALISIS DE AMPLIFICACION DE INTENSIDAD POR DEPOSITOS DE SUELOS

Para analizar las amplificaciones de intensidad sísmica en cada localidad y por tipo de depósito geológico, se presentan las tablas siguientes, las cuales presentan un resumen acumulado de los incrementos en la intensidad vs. la intensidad extrapolada en roca, para cada localidad en cada evento sísmico, y luego de manera acumulada por depósito geológico.

Las tablas siguientes presentan por separado para los resultados determinados por el uso del Modelo A y del Modelo B.

**TABLA 68: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD
- METODO A (1 de 3)**

LOCALIDAD	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA DESCRIPCION	Incremento Intensidad vs Roca						Mínimo	Promedio	Máximo		
			21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975				Valor Medio	
			Ms										
			6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6				
La Calera	Js21m	Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores.		-				1,6	-	1,6	1,6	1,6	1,6
San Marcos	Ki2c	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.				0,8				0,8	0,8	0,8	0,8
Pedregal (Coquimbo)	Kia2	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.			1,7					1,7			
Til Til				1,7					1,7				
Til Til				3,2					3,2		1,7	2,2	3,2
Rancagua	M3i	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.			0,9					0,9			
Rio Blanco					0,4			0,1	0,3	0,1	0,5	0,9	
Catapilco	MP1c	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.			0,0				-	0,0			
Catapilco					0,9					0,9			
Illapel			0,5	0,9	1,1	1,4	0,0	-	0,8				
La Ligua			-	1,4		0,1	0,2	0,0	0,4				
Ovalle			1,9			0,4			1,2				
Ret. Pedehua					0,5				0,5		0,0	0,7	1,9
Navidad						0,1					0,1		
San Antonio	MP1m	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.			0,0		1,2	-	0,6	0,0	0,4	1,2	
Barahona	OM2c	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.			-					-			
Coya					1,0					1,0			
Retén La Laguna						1,2					1,2		
Retén Olivar						1,0					1,0		
Saladillo									1,5		1,5	1,0	1,2

**TABLA 69: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD
- METODO A (2 de 3)**

LOCALIDAD	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA DESCRIPCION	Incremento Intensidad vs Roca							Mínimo	Promedio	Máximo	
			21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio				
			Ms										
			6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6				
Casablanca	PP1m	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	-		0,0					0,0	0,0	0,0	0,1
Llo Lleo				0,0	0,0				0,0				
Quilpué				0,0					0,0				
Villa Alemana					0,1			0,0	0,1				
El Convento (ex Reten Convento Viejo)	PP1c	Conglomerados, areniscas, limolitas y arcilolitas, generalmente consolidados, de facies principalmente aluviales, subordinadamente lacustres y eólicas.			0,0					0,0	0,0	0,0	0,0
Aconcagua	Q1	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.					-			-	0,0	0,0	0,0
Calle Larga					1,5	1,0			1,3				
Chincolco				0,0				0,0					
Combarbalá			0,2			1,4		0,8					
Cuesta Chacabuco / Retén					1,0			1,0					
El Melón				1,2	0,3			0,8					
Estación Colina					0,0			0,0					
Graneros					1,9			1,9					
Lampa					0,8			0,8					
Limache							1,1	0,0	0,6				
Llay Llay				2,1			1,5	1,8					
Los Andes				-	0,1	1,1	-	1,0	-	0,7			
Melipilla, 4a. Comisaría						0,0			0,0				

**TABLA 70: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD
- METODO A (3 de 3)**

LOCALIDAD	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA DESCRIPCION	Incremento Intensidad vs Roca							Mínimo	Promedio	Máximo	
			21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio				
			Ms										
			6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6				
Mineral El Soldado					1,3					1,3			
Nogales						1,2			-	1,2			
Puchuncaví							1,3			1,3			
Quillota				-	1,1	0,6		1,6	-	1,1			
Retén Calera de Tango						0,2				0,2			
Retén Hijuelas						2,2				2,2			
Salamanca							1,1			1,1			
San Felipe				-	0,2			1,0	0,1	0,4			
San Pedro									0,4	0,4			
Santiago				-	0,5			0,0	-	0,3	0,0	0,9	2,2
Con Con						2,2				2,2			
Quintero	Qe	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.			1,1	0,0	-	1,7		0,9			
Sucom. Quintero						0,0				0,0			
Tenencia Con Con						2,2				2,2	0,0	1,2	2,2
Cabildo	Qf	Depósitos fluviales: gravas, arenas y limos del cursos actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación.		1,4						1,4	1,4	1,4	1,4

**TABLA 71: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD
- METODO B (1 de 3)**

LOCALIDAD	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA DESCRIPCION	Incremento Intensidad vs Roca							Mínimo	Promedio	Máximo				
			21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio							
			Ms													
			6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6							
La Calera	Js21m	Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores.		-			1,6	-	1,6	1,6	1,6	1,6				
San Marcos	Ki2c	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.				1,7			1,7	1,7	1,7	1,7				
Pedergal (Coquimbo)	Kia2	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.			1,5				1,5	1,3	1,9	2,8				
Til Til				1,3												
Til Til				2,8				2,8								
Rancagua	M3i	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.			0,9				0,9	0,1	0,4	0,9				
Rio Blanco					0,3			0,1	0,2							
Catapilco	MP1c	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.			0,7			-	0,7	1,3	0,8	1,9				
Catapilco					0,0											
Illapel																
La Ligua					1,3	0,7	0,9	1,8	0,9				-	1,1		
Ovalle				0,0	1,9		1,2	0,3	0,0				0,7			
Ret. Pedehua				0,8			1,5						1,2			
Navidad						0,3							0,3	0,0	0,8	1,9
San Antonio						0,4							0,4			
Barahona	OM2c	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.			0,0		1,4	-	0,7	0,0	0,6	1,4				
Coya					-											
Retén La Laguna					0,9					0,9						
Retén Olivar						1,2				1,2						
Saladillo					0,9					0,9						
								1,6		1,6	0,9	1,2	1,6			

**TABLA 72: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD
- METODO B (2 de 3)**

LOCALIDAD	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA DESCRIPCION	Incremento Intensidad vs Roca							Mínimo	Promedio	Máximo	
			21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio				
			6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6				
Casablanca	PP1m	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	-		0,0					0,0	0,0	0,1	0,1
Llo Lleo				-	0,1					0,1			
Quilpue													
Villa Alemana					0,0			0,1	0,1				
El Convento (ex Reten Convento Viejo)	PP1c	Conglomerados, areniscas, limolitas y arcilolitas, generalmente consolidados, de facies principalmente aluviales, subordinadamente lacustres y eólicas.			0,2					0,2	0,2	0,2	0,2
Aconcagua	Q1	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.						-			0,2	0,2	0,2
Calle Larga					1,4	1,2				1,3			
Chincolco				-									
Combarbala			0,6			2,1				1,4			
Cuesta Chacabuco / Retén					0,9					0,9			
Cuesta Chacabuco													
El Melón				1,4	0,1					0,8			
Estación Colina					0,0					0,0			
Graneros					1,8					1,8			
Lampa					0,8					0,8			
Limache							1,1	0,0		0,6			
Llay Llay				2,0			1,6			1,8			
Los Andes			0,0	-	0,9	-	1,1	-		0,7			
Melipilla, 4a. Comisaría			0,0					0,0					

**TABLA 73: RESUMEN AMPLIFICACION EN SUELOS VS. ROCA POR LOCALIDAD
- METODO B (3 de 3)**

LOCALIDAD	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA DESCRIPCION	Incremento Intensidad vs Roca							Mínimo	Promedio	Máximo	
			21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio				
			Ms										
			6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6				
Mineral El Soldado					1,1					1,1	0,0	0,8	2,1
Nogales					1,0				-	1,0			
Puchuncaví					1,0					1,0			
Quillota			0,0	1,0	0,4		1,6		-	0,8			
Retén Calera de Tango					0,3					0,3			
Retén Hijuelas					2,0					2,0			
Salamanca							1,6			1,6			
San Felipe			0,0	0,0			-	1,1	0,0	0,3			
San Pedro									0,6	0,6			
Santiago													
Con Con					-	0,0		-	0,1	-			
Quintero	Qe	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.			1,9				1,9				
Tenencia Con Con				1,0	-	0,2	1,6		0,9				
Sucom. Quintero					1,9								
Cabildo			Qf	Depósitos fluviales: gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación.		2,0					2,0	0,2	1,3
										2,0	2,0	2,0	

De la información en las tablas anteriores se puede observar:

- Los valores promedio de incremento en la intensidad por depósito geológico, obtenidos por ambos modelos A y B resultan ser de la misma magnitud, con diferencias entre ambos modelos que no pasan de 0.3 grados, exceptuando los casos de San Marcos (Ki2c) y Cabildo (Qf) donde las diferencias son mayores, de 0,9 grados en el caso de San Marcos, y de 0,6 grados, en el caso de Cabildo.
- En varios casos la diferencia entre los incrementos de intensidad promedio, entre ambos métodos es nula; Tal es el caso de los depósitos geológicos Js21m en La Calera, M3i en Rancagua y Río Blanco, Om2c, PP1m y Q1; Luego se puede tener una mayor confianza en los incrementos de intensidad determinados para estos depósitos.
- Existen casos de localidades que muestran mayor diferencia en incrementos de intensidad, entre el uso del modelo A y B, que corresponden a San Marcos, La Ligua, Ovalle, Combarbalá, Salamanca y Cabildo; En todos estos casos existe una menor distancia epicentral e hipocentral, y son localidades cercanas a los extremos de la línea de ruptura, o se encuentran frente a la línea de ruptura, para los eventos correspondientes.
- Los incrementos de intensidad sísmica en depósitos de suelos, para los depósitos y localidades estudiadas, ante sismos del tipo intraplaca, en la zona centro norte de Chile, y para sismos históricos ocurridos entre 1947 y 1975, varían entre 0,1 grados y 2,0 grados.
- Se cuenta con mayor información para el caso de depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y de remoción en masa, Q1. Para este depósito se ha determinado un incremento del orden de 1,0 grados (0,8 grados según modelos A y B).

En la tabla siguiente se muestra esta comparación a nivel de localidades y para los valores mínimos, máximos y promedio obtenidos.

TABLA 74: DIFERENCIAS EN INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ENTRE MODELO A Y MODELO B

DEPOSITO GEOLOGICO	MODELO A							LOCALIDAD	MODELO B							VARIACION RESULTADOS MODELO B - MODELO A							
	Incremento Intensidad vs Roca								Incremento Intensidad vs Roca							Incremento Intensidad vs Roca							
	21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio		21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio	21-03-1947	28-03-1965	26-09-1967	09-07-1971	12-11-1974	04-06-1975	Valor Medio	
	Ms								Ms							Ms							
	6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6		6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6	6,5	7,1	6,8	7,5	6,3	5,4	6,6	
Mínimo Promedio Máximo							Mínimo Promedio Máximo							Mínimo Promedio Máximo									
Js21m					1,6	1,6	1,6	La Calera	Js21m					1,6	1,6	1,6					0,0	0,0	0,0
Ki2c			0,8			0,8	0,8	San Marcos	Ki2c			1,7			1,7	1,7	1,7				0,9	0,9	0,9
Kia2			1,7			1,7		Pedergal (Coquimbo)	Kia2			1,5			1,5						-0,2		
		1,7				1,7		Til Til			1,3										-0,4		
		3,2				3,2	1,7	Til Til			2,8				2,8	1,3	1,9	2,8			-0,4	-0,3	-0,4
M3i			0,9			0,9	0,1	Rancagua	M3i			0,9			0,9						0,0	0,0	0,0
			0,4			0,4	0,5	Rio Blanco				0,3			0,2	0,1	0,4	0,9			-0,1	0,0	0,0
					0,1	0,3	0,1	Catapilco						0,1	0,2	0,1	0,4	0,9			-0,1	0,0	0,0
						0,0	0,0	Catapilco							0,7						0,7		
						0,9	0,9	Catapilco							0,7						0,7		
MP1c		0,5	0,9	1,1	1,4	0,0	0,8	Illapel	MP1c		1,3	0,7	0,9	1,8	0,9	1,1				0,8	-0,2	-0,2	0,4
			1,4			0,1	0,2	La Ligua			0,0	1,9		1,2	0,3	0,0	0,7			0,3	0,0	0,1	
			1,9			0,4	1,2	Ovalle			0,8			1,5		1,2				0,0	-1,1	-1,1	1,1
			0,5			0,5	0,0	Ret. Pedehua					0,3		0,3	0,0	0,8	1,9			-0,2	0,0	0,2
MP1m			0,1			0,1	0,0	Navidad	MP1m				0,4		0,4						0,3	0,0	0,2
			0,0			0,0	0,4	San Antonio					1,4		0,7	0,0	0,6	1,4			0,1	0,0	0,2
								Barahona															
			1,0			1,0	1,0	Coya							0,9		0,9				-0,1		
OM2c			1,2			1,2	1,0	Retén La Laguna	OM2c						1,2		1,2				0,0		
			1,0			1,0	1,0	Retén Olivar							0,9		0,9				-0,1		
					1,5	1,5	1,0	Saladillo						1,6	1,6	0,9	1,2	1,6			0,1	-0,1	0,0
						0,0	0,0	Casablanca							0,0		0,0						
PP1m		0,0	0,0			0,0	0,0	Lío Lleo	PP1m						0,1		0,1						
		0,0				0,0	0,0	Quilpue															
			0,1			0,1	0,0	Villa Alemana						0,1	0,1	0,0	0,1	0,1			0,0	0,0	0,0
PPI1c			0,0			0,0	0,0	El Convento (ex Reten Convento Viejo)	PPI1c						0,2	0,2	0,2	0,2			0,2	0,2	0,2
								Aconcagua															
			1,5	1,0		1,3	0,0	Calle Larga					1,4	1,2		1,3					0,0		
			0,0			0,0	0,0	Chincolco															
Q1		0,2		1,4		0,8	0,2	Combarbala	Q1		0,6		2,1		1,4		1,4			0,4	-	-	0,7
			1,0			1,0	0,0	Cuesta Chacabuco / Retén Cuesta Chacabuco					0,9		0,9		0,9				-0,1	-	-
			1,2	0,3		0,8	0,0	El Melón			1,4	0,1			0,8		0,8				0,2	-0,2	-
			0,0			0,0	0,0	Estación Colina							0,0		0,0				-	-	-
			1,9			1,9	0,8	Graneros					1,8		1,8		1,8				-	-	-
			0,8			0,8	0,8	Lampa					0,8		0,8		0,8				-	-	-
					1,1	0,0	0,6	Limache						1,1	0,0	0,6					-	-	-
			2,1			1,8	1,8	Llay Uay				2,0		1,6		1,8					-	-	-
			0,1	1,1	-	1,0	0,7	Los Andes			0,0	-	0,9	-	1,1	-	0,7				-	-	-
			0,0			0,0	0,0	Melipilla, 4a. Comisaría							0,0		0,0				-	-	-
			1,3			1,3	0,0	Mineral El Soldado					1,1		1,1		1,1				-	-	-
			1,2			1,2	0,0	Nogales					1,0		1,0		1,0				-	-	-
			1,3			1,3	0,0	Puchuncaví					1,0		1,0		1,0				-	-	-
			1,1	0,6		1,6	1,1	Quillota		0,0	1,0	0,4		1,6	-	0,8					-	-	-
			0,2			0,2	0,0	Retén Calera de Tango					0,3		0,3		0,3				-	-	-
			2,2			2,2	0,0	Retén Hijuelas					2,0		2,0		2,0				-	-	-
					1,1	1,1	0,0	Salamanca					1,6		1,6		1,6				-	-	-
			0,2			0,2	0,0	San Felipe		0,0	0,0		-	1,1	0,0	0,3					-	-	-
						0,4	0,4	San Pedro						0,6	0,6		0,6				-	-	-
			0,5			0,3	0,0	Santiago			0,0		-	0,1	-	0,1	0,0	0,8	2,1		-	-	-
Qe			2,2			2,2	0,0	Con Con	Qe			1,9			1,9		1,9				-	-	-
			1,1	0,0	-	1,7	0,9	Quintero			1,0	-	0,2	1,6		0,9					-	-	-
			0,0			0,0	0,0	Sucom. Quintero							-	-	-	-	-	-	-	-	-
			2,2			2,2	0,0	Tenencia Con Con					1,9			0,2	1,3	1,9			-	-	-
Qf		1,4				1,4	1,4	Cabildo	Qf		2,0				2,0	2,0	2,0	2,0			0,6	-	-

Finalmente, a raíz de los resultados obtenidos a esta altura se puede establecer los siguientes incrementos de la intensidad sísmica respecto de la intensidad extrapolada, por depósitos geológicos en las localidades con intensidades reportadas, de manera agrupada, para los seis sismos de origen intraplaca en análisis.

TABLA 75: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS EN FUNCION DE DEPOSITOS GEOLOGICOS

DEPOSITO	ERA	PERIODO	FORMACION	DESCRIPCION	Incremento de Intensidad Sísmica vs Roca		
					Mínimo	Promedio	Máximo
Js21m	MESOZOICO	Jurásico Medio-Superior	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales: calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles	1,6	1,6	1,6
Ki2c	MESOZOICO	Cretácico Inferior - Cretácico Superior	Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	1,7	1,7	1,7
Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	1,3	1,9	2,8
M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a	0,1	0,4	0,9
MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	0,0	0,8	1,9
MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	0,0	0,6	1,4
OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	0,9	1,2	1,6
PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	0,0	0,1	0,1
PPI1c	CENOZOICO	Neógeno. Plioceno-Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Conglomerados, areniscas, limolitas y arcilolitas, generalmente consolidados, de facies principalmente aluviales, subordinadamente	0,2	0,2	0,2
Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	0,0	0,8	2,1
Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	0,2	1,3	1,9
Qf	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos fluviales: gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación.	2,0	2,0	2,0

A nivel de localidades con intensidades reportadas, se pueden esperar los incrementos en la intensidad sísmica que siguen, asociados a los tipos de suelos que se indican a continuación. Las localidades se presentan ordenadas de norte a sur.

En la mayoría de los casos el incremento en la intensidad sísmica propuesto, corresponde al valor promedio de los valores calculados para los sismos donde existe intensidad reportada; En algunos pocos casos el valor propuesto corresponde al valor medio para el tipo de depósito o suelos, o cero cuando no se ha podido calcular este incremento de intensidad y los valores para localidades en el mismo depósito es cercano a cero.

Como referencia se incluye para cada localidad los valores mínimos, promedio y máximo calculados, para el incremento de intensidad sísmica en el depósito asociado a la localidad.

TABLA 76: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (1 de 4)

LOCALIDAD	LATITUD, °	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	GEOTECNIA DEPOSITOS SUPERFICIALES	Incremento Intensidad vs Roca	Valores para Deposito Geológico		
									Valor Medio	Mínimo	Promedio
Ovalle	-30,60	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	---	1,2	0,0	0,8	1,9
Pedergal (Coquimbo)	-30,85	Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	---	1,5	1,3	1,9	2,8
San Marcos	-30,96	Ki2c	MESOZOICO	Cretácico Inferior - Cretácico Superior	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	---	1,7	1,7	1,7	1,7
Combarbala	-31,18	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	1,4	0,0	0,8	2,1
Illapel	-31,63	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava compacta 3.5m a 42m. Arenas limosas con gravas alteradas de baja compacidad hasta 1m, Grava arenosa limosa de pie de monte, compacidad muy alta cementada 1m a 2m y más.	1,1	0,0	0,8	1,9
Salamanca	-31,78	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	1,6	0,0	0,8	2,1
Chincolco	-32,22	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,8	0,0	0,8	2,1
Ret. Pedehua	-32,32	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	---	0,3	0,0	0,8	1,9
Cabildo	-32,43	Qf	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos fluviales: gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación.	---	2,0	2,0	2,0	2,0
La Ligua	-32,45	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	Grava no consolidada, 3.0 a 7.0m y Grava consolidada 7.0m a 37.0m.	0,7	0,0	0,8	1,9
Catapilco	-32,52	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	---	0,7	0,0	0,8	1,9
Catapilco	-32,52	MP1c	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales. coluviales o fluviales: conglomerados, areniscas y limolitas.	---	0,8	0,0	0,8	1,9
Mineral El Soldado	-32,66	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	1,1	0,0	0,8	2,1
El Melón	-32,67	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa compacta, fluvial con bolones entre 0.5m a 2m y mas, sectores de arcillas de consistencia media.	0,8	0,0	0,8	2,1
Puchuncaví	-32,73	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arena fina limo arcillosa, color café pardo, plasticidad media, humedad media, con huecos, de consistencia media a alta; Grava arenosa, compuesta de gravas medias y finas y arena gruesa a fina, gravas de cantos subangulares, consistencia media a alta; Arcilla arenosa de consistencia alta.	1,0	0,0	0,8	2,1

TABLA 77: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (2 de 4)

LOCALIDAD	LATITUD, °	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	GEOTECNIA DEPOSITOS SUPERFICIALES	Incremento Intensidad vs Roca	Valores para Deposito Geológico		
									Valor Medio	Mínimo	Promedio
Nogales	-32,74	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcillas de baja plasticidad de consistencia media, con lentes de arena y gravas aisladas en profundidad, hasta 2m y más.	1,0	0,0	0,8	2,1
San Felipe	-32,75	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava no compacta 2m a 10m, Grava compacta 10m a 114m, Roca desde 114m.	0,3	0,0	0,8	2,1
Quintero	-32,77	Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eólicas.	0,9	0,2	1,3	1,9
Sucom. Quintero	-32,77	Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Arenas finas limosas color rojizo compactas cementadas, eólicas.	1,9	0,2	1,3	1,9
La Calera	-32,79	Js21m	MESOZOICO	Jurásico Medio-Superior	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales. calizas, areniscas, lutitas calcáreas, en parte bituminosas, con intercalaciones epiclásticas y niveles evaporíticos superiores.	---	1,6	1,6	1,6	1,6
Retén Hijuelas	-32,80	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arcillosa con partículas redondeadas, Arcilla arenosa y Arcillas con gravas redondeadas.	2,0	0,0	0,8	2,1
Aconcagua	-32,80	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,8	0,0	0,8	2,1
Los Andes	-32,82	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa limosa fluvial compacta, de compacidad media a alta en profundidad, poco limosa por sectores.	0,7	0,0	0,8	2,1
Llay Llay	-32,84	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava compacta 3m a 105m, Roca desde 105m.	1,8	0,0	0,8	2,1
Calle Larga	-32,87	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcillas limosas de consistencia alta a muy alta consolidada entre 0.5m a 4m y mas; Geofísica: Gravos y arenas compactas Vs=770m/s desde 4m y hasta 10m a 16m, Gravos y arenas de mayor compacidad Vs=920m/s hasta 35m y más.	1,3	0,0	0,8	2,1
Quillota	-32,87	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,8	0,0	0,8	2,1
Tenencia Con Con	-32,92	Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	---	1,9	0,2	1,3	1,9
Con Con	-32,92	Qe	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos.	Sector dunas: Relleno artificial hasta 2m, Arena fina limpia de baja compacidad 2m a 3m y más. Al interior (Ramaditas) arena fina sobre roca desde 0.20m a 1.0m de profundidad en adelante.	1,9	0,2	1,3	1,9
Saladillo	-32,95	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	---	1,6	0,9	1,2	1,6
Cuesta Chacabuco / Retén Cuesta Chacabuco	-33,00	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,9	0,0	0,8	2,1

TABLA 78: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (3 de 4)

LOCALIDAD	LATITUD, °	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	GEOLOGIA DEPOSITOS SUPERFICIALES	Incremento Intensidad vs Roca		Valores para Deposito Geológico	
								Valor Medio	Mínimo	Promedio	Máximo
Limache	-33,01	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,6	0,0	0,8	2,1
Quilpue	-33,05	PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	Arenas arcillosas compactas altamente cementadas lentes de maicillo denso mas estratos con bolones cuarzosos y aumento en arenas gruesas tipo maicillo en profundidad, y aumento en compacidad y cementación, hasta 6m y más.	0,0	0,0	0,1	0,1
Villa Alemana	-33,05	PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	---	0,1	0,0	0,1	0,1
Til Til	-33,08	Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	Arcilla plástica poco arenosa de consistencia alta, entre 0.3m y 1.2m, Arcilla de baja plasticidad algo cementada de consistencia alta hasta 2m y mas, luego con maicillo.	1,3	1,3	1,9	2,8
Til Til	-33,08	Kia2	MESOZOICO	Cretácico Inferior alto-Cretácico Superior bajo	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias sedimentarias y volcánicas: rocas epiclásticas, piroclásticas y lavas andesíticas y basálticas con intercalaciones lacustres, localmente marinas.	---	2,8	1,3	1,9	2,8
Estación Colina	-33,24	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,0	0,0	0,8	2,1
Lampa	-33,27	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arenas arcillosas y arcillas arenosas de baja plasticidad, blandas poco densas, hasta 2m, Arcilla negruzca plástica y nivel freático en torno a los 2m y más.	0,8	0,0	0,8	2,1
Casablanca	-33,32	PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	---	0,0	0,0	0,1	0,1
Santiago	-33,45	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Grava arenosa compacta fluvial con finos limosos o arcillosos, Grava de Santiago 2ª y 1ª Depositación, hasta entre 50m a 200m de profundidad.	0,1	0,0	0,8	2,1
San Antonio	-33,55	MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	---	0,7	0,0	0,6	1,4
Llo Lleo	-33,62	PP1m	CENOZOICO	Neógeno. Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas litorales o fluviales estuarinas: coquinas, conglomerados coquináceos, areniscas y conglomerados.	---	0,1	0,0	0,1	0,1
Retén Calera de Tango	-33,63	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Arcilla arenas y gravas de compacidad media hasta 1.3m, Grava areno limosa compacta con bolones fluvial con suelos en descomposición, hasta 2m y más.	0,3	0,0	0,8	2,1
Melipilla, 4a. Comisaría	-33,65	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	Rellenos artificiales hasta 2m, Grava arenosa limo arcillosa fluvial compacta desde 2m y más.	0,0	0,0	0,8	2,1
El Convento (ex Reten Convento Viejo)	-33,77	PPI1c	CENOZOICO	Neógeno. Plioceno-Pleistoceno	Secuencias Sedimentarias	Conglomerados, areniscas, limolitas y arcilolitas, generalmente consolidados, de facies principalmente aluviales, subordinadamente lacustres y eólicas.	---	0,2	0,2	0,2	0,2
San Pedro	-33,90	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	0,6	0,0	0,8	2,1

TABLA 79: INCREMENTOS DE INTENSIDADES VS. ROCA ESPERADOS POR LOCALIDAD (4 de 4)

LOCALIDAD	LATITUD. °	GEOLOGIA DEPOSITO	GEOLOGIA ERA	GEOLOGIA PERIODO	GEOLOGIA FORMACION	GEOLOGIA DESCRIPCION	GEOECNIA DEPOSITOS SUPERFICIALES	Incremento Intensidad vs Roca	Valores para Deposito Geológico		
								Valor Medio	Mínimo	Promedio	Máximo
Navidad	-33,95	MP1m	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Superior-Plioceno	Secuencias Sedimentarias	Secuencias sedimentarias marinas transgresivas: areniscas, limolitas, coquinas, conglomerados, calizas y fangolitas.	---	0,4	0,0	0,6	1,4
Graneros	-34,07	Q1	CENOZOICO	Cuaternario. Pleistoceno-Holoceno	Secuencias Sedimentarias	Depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa; en menor proporción fluvio-glaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados.	---	1,8	0,0	0,8	2,1
Rancagua	-34,17	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	Relleno artificial hasta 1m, Arcilla arenosa consistencia media a alta entre 1m a 2m y más.	0,9			
Barahona	-34,18	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	---	0,0	0,9	1,2	1,6
Rio Blanco	-34,18	M3i	CENOZOICO	Neógeno. Mioceno Inferior-Medio	Secuencias Volcánicas	Complejos volcánicos parcialmente erosionados y secuencias volcánicas: lavas, brechas, domos y rocas piroclásticas andesítico-basálticas a dacíticas.	---	0,2	0,1	0,4	0,9
Retén Olivar	-34,20	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	---	0,9	0,9	1,2	1,6
Coya	-34,21	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	---	0,9	0,9	1,2	1,6
Retén La Laguna	-34,48	OM2c	CENOZOICO	Paleógeno. Oligoceno-Mioceno	Secuencias Volcanosedimentarias	Secuencias volcanosedimentarias: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas.	---	1,2	0,9	1,2	1,6

Respecto de los incrementos de intensidad por localidad, se tiene que los valores obtenidos están dentro del orden de magnitud de los incrementos determinados por todos los estudios anteriores consultados como antecedentes. En mayor detalle, se tiene que si bien buena parte de los resultados corresponden a los valores determinados por estudios anteriores, una parte importante de localidades muestra valores más bajos que los determinados por estudios anteriores como los de Medvedev (1965) o Astroza y Monje (1989); A este respecto se debe notar nuevamente, que los sismos tratados en este estudio son de origen intraplaca, mientras que los estudios de Medvedev o de Astroza y Monje, consideran sismos de origen interplacas los cuales son de mayor magnitud y con menor decaimiento de las ondas con la distancia, que los sismos del tipo interplaca.

En otro sentido una parte menor de las localidades, cuatro de ellas (Pedergal, San Marcos, La Calera, Til-Til) muestran incrementos mayores a los esperados en base a estudios anteriores para suelos similares; A este último respecto se debe considerar que para La Calera se ha reportado un valor de intensidad que parece muy bajo (2,5) para un sismo de importancia cercano, en circunstancias en que en las localidades cercanas se han reportado intensidades mucho mayores, para el mismo sismo; En el caso de Til-Til, hay dos valores de intensidad reportados con 1,5 grados de diferencia entre ambos, diferencia que justifica el mayor incremento de intensidad determinado, si se considera la intensidad reportada de mayor valor.

8.0 DISCUSIÓN

Respecto de la forma de la transición y de la sismicidad histórica recopilada en torno a los 33°S, se tiene que el análisis de la sismicidad histórica, a partir de hipocentros para sismos del tipo intraplaca ocurridos entre los años 1950 a 2000, arroja que los sismos históricos sin bien son del orden de los 200 sismos, ocurridos en un lapso de 50 años, están en una zona geográfica suscrita a la zona en estudio, la cual tiene una extensión de solo 3 grados (31°S a los 34°S) unos 440Km de longitud, lo cual representa una densidad de eventos mayor a estudios anteriores, enfocada eso si a una zona muy particular del país, mostrando que al expandir la cantidad de data en el tiempo, para una región más acotada, como la actual zona en estudio, es posible establecer que se mantienen las observaciones para eventos entre 1950 y 2000, y en particular a partir de la ubicación de hipocentros para sismos intraplaca, y a partir de los antecedentes disponibles, es posible inferir que la forma en la cual se produce la transición es a través de una curva continua, con una fuerte pendiente en sentido norte a sur, que se desarrolla en torno a los 32,5°S y que al menos bajo Chile continental se mantendría como una superficie continua.

Se confirma que el espesor de la astenósfera entre la placa de Nazca subductada y la parte inferior de la placa continental sería de entre 15Km a 20Km, de acuerdo a lo establecido por estudios anteriores.

Respecto de la morfología continental, en la zona de Cuecas Transicionales se observa que, en la parte continental, al menos entre la costa y la parte septentrional del país los ríos principales, como el Río Petorca y el Río Aconcagua, tienen una orientación paralela entre sí de sur oeste a nor este, en un ángulo similar al ángulo de convergencia similar al de la placa de Nazca y por consecuencia de la Dorsal de Juan Fernández; Esta orientación se observa para las mayores elevaciones en esta zona.

Respecto de la morfología del margen continental, en esta zona del país se encuentran tres cañones submarinos, uno de ellos de gran importancia por su magnitud, todos desembocando en la Cuenca submarina de Valparaíso, ubicada entre los 32°S y los 33°S, y se levanta una dorsal tectónica, todo lo anterior asociado a la dorsal de Juan Fernández. En detalle, frente a la zona en estudio se encuentra la dorsal asísmica del archipiélago de Juan Fernández, la cual se encuentra con la placa continental al norte de los 32°S, expresada principalmente por la presencia del “Guyot” y del monte submarino O’Higgins; Sobre el margen continental esta dorsal da lugar a la dorsal tectónica de Punta Salinas ubicada en el talud continental, la cuenca de Valparaíso y a la deformación del cañón submarino de San Antonio; A la cuenca de Valparaíso convergen de norte a sur, el cañón La Ligua, paralela a la dorsal de Punta Salinas, el cañón Aconcagua, y el Cañón San Antonio el cual es el mayor de todos y de los mayores del país; Adicionalmente se tiene que el cañón La Ligua al igual que la dorsal de Punta Salinas se encuentran orientados en sentido nor este – sur oeste, en condiciones que todos los restantes cañones submarinos presentan una orientación nor oeste a sur este, en tal sentido tanto el cañón La Ligua como la dorsal Punta Salinas parecen seguir una orientación coincidente con la orientación subducción de la placa de Nazca y de la dorsal de Juan Fernández.

Al mismo tiempo, la intersección de la dorsal de Juan Fernández con la fosa actúa como barrera para el transporte de sedimentos provenientes de la zona sur del país, impidiendo su paso hacia el norte del margen continental.

Desde el punto de vista de la geología continental, se observan al sur de Valparaíso, varias fallas paralelas entre sí y orientadas de nor oeste a sur este, de manera similar a la orientación de la deformación en el cañón San Antonio, generada por la subducción de la dorsal de Juan Fernández.

En un sentido similar, en la zona de las Cuencas Transversales, se aprecian varias fallas orientadas de nor este a sur oeste, en la parte septentrional del país, algunas de ellas cruzadas por fallas en sentido perpendicular; Este fallamiento nuevamente sigue la orientación nor este a sur oeste del cañón submarino La Ligua, de la dorsal submarina Punta Salinas, del curso del Río Petorca, y también de la subducción de la plana de Nazca y de la dorsal de Juan Fernández.

Sabido es que la tectónica tiene incidencia en la génesis de los sismos y en la morfología de la zona de subducción, así como en la actividad volcánica la zona continental emergida, morfología de la superficie continental, y en la formación de los depósitos superficiales en el margen continental; Por lo tanto, parece muy probable encontrar rasgos de orientación coincidente en la morfología submarina y continental, fallamiento geológico y deformación de estructuras geológicas, considerando que han sido los mismos procesos tectónicos que han actuado, y fuertemente influenciados por la subducción de la dorsal de Juan Fernández, bajo la placa continental Sudamericana.

Respecto de las isosistas para los sismos principales, motivo de este estudio, se tiene que al graficar las intensidades registradas de manera directa, no es posible definir claramente curvas isosistas algo regulares siquiera, dado que entre localidades cercanas se intercalan localidades con valores de intensidad reportadas muy dispares, lo cual hace que al tratar de trazar una curva isosista esta resulta muy irregular, con cambios de curvatura en muy poca distancia, e incluso se cruzan isosistas para distinto valor de

intensidad. Este fenómeno se puede apreciar en los mapas de intensidades en figuras bajo el punto 7.1 anterior. Se tiene que para el análisis de sismo de Punitaqui en 1997, se observó este mismo fenómeno, resolviendo que los valores de intensidad sísmica en cada localidad están afectados por amplificación local de la intensidad dada la presencia de depósitos de suelos de diferente naturaleza; En este mismo estudio se muestra que al aislar los fenómenos de amplificación de intensidad, y al graficar la intensidad estimada en roca para cada localidad se obtienen curvas isosistas regulares, con curvaturas suaves, y orientadas en dirección norte-sur, paralelas a la costa. Este antecedente llevado al caso de las intensidades, da pie a la determinación de incrementos en la intensidad vs la intensidad que se puede registrar en roca, y que justifica las intensidades registradas en cada localidad.

Al mismo tiempo se cuenta dentro de la data con valores de intensidad reportados en localidades donde el suelo de apoyo a fundaciones es roca, o bien se encuentra roca junto a la superficie del terreno. Por esto se cuenta con la oportunidad de establecer leyes de decaimiento de la intensidad en roca, a partir de esta información empírica, para luego determinar los eventuales incrementos de intensidad vs. la intensidad en roca, como la diferencia entre la intensidad en roca extrapolada a cada localidad y el valor de la intensidad registrada, pero en esta ocasión para sismos ocurridos entre 1947 y 1975, del tipo intraplaca, tensionales, con hipocentros bajo Chile continental, con los resultados expuestos en punto 7.2.6 anterior. En este capítulo se observó que los valores de incrementos de intensidad son de la magnitud de los incrementos obtenidos para suelos similares en estudios anteriores, y se nota que en una buena parte de los casos, estos incrementos son menores a los obtenidos en estudios anteriores, en 38% de las localidades, lo cual puede deberse a que en los sismos estudiados la caída de tensión es más rápida, por estar asociados a sismos del tipo intraplaca, en condiciones que los estudios anteriores de Medvedev (1965) y de Astroza y Monje (1989) las intensidades corresponden a estudios sobre sismos de gran magnitud del tipo interplaca.

Dado que para los sismos intraplaca las curvas de decaimiento muestran una rápida caída de la intensidad, para las localidades más lejanas no es posible aplicar directamente la extrapolación de intensidades en roca y no es posible siempre considerar a partir de la data graficada un comportamiento del tipo asintótico para las leyes de decaimiento de la intensidad, como para sismos interplaca de mayor magnitud. Por lo cual para estos casos o bien fue posible extrapolar la curva de decaimiento de intensidad en roca, o fue posible estimar esta intensidad en roca a partir de valores más cercanos, en base a promedios o medianas.

Dado lo expuesto en párrafos anteriores, respecto de que para sismos del tipo intraplaca se habrían determinado incrementos de intensidad menores a los asociados a sismos del tipo interplaca, con magnitudes en torno a 8.0 o más, se exploró la posible relación entre la magnitud de un sismo y el incremento en la intensidad debido a efectos locales de suelos, para lo cual se considera necesario estudiar localidades que hayan reportado intensidades para todos los sismos principales o para varios de ellos, de manera de estudiar intensidades en un mismo tipo de depósito, y considerando que este depósito se ha mantenido en el mismo estado durante el tiempo transcurrido entre 1947 y 1975, para así determinar posibles variaciones en función de la magnitud de cada sismo. Un factor incidente en este análisis es la distancia al hipocentro de cada sismo, la cual varía para diferentes eventos, luego el análisis debe ser independizado de la distancia.

OTROS CUESTIONAMIENTOS RELACIONADOS

- **¿Qué pasará cuando el Monte O'Higgins toque la placa continental? ¿Que se sabe de anteriores choques de montañas submarinas contra el margen continental?**

Dada la proximidad del Monte O'Higgins, más aún de la primera elevación de la cordillera submarina de O'Higgins, a la zona de contacto interplacas, puede ser razonable plantearse la serie de eventos que puede desencadenar el encuentro de este monte submarino con la plataforma continental, más aún en consideración de los efectos generados ya por la colisión en curso de la dorsal de Juan Fernández al subducir bajo la placa continental.

La dorsal de Juan Fernández consta de unas 11 elevaciones, y se extiende a lo largo de unos 900KM. Las cumbres de las primeras elevaciones de la cordillera de O'Higgins alcanzarían unos 400m a 600m sobre el fondo marino, mientras que el Monte O'Higgins alcanzaría un relieve de unos 3.000m, mientras que el Guyot O'Higgins alcanzaría los 3.600m de relieve sobre el fondo marino.

Muy probablemente este encuentro de elevaciones submarinas acentuará los rasgos orogénicos y morfológicos en la placa continental, tanto submarina como emergida, en aspectos tales como la extensión gradual de la fractura de O'Higgins en la placa submarina hacia el sur oeste (Se estima que esta fractura esta originada en el combamiento de la placa de Nazca en la zona interplacas, más la diferencia de rigidez entre la parte plana y la cordillera de O'Higgins) se esperaría aumento de las deformaciones en la orientación sur-oeste a nor-este en el Cañón La Ligua y dorsal Las Salinas, bloqueo del canal de turbiditas en la fosa marina, mayor fracturamiento en la plataforma continental, y eventualmente aparición de nuevos rasgos morfológicos. Al parecer, este encuentro podría aumentar la convexidad hacia el mar del margen continental y con esto más las deformaciones en la propia placa de Nazca que este evento pueda generar, se podría considerar que lo más probable es que se mantenga o más bien se acentúe la sub-horizontalidad de la subducción de la placa de Nazca en esta zona.

Considerando que antes del Monte O'Higgins, la primera cumbre de la cordillera O'Higgins se encuentra en términos aproximados a más de 120km del encuentro interplacas, y el Monte O'Higgins a unos 250Km de este encuentro, considerando un avance de la placa de Nazca de 7cm/año, los tiempos para el encuentro de estas elevaciones con la placa continental, son del orden de los 1.7millones de años, y de 3.5millones de años respectivamente, plazos que son muy importantes considerando que se estima que el hombre habría aparecido como tal sobre la superficie del planeta hace unos 2.5millones de años atrás, y en estas tierras habría estado entre unos 15.000, según los recientes hallazgos en las cercanías de Osorno a 40.000 años atrás, según dataciones del paso de Bering.

- **¿Qué pasará si la zona central se desertifica por cambios climáticos, cesando el aporte de sedimentos en los valles, pérdida de humedad en los depósitos superficiales, eventuales desapariciones de napas freáticas, disminución de depósitos lacustres arcillosos continentales?**

Dado que frente a la zona en estudio el depósito de sedimentos en la fosa marina es poco, dado que buena parte de estos son llevados a profundidades mayores por canales submarinos en la zona de subducción sub horizontal, el menor aporte de sedimentos a través de los cañones submarinos a la zona interplacas no sería incidente, y considerando solo este factor sería favorable a la mantención de la subducción sub horizontal, dado que menores tasas de generación de sedimentos, dan origen a incrementos en la convexidad de la placa subductada.

9.0 CONCLUSIONES

A partir del desarrollo de este trabajo, discusiones y antecedentes disponibles es posible generar las conclusiones que siguen:

- I. Estudios anteriores y la evidencia reunida permiten aseverar que la transición en el ángulo de subducción de la placa de Nazca, pasando de una subducción de bajo ángulo a una más bien escalonada, ocurre frente y bajo la zona central del país, en torno a los 32,50°S, y ocurre de forma continua, según una curva más bien suave, pero en poco espacio, en alrededor de 1° de latitud, unos 110Km a 120Km de extensión, y al menos hasta los 150Km de profundidad, profundidad a contar de la cual no es posible establecer si existe una abertura o fractura en la placa de Nazca o si se mantiene como un solo manto continuo de norte a sur.
- II. Es un supuesto básico que se considera cumplido, que la placa de Nazca es capaz de transmitir esfuerzos más allá de la zona de contacto interplacas, razón por la cual es posible la generación de sismos de origen tensional.
- III. En particular, en la zona inmediatamente más abajo del contacto interplacas, en la zona de subducción sub-horizontal, se plantea que probablemente existan sismos compresionales, generados por el desdoblamiento o unbending de la placa; Tal caso se ha planteado para el sismo de Punitaqui en 1997, pero considerando que esto puede ocurrir en una extensión de unos 150Km mas allá del contacto interplacas, entonces es posible que este tipo de mecanismo pueda corresponder al sismo de Papudo en 1971. Existe también la posibilidad que en esta zona inmediatamente siguiente al contacto interplacas, sean generados sismos por la existencia de fracturas previas en la placa oceánica, que sean activadas por el fenómeno de desdoblamiento en la subducción horizontal.
- IV. Las imágenes para la morfología de la plataforma continental, confirman y detallan la forma de este margen, con convexidad hacia el mar favoreciendo la subducción horizontal, y muestran en detalle los efectos en esta morfología de la subducción de la dorsal de Juan Fernández, generando rasgos morfológicos como la dorsal de Punta Salinas, y la deformación en el Cañón La Ligua, alterando su orientación al sentido sur-oeste a nor-este, el único en esta orientación en la zona.
- V. La orientación de ondas sísmicas en sentido N10°E, idéntica a la orientación de a subducción de la dorsal de Juan Fernández y de la placa de Nazca, para sismos intraplaca de importancia, es una congruencia relevante, y permite considerar que esta es la dirección preferente de transmisión de ondas.
- VI. Para el caso de sismos intraplaca en la zona en estudio, se confirma la alta influencia de los factores de suelos y depósitos geológicos en la intensidad registrada, generando incrementos de intensidades que alteran las formas de las isosistas, dando lugar a curvas altamente irregulares. Luego es necesario establecer las intensidades en roca para poder generar curvas isosistas de curvatura constante y formas regulares.
- VII. A partir del análisis de decaimiento de intensidades en roca, y determinación de incrementos por efectos locales, se han determinado los incrementos de intensidad

para los depósitos superficiales y por localidad que se muestran en las tablas 75, y 76 a 79, respectivamente.

- VIII.** Los incrementos de intensidades en depósitos superficiales alcanzan valores entre 0,5 a 2,0 grados en la escala de Mercalli Modificada, predominando los incrementos en torno a 1.0 grados. Estos resultados son concordantes con los de estudios anteriores.
- IX.** Aparentemente, los incrementos en las intensidades por efectos locales de suelos y depósitos superficiales, son menores para sismos de origen intraplaca, respecto de los detectados para sismos interplacas, los cuales normalmente liberan mayor cantidad de energía y son de mayor magnitud.
- X.** El presente estudio, dada su extensión en el tiempo, contiene una recopilación de estudios que contiene la evolución tectónica, el proceso orogénico y parte de los fenómenos físicos y químicos desarrollados durante esta evolución, que explican la actual condición tectónica, sismogénica y volcánica de la zona en estudio, caracterizada por la subducción horizontal, la subducción de la dorsal de Juan Fernández, el tránsito de la subducción horizontal de manera continua pero en relación a otros casos cercanos ocurre en poco espacio, con importante cantidad de sismos intraplaca perceptibles en la superficie continental en el periodo estudiado, con magnitudes entre Ms entre 5.4 a 7.5 y profundidades entre los 60Km y 120km, del tipo tensionales, con eventos probablemente compresionales o asociados a rupturas en la placa de Nazca, justo a continuación de la zona de contacto interplacas, en una dinámica muy propia de esta zona, que la convierte en una zona particularmente activa desde el punto de vista sísmico.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, P., 1985, "Estructura Cortical y Estudio Sismo-Tectónico de Chile entre las latitudes 32.0° y 34.5° sur." Memoria para optar al Grado de Magíster en Cs. Mención Geofísica, Departamento de Geología y Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Araneda, M., 1970, "Vertedero del Tranque La Paloma. Aplicación del método Sísmico de Refracción al Estudio de Fundaciones". Memoria para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Construcción Civil de la U.T.E., Departamento de Geofísica y Geodesia, Universidad de Chile.
- Araneda. M., Saragoni, R., 1994, "Project of Geological Survey of strong - motion site in central Chile", Report for: Kajima Institute of Construction Technology of Tokyo; University of Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Sección Ingeniería Estructural; Santiago – Chile.
- Armijo, M., Suarez, G., 1995, "Geometry and state of stress of the subducted Nazca plate beneath central Chile and Argentina: evidence from teleseismic data", *Geophys J. Int.* 116, 283-303.
- Association Francaise du Genie Parasismique, 1995; "Guidelines for Seismic Microzonation Studies".
- Astrosa M., Monge J., 1996, "Effect of site conditions on the seismic intensity"; Eleventh World Conference on Earthquake Engineering.
- Barazangui, M., Isacks, B., 1976, "Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca Plate beneath South America", *Geology*, 4, 686-692.
- Barrientos, Sergio; Informe Técnico Terremoto Illapel 16 septiembre 2015, CSN Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile, octubre 2015.
- Bart W., Tichelaar, and Larry J. Ruff, "Seismic Coupling Along the Chilean Subduction Zone", Department of Geological Sciences, The University of Michigan, Ann Arbor; *Journal of Geophysical Research*, Vol. 96, No. B7, pages 11.997-12.022, July 10, 1991.
- Boroschek R., Soto P., León R., 2004, "Informe Renadic 04/07, Eventos Registrados 1997 a 2000", Red Nacional de Acelerógrafos, División Estructuras-Construcción, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Cahill, T., Isacks, B., 1992, "Seismicity and shape of the subducted Nazca Plate", *J. Geophys. Res.*, 97, 17503-17527.
- Ceresis, 1985, "Catalogo de terremotos para América del Sur - Datos de Hipocentros e intensidades - Chile"; CERESIS, Centro Regional de Sismología para América del Sur, Volumen 5.
- Comte, D., 1995, "Curso GF-755, Seminario de Sismología: Contacto Sismogénico en Zonas de Subducción", Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.
- Departamento de Sismología, 1971, "Recopilación de datos de Postales Informativas, Año 1965, 1967, 1971"; Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

- Díaz, O., 2001, "Estudio de los efectos de las condiciones locales en el terremoto de Punitaqui de 1997", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Santiago de Chile.
- Díaz-Naveas, Juan, Geología Marina de Chile, Comité Oceanográfico Nacional de Chile CONA, 2010, Capítulo 4. El margen continental chileno, 4.1 Batimetría del margen continental chileno, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Dowrick, D., 1984, "Diseño de estructura resistentes a sismos ". Editorial Limusa S.A., México.
- Eisenberg, A., Husid, R., Luco, J., 1972 "A preliminary report - The July 8, 1971 Chilean earthquake". Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.62, No.1, pp.423 - 430.
- Fuenzalida E., Humberto A., 1988, "Estudio detallado de la subducción litosférica de Chile central", Memoria para optar al Grado de Magíster en Ciencias Mención Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Greve, F., 1957, "Descripción de los principales efectos producidos por los sismos destructores de Chile y ubicación de sus epicentros", Instituto Sismológico de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- IDIEM, 1972, "Informe preliminar sobre el sismo del 8 de Julio de 1971", Revista del IDIEM, Vol.11, Nº 1, Pág. 1-40.
- Instituto Geográfico Militar, 1982, "Atlas de la República de Chile". Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago.
- Instituto Geográfico Militar, Chile – Mapa Físico 30 – 33 Grados, Chile – Mapa Físico 34 – 36 Grados, 2020.
- Kanamori, H., 1986, "Rupture Process of Subduction-Zone Earthquakes". Annual Review Earth Planetary Science, Seismological Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California 91125.
- Kandinsky-Cade, K., 1985, "Sismotectónica del margen de Chile y el terremoto de Cauçete de 1977 del oeste de Argentina". Trabajo de Tesis del Grado Doctor of Philosophy de la Universidad de Cornell.
- Kay, S., MaksaeV, V., Moscoso, R., Mpodozis, C., Nasi, C., Gordillo, C., 1988, "Tertiary Andean magmatism in Chile and Argentina between 28°S and 33°S: correlation of magmatic chemistry with a changing Benioff zone", Journal of South America Earth Sciences, 1, 21-38.
- Lazo Hinrichs, Roberto Germán, 2008, octubre, "Estudio de los daños de los terremotos del 21 y 22 de mayo de 1960", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Lohse, P., Weinrebe, W., Grupo científico de la exploración M67/1, 2006, "Nuevos antecedentes batimétricos del margen continental chileno entre 33°30'S – 36°S", XI Congreso Geológico Chileno Antofagasta, Actas, Volumen II, Geología Aplicada, páginas 63 – 66.
- Malgrange, M., Madariaga, R., 1995, "Complex distribution of large thrust a normal fault earthquake in Chile subduction zone". 1982. Seminario "Sismotectónica de Chile" - GF

- 785, Semestre 95-1, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Molina Arriagada, Jesarella Victoria, 2011, Julio, "Intensidades Sísmicas del Terremoto del 27 de febrero del 2010 en las 34 comunas del gran Santiago", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Monge, J., Rosenberg, L., Vives, A., Yoma, F., 1965, "Sismo del 28 de marzo de 1965, Chile - Informe sobre daños en estructuras". Laboratorio de Estructuras, Dpto. de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile; Santiago, Chile.
- Naveas, J., Reichert, C., Kus, J., Block, M., Geología Marina de Chile, Comité Oceanográfico Nacional de Chile CONA, 2010, Capítulo 4. El margen continental chileno, 4.3 Estructuras del margen continental de Chile, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- Pardo M., Acevedo, P., 1984, "Mecanismos de foco en la zona de Chile central". Revista TRALKA (1984), Vol.2, N° 3, p. 279-273; Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Pardo M., Comte D., Monfret T., Boroschek R., Astrosa M., 2000, "The October 15, 1997 Punitaqui earthquake (Mw=7.1): a destructive event within the subducting Nazca plate in central Chile", Tectonophysics 345, 2002, p. 195 – 210.
- Pardo, M., Comte, D., Monfret, T., 2002, "Seismotectonic and stress distribution in the central Chile subduction zone", Journal of South American Earth Sciences, 15, p. 11 – 22.
- Pereira, M, Crempien, J., Saragoni, R., 1979, "Estudio e instalación de una red local de acelerógrafos de alta intensidad en una placa de subducción fracturada". XX Jornadas Sudamericanas de ingeniería estructural, VI Simposio Panamericano de estructuras; Córdoba, Argentina, 23 al 26 de Julio de 1979.
- Ramos, V., Cristallini, E., Pérez, P., 2002, "The Pampean flat-slab of the Central Andes", Journal of South American Earth Sciences, 15, 59-78.
- Regnier, M., Chiu, J., Smalley, R., Bryan, J., Isacks, L., Araujo, M., 1994, "Crustal Thickness Variation in the Andean Foreland, Argentina, from Converted Waves", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 4, pp. 1097 – 1111.
- Rivano G., Sepúlveda H., 1991, "Carta Geológica de Chile, Hoja Illapel, Región de Coquimbo", Servicio Nacional de Geología y Minería; N° 69; Santiago, Chile.
- Rodrigo, Cristián, Geología Marina de Chile, Comité Oceanográfico Nacional de Chile CONA, 2010, Capítulo 4. El margen continental chileno, 4.2 Cañones submarinos en el margen continental chileno, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- Rodrigo, Cristian, "Interpretación batimétrica del área de Valparaíso: comentarios sobre el artículo de HP Vergara & R Astudillo, 'Altos estructurales costa afuera en la región de Valparaíso, Chile central' "; Revista de Biología Marina y Oceanografía, Vol.46, N°2: pág. 249-255, agosto 2011.-

- SERNAGEOMIN, 1980, "Mapa Geológico de Chile "; Departamento de Geología General; Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Stauder, W., 1973, "Mechanisms and spatial distribution of Chilean earthquakes with relation to subduction of oceanic plate", J. Geophys. Res., 78, 5033-5061.
- Thomas, H., 1958, "Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta Barriga"; Instituto de Investigaciones Geológicas; Boletín N° 2.
- Urrutia de Hasbún, R., Lanza, C., 1993, "Catástrofes en Chile: 1541 - 1992", Editorial La Noria, 1ª. Edición, Santiago de Chile.
- Vergara, H., 1997, "El cordón de Juan Fernández y sus efectos morofotectónicos sobre el margen de Chile central", Actas, vol. III del Simposio Geología Marina de Chile "José Corvalán Díaz", págs. 1854 –1858.
- Vergara, Hernan P. y Astudillo, René, "Altos estructurales costa afuera en la región de Valparaíso, Chile central", Revista de Biología y Oceanografía, Vol. 43, N°.3: pág. 539-545, diciembre 2008.
- Villablanca, R., 1982, "Modelos Matemáticos para la Distribución azimutal del Potencial Destructivo Sísmico". Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Yáñez, G., Ranero, C., Von Huene, R., Díaz, J., 2001, "Magnetic anomaly interpretation across the southern central Andes (32°-34°S): The role of the Juan Fernández Ridge in the late Tertiary evolution of the margin", Journal of Geophysical Research, vol. 106, No B4, páginas 6325 – 6345.
-

ANEXO 1

TECTONICA, MAGMATISMO Y SUBDUCCION

La tectónica de la región en análisis está marcada por un mecanismo sismogénico de subducción litosférica, caracterizado por la gran cantidad de sismos originados en este contacto interplacas, y por ser la zona donde ocurren los sismos de la mayor magnitud registrada en el ámbito mundial.

En el margen continental de Sudamérica frente al océano Pacífico, la placa oceánica, o Placa de Nazca, se encuentra en continuo avance desde las meso dorsales oceánicas hacia el este, y al chocar con la litosfera continental se deforma y subduce bajo la placa continental, dada su menor rigidez frente al manto del continente sudamericano. Este fenómeno se ilustra en la Figura A1.1 siguiente.

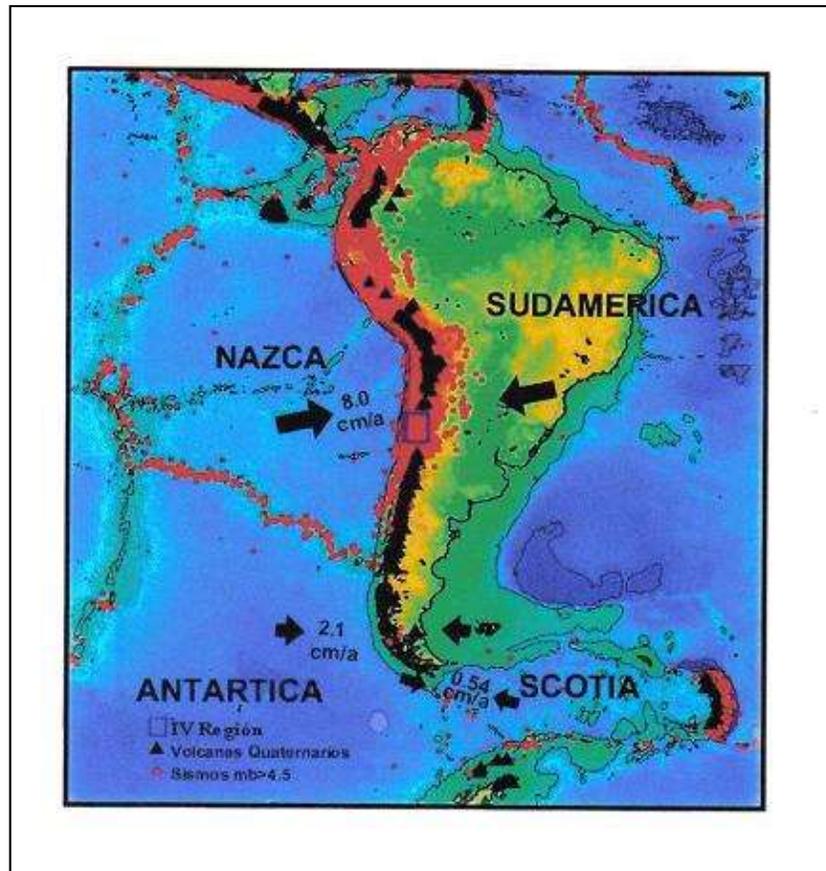


Figura A1.1: Marco Tectónico regional. Dirección (flechas) y la velocidad relativa de convergencia (8.0 cm/año) entre las placas de Nazca y Sudamericana en la zona central de Chile (Fte.: Díaz, 2001; Pardo, 2000)

En la parte inmediatamente anterior al contacto interplacas se ha generado una fosa marina, con desarrollo de prismas de acreción en algunas zonas, en particular al norte y sur de la zona en estudio, con una gran actividad sísmica originada en la zona acoplada, por la importante magnitud del desplazamiento relativo entre ambas placas.

Este proceso de subducción litosférica se caracteriza en el margen oceánico de Chile entre los 28° y 33° S por desarrollarse con un bajo ángulo de subducción, denominado como subducción subhorizontal, asociado a que se trata de placas jóvenes en contacto, las que se desplazan con velocidad lo suficientemente alta.

En este proceso, el ángulo de subducción va en aumento con la profundidad, al cruzar la astenósfera, hasta el momento en el cual la placa subductada entra en contacto con la mesósfera, manto bajo la astenósfera. En este encuentro la mesósfera produce una resistencia viscosa mayor a la astenósfera, por lo cual peralta la parte subductada de la placa oceánica tal como si esta “flotara” sobre la mesósfera. En consecuencia, se genera una pequeña cuña astenosférica entre la placa oceánica y la placa continental, lo cual explica la ausencia de volcanismo reciente en la zona al norte de los 33° S. Más al sur del paralelo 33° S el ángulo de subducción de la placa oceánica es mayor, originando una cuña astenosférica de mayor dimensión, por lo cual reaparece la actividad volcánica reciente en la superficie continental (Fte.: D. Comte, Curso GF-755, 1995).

Por otro lado, la placa continental además de ser más rígida que la placa oceánica, es más gruesa y su geometría incluye formas de puntas en su parte inferior, conocidas como “raíces” apuntando hacia la astenósfera. Por su mayor tamaño, se distingue en forma particular la raíz bajo la Cordillera de Los Andes. Por esto aun cuando todas las placas de la corteza terrestre se encuentran en movimiento, el mecanismo de freno en la placa continental es mucho más fuerte que en la placa oceánica (Fte.: D. Comte, GF-755, 1995).

En la Figura A1.2 siguiente se esquematiza de manera genérica el proceso de subducción litosférica antes descrito, mundialmente conocido como “del tipo chileno”, donde es posible distinguir el outer rise que es un combamiento en la Placa de Nazca anterior al contacto con la Placa Continental, la zona de contacto sismogénico, donde choca la placa oceánica contra la placa continental y luego subduce bajo esta, la fosa marina generada antes del contacto interplacas, el prisma de acreción sobre la fosa, la placa subduciendo mas allá de la zona de contacto, y la cuña astenosférica generada entre el manto subductado y la parte baja de la litósfera continental.

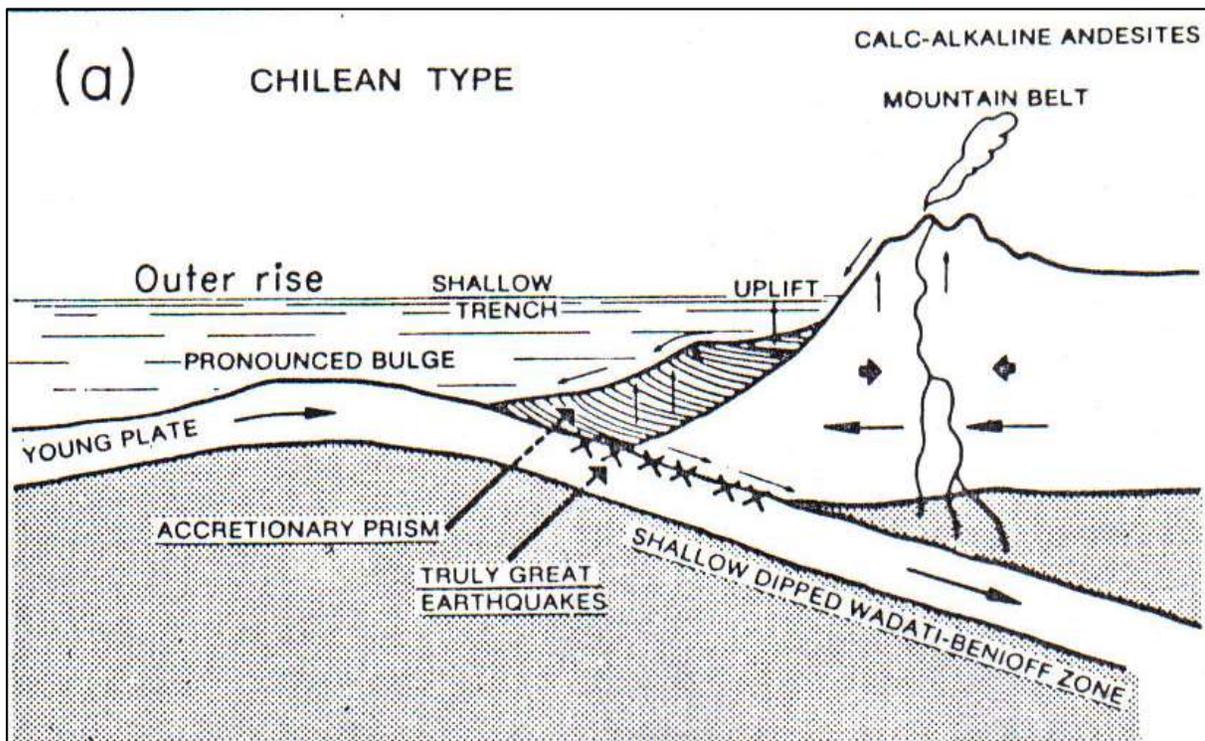


Figura A1.2: Esquema de zona de subducción litosférica del tipo chilena (Fte.: Kanamori, 1986)

EVOLUCION MAGMATICA TARDIA Y ZONA DE TRANSICIÓN

En la figura A1.3 en adelante se ilustra la evolución magmática para la porción continental de la placa Sudamericana, en torno a la latitud 33° S, a través de la evolución de los focos volcánicos, o arco volcánico, el cual se desplazó en un eje este – oeste, desde el Triásico tardío, en el Mesozoico, al Plioceno reciente, a contar de unos 2 a 3 millones de años atrás.

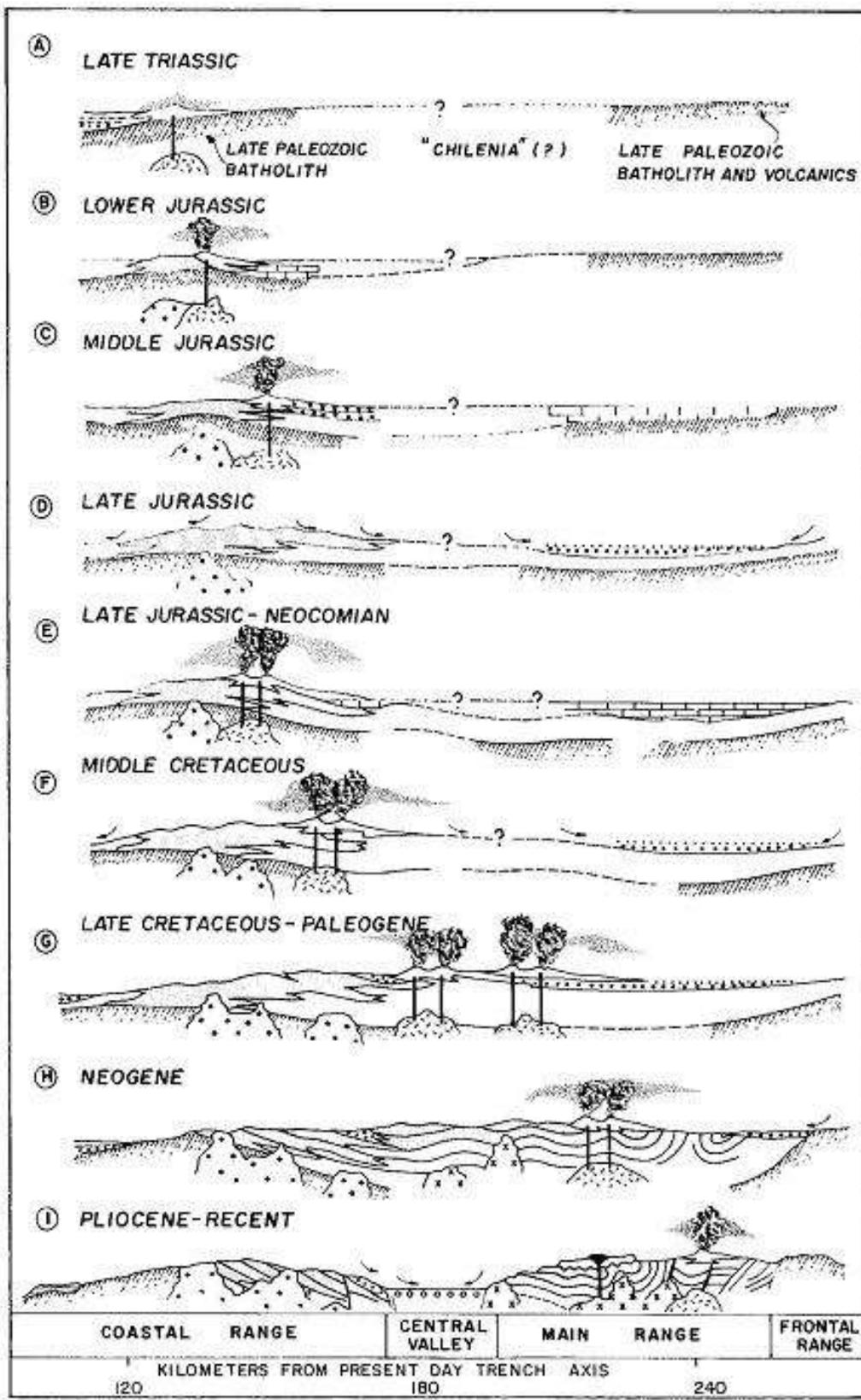


Figura A1.3: MIGRACIÓN DEL ARCO MAGMÁTICO EN LA LATITUD 33°S, DURANTE EL MESO-CENOZOICO.
 (Fte.: Thiele y Nasi, 1982)

En adelante se resumen los antecedentes recabados de estudios anteriores, acerca de la tectónica, volcanismo, geología y el mecanismo de subducción litosférica en la zona de estudio. Estos estudios han sido considerados de interés para el estudio por su aporte al entendimiento del proceso sismogénico imperante en la zona. Estos estudios se presentan en forma cronológica, en los puntos I a VIII siguientes, bajo su título original traducido desde el inglés, con lo cual es posible obtener una vista acerca de la evolución del conocimiento adquirido respecto del proceso de subducción para la zona en estudio.

En base a las conclusiones de estos estudios se ha redactado el punto 2.1 TECTONICA, MAGMATISMO Y SUBDUCCIÓN EN LA ZONA CENTRAL.

I. MECANISMO Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE TERREMOTOS CHILENOS CON RELACION A LA SUBDUCCIÓN DE LA PLACA OCEÁNICA

William Stauder (William Stauder, agosto de 1973) plantea que en la costa chilena la Placa de Nazca subduce bajo la Placa Continental por segmentos, a través de episodios discretos y localizados, y que a la vez la placa oceánica se encontraría segmentada en una serie de "lenguas" las cuales subducen independientemente y de diferente manera unas respecto de otras, aún entre segmentos contiguos, produciéndose zonas de "silencio sísmico" por algunos años. De este modo, se presentan importantes diferencias en el mecanismo focal para los sismos ocurridos de una zona a otra, evidenciando el movimiento segmentado de la placa subductada. Este estudio se basa en el análisis de 61 terremotos, ocurridos entre los años 1962 y 1970, con epicentro en la costa occidental de América del Sur, desde el límite entre Perú y Chile y hasta la latitud 46° S.

La zona en estudio para esta memoria, considera 10 terremotos superficiales de los analizados por Stauder, con hipocentros entre 30 Km a 60 Km de profundidad, y epicentros ubicados en la costa de Chile, más 3 terremotos de profundidad intermedia con hipocentros entre 100 Km a 120 Km de profundidad, con epicentros ubicados en la zona central del país y la cordillera de Los Andes, sin considerar ningún terremoto profundo. En las vecindades de la zona en estudio, los terremotos más profundos se ubican al este de la longitud 64° W, en territorio argentino.

En el caso de los sismos de profundidad intermedia, se tiene que su eje de tensión es paralelo a la dirección en la cual subduce la placa oceánica. Para sismos de mayor profundidad se tiene que el eje de compresiones también es paralelo al eje de la placa.

En la zona entre los 27° S y los 34° S, si bien corresponde a una zona de subducción de la placa oceánica, ocurre que a profundidades mayores a los 120 Km el segmento subductado de la placa oceánica se mueve horizontalmente bajo la placa continental. En esta zona como en sus vecindades el proceso de subducción parece corresponder a un proceso que se ha iniciado recientemente. En esta zona si bien al interior de la placa subductada están presentes esfuerzos tensionales, la sismicidad de la zona indica que la placa oceánica no descende hasta el interior de la astenósfera, sino que es empujada en sentido inverso o se está moviendo horizontalmente inmediatamente por debajo de la placa continental. En esta misma zona se obtiene una sismicidad coherente y continua para sismos superficiales, los cuales corresponderían a un movimiento relativo entre la placa oceánica y continental en dirección N 85° E, a lo largo de un plano de subducción el cual estaría penetrando con una inclinación de solo 15° bajo el continente. Lo anterior se ilustra en la Figura A1.4 siguiente.

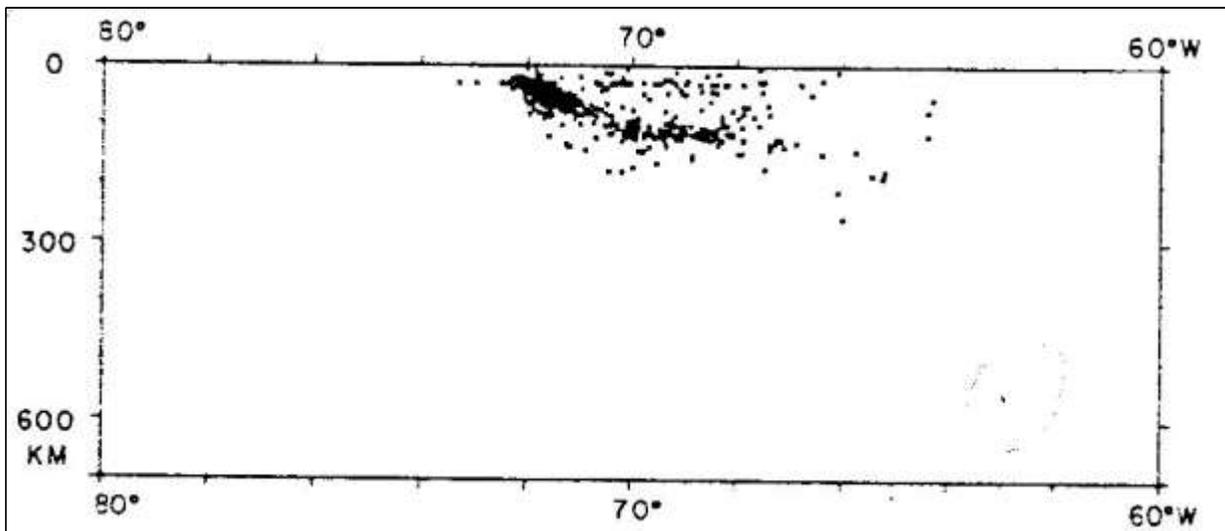


Figura A1.4: **Proyección en sentido este-oeste, para plano vertical, de los hipocentros de sismos para el periodo 1961 a 1970, ubicados entre las latitudes 30° S a 34°S.**

II. DISTRIBUCION ESPACIAL DE TERREMOTOS Y SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE NAZCA BAJO AMERICA DEL SUR

A partir del análisis de unos 1.700 eventos ocurridos entre 1953 y 1975 (Muawia Barazangui, y Bryan L. Isacks, noviembre de 1976) situados en la costa occidental de América del sur, entre los 0° y los 45° S de latitud, se obtienen entre otras las conclusiones que siguen, sin considerar conclusiones que han sido refutadas por estudios posteriores.

- i. Los hipocentros permiten definir cinco segmentos de zonas sísmicas inclinadas, en cada una de las cuales se tiene un ángulo de subducción relativamente uniforme. En particular los segmentos ubicados entre los 2° S y los 15° S y entre los 27° S y los 33° S tienen un ángulo de subducción de 10° respecto de la horizontal. Los segmentos vecinos (15° S a 27° S y 33° S a 45° S) poseen ángulo de subducción más alto, de entre 25° a 30° respecto de la horizontal. No existen evidencias de segmentaciones mayores para la Placa de Nazca mientras desciende bajo la Placa Continental. Considerando que dos de los segmentos con menor ángulo de subducción están en contacto con la parte inferior de la placa continental, se establece que el espesor de esta placa sería algo menor a los 130 Km en su margen occidental, lo cual contrasta con el espesor de 300 Km estimado por otros estudios anteriores.
- ii. Basado en el modelo de Jischke (Jischke, 1975) se explica la geometría de los dos segmentos de la placa de Nazca que subducen con un bajo ángulo, tanto en Perú como en Chile, a través de la proposición de un modelo para la dinámica de placas en subducción, basado en que si la región entre la placa en descenso y la placa que avanza sobre ella es delgada, de poca altura, y además varía con la profundidad, las fuerzas hidrodinámicas cobran tal importancia que pueden balancear las fuerzas gravitacionales que actúan sobre la placa subductada mientras desciende, y entonces esta placa subductada tendrá una tendencia a adherirse a la parte baja de la placa que se desplaza sobre ella.
- iii. Existe una considerable actividad sísmica en los 50 Km superiores de la placa continental Sud Americana. Esta actividad estaría bien aislada de la zona sísmica inclinada. De este modo los hipocentros en Sud América no están distribuidos a través de una zona de 300 Km de espesor, tal como había sido descrito previamente.
- iv. Existe una correlación entre los dos segmentos de la Placa de Nazca subductada con bajo ángulo de subducción y la ausencia de volcanismo cuaternario en la Placa Continental Sud Americana (segmentos ubicados entre los 2° S y los 15° S y entre los 27° S y los 33° S).

- v. Lo anterior se debería a la baja cantidad de material astenosférico o ausencia de este material, entre la placa continental y la placa subductada durante el último periodo geológico.
- vi. La región ha tenido considerable actividad volcánica durante el Mioceno y el Plioceno, épocas del Terciario, luego se infiere que, si la ausencia de volcanismo está directamente relacionada con la geometría plana de la placa subductada, entonces la presente geometría no corresponde a un régimen estable y que la placa subductada debió tener un ángulo de subducción mayor durante el Plioceno, similar al segmento en el norte de Chile. A partir de lo anterior se considera posible que en el futuro las fuerzas gravitacionales que actúan sobre el segmento de la placa que subduce con bajo ángulo, sean superiores a las fuerzas hidrodinámicas que mantiene la placa más bien plana, separando la placa de Nazca de la placa Sud Americana, permitiendo el flujo de material astenosférico en el espacio entre las dos placas, y en consecuencia generando nuevos episodios de volcanismo en las zona donde hoy no se detecta volcanismo Cuaternario.
- vii. Existe un “gap” en la actividad sísmica entre los 320 Km y los 525 Km de profundidad.
- viii. Se observa que los sismos más profundos con hipocentros bajo los 525 Km de profundidad, definen cinturones de actividad relativamente delgados, y el número de eventos de baja magnitud es muy bajo en relación a la cantidad de eventos de mayor magnitud.

III. MAGMATISMO ANDINO TERCIARIO EN CHILE Y ARGENTINA ENTRE LOS 28°S Y LOS 33°S: CORRELACION DE LA QUÍMICA MAGMATICA CON UN CAMBIO EN LA ZONA DE BENIOFF.

(S. Mahlburg Kay, V. MaksaeV, R. Moscoso, C. Mpodozis, C. Nasi, C. E. Gordillo, mayo 1987, Publicado en 1988) En este artículo, sus autores revisan la distribución, edades, características petrológicas y geoquímicas de las rocas magmáticas terciarias en la región sin volcanismo actual, entre los 28°S y los 33°S, y la relación de estas rocas con el desarrollo tectónico de la región. Las características químicas de estas rocas volcánicas terciarias son comparadas con aquellas provenientes de zonas con actividad volcánica Andina reciente, donde las condiciones tectónicas y la geometría de la subducción son conocidas.

La distribución y características de las rocas magmáticas terciarias en la zona de subducción subhorizontal complementa la información sísmica, estructural, sedimentaria y de geofísica marina obtenida en estudios anteriores, los cuales sugieren que la Placa Americana “cabalga” sobre la Placa de Nazca resultando en una zona de subducción más superficial y horizontal, más un enfriamiento de la litósfera. El cambio a una zona de subducción superficial y más horizontal se habría iniciado alrededor de los 18Ma, y la mayor parte del aplanamiento habría ocurrido entre los 11Ma y los 7Ma. La presente distribución de la actividad volcánica,

así como la actual geometría de la zona de subducción no datan desde hace mucho en la escala de tiempo geológico.

En la discusión de este artículo las trazas de elementos minerales son usadas como pruebas mineralógicas para deducir la historia termal de la corteza y del manto superior. Se considera que el granate es el mineral más fácil de detectar como una fase residual en la fuente, dado que tiene altos coeficientes de distribución para elementos raros pesados (REE: Rare Earth Elements) y su presencia es sugerida por un patrón REE de alta tasa de La/Yb. Así, la presencia o ausencia de granate entrega importantes pistas acerca de la historia termal, dado que se vuelve estable en la medida que la temperatura cae a presión constante.

Bajo las premisas anteriores, el artículo analiza el volcanismo sobre la zona de subducción más escalonada, con ángulo de subducción mayor a 30°, para luego analizar el volcanismo en la zona de placa subductada mas horizontalmente, primero durante el Mioceno medio, y sus evidencias en la formación en Cerro Las Tórtolas en la Cordillera chilena, en el Valle de Calingasta en la Precordillera argentina, para luego analizar el volcanismo durante el Mioceno tardío (5-8Ma) y sus evidencias en la formación Vallecito, y las Sierras Pampeanas, en Pocho, San Luis y Farellón Negro en territorio argentino, para finalmente abordar la falta de volcanismo en esta zona.

IV. AUSENCIA DE VOLCANISMO RECIENTE EN ZONA DE SUBDUCCION SUBHORIZONTAL

Respecto de la ausencia de volcanismo reciente en la zona de subducción subhorizontal, se recogen los estudios anteriores (Barazangui y Isacks, 1976) que correlacionan la falta de volcanismo y la baja atenuación de las ondas sísmicas, con la delgada o inexistente capa de material astenosférico sobre la placa subductada, otro estudio (Smalley et al., 1985) sobre la base de datos sísmicos sugiere que el actual espesor de material astenosférico es menor a los 15 Km bajo el límite entre la Precordillera y las Sierras Pampeanas, cerca de San Juan, y este bajo espesor de astenósfera sugiere que el manto superior más nuevo no es continuamente reciclado en esta región, y que este manto superior no tiene la temperatura suficiente para fundir material. Estos factores influirían en la actual ausencia de volcanismo en la parte oeste y central de la región de subducción subhorizontal. Si el ángulo de subducción aumentara y la astenósfera incrementara su espesor suficientemente, en el futuro se podría producir nuevamente volcanismo.

Más al este, bajo las cordilleras Pampeanas, el espesor de la astenósfera es mayor y tiene la altura suficiente para generar fundición en el manto sobre la zona sísmica, sin embargo, no existe volcanismo moderno. Esto puede ser a causa de que la placa subductada no contiene los componentes suficientes para generar un

flujo fundido en el manto superior debido al tiempo durante el cual recorre los más de 700 Km que separan este punto de la fosa marina en la costa oeste de América del Sur.

La ausencia de volcanismo en el oriente de la zona de subducción subhorizontal es consistente con la importancia de un componente derivado de la placa subductada en la generación del magmatismo.

Las rocas volcánicas del Mioceno tardío en las Sierras Pampeanas sugieren que la configuración actual de la placa subductada debe ser más superficial y la astenósfera más fría de lo que fue hace 4,9Ma en el tiempo de la última actividad volcánica en Pocho.

El magmatismo en esta región sugiere que el aplanamiento de la zona de subducción comenzó alrededor de 16Ma a 18Ma atrás, coincidentemente con la migración del frente volcánico principal hacia el este y el desarrollo de centros volcánicos menores detrás del arco principal. Entre los 10-11Ma y los 7,5Ma, el volcanismo migró rápidamente al este desde la Cordillera de Los Andes hacia las Sierras Pampeanas, hasta aproximadamente 700 Km de la fosa marina, donde el volcanismo andesítico ocurrió hasta alrededor de 5Ma atrás.

Durante la transición tectónica la geoquímica de las rocas sobre la placa cambió de carácter. Las rocas erupcionadas en la etapa más temprana, durante la subducción más escalonada, son similares a aquellas de la parte central y sur de la zona volcánica actual al sur de los 33° S, donde el ángulo de subducción es mayor a los 30° y la corteza es relativamente delgada. La geoquímica sugiere que el granate jugó un rol menor en la evolución del manto y la corteza sobre la zona de Benioff, consistentemente con las altas temperaturas en la región por encima de la zona sísmica (Kay et al., 1987). Los magmas erupcionados sobre la placa profunda entre los 18Ma y los 8Ma son similares a aquellos erupcionados en la parte norte de la zona volcánica al sur de los 33° S y en el Altiplano en la zona volcánica al norte de los 28°S actual, donde la corteza es más gruesa y la astenósfera es más delgada que en la zona volcánica al sur de los 33°S. Su geoquímica sugiere que el granate fue importante en su evolución, consistentemente con las bajas temperaturas. Las rocas volcánicas erupcionadas más al este sobre la placa plana no tiene equivalentes modernos en Los Andes y su química es consistente con erupciones ocurridas sobre un segmento más profundo de la zona de subducción.

Variaciones en la geoquímica de las rocas magmáticas que correlacionan con la época de deformación y actividad magmática también aparecen en sentido norte-sur.

El artículo finalmente propone que la causa última para el desplazamiento hacia la superficie de la zona sísmica puede ser mejor definido a través de la historia volcánica de la región. Modelos basados en reconstrucciones oceánicas tales como el de Pilger (Pilger, 1984), sugieren que el aplanamiento de la zona de subducción en este segmento de Los Andes es debido a la subducción de la dorsal de Juan Fernández. Pilger sugirió que un combamiento en la Dorsal de Juan Fernández fue inducido al ser subducida alrededor de 20Ma, el cual hoy se proyecta en la superficie al este de las Sierras Pampeanas. Un segmento en dirección este-oeste de la dorsal intersecta la fosa marina actual en forma casi coincidente con la transición en el ángulo de subducción alrededor de los 33° S. En general el modelo de Pilger es consistente con las observaciones sobre el volcanismo en la región de subducción plana, considerando que el segmento proyectado de la dorsal habría pasado bajo la Cordillera de Los Andes alrededor de 15Ma, bajo la Precordillera argentina alrededor de 10Ma, y bajo la región al norte de la Sierra de Córdoba hace 7Ma. Estos tiempos coinciden aproximadamente con la deformación y el cambio en el tipo de rocas en la Cordillera Principal de Doña Ana a Cerro Las Tórtolas, volcanismo en el Valle de Calingasta y Precordillera argentina, y el volcanismo en El Pocho.

Los datos geológicos y geofísicos sugieren que la fuente magmática bajo la Cordillera de Los Andes chilenos entre los 19° S y los 30, 5° S, cambió de pobre en granate a rica en granate coincidentemente con el enfriamiento debido al aplanamiento hacia la superficie de la placa subductada y el engrosamiento de la corteza. Los magmas anteriores a los 16Ma - 18Ma parecen haber fraccionado a niveles más superficiales la corteza y haber interactuado menos con la corteza pre-existente que el caso de los magmas más recientes, excepto por ignimbritas silíceas, el volcanismo terminó en la Cordillera alrededor de los 11Ma. La actividad magmática se extendió hacia el este, hacia el Valle de Calingasta y la Precordillera Argentina entre los 18Ma y los 7,5 Ma, al tiempo que la zona de subducción se aplanaba y se volvía más superficial. La química de las rocas de composición andesítica a riolítica en esta región es consistente con un engrosamiento de la corteza sobre una zona de subducción más cercana a la superficie. Después de los 8Ma, la actividad magmática principal migró más hacia el este, hasta las regiones de El Pocho (7,8Ma – 4,9Ma) y San Luis en las Sierras Pampeanas. Las rocas volcánicas (54-70% SiO₂) en esta región son geoquímicamente diferentes de las rocas volcánicas recientes de otras áreas de Los Andes, pero son consistentes con la erupción sobre un segmento profundo de la zona sísmica. El volcanismo en la zona de subducción plana está ausente en el oeste debido al calor insuficiente para fundir el manto encima de la placa, y en el este porque la placa ya ha perdido los componentes necesarios debido a la fusión en el manto encima de la placa, aun cuando las temperaturas son lo suficientemente altas como para producir fusión.

V. SISMICIDAD Y FORMA DE LA PLACA DE NAZCA SUBDUCIDA

(Thomas Cahill y Bryan Isacks, noviembre de 1992) Este artículo sus presenta una vista tridimensional de la zona de Wadati-Benioff bajo la costa oeste de Sud América, producida por la adición de 9 años de datos tele sísmicos a las compilaciones previas acerca del manto sísmico. Este estudio se basa en la información relativa a la determinación de hipocentros de los catálogos del International Seismological Centre (ISC) para el periodo entre 1964 y 1985, y del United States Geological Survey Preliminary Determination of Epicenters (PDE) para el año 1963 y entre 1986 y 1988. De estos dos catálogos se seleccionaron eventos de profundidad intermedia ($h > 60\text{Km}$) basados en el número de ondas por unidad de tiempo registradas (n) parámetro usado para localizar cada sismo. Esta información fue complementada con los datos del catálogo del International Seismological Summary, entre 1950 y 1963, el catálogo PDE desde 1950 a 1982, y una compilación aún no publicada a la fecha del estudio de Sykes and Hayes (1971). De este modo se conformó un set de datos que cubre casi 40 años.

A partir de la ubicación y soluciones de mecanismos focales para sismos recopilados por el Centro Sismológico Internacional y la determinación preliminar de terremotos, se conforma la base para el estudio de la geometría de la zona de Wadati-Benioff. Estos nuevos datos soportan mapeos previos de una flexión en la Placa de Nazca subductada bajo el sur del Perú y proporciona evidencia para deducir una flexión similar en la transición existente en torno a los 33°S , entre la subducción subhorizontal y la zona con ángulo de subducción cercano a los 30°S . En contraste, la transición bajo Bolivia y Argentina es más gradual y ocurre a través de cientos de kilómetros a largo de la zona de contacto interplacas, entre los 20°S y los 32°S . Este aplanamiento hacia el sur corresponde a una extensión de una parte de la placa subductada, horizontal similar a una playa, formada entre los 100 y 125 Km de profundidad. La transición en la tectónica continental cerca de los 27°S a 28°S , desde una zona amplia y volcánicamente activa a una cordillera angosta sin volcanismo, parece estar asociada con el aplanamiento de la placa subductada, el cual comienza al norte de estas latitudes, pero si con un cambio más abrupto en la curvatura de la placa subductada, de una forma convexa hacia arriba a una forma cóncava hacia arriba, inmediatamente debajo de la interfase de la placa. El concepto de curvatura Gaussiana es aplicado a la placa curvada, para explicar cómo la geometría de la subducción es afectada por la forma de placa Sud Americana. Se plantea que la polaridad de la curvatura vertical en la placa subductada es gobernada por la orientación de la curvatura lateral del margen de la placa.

En otro ejercicio, las soluciones de mecanismos focales para sismos de profundidad intermedia y profunda son agrupadas por región geográfica y ordenadas según su orientación y magnitud relativa de las tensiones principales; Los resultados de este ordenamiento indican que la extensión en el sentido de la subducción

domina en la placa por más de 350Km, considerando que las compresiones en el sentido de la subducción dominan a mayores profundidades.

Dentro de los antecedentes previos para este artículo, se citan varios autores según los cuales bajo el norte y el centro de Perú, y el oeste de Argentina (28° S a 32° S) la litósfera subductada se extiende hacia el este por cientos de kilómetros a una profundidad cercana a los 100Km antes de retomar su descenso; Bevis (1986), Bevis y Isacks (1984) analizaron la distribución de hipocentros tele sísmicos usando superficies de tendencia, y mostraron que es posible interpretar cada límite entre segmentos en la región como una contorsión suave más que como una falla.

Fallas pueden existir en la vecindad de zonas sin sismicidad al interior de la zona de Wadati-Benioff, sin embargo, dada la información tele sísmica de hipocentros, tales fallas más bien podrían separar gaps en regiones de tendencia curva.

La Figura A1.5 a través de una vista en planta muestra los perfiles de profundidad deducidos para la placa de Nazca subductada bajo la corteza continental, los rasgos principales en el entorno y los datos utilizados para su deducción. En la Figura A1.6 siguiente se muestra también en planta la forma de la placa subductada mas la región correspondiente a la Cordillera de Los Andes Centrales y ubicación de los volcanes actualmente activos. En base a los perfiles anteriores se obtiene una vista tridimensional de la placa subductada bajo el margen occidental de la placa continental, tal como se muestra en la figura A1.7, desde los 12° S por el norte y hasta los 36°S por el sur. En el caso de la transición en la placa subductada en torno a los 33°S en Chile central, se puede apreciar un cambio fuerte en las pendientes y curvaturas del modelo tridimensional bajo los 150Km de profundidad.

En la figura A1.8 se muestran los ejes y perfiles en detalle para la zona norte de Chile y noreste de Argentina; De estos cortes verticales, en la Figura A1.9 se muestran los cortes según secciones verticales correspondientes a la parte más cercana a Chile central para este subconjunto de datos. En las figuras A1.10 y A1.11 se entregan las figuras en planta y cortes verticales correspondientes a la zona de Chile Central, entre los 32°S y 35°S, la cual se intersecta con la zona en estudio de esta memoria.

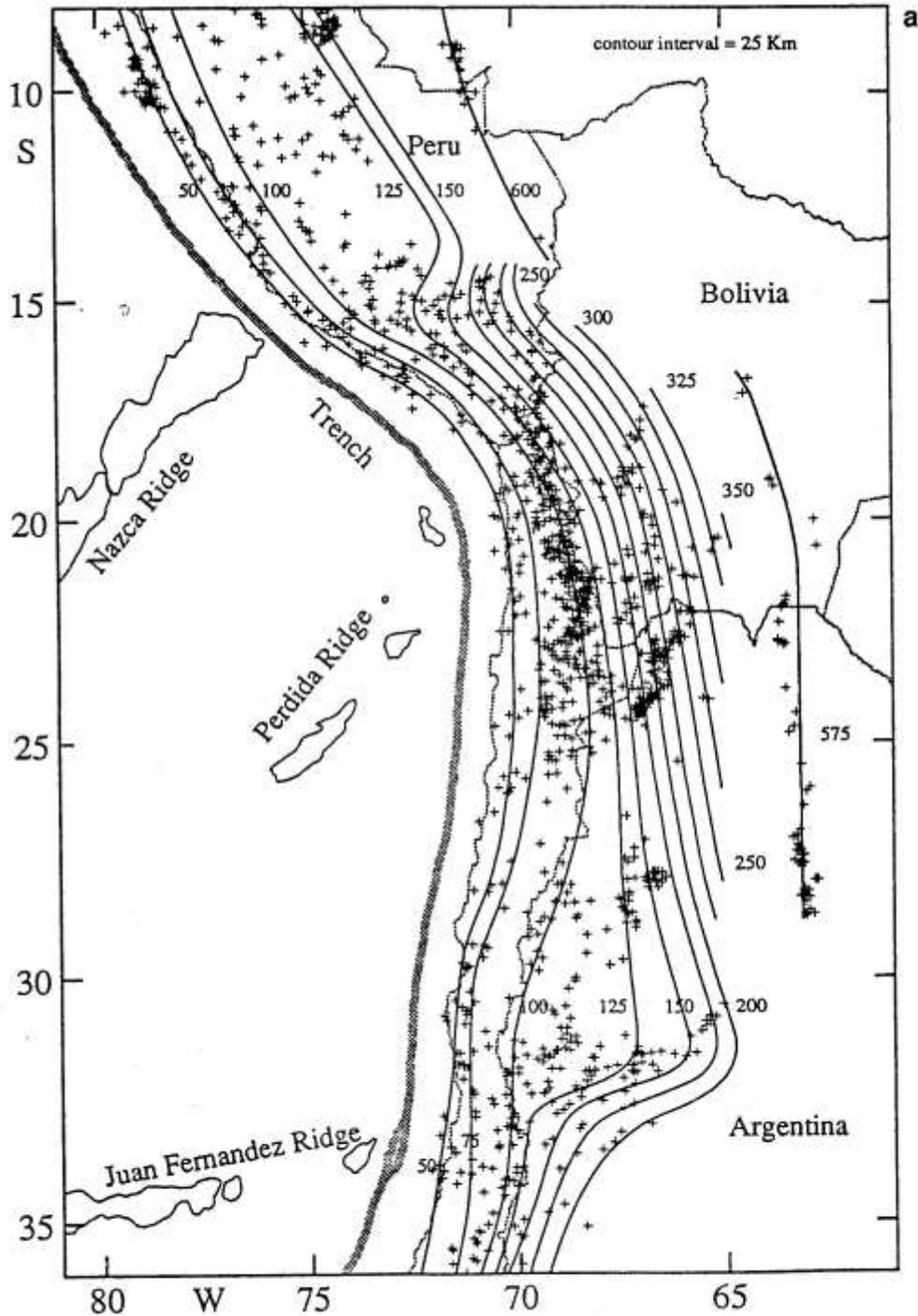


Figura A1.5: La forma de la placa de Nazca subductada se muestra a través de línea de contorno que representan el centro de la zona de Wadati-Benioff; Los epicentros obtenidos a partir de datos tele sísmicos, usados para determinar las líneas de contorno se muestran como cruces. Para generar las líneas de contorno, se tomaron secciones transversales de datos sísmicos, cada 100Km, a lo largo de todo el margen de los Andes centrales, donde se proyectaron en un mapa puntos en la mitad de la zona de Wadati-Benioff a intervalos de 25Km de profundidad, los cuales fueron unidos por líneas y luego suavizadas estas líneas. El eje de la fiza fue digitalizado a partir de cartas batimétricas de Prince et al. 1980. Las líneas de contorno batimétrico fueron digitalizadas a partir del estudio de Mammerikx and Smith, 1978.

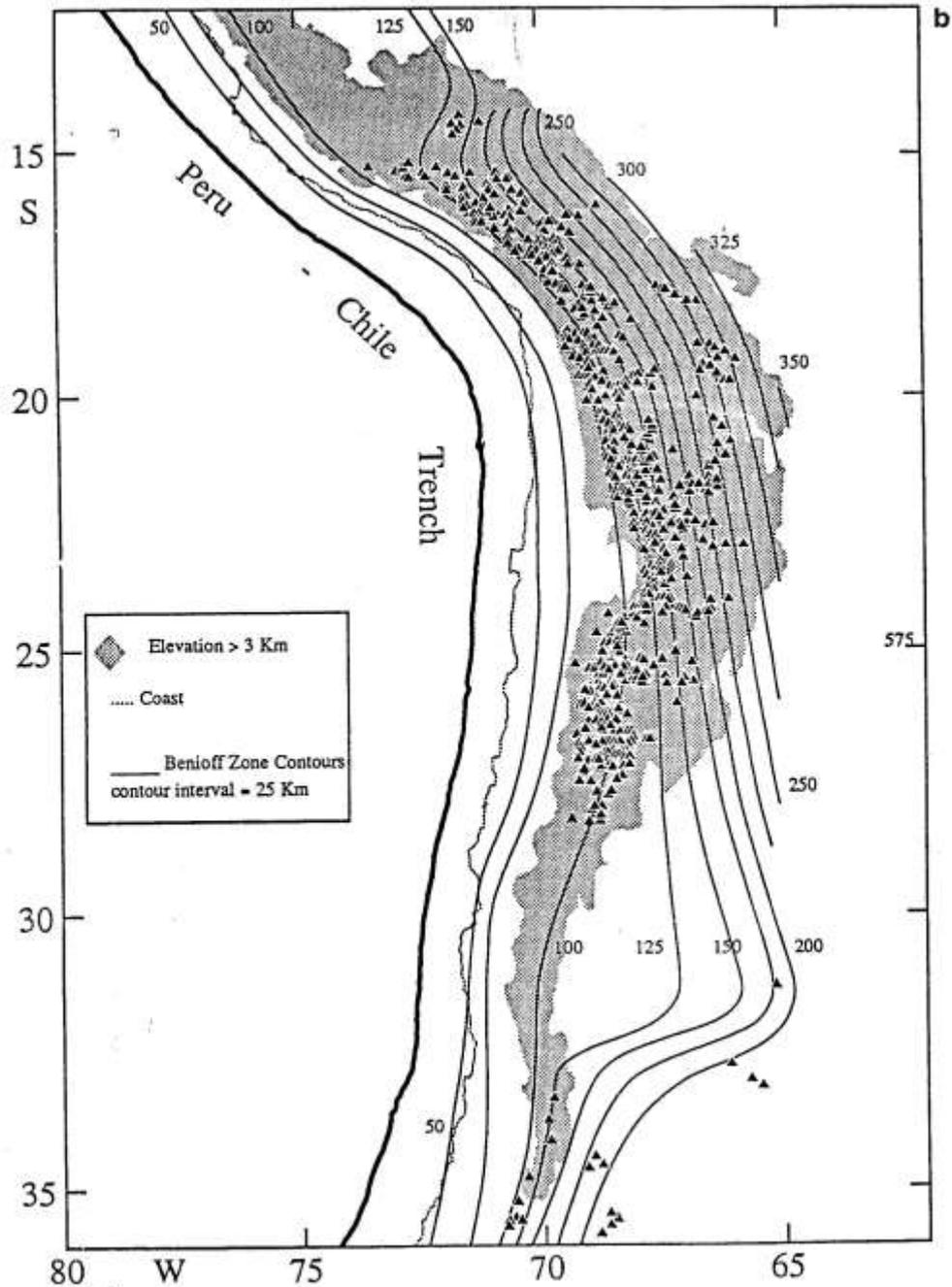


Figura A1.6: Superposición de las líneas de contorno de la zona de Wadati-Benioff y las regiones de los Andes centrales con elevaciones sobre los 3.000m y las ubicaciones de centros volcánicos más jóvenes. La asociación entre actividad volcánica, indicada por triángulos sólidos, presencia de un amplio llano y las líneas de contorno, muestran un escalonamiento en el ángulo de subducción entre los 14°S y los 27°S, así como una horizontalización del ángulo de subducción a contar de los 30°S y hacia el sur.

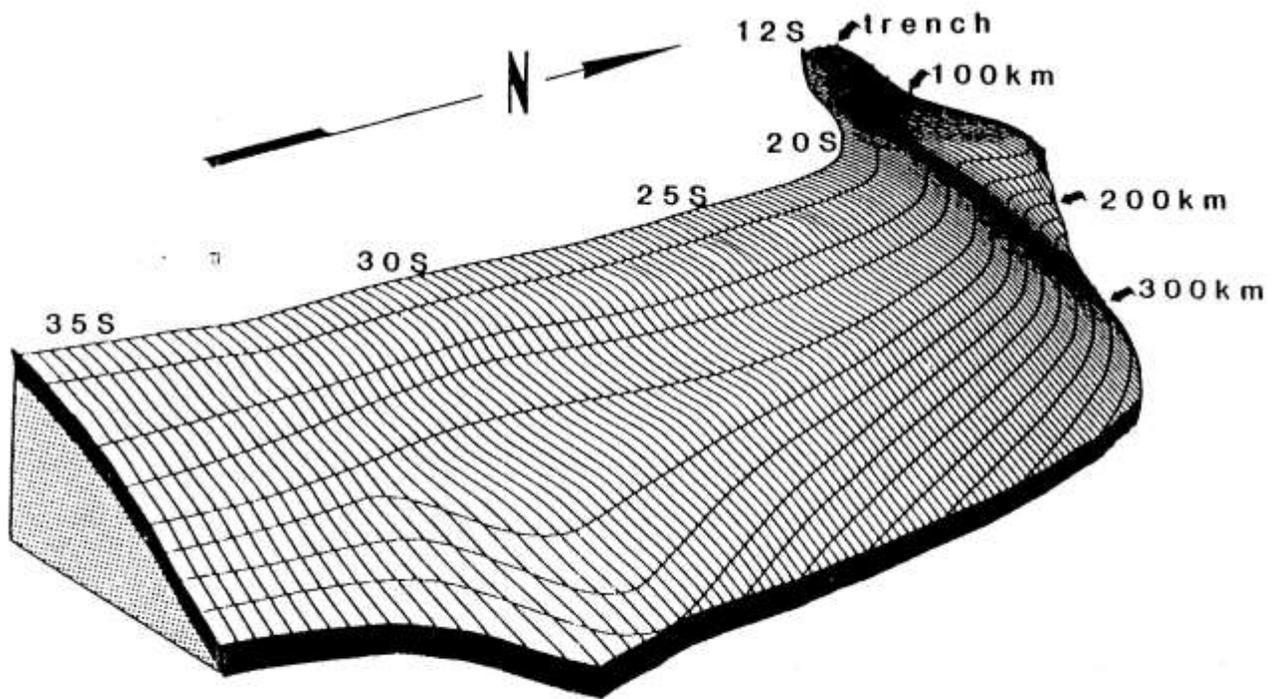


Figura A1.7: Vista tridimensional de la Placa de Nazca subductada, entre los 12°S y los 36°S. Muestra la transición hacia el norte del ángulo de subducción, de escalonado a plano en torno a los 33°S, de plano nuevamente a escalonado entre los 28°S y los 20°S, y la segunda transición de escalonado a plano en torno a los 15°S.

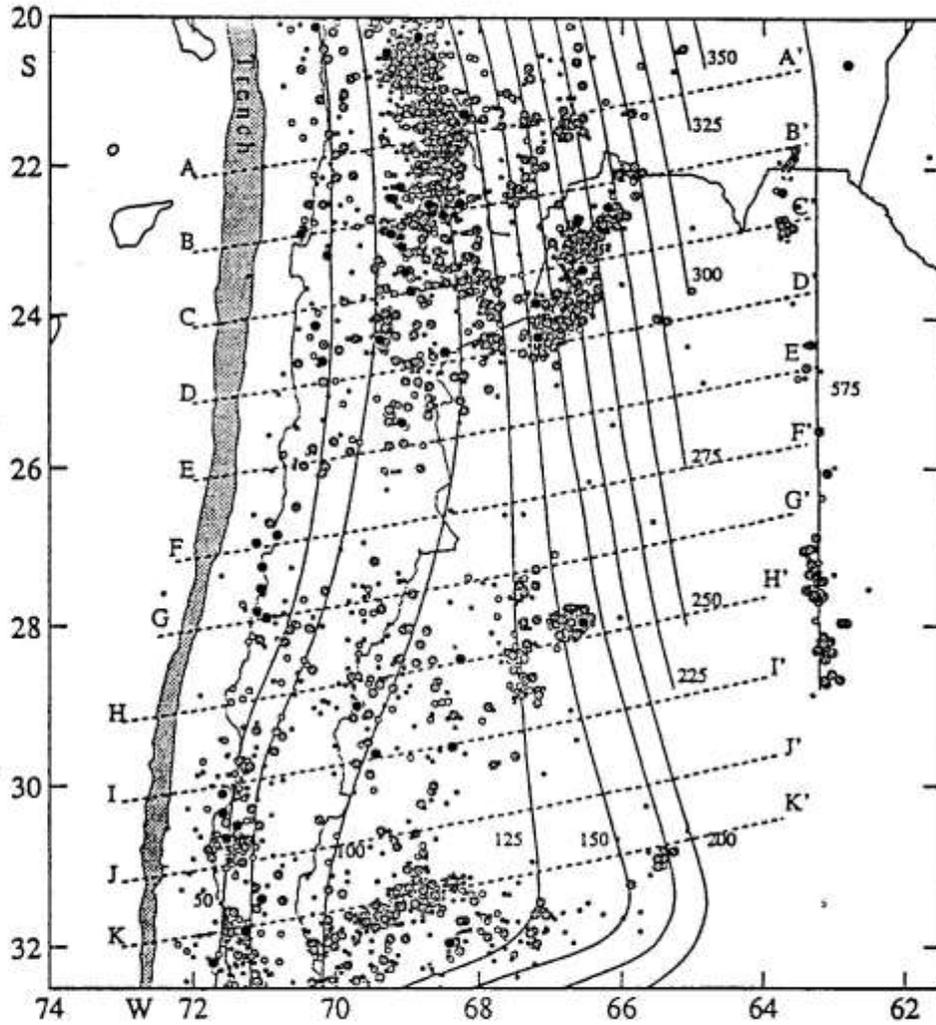


Figura A1.9: Las secciones transversales J-J' y K-K' que se muestran en planta en la Figura A1.8 anterior, muestran la ubicación de hipocentros en profundidad para eventos en una franja de 100Km de ancho en planta en torno a cada eje transversal. En estas secciones la planicie es mas angosta y el volcanismo desaparece hacia el sur en la medida que la geometría de la placa subductada es mas plana.

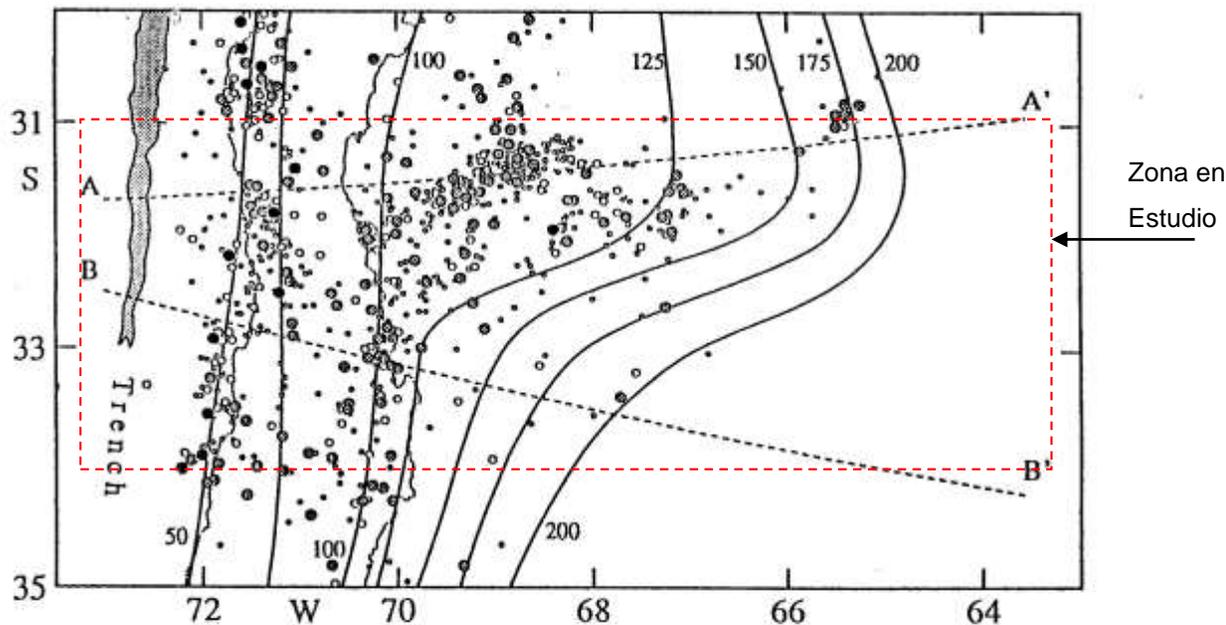


Figura A1.10: Mapa de sismicidad de la zona de transición en Chile central, mostrando la ubicación de epicentros. La transición hacia el sur de una subducción casi horizontal a una con ángulo de 30° , parece ocurrir a través de líneas de contorno suaves en la placa, a profundidades menores a los 125Km. La falta de sismicidad bajo los 150Km de profundidad entre los 32°S y 33°S no permite ver la naturaleza de la transición a niveles más profundos.

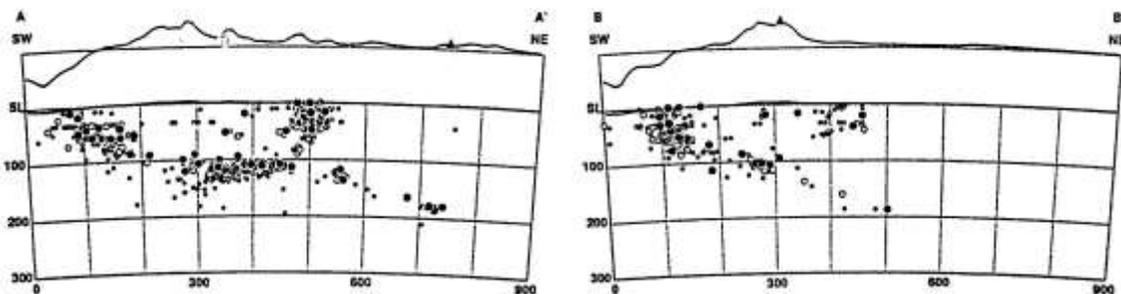


Figura A1.11: Perfiles transversales en la sismicidad a cada lado de la zona de transición de Chile central. Los perfiles topográficos fueron generados considerando promedios de curvas en un ancho de 30Km a través de un modelo digital (Isacks, 1988) en escala 1:1 en la horizontal y exageración vertical 10:1. La ubicación de centros volcánicos del Neógeno se muestran como triángulos sólidos superpuestos sobre el perfil topográfico. La ubicación de los perfiles A-A' y B-B' se muestran en la figura A1.10 anterior. La zona de Wadati-Benioff entre los 50 a 100Km de profundidad forma una curvatura cóncava hacia arriba que resulta en la subducción subhorizontal, bajo la provincia de San Juan. La sismicidad hacia el sur de la transición define una zona de Wadati-Benioff inclinada en 30° hacia el este.

Para la zona de Chile central, el estudio referido mantiene una incógnita en cuanto a la geometría de la placa de Nazca subductada, más allá de los 150Km de profundidad, dada la falta de información relevante dentro del conjunto de datos analizados. Si bien hasta los 150Km de profundidad el estudio establece que la transición en torno a los 33° S ocurre en forma gradual y continua desde la subducción subhorizontal a la subducción escalonada más al sur, bajo esta profundidad sería posible tanto que la transición permanezca continúa siguiendo una contorsión suave, como el que a contar de los 150Km se genere una falla en la placa subducida, tal como se grafica en la Figura A1.12 siguiente.

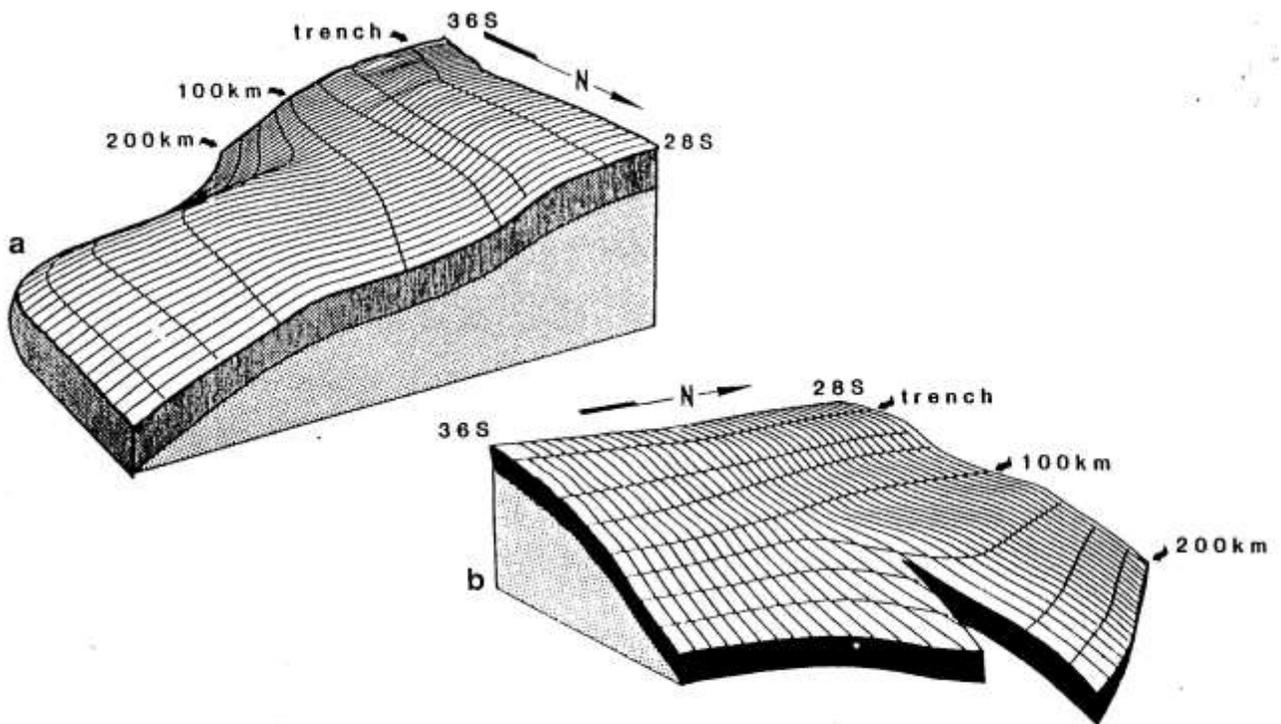


Figura A1.12: Vista tridimensionales de la placa subductada entre los 28°S y 36°S. La rápida transición hacia el norte del ángulo de subducción en la placa de escalonado a subhorizontal en torno a los 33°S se muestra de ambas maneras: (a) como una contorsión suave y (b) como un quiebre bajo los 150Km.

VII. CAMBIO EN LA GEOMETRIA DE LA PLACA DE NAZCA Y GEOMETRIA DEL MARGEN CONTINENTAL

Bevis & Isacks en 1984 postularon que el aplanamiento de la placa subductada corresponde a una acomodación geométrica a la forma del borde de la placa Sudamericana en la región donde ocurre. Revisando la variedad de formas en el margen de la placa Sudamericana donde enfrenta la placa oceánica, la correlación entre los cambios en la curvatura del margen de la placa continental y las transiciones en la subducción del manto oceánico pueden reflejar el importante rol que juega la placa Sudamericana en determinar el ángulo de subducción, tanto en el sur del Perú como a lo largo de la subducción en la zona Andina. Para demostrar como la placa continental gobierna el ángulo de subducción se aplica el análisis hecho por Bevis en 1986 sobre la curvatura Gaussiana. Según Bevis esta modelación no era aplicable dado que era esperable que la placa subductada se comportara como un superficie perfectamente inextensible mientras esta en la zona de la subducción, sin embargo, basados en los mecanismos focales de eventos ocurridos al interior de la placa subductada en la zona de subducción, se infiere que existe una superficie al interior de la placa de Nazca que permanece capaz de transmitir tensiones, y se postula que la habilidad de transmitir tensiones permite a la placa subductada asumir una forma consistente con la curvatura Gaussiana positiva original. Así, la placa en descenso responde al cambio de polaridad de la curvatura lateral en el margen Sudamericano, modificando la orientación de su curvatura original.

En base a la aplicación de la curvatura Gaussiana para modelar la curvatura en la placa de Nazca durante su aproximación a la zona de subducción, graficada en la Figura A1.13, se presenta la configuración actual de la curvatura en la placa oceánica en la zona de contacto con la placa continental Sudamericana, tal como es descrita en la Figura A1.14 siguiente.

Gaussian Curvature of Slabs

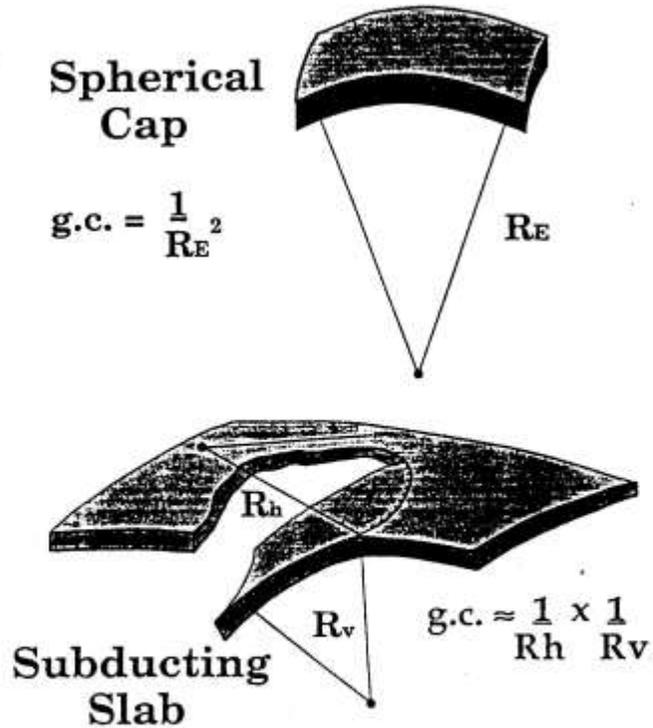


Figura A1.13: Muestra como la curvatura Gaussiana (gc) de una superficie es definida como el producto del mínimo y máximo radio de curvatura. Una sección esférica, representando la litósfera oceánica antes de la subducción, tiene idéntico radio positivo de curvatura y por tanto curvatura Gaussiana positiva. La placa subductada (abajo) tiene curvatura vertical positiva (placa convexa hacia arriba) y curvatura lateral positiva (cóncava hacia la fosa marina). Sin embargo, las zonas de subducción típicas tienen curvatura vertical positiva, pero curvatura lateral negativa (convexa hacia la fosa marina) y por consecuencia curvatura Gaussiana negativa.

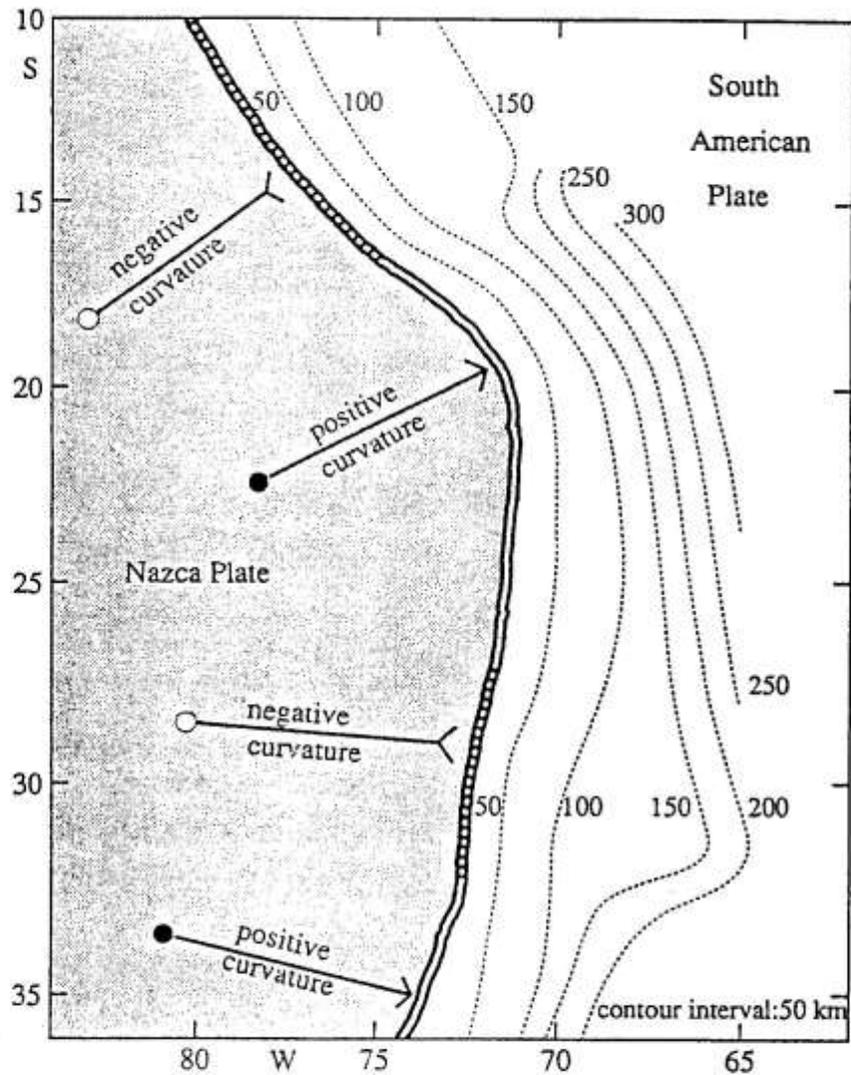


Figura A1.14: Curvatura del encuentro de la placa Sudamericana y de Nazca. Segmentos convexos hacia el mar de margen de la placa son definidos como de radio de curvatura negativo, segmentos cóncavos hacia el mar tiene radio de curvatura positivo. Las líneas de contorno de la zona de Wadati-Benioff (líneas segmentadas) muestran que las regiones de subducción subhorizontal (10°S a 15°S , 28°S a 33°S) las cuales tienen forma cóncava hacia arriba, están asociadas con segmentos del margen de la placa convexos hacia el mar. Regiones de subducción escalonada (15°S a 28°S , 33°S a 36°S) los cuales tienen forma convexa hacia arriba, están asociados con segmentos del margen cóncavos hacia el mar. Ambas combinaciones resultan en una curvatura Gaussiana positiva, consistente en signo con la curvatura original de la litósfera oceánica.

En otro sentido, Isacks en 1988 propuso que la forma actual en el margen de la placa continental puede deberse a la tasa variable de sedimento al largo de este margen.

Se tiene que en zonas de mayor actividad magmática y amplias planicies la cantidad de sedimentos en la fosa es mucho mayor que en regiones donde la subducción es subhorizontal. Considerando que la velocidad con la cual la placa oceánica subduce es más bien constante a lo largo del margen sudamericano, como el proceso de convergencia es la suma de la subducción y la deformación interplacas, las variaciones en la cantidad de sedimento en la placa continental están relacionadas con variaciones en la subducción, tal como se muestra en la Figura A1.15 adjunta.

Si el modelo postulado por Isacks en 1988 es correcto y la presencia de cuña astenosférica sobre una subducción escalonada contribuye a incrementar el prisma de acreción, puede verse reforzada la relación propuesta entre la forma del margen continental y el ángulo de subducción en la placa de Nazca. El incremento en la convexidad hacia el mar del eje de la fosa hacia el norte y el sur de la región con mayor cantidad de sedimentos, resulta en un menor ángulo de subducción en estas regiones. La disminución en el ángulo de subducción, evacuando el material astenosférico entre la placa subductada y la placa continental, resulta en una menor transferencia de calor y menores tasas de generación de sedimentos. Bajas tasas de generación de sedimentos, una vez más dan origen a incrementos en la convexidad.

A partir de lo anterior se propone una descripción para la evolución del margen entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana a contar de su posición hipotética hace 12 millones de años atrás, pasando desde la curvatura simple inicial a la configuración actual, con varios tipos de curvatura intercalados a lo largo del margen de la zona de subducción, y su correlación con la cantidad de sedimentos en el prisma de acreción frente a la fosa marina, tal como se describe en la Figura A1.15 adjunta.

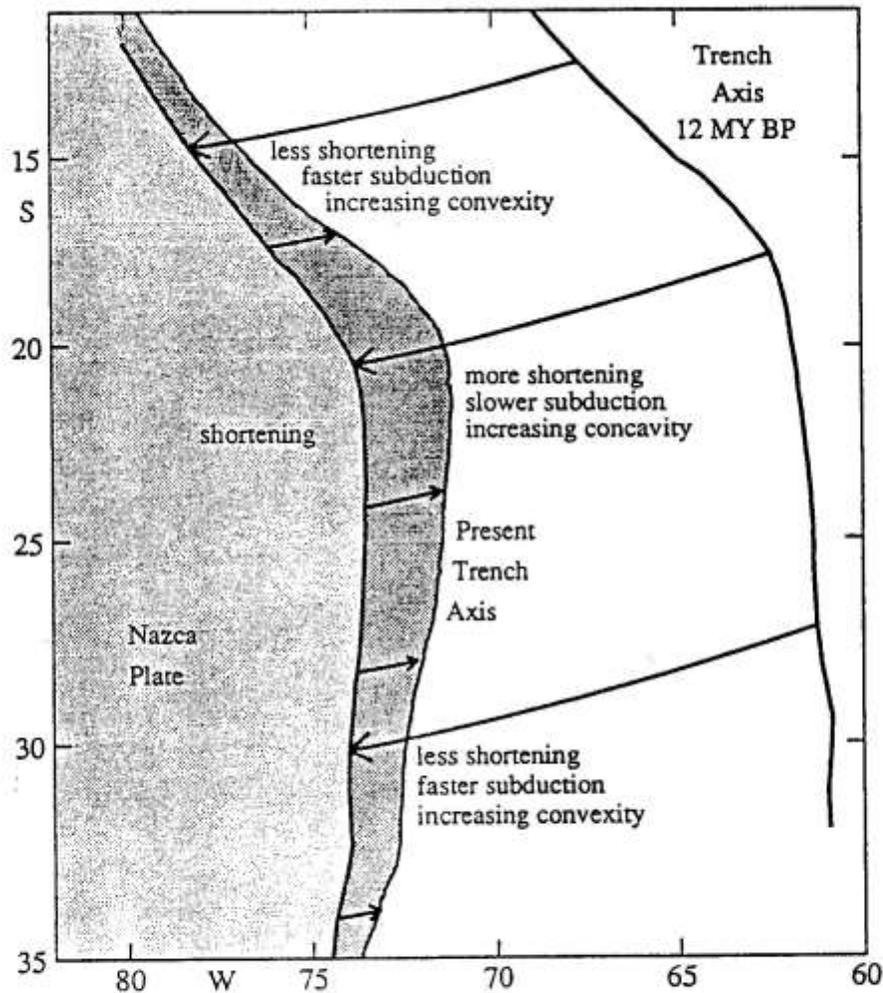


Figura A1.15: Migración y evolución hipotética del margen de las placas de Sud América y de Nazca (Isacks, 1988). Se muestra la placa de Nazca fija, mientras que la placa de Sud América es rotada desde su posición hipotética hace 12Ma atrás. El área sombreada en color más oscuro muestra la variación a lo largo del contacto del sedimento resultante en la transformación de la antigua fosa, mayormente cóncava hacia el mar, hasta la forma moderna más compleja. El margen de la placa en regiones con menos sedimentos (subducción más rápida) la curvatura se ha vuelto convexa hacia el mar; en regiones con mayor depósito de sedimentos (subducción más lenta) el margen se ha vuelto más cóncavo hacia el mar.

VIII. LA SUBDUCCIÓN SUBHORIZONTAL PAMPEANA DE LOS ANDES CENTRALES

(V. Ramos, E.O. Cristallini, D.J. Pérez, noviembre 2001) Este estudio tiene por objetivo analizar la estructura, magmatismo y respuesta sedimentaria al aplanamiento en la era Cenozoica de la placa de Nazca, cuando es subductada en el segmento Pampeano (segmento frente a las Sierras Pampeanas en Argentina) lo cual corresponde a la región entre las latitudes 27°S y los 33°S. Esto dado que gran parte del sistema orogénico de los Andes, definido por un gap en el arco de volcanismo activo en los Andes Centrales, deformación, y el arco volcánico del Cenozoico tardío en las Sierras Pampeanas, puede tener origen en la geometría y batimetría de la placa subducida, y específicamente en la subducción de la dorsal de Juan Fernández, razón por la que se estudian los efectos orogénicos de la subducción subhorizontal de la placa de Nazca, que ocurre en el margen activo convergente frente a las costas chilenas. En la Figura A1.16 se muestra el segmento de placa que subduce sub horizontalmente y la zona continental hasta las Sierras Pampeanas, incluyendo curvas de nivel de la placa subductada, más la ubicación de estructuras mayores y bloques de basamento.

Dentro de las latitudes indicadas, los efectos derivados de las estructuras geomorfológicas oceánicas indican que la colisión de la dorsal de Juan Fernández con la fosa chilena, se propagó de norte a sur, desde hace unos 18 millones de años a los 11 millones de años atrás.

Los diferentes cortes estructurales definidos a través de las Sierras Pampeanas, entre los 27°S y los 33°S, muestran un inicio diacrónico del levantamiento del bloque de basamento, desde los 7,6 a 6,0Ma en la Sierra de Aconquija (27°S), 4,5 a 4,19Ma en Sierra de Fátima (29°S), 5,5 a 4,7Ma en Sierra de Pocho (31°S) y en torno a los 2,6Ma en Sierra de San Luis (33°S). Estos tiempos son comparados con la migración y expansión de la actividad magmática en la pampa argentina. Las relaciones de los sets de datos comparados muestran una notable coincidencia, tras un tiempo de residencia de aproximadamente 4 a 2,4Ma, entre la actividad magmática y la falla de la corteza que resultó en el levantamiento del bloque de basamento.

El debilitamiento térmico de la corteza asociado con la migración al este del arco magmático, actuaron en conjunto para transformar los residuos frágiles bajo la superficie a dúctiles, dando origen al levantamiento del basamento en las Sierras Pampeanas entonces cubierto de una delgada capa de corteza.

La evolución de las Sierras Pampeanas está ligada a la de los Andes Principales en los 33°S. Las fases principales de deformación y levantamiento, para cinturones de plegamiento en la Cordillera Principal, ocurrieron entre los 20 y 8,6Ma. El arco de volcánico migró al este en esta latitud, entre los 16 y 15,8Ma.

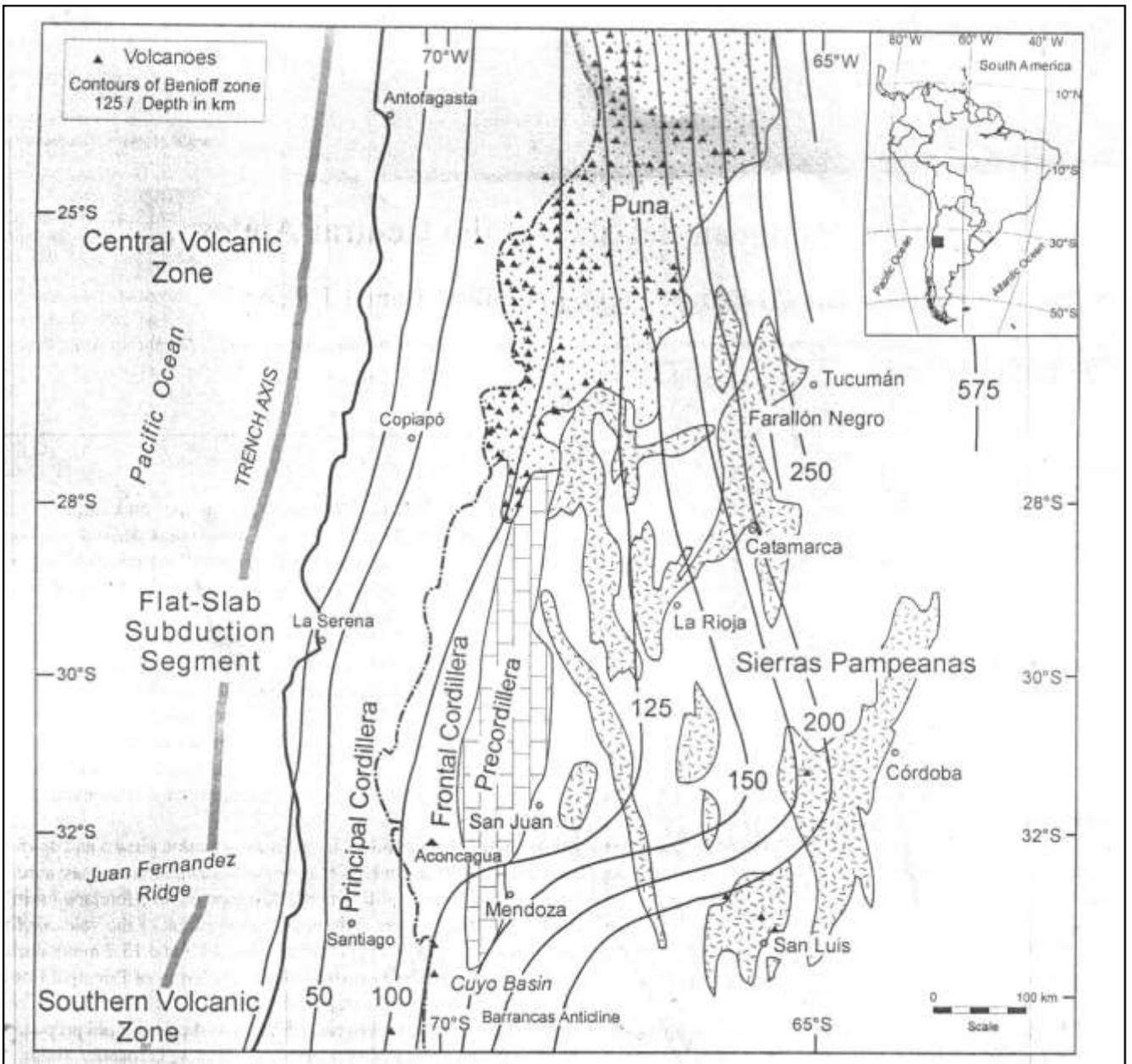


Figura A1.16: Localización del segmento Pampeano en los Andes Centrales de Chile y Argentina, con líneas de contorno de profundidad de la placa oceánica (Cahill & Isacks, 1992) ubicación de las estructuras mayores y los bloques de basamento de las Sierra Pampeanas.

Esta expansión fue acompañada por deformación y levantamiento más el desarrollo de la base de la pampa. Inmediatamente después del aplanamiento de la zona de subducción, la formación de sedimentos orogénicos y basamento, fueron seguidos por una migración del frente volcánico hacia la pampa.

Las tasas de propagación del frente de fuerzas de plegamiento pasaron de 2,5mm/año en las etapas más tempranas (15-9Ma) a 13,3 y 13,7mm/año durante las etapas medias (9-6Ma) y tardías (5-2Ma) del aplanamiento de la subducción.

El levantamiento de la Cordillera Frontal se superpone a las últimas etapas de deformación en la Cordillera Principal, en torno a los 9Ma. Este tiempo está acotado por estudios magneto estratigráficos de depósitos en la pampa que registraron un rápido incremento en las tasas de hundimiento al mismo tiempo que el arco magmático se expandía hasta las Sierras Pampeanas, entre los 9,5 y 6,4Ma. Esta rápida propagación del frente de plegamiento y migración del arco magmático, ocurren 2Ma más tarde que la colisión de la dorsal de Juan Fernández ocurrida hace 11Ma en esta latitud.

En mayor detalle, se tiene que la datación y geometría de la onda de deformaciones hacia el este a lo largo de la Cordillera Principal y Frontal, así como en la Precordillera, se ajustan a un modelo en el cual la placa de Nazca se aplanan y aproxima a la superficie después del inicio del combamiento en la Dorsal de Juan Fernández en el margen de la costa de Chile, hace unos 11 millones de años atrás (Yañez et al., 2001).

Los autores de este artículo consideran que la rápida propagación del frente de deformación es una respuesta al inicio del aplanamiento en la placa de Nazca. Si esto es aceptado, el comienzo de este aplanamiento está asociado con la cesación del arco magmático en la Cordillera Principal y el levantamiento de la Cordillera Frontal hace aproximadamente unos 9 millones de años en el lado de Argentina.

El levantamiento de la Precordillera por inversión tectónica de fallas normales preexistentes y levantamiento del basamento de las Sierras Pampeanas en la vecindad de los 33° S ocurren desde hace 2,6Ma hasta el presente. Nuevos estudios tectónicos, tales como mediciones con GPS, indican que la deformación sigue activa en el frente de plegamiento de la Precordillera, tal como en las Sierras Pampeanas. La actividad magmática terminó en la Cordillera Principal aproximadamente hace 8,6Ma y en las Sierras Pampeanas hace 1,9Ma.

En la Figura A1.17 siguiente se muestran las etapas de evolución de Los Andes durante el Cenozoico, asociada al aplanamiento de la placa de Nazca subductada, en la zona en estudio.

El último volcanismo relacionado con la subducción ocurrió a más de 750Km al este de la fosa marina. Análisis desarrollados a lo largo de diferentes cortes muestran estrecha relación entre la propagación hacia el este del arco magmático, formación de nuevas zonas de transición de elementos frágiles a dúctiles, como función de la generación de calor, y la deformación orogénica.

Se tiene que el levantamiento y la deformación en las Sierras Pampeanas, claramente siguen la propagación hacia el este del arco magmático. Esta relación implica que el levantamiento y la deformación, están más bien relacionadas a un debilitamiento termal y a una anisotropía en la corteza, más que a fluctuaciones en tensiones compresivas horizontales. La propagación al este del magmatismo en los últimos 6Ma juega un importante rol en el debilitamiento de la corteza y en el desarrollo de transiciones de elementos de frágil a dúctil, las que permitieron el levantamiento de los bloques de basamento del núcleo bajo las Sierras Pampeanas.

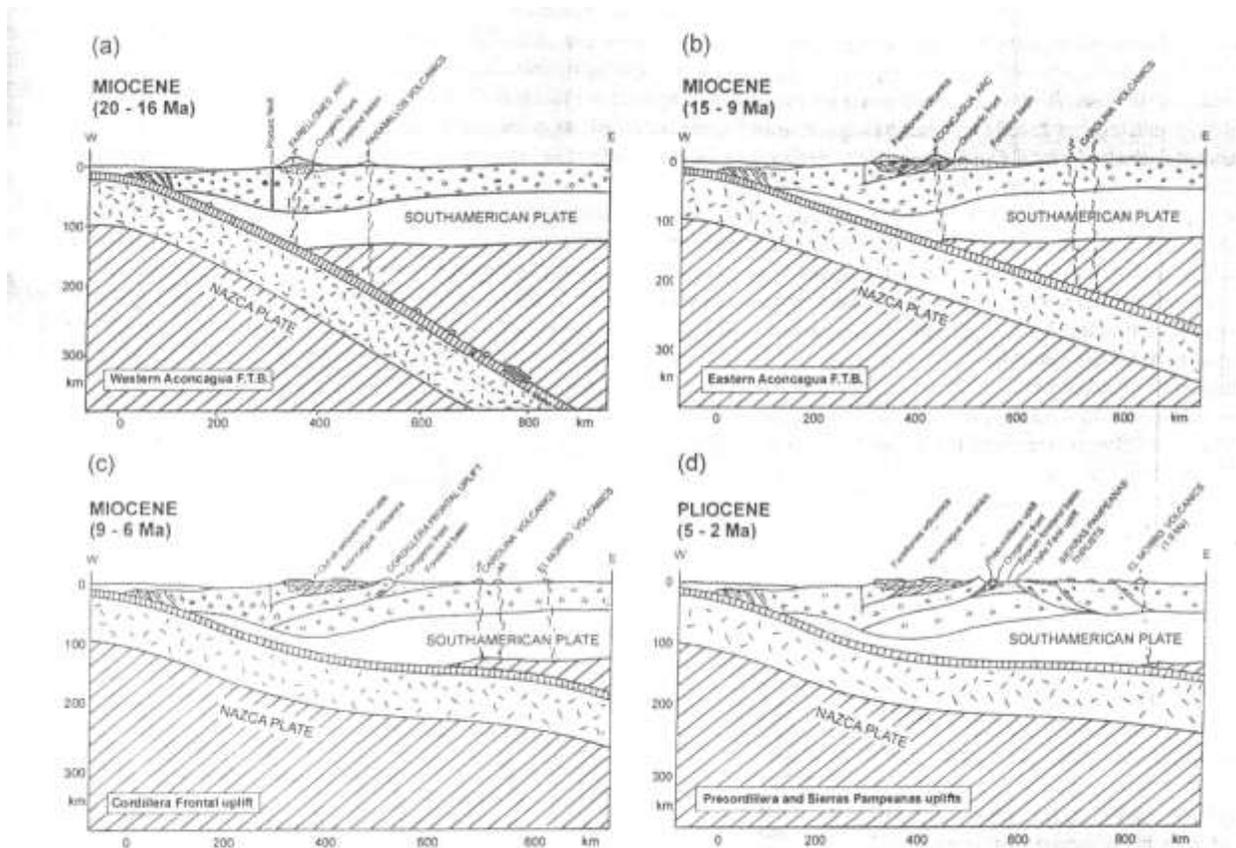


Figura A1.17: Etapas del Cenozoico tardío de la evolución de Los Andes, asociadas con la aproximación a la superficie de la placa de Nazca subductada. La geometría de la zona de Wadati-Benioff está restringida por la localización del frente volcánico. (a) Subducción normal escalonada anterior a la colisión de la Dorsal de Juan Fernández; (b) aplanamiento inicial de la placa subductada relacionado con el inicio de la colisión de la Dorsal 11Ma atrás; (c) deformación máxima, propagación del frente de choque, y migración del arco volcánico durante la horizontalización de la zona de subducción; (d) actividad magmática post arco anterior a la presente cesación del magmatismo.

ANEXO 2 MORFOLOGÍA

EVOLUCION DE UNIDADES MORFOESTRUCTURALES EN MARGEN CONTINENTAL DE CHILE CENTRAL

Los rasgos orográficos actuales de la Cordillera de Los Andes son el producto de eventos geológicos recientes que se han superpuesto a la larga y compleja evolución geológica de cientos de millones de años iniciada en el Paleozoico. Estos rasgos, tal como ocurre con la actividad volcánica cuaternaria, parecen estar determinados por las características de la zona de subducción litosférica.

Como consecuencia de los últimos movimientos de levantamiento de la cadena andina, se verificaron desplazamientos verticales relativos entre bloques, los cuales determinaron la actual subdivisión de Los Andes a la latitud de Chile central en unidades morfo estructurales separadas entre sí por fallas normales de orientación genérica norte-sur. Estas unidades son:

- a) Cordillera de la Costa: Constituida principalmente por rocas paleozoicas. Rocas más jóvenes, apoyadas discordantemente sobre las paleozoicas, se encuentran en su mitad oriental.

- b) Depresión Intermedia Longitudinal o Valle Central: Desarrollada al norte de los 27°S y al sur de los 33°S. Presenta gruesas acumulaciones de depósitos clásticos no consolidados. La región comprendida entre los 27°S y 32°S, donde esta depresión no está desarrollada, corresponde al sector del territorio chileno denominado de los Valles Transversales.

- c) Cordillera Principal: Formada por rocas mesozoicas y cenozoicas, presenta las mayores alturas de la cadena de Los Andes y conforma la divisoria de aguas. Su vertiente occidental se encuentra en Chile y su vertiente oriental en Argentina. En los segmentos donde existe actividad volcánica cuaternaria, los volcanes se encuentran en esta unidad.

- d) Cordillera Frontal: Desarrollada en Argentina entre los 27°S y los 34°S, está formada principalmente por rocas del Paleozoico Superior, las cuales están recubiertas en su borde occidental por depósitos mesozoicos y cenozoicos característicos de la Cordillera Principal.

- e) Depresión de Uspallata – Calingasta: Desarrollada en el costado oriente de la Cordillera Frontal, entre los 30°S y los 33°S, precisamente en el sector a lo largo del cual no existe un desarrollo de la Depresión

Longitudinal al poniente de la Cordillera Principal. Presenta también gruesas acumulaciones de depósitos clásticos no consolidados.

f) Pre-Cordillera: Aparece entre los 28°S y los 30°S. Está formada primordialmente por rocas paleozoicas y ocasionalmente también por basamento precámbrico.

Cabe destacar que en el sector de la Cordillera Principal comprendido entre los 27°S y los 33°S donde no existe actividad volcánica cuaternaria, coincide con el segmento de Los Andes chilenos donde no está desarrollada la Depresión Intermedia Longitudinal, pero sí está desarrollada, aunque más al este, la Depresión de Uspallata - Calingasta.

Las grandes fallas que limitan estas unidades morfo estructurales tienen un claro desplazamiento vertical, aunque no se pueden descartar completamente componentes horizontales. Los autores Carter y Aguirre en 1963 y posteriormente Illies en 1967 interpretaron la Depresión Longitudinal como un graben.

Debido a que los fenómenos de convergencia y subducción de placas en nuestro caso son en última instancia consecuencia de la expansión de los fondos oceánicos a lo largo de las Dorsales Oceánicas en el Pacífico, existen algunos intentos para explicar la evolución de los Andes Centrales sobre la base de las variaciones experimentadas por el proceso de expansión oceánica. Charrier en 1958 dedujo, contrariamente a la concepción usual de la Tectónica de Placas, la coetaneidad de los episodios de plegamiento acaecidos en Los Andes y las interrupciones en el proceso de expansión del fondo marino, y los períodos sin plegamiento en Los Andes, caracterizados por actividad volcánica, y los períodos de actividad de la expansión oceánica. Frutos en 1981 opinó en cambio, que las fases de plegamiento son coetáneas con los períodos de rápida convergencia entre placas.

Por otro lado, se tiene que los sismos chilenos en su gran mayoría se concentran a lo largo de la zona de subducción, en el contacto entre las dos placas corticales (sismos interplacas). Los sismos localizados dentro de una u otra de las dos placas (sismos intraplaca) son menos frecuentes. Sismos cercanos a la costa, pero producidos en la región de inflexión de la placa oceánica, donde esta se dobla para iniciar su hundimiento bajo el continente, pueden haberse producido cuando no existían instrumentos que permitieran precisar el epicentro, ni el mecanismo de foco, no pudiéndoselos diferenciar de sismos producidos en la parte más superficial de la zona de subducción. Sismos producidos en la placa Continental son escasos. Un ejemplo reciente es el sismo del día 4 de septiembre de 1958, cuyo epicentro se localizó en Las Melosas, localidad cordillerana cercana a Santiago, ubicada en el valle del río Maipo, aguas arriba de San Gabriel y Los Queltehues.

En cuanto a las unidades morfo estructurales mayores en el tramo en estudio, la Cordillera de la Costa, la Depresión Intermedia o Valle Central y la Cordillera Principal o de Los Andes, se debe considerar el que las características geológico-estructurales particulares de cada una de estas unidades las convierten en elementos morfo estructurales diferentes, en los cuales se espera una respuesta distinta ante movimientos sísmicos de gran magnitud.

En la figura A2.1 siguiente se muestra la distribución de los elementos morfo estructurales principales en Chile, así como la distribución actual de rocas magmáticas de la era Paleozoica tardía. En esta figura se destaca la zona en estudio, donde se pueden apreciar las unidades morfo estructurales antes descritas y las unidades en su entorno, tanto costa afuera, incluyendo la Dorsal de Juan Fernández, como en el margen oriental de la Cordillera de Los Andes, en la República Argentina.

FIGURA A2.1: ELEMENTOS MORFOESTRUCTURALES PRESENT

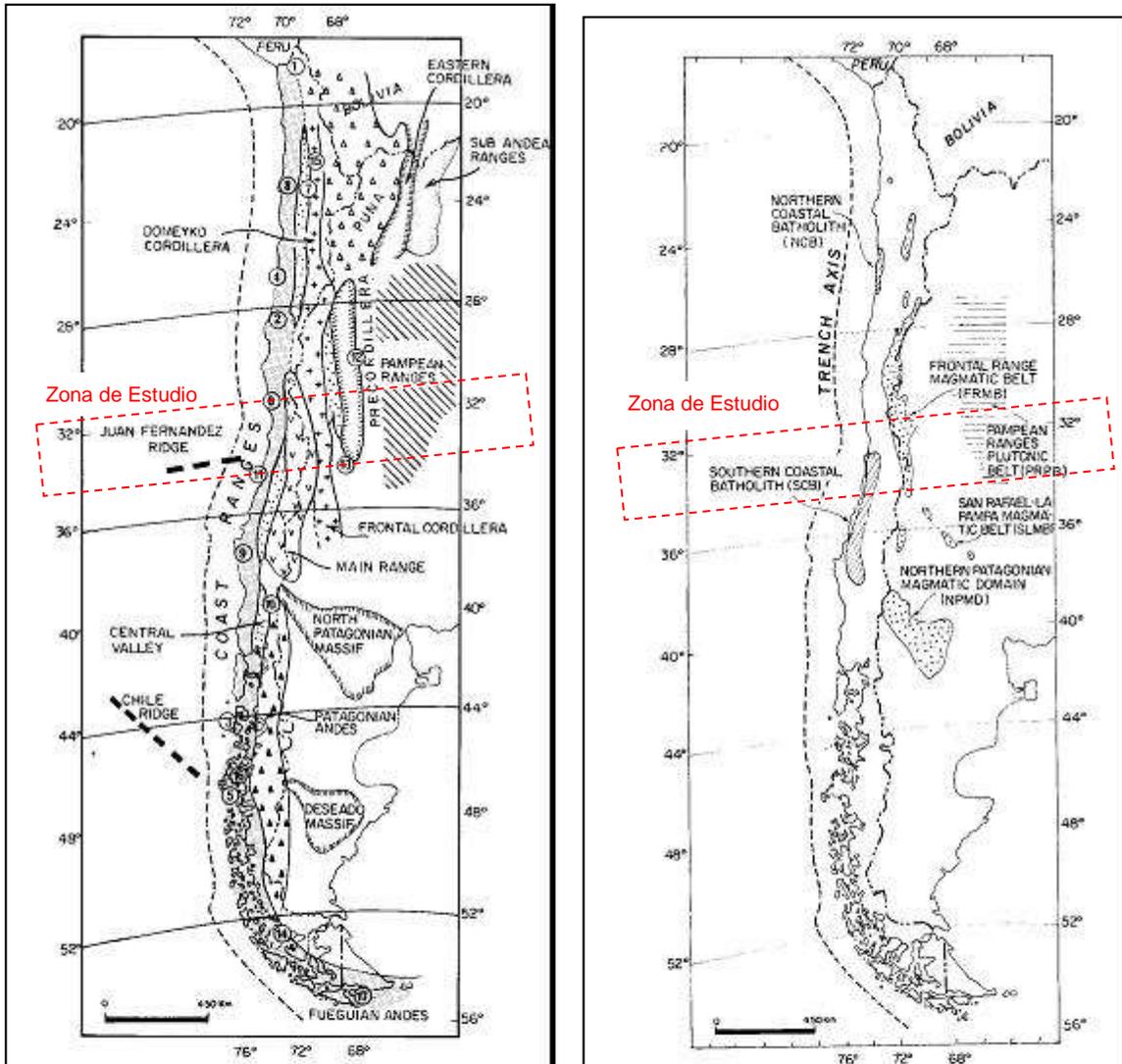


FIGURA LADO IZQUIERDO: Elementos morfoestructurales de los Andes Chileno-Argentinos usados en este artículo indicados por diferentes patrones. Patrones indican diferentes elementos. Los números en círculo indican el nombre de las localidades que siguen: (1) Belén; (2) Chañaral; (3) Archipiélago de Chonos; (4) El Toco; (5) Golfo de Penas; (6) Huentelauquén; (7) Limón Verde; (8) Mejillones; (9) Cordillera de Nahuelbuta; (10) Panguipulli; (11) Pichilemu; (12) San Juan; (13) San Rafael; (14) Sarmiento; (15) Sierra Moreno; (16) Taitao; (17) Tortuga.

FIGURA LADO DERECHO: Distribución de rocas magmáticas de la era Paleozoica tardía.

[HERVE AT AL.]

ANEXO 3

SISMICIDAD HISTORICA PARA ZONA EN ESTUDIO

La zona en estudio presenta una frecuente e intensa actividad sísmica, marcada por una de las singularidades sismogénicas más importantes del mundo, cual es la zona de subducción de la placa de submarina de Nazca bajo la placa continental Sudamericana. Los sismos en estudio presentan sus hipocentros ubicados en la parte subductada de la placa de Nazca bajo la corteza continental.

En esta zona a la vez, se generan sismos dentro de la placa continental, los cuales parecen ser menos frecuente, pero de igual intensidad, aunque de menor área de influencia, dado que sus ondas decaen más rápido con el aumento de la distancia hipocentral.

Respecto de la sismicidad histórica en la zona, en la figura siguiente se muestra un resumen de la historia sísmica de Chile Central desde el siglo XVI hasta 1985. Para la zona en estudio se tiene una frecuente ocurrencia de terremotos de importancia.

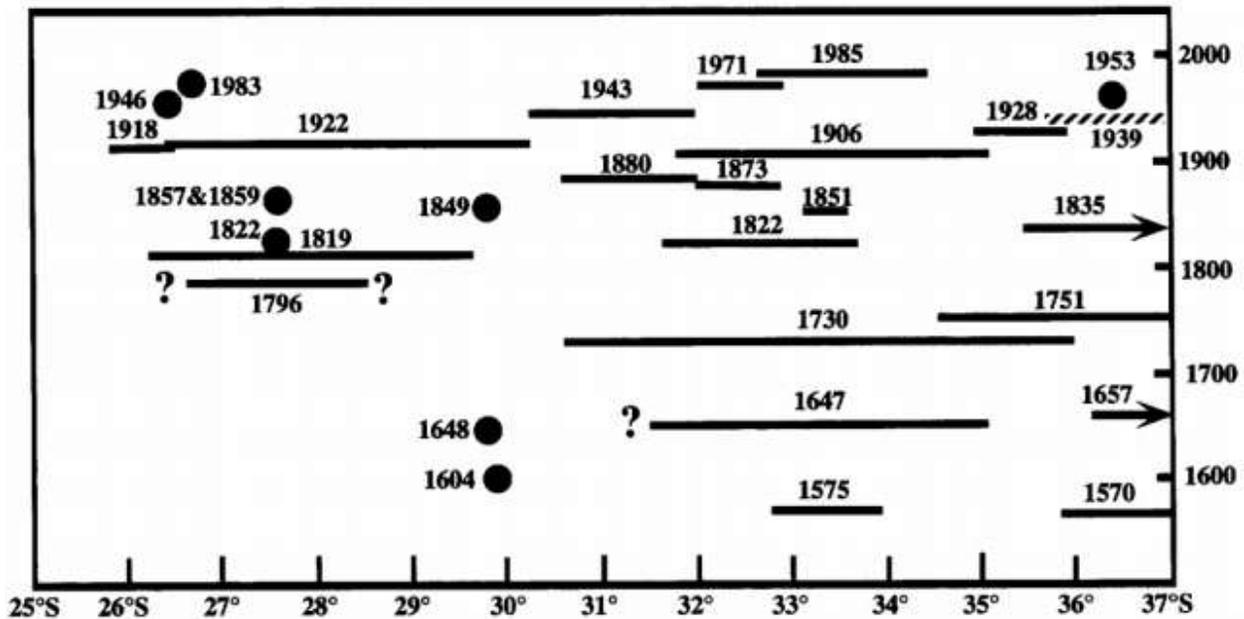


Figura A3.1: Historia Sísmica de la Zona Central de Chile, entre las latitudes 25°S y 37° S hasta 1985

(Beck et al., 1998)

En particular, a contar de 1822, se tiene la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud cada 30 años aproximadamente entre 1822 y 1971, y con una frecuencia mayor en los últimos años.

A continuación, en las tablas A3.1 a A3.11, se presenta un listado con los sismos registrados dentro de la zona en estudio, comprendiendo el período entre los años 1950 y 2000, caracterizados por una magnitud ya sea Ms o Mb mayor o igual a 5.0. Esta data histórica reúne 520 registros de eventos, extraídos de las redes telesísmicas USGS-NEIC, SISRA y CERESIS.

Los registros aparecen ordenados por su fuente de origen de los datos, y luego por fecha de ocurrencia de cada evento.

En detalle la cantidad de eventos encetrados en cada red, que cumplan los requisitos antes mencionados, son los siguientes:

USGS-NEIC : 286 eventos (Registro 1 al 286).
SISRA : 54 eventos (Registro 287 al 340).
CERESIS : 180 eventos (Registro 341 al 520).

TABLA A3.1: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
1	1953-Sep-04	1953	9	4	14:07:15	-32,70	-71,80	33	6,9			USGS-NEIC
2	1955-Nov-04	1955	11	4	22:43:50	-33,50	-69,50	100	6,8			USGS-NEIC
3	1958-Sep-04	1958	9	4	21:51:00	-33,50	-69,50		6,8			USGS-NEIC
4	1958-Sep-04	1958	9	4	21:51:08	-33,50	-69,50		6,7			USGS-NEIC
5	1958-Sep-04	1958	9	4	21:51:08	-33,80	-70,20	10	6,9			USGS-NEIC
6	1963-Oct-06	1963	10	6	17:15:33	-33,90	-70,00	101	5,1			USGS-NEIC
7	1964-Sep-10	1964	9	10	17:37:11	-32,99	-69,77	95	5,2			USGS-NEIC
8	1965-Mar-22	1965	3	22	22:56:01	-31,81	-71,26	58	6,0			USGS-NEIC
9	1965-Mar-28	1965	3	28	16:33:00	-32,40	-71,20	61	7,4			USGS-NEIC
10	1965-Mar-28	1965	3	28	16:33:15	-32,42	-71,10	68	7,1			USGS-NEIC
11	1965-May-03	1965	5	3	11:33:01	-32,44	-70,34	81	5,6			USGS-NEIC
12	1965-Oct-14	1965	10	14	9:20:08	-32,41	-71,84	36	5,0			USGS-NEIC
13	1965-Oct-23	1965	10	23	15:34:02	-32,35	-71,60	48	5,0			USGS-NEIC
14	1966-Ene-15	1966	1	15	19:29:33	-33,54	-69,99	17	5,2			USGS-NEIC
15	1966-Ene-15	1966	1	15	19:29:36	-33,50	-69,80	50	5,5			USGS-NEIC
16	1966-Abr-10	1966	4	10	16:36:14	-31,41	-71,04	58	6,0			USGS-NEIC
17	1967-Abr-25	1967	4	25	10:36:15	-32,72	-69,17	45	5,4			USGS-NEIC
18	1967-Sep-26	1967	9	26	11:11:03	-33,47	-70,51	78	5,7			USGS-NEIC
19	1968-Oct-13	1968	10	13	12:04:38	-32,17	-69,31	124	5,0			USGS-NEIC
20	1969-Dic-13	1969	12	13	21:33:21	-32,81	-70,11	103	5,4			USGS-NEIC
21	1970-Abr-09	1970	4	9	4:30:06	-33,91	-70,09	120	5,7			USGS-NEIC
22	1970-Sep-17	1970	9	17	23:15:00	-31,88	-70,00	109	5,3			USGS-NEIC
23	1970-Sep-19	1970	9	19	16:12:04	-33,56	-71,95	22	5,6			USGS-NEIC
24	1971-Mar-29	1971	3	29	6:22:07	-33,30	-71,95	34	5,0			USGS-NEIC
25	1971-Abr-07	1971	4	7	15:10:36	-32,60	-69,23	109	5,5			USGS-NEIC
26	1971-Jul-09	1971	7	9	6:03:00	-32,50	-71,30	58	7,5			USGS-NEIC
27	1971-Jul-09	1971	7	9	6:31:06	-32,51	-71,21	40	7,5			USGS-NEIC
28	1971-Jul-09	1971	7	9	19:15:05	-32,31	-71,91	27	5,2			USGS-NEIC
29	1971-Jul-09	1971	7	9	20:19:47	-32,39	-71,68	31	5,3			USGS-NEIC
30	1971-Jul-10	1971	7	10	13:04:41	-32,72	-71,76	38	5,2			USGS-NEIC
31	1971-Jul-11	1971	7	11	23:13:08	-32,19	-71,71	36	6,3			USGS-NEIC
32	1971-Jul-11	1971	7	11	21:59:55	-33,02	-71,98	31	5,2			USGS-NEIC
33	1971-Jul-11	1971	7	11	22:38:06	-32,12	-71,50	12	5,1			USGS-NEIC
34	1971-Jul-25	1971	7	25	10:07:34	-32,45	-71,69	51	5,2			USGS-NEIC
35	1971-Jul-31	1971	7	31	22:08:47	-32,43	-71,68	46	6,2			USGS-NEIC
36	1971-Ago-02	1971	8	2	18:21:08	-32,79	-71,93	9	5,3			USGS-NEIC
37	1971-Sep-28	1971	9	28	23:16:01	-32,00	-70,02	104	5,7			USGS-NEIC
38	1971-Oct-20	1971	10	20	19:07:07	-32,64	-71,72	39	5,3			USGS-NEIC
39	1971-Oct-26	1971	10	26	15:14:37	-32,30	-71,87	23	5,3			USGS-NEIC
40	1971-Nov-27	1971	11	27	10:52:43	-31,75	-71,50	60	5,3			USGS-NEIC
41	1972-Ene-13	1972	1	13	17:31:08	-32,33	-71,14	66	5,1			USGS-NEIC
42	1972-Feb-04	1972	2	4	7:14:08	-32,14	-71,89	15	5,2			USGS-NEIC
43	1972-Abr-30	1972	4	30	6:44:08	-31,86	-71,26	64	5,1			USGS-NEIC
44	1972-May-13	1972	5	13	15:19:37	-32,66	-71,62	46	5,5			USGS-NEIC
45	1972-May-13	1972	5	13	21:44:57	-32,63	-71,71	46	5,2			USGS-NEIC
46	1972-Oct-02	1972	10	2	20:35:45	-33,90	-70,93	80	6,2			USGS-NEIC
47	1973-Abr-23	1973	4	23	15:25:00	-33,94	-70,68	87	5,7			USGS-NEIC
48	1973-Abr-23	1973	4	23	15:25:09	-33,96	-70,60	85	5,2			USGS-NEIC
49	1973-Sep-22	1973	9	22	21:53:08	-31,62	-71,18	39	5,0			USGS-NEIC
50	1973-Oct-05	1973	10	5	6:07:00	-33,00	-71,90	8	6,9			USGS-NEIC

TABLA A3.2: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
51	1973-Oct-05	1973	10	5	6:52:07	-32,92	-71,88	8	6,3			USGS-NEIC
52	1973-Oct-05	1973	10	5	7:15:00	-32,99	-71,87	33	6,3			USGS-NEIC
53	1973-Oct-05	1973	10	5	23:13:10	-32,90	-71,93	33	5,5			USGS-NEIC
54	1973-Oct-05	1973	10	5	6:52:07	-32,99	-71,92	14	6,5			USGS-NEIC
55	1973-Oct-05	1973	10	5	7:15:01	-32,52	-71,48	33	6,7			USGS-NEIC
56	1973-Oct-05	1973	10	5	23:13:03	-32,94	-71,88	24	5,6			USGS-NEIC
57	1973-Oct-06	1973	10	6	16:33:07	-31,74	-71,95	42	5,0			USGS-NEIC
58	1973-Oct-06	1973	10	6	16:33:11	-31,68	-71,68	46	5,0			USGS-NEIC
59	1973-Oct-09	1973	10	9	22:38:49	-31,71	-71,95	39	5,2			USGS-NEIC
60	1973-Oct-09	1973	10	9	22:38:49	-31,65	-71,78	39	5,2			USGS-NEIC
61	1973-Oct-10	1973	10	10	21:10:49	-32,71	-71,49	19	5,1			USGS-NEIC
62	1973-Oct-12	1973	10	12	17:30:03	-33,12	-71,99	29	5,1			USGS-NEIC
63	1974-Ene-07	1974	1	7	19:37:12	-33,10	-71,88	24	5,1			USGS-NEIC
64	1974-Ene-23	1974	1	23	21:43:49	-32,23	-69,82	103	5,2			USGS-NEIC
65	1974-Ene-23	1974	1	23	21:43:51	-32,17	-69,77	115	5,2			USGS-NEIC
66	1974-Mar-24	1974	3	24	10:08:43	-33,09	-70,31	105	5,2			USGS-NEIC
67	1974-Mar-24	1974	3	24	10:08:43	-33,05	-70,31	104	5,3			USGS-NEIC
68	1974-Abr-09	1974	4	9	10:52:13	-31,54	-71,11	87	5,5			USGS-NEIC
69	1974-Abr-09	1974	4	9	10:52:14	-31,55	-71,01	84	5,1			USGS-NEIC
70	1974-Jul-19	1974	7	19	20:25:00	-32,88	-71,95	36	5,1			USGS-NEIC
71	1974-Jul-19	1974	7	19	20:25:01	-32,79	-71,74	44	5,2			USGS-NEIC
72	1974-Ago-14	1974	8	14	17:56:48	-32,82	-69,11	142	5,3			USGS-NEIC
73	1974-Ago-14	1974	8	14	17:56:14	-32,74	-69,01	132	5,6			USGS-NEIC
74	1974-Nov-12	1974	11	12	8:35:00	-33,17	-70,55	86	5,4			USGS-NEIC
75	1974-Nov-12	1974	11	12	8:35:01	-33,15	-70,62	90	5,5			USGS-NEIC
76	1974-Dic-29	1974	12	29	17:20:47	-33,06	-70,19	101	5,3			USGS-NEIC
77	1974-Dic-29	1974	12	29	17:20:47	-33,00	-69,99	99	5,5			USGS-NEIC
78	1975-Ene-02	1975	1	2	21:35:15	-33,15	-70,07	104	5,1			USGS-NEIC
79	1975-Ene-02	1975	1	2	21:35:18	-33,13	-70,00	108	5,2			USGS-NEIC
80	1975-May-06	1975	5	6	18:10:02	-32,93	-69,02	14	5,0			USGS-NEIC
81	1975-May-06	1975	5	6	18:10:02	-32,91	-69,00	26	5,1			USGS-NEIC
82	1975-Jun-14	1975	6	14	10:40:20	-32,51	-70,68	92	5,6			USGS-NEIC
83	1975-Jun-14	1975	6	14	10:40:16	-32,49	-70,68	94	5,7			USGS-NEIC
84	1975-Sep-14	1975	9	14	12:03:12	-33,78	-70,66	37	5,7			USGS-NEIC
85	1975-Sep-14	1975	9	14	12:03:12	-33,72	-70,48	37	5,2			USGS-NEIC
86	1975-Nov-17	1975	11	17	16:54:06	-31,63	-69,40	112	5,2			USGS-NEIC
87	1975-Nov-17	1975	11	17	16:54:07	-31,55	-69,18	122	5,3			USGS-NEIC
88	1976-Jul-16	1976	7	16	15:59:17	-31,56	-71,50	61	6,0			USGS-NEIC
89	1976-Jul-16	1976	7	16	15:59:32	-31,52	-71,31	60	5,4			USGS-NEIC
90	1976-Ago-28	1976	8	28	16:53:42	-33,69	-71,65	45	5,1			USGS-NEIC
91	1976-Ago-28	1976	8	28	16:53:42	-33,78	-71,63	47	5,0			USGS-NEIC
92	1977-Ene-11	1977	1	11	22:23:05	-31,70	-71,66	38	5,3			USGS-NEIC
93	1977-Ene-11	1977	1	11	22:23:18	-31,68	-71,43	35	5,4			USGS-NEIC
94	1977-Ene-12	1977	1	12	12:53:37	-32,98	-70,28	109	5,1			USGS-NEIC
95	1977-Ene-29	1977	1	29	12:49:10	-31,01	-71,49	69	5,6			USGS-NEIC
96	1977-Jul-31	1977	7	31	18:34:25	-32,81	-71,40	62	5,0			USGS-NEIC
97	1977-Jul-31	1977	7	31	18:34:24	-32,71	-71,39	62	5,0			USGS-NEIC
98	1977-Ago-03	1977	8	3	14:27:19	-31,67	-69,29	51	5,0			USGS-NEIC
99	1977-Ago-03	1977	8	3	14:27:32	-31,66	-69,30	48	5,1			USGS-NEIC
100	1977-Ago-29	1977	8	29	16:36:01	-31,90	-69,22	114	5,3			USGS-NEIC

TABLA A3.3: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
101	1977-Ago-29	1977	8	29	16:36:02	-31,89	-69,17	123	5,4			USGS-NEIC
102	1977-Nov-07	1977	11	7	10:30:00	-32,51	-71,54	82	5,1			USGS-NEIC
103	1977-Nov-07	1977	11	7	10:30:20	-32,53	-71,51	84	5,1			USGS-NEIC
104	1977-Nov-28	1977	11	28	18:40:18	-31,90	-69,01	97	5,2			USGS-NEIC
105	1977-Nov-28	1977	11	28	18:40:17	-32,03	-69,08	86	5,5			USGS-NEIC
106	1978-Jul-05	1978	7	5	16:22:06	-33,71	-71,03	96	5,2			USGS-NEIC
107	1978-Sep-18	1978	9	18	23:20:08	-32,78	-71,74	46	5,1			USGS-NEIC
108	1978-Sep-18	1978	9	18	23:20:21	-32,74	-71,92	33	5,0			USGS-NEIC
109	1979-Mar-07	1979	3	7	22:57:10	-32,76	-71,88	37	5,0			USGS-NEIC
110	1979-Abr-26	1979	4	26	20:00:09	-33,82	-71,90	38	5,8			USGS-NEIC
111	1979-Jul-06	1979	7	6	20:11:06	-32,16	-71,40	51	6,0			USGS-NEIC
112	1979-Jul-06	1979	7	6	20:11:06	-32,15	-71,32	45	5,7			USGS-NEIC
113	1979-Oct-11	1979	10	11	13:55:22	-33,45	-71,75	46	5,3			USGS-NEIC
114	1979-Oct-11	1979	10	11	13:55:06	-33,42	-71,74	41	5,3			USGS-NEIC
115	1979-Oct-22	1979	10	22	3:50:07	-31,50	-71,92	33	5,2			USGS-NEIC
116	1979-Dic-30	1979	12	30	14:54:09	-32,63	-70,62	84	5,1			USGS-NEIC
117	1979-Dic-30	1979	12	30	14:54:08	-32,60	-70,53	78	5,2			USGS-NEIC
118	1980-Ene-14	1980	1	14	21:51:23	-33,11	-69,41	15	5,4			USGS-NEIC
119	1980-Ene-14	1980	1	14	21:51:01	-33,19	-69,46	14	5,6			USGS-NEIC
120	1980-Feb-14	1980	2	14	14:07:02	-31,82	-71,44	58	5,3			USGS-NEIC
121	1980-Feb-14	1980	2	14	14:07:01	-31,77	-71,42	45	5,3			USGS-NEIC
122	1980-Jun-11	1980	6	11	14:21:19	-32,72	-71,65	42	5,6			USGS-NEIC
123	1980-Jun-11	1980	6	11	14:21:24	-32,72	-71,64	35	5,6			USGS-NEIC
124	1980-Jul-13	1980	7	13	14:03:00	-33,46	-70,18	106	5,6			USGS-NEIC
125	1980-Jul-13	1980	7	13	14:03:00	-33,47	-70,15	103	5,6			USGS-NEIC
126	1980-Jul-18	1980	7	18	2:10:09	-32,70	-71,64	81	5,0			USGS-NEIC
127	1981-Mar-23	1981	3	23	19:28:09	-33,62	-71,93	28	6,2			USGS-NEIC
128	1981-Mar-23	1981	3	23	19:28:25	-33,66	-71,89	46	6,2			USGS-NEIC
129	1981-May-06	1981	5	6	15:41:11	-32,56	-71,74	61	5,1			USGS-NEIC
130	1981-Nov-07	1981	11	7	9:35:00	-32,17	-71,43	57	6,2			USGS-NEIC
131	1981-Nov-07	1981	11	7	9:35:01	-32,20	-71,34	65	6,8			USGS-NEIC
132	1981-Dic-14	1981	12	14	11:41:07	-33,65	-70,44	18	5,1			USGS-NEIC
133	1981-Dic-15	1981	12	15	20:02:26	-31,73	-71,90	42	5,0			USGS-NEIC
134	1981-Dic-15	1981	12	15	20:02:44	-31,62	-71,92	33	5,1			USGS-NEIC
135	1982-Ago-03	1982	8	3	16:44:03	-32,24	-71,46	48	5,2			USGS-NEIC
136	1982-Sep-06	1982	9	6	11:13:26	-32,14	-71,46	73	5,3			USGS-NEIC
137	1983-Abr-26	1983	4	26	12:23:09	-32,41	-71,59	47	5,0			USGS-NEIC
138	1983-Dic-04	1983	12	4	20:03:27	-31,78	-69,43	114	5,3			USGS-NEIC
139	1983-Dic-15	1983	12	15	18:23:03	-33,10	-70,12	100	5,9			USGS-NEIC
140	1984-Abr-19	1984	4	19	11:25:03	-31,76	-71,80	32	5,6			USGS-NEIC
141	1984-Abr-20	1984	4	20	17:10:01	-31,80	-71,99	35	5,3			USGS-NEIC
142	1984-Oct-30	1984	10	30	7:35:04	-33,56	-70,54	92	5,4			USGS-NEIC
143	1984-Nov-18	1984	11	18	23:18:28	-32,35	-71,81	42	5,1			USGS-NEIC
144	1984-Dic-04	1984	12	4	21:31:01	-33,58	-71,68	54	5,0			USGS-NEIC
145	1985-Ene-31	1985	1	31	0:01:04	-31,76	-71,39	57	5,0			USGS-NEIC
146	1985-Ene-31	1985	1	31	10:29:34	-31,52	-69,11	118	5,2			USGS-NEIC
147	1985-Feb-21	1985	2	21	18:53:11	-33,21	-71,77	55	5,2			USGS-NEIC
148	1985-Feb-22	1985	2	22	19:33:29	-33,08	-71,74	65	5,0			USGS-NEIC
149	1985-Feb-23	1985	2	23	19:55:01	-33,15	-71,88	64	5,0			USGS-NEIC
150	1985-Feb-23	1985	2	23	6:55:04	-33,08	-71,85	57	5,3			USGS-NEIC

TABLA A3.4: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
151	1985-Feb-23	1985	2	23	12:12:05	-33,12	-71,76	26	5,1			USGS-NEIC
152	1985-Feb-24	1985	2	24	7:24:03	-33,12	-69,69	33	5,0			USGS-NEIC
153	1985-Mar-03	1985	3	3	22:47:30	-33,10	-71,70	36	7,8			USGS-NEIC
154	1985-Mar-03	1985	3	3	22:46:56	-33,11	-71,74	33	5,5			USGS-NEIC
155	1985-Mar-03	1985	3	3	22:47:07	-33,13	-71,87	33	7,8			USGS-NEIC
156	1985-Mar-03	1985	3	3	23:38:31	-32,74	-71,21	33	7,0			USGS-NEIC
157	1985-Mar-04	1985	3	4	11:45:00	-32,94	-71,48	33	5,9			USGS-NEIC
158	1985-Mar-04	1985	3	4	3:45:31	-33,14	-71,63	29	5,5			USGS-NEIC
159	1985-Mar-04	1985	3	4	8:21:00	-33,21	-71,66	33	6,7			USGS-NEIC
160	1985-Mar-04	1985	3	4	16:12:00	-33,58	-71,93	33	5,3			USGS-NEIC
161	1985-Mar-04	1985	3	4	9:24:09	-32,92	-71,79	33	6,6			USGS-NEIC
162	1985-Mar-04	1985	3	4	13:05:06	-33,83	-71,93	33	6,0			USGS-NEIC
163	1985-Mar-04	1985	3	4	13:02:32	-33,22	-71,92	33	5,6			USGS-NEIC
164	1985-Mar-04	1985	3	4	14:15:01	-33,14	-72,00	33	6,3			USGS-NEIC
165	1985-Mar-04	1985	3	4	12:02:36	-32,91	-71,76	33	5,1			USGS-NEIC
166	1985-Mar-04	1985	3	4	13:00:58	-33,22	-71,97	33	5,4			USGS-NEIC
167	1985-Mar-04	1985	3	4	15:01:07	-33,84	-71,25	40	6,0			USGS-NEIC
168	1985-Mar-04	1985	3	4	19:03:33	-32,88	-71,82	33	6,0			USGS-NEIC
169	1985-Mar-04	1985	3	4	19:43:16	-33,55	-71,93	33	5,1			USGS-NEIC
170	1985-Mar-05	1985	3	5	1:33:07	-32,67	-71,71	33	5,1			USGS-NEIC
171	1985-Mar-05	1985	3	5	14:13:10	-32,78	-71,81	42	5,1			USGS-NEIC
172	1985-Mar-05	1985	3	5	16:38:12	-33,81	-71,70	49	5,1			USGS-NEIC
173	1985-Mar-07	1985	3	7	7:00:34	-32,88	-71,88	55	5,4			USGS-NEIC
174	1985-Mar-07	1985	3	7	4:24:06	-33,08	-71,83	33	5,1			USGS-NEIC
175	1985-Mar-07	1985	3	7	10:57:42	-33,92	-71,92	33	5,3			USGS-NEIC
176	1985-Mar-07	1985	3	7	12:16:42	-33,11	-71,70	33	5,0			USGS-NEIC
177	1985-Mar-08	1985	3	8	1:32:03	-33,03	-71,86	33	5,0			USGS-NEIC
178	1985-Mar-10	1985	3	10	13:34:35	-32,66	-71,67	39	5,2			USGS-NEIC
179	1985-Mar-17	1985	3	17	10:41:00	-32,70	-71,60	40	6,6			USGS-NEIC
180	1985-Mar-17	1985	3	17	10:41:38	-32,63	-71,55	33	6,6			USGS-NEIC
181	1985-Mar-18	1985	3	18	3:25:00	-32,56	-71,52	33	5,4			USGS-NEIC
182	1985-Mar-18	1985	3	18	18:40:50	-33,42	-71,91	33	5,0			USGS-NEIC
183	1985-Mar-19	1985	3	19	16:10:36	-33,20	-71,65	42	6,6			USGS-NEIC
184	1985-Mar-19	1985	3	19	20:10:03	-33,10	-71,74	57	5,0			USGS-NEIC
185	1985-Mar-20	1985	3	20	1:02:04	-33,42	-71,79	33	5,2			USGS-NEIC
186	1985-Abr-03	1985	4	3	13:06:20	-32,58	-71,66	33	6,3			USGS-NEIC
187	1985-Abr-08	1985	4	8	23:27:25	-33,03	-71,97	33	5,0			USGS-NEIC
188	1985-Abr-09	1985	4	9	15:06:37	-34,00	-71,50	61	7,5			USGS-NEIC
189	1985-Abr-15	1985	4	15	20:15:00	-33,49	-71,96	33	5,2			USGS-NEIC
190	1985-Abr-28	1985	4	28	1:34:01	-33,00	-71,77	33	5,3			USGS-NEIC
191	1985-Jun-09	1985	6	9	18:46:31	-33,24	-71,89	37	5,0			USGS-NEIC
192	1985-Jun-11	1985	6	11	11:12:28	-32,63	-71,86	33	5,2			USGS-NEIC
193	1985-Jun-25	1985	6	25	0:05:38	-33,42	-71,94	33	5,1			USGS-NEIC
194	1985-Jul-17	1985	7	17	13:53:00	-32,76	-71,72	33	5,4			USGS-NEIC
195	1985-Jul-17	1985	7	17	23:04:47	-33,07	-71,94	33	5,1			USGS-NEIC
196	1985-Sep-26	1985	9	26	11:32:07	-33,62	-71,60	47	5,7			USGS-NEIC
197	1985-Nov-14	1985	11	14	22:32:53	-32,38	-69,57	120	5,2			USGS-NEIC
198	1985-Nov-14	1985	11	14	23:33:39	-33,22	-70,14	23	5,0			USGS-NEIC
199	1986-Ene-05	1986	1	5	19:15:27	-32,18	-70,79	97	5,0			USGS-NEIC
200	1986-May-14	1986	5	14	15:54:23	-32,62	-71,92	33	5,0			USGS-NEIC

TABLA A3.5: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
201	1986-Jul-28	1986	7	28	20:29:02	-33,28	-71,93	40	5,3			USGS-NEIC
202	1986-Ago-26	1986	8	26	23:03:45	-31,68	-71,10	52	5,7			USGS-NEIC
203	1986-Sep-22	1986	9	22	18:19:40	-32,22	-71,48	52	5,1			USGS-NEIC
204	1986-Nov-23	1986	11	23	16:54:38	-32,04	-70,30	105	5,1			USGS-NEIC
205	1986-Dic-19	1986	12	19	6:07:00	-33,10	-71,90	54	5,0			USGS-NEIC
206	1987-Ene-26	1987	1	26	15:41:14	-32,06	-71,82	39	5,3			USGS-NEIC
207	1987-Sep-11	1987	9	11	16:20:02	-31,43	-70,76	89	5,2			USGS-NEIC
208	1988-Mar-12	1988	3	12	17:22:41	-32,23	-71,53	50	5,3			USGS-NEIC
209	1988-May-15	1988	5	15	19:24:02	-31,69	-71,42	109	5,3			USGS-NEIC
210	1988-May-21	1988	5	21	14:28:39	-32,83	-71,70	42	5,7			USGS-NEIC
211	1988-May-30	1988	5	30	21:22:12	-31,51	-69,06	93	5,8			USGS-NEIC
212	1988-Ago-26	1988	8	26	22:15:08	-31,12	-70,82	88	5,0			USGS-NEIC
213	1988-Nov-14	1988	11	14	16:55:42	-32,53	-71,59	53	5,3			USGS-NEIC
214	1988-Dic-31	1988	12	31	20:26:06	-32,47	-71,73	40	5,1			USGS-NEIC
215	1988-Dic-31	1988	12	31	20:40:28	-32,53	-71,86	36	5,0			USGS-NEIC
216	1988-Dic-31	1988	12	31	21:46:44	-32,54	-71,92	31	5,3			USGS-NEIC
217	1989-Ene-11	1989	1	11	11:58:21	-32,57	-71,85	58	5,0			USGS-NEIC
218	1989-Ene-15	1989	1	15	13:14:43	-31,73	-71,81	50	5,2			USGS-NEIC
219	1989-Ene-15	1989	1	15	8:35:00	-31,75	-71,85	49	5,6			USGS-NEIC
220	1989-Abr-01	1989	4	1	21:58:14	-32,80	-69,95	109	5,5			USGS-NEIC
221	1989-Abr-08	1989	4	8	0:32:00	-32,01	-71,54	72	5,5			USGS-NEIC
222	1989-Ago-06	1989	8	6	19:43:18	-31,68	-70,89	100	5,0			USGS-NEIC
223	1989-Nov-09	1989	11	9	19:15:44	-33,91	-70,55	96	5,0			USGS-NEIC
224	1990-Jul-16	1990	7	16	14:51:35	-32,46	-69,96	102	5,7			USGS-NEIC
225	1990-Ago-02	1990	8	2	4:40:08	-31,62	-71,69	35	5,9			USGS-NEIC
226	1990-Sep-04	1990	9	4	23:15:11	-31,26	-69,06	112	5,8			USGS-NEIC
227	1990-Dic-21	1990	12	21	18:31:43	-32,70	-69,65	116	5,3			USGS-NEIC
228	1991-Feb-02	1991	2	2	17:47:45	-31,50	-72,00	29	5,1			USGS-NEIC
229	1991-Ago-18	1991	8	18	21:52:06	-31,94	-71,48	45	5,4			USGS-NEIC
230	1991-Sep-15	1991	9	15	22:56:20	-31,51	-69,94	110	5,2			USGS-NEIC
231	1991-Dic-01	1991	12	1	22:41:15	-32,06	-69,51	115	5,2			USGS-NEIC
232	1992-Abr-10	1992	4	10	21:30:07	-33,94	-71,95	32	5,1			USGS-NEIC
233	1992-May-03	1992	5	3	10:04:46	-32,37	-71,59	68	5,5			USGS-NEIC
234	1992-May-22	1992	5	22	12:03:09	-33,67	-71,94	44	5,6			USGS-NEIC
235	1992-Jul-23	1992	7	23	13:58:21	-32,87	-71,22	68	5,0			USGS-NEIC
236	1992-Sep-04	1992	9	4	13:44:17	-32,30	-71,36	78	5,1			USGS-NEIC
237	1992-Sep-27	1992	9	27	18:22:04	-31,56	-71,59	46	5,5			USGS-NEIC
238	1992-Nov-04	1992	11	4	21:32:47	-31,57	-71,57	18	6,0			USGS-NEIC
239	1992-Nov-28	1992	11	28	7:33:03	-31,33	-71,99	11	6,5			USGS-NEIC
240	1993-Ene-01	1993	1	1	0:02:07	-31,62	-71,61	27	5,4			USGS-NEIC
241	1993-Jun-08	1993	6	8	23:17:41	-31,56	-69,23	112	6,5			USGS-NEIC
242	1993-Jul-16	1993	7	16	21:21:26	-33,17	-71,99	30	5,7			USGS-NEIC
243	1993-Ago-06	1993	8	6	10:21:48	-33,22	-69,97	109	5,0			USGS-NEIC
244	1993-Sep-11	1993	9	11	8:15:04	-32,51	-71,57	29	5,6			USGS-NEIC
245	1993-Dic-04	1993	12	4	23:16:52	-33,84	-71,91	50	5,6			USGS-NEIC
246	1994-Ene-24	1994	1	24	10:42:03	-31,18	-70,11	11	5,0			USGS-NEIC
247	1994-Feb-23	1994	2	23	14:44:04	-33,78	-71,92	38	5,1			USGS-NEIC
248	1994-Abr-16	1994	4	16	23:52:49	-31,57	-71,25	35	5,6			USGS-NEIC
249	1994-Jun-16	1994	6	16	6:47:00	-32,50	-71,82	29	5,2			USGS-NEIC
250	1994-Jun-16	1994	6	16	23:23:00	-32,64	-71,85	33	5,3			USGS-NEIC

TABLA A3.6: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
251	1994-Ago-31	1994	8	31	23:38:56	-32,58	-71,64	37	5,0			USGS-NEIC
252	1994-Sep-12	1994	9	12	15:35:04	-31,10	-71,71	40	6,0			USGS-NEIC
253	1994-Sep-14	1994	9	14	2:21:50	-31,25	-71,66	37	5,6			USGS-NEIC
254	1994-Sep-17	1994	9	17	12:22:14	-32,19	-71,68	27	5,7			USGS-NEIC
255	1994-Sep-17	1994	9	17	12:33:49	-32,28	-71,92	33	5,2			USGS-NEIC
256	1994-Sep-22	1994	9	22	14:24:33	-32,24	-71,84	26	5,6			USGS-NEIC
257	1994-Oct-11	1994	10	11	14:12:00	-32,10	-71,45	47	5,8			USGS-NEIC
258	1995-Abr-06	1995	4	6	14:30:51	-32,30	-71,35	49	5,2			USGS-NEIC
259	1995-Abr-28	1995	4	28	20:41:09	-31,64	-71,96	31	5,2			USGS-NEIC
260	1995-Jun-02	1995	6	2	19:07:22	-31,77	-71,30	69	5,6			USGS-NEIC
261	1995-Jun-12	1995	6	12	17:47:16	-33,76	-70,33	9	5,0			USGS-NEIC
262	1995-Oct-01	1995	10	1	12:50:15	-31,36	-71,25	63	5,4			USGS-NEIC
263	1995-Oct-09	1995	10	9	23:14:52	-32,44	-71,50	82	5,0			USGS-NEIC
264	1995-Nov-21	1995	11	21	18:17:04	-33,23	-71,95	41	5,7			USGS-NEIC
265	1996-Feb-22	1996	2	22	13:40:53	-33,67	-71,67	43	6,0			USGS-NEIC
266	1996-Sep-09	1996	9	9	20:39:00	-31,90	-71,56	39	6,1			USGS-NEIC
267	1996-Oct-18	1996	10	18	13:41:03	-32,44	-70,04	121	5,2			USGS-NEIC
268	1997-Mar-25	1997	3	25	14:44:53	-33,48	-70,55	84	5,5			USGS-NEIC
269	1997-Jun-09	1997	6	9	14:45:28	-31,89	-71,63	61	5,2			USGS-NEIC
270	1997-Jun-19	1997	6	19	12:21:03	-33,20	-70,14	106	5,4			USGS-NEIC
271	1997-Jun-19	1997	6	19	16:02:44	-32,77	-69,88	117	5,1			USGS-NEIC
272	1997-Sep-24	1997	9	24	22:06:56	-31,74	-71,54	53	5,0			USGS-NEIC
273	1998-Ene-13	1998	1	13	12:54:54	-31,07	-71,77	32	5,1			USGS-NEIC
274	1998-Feb-20	1998	2	20	1:12:08	-31,34	-71,96	33	5,1			USGS-NEIC
275	1998-Feb-20	1998	2	20	11:40:00	-31,97	-69,05	31	5,3			USGS-NEIC
276	1998-Abr-17	1998	4	17	19:48:51	-32,66	-71,54	33	5,0			USGS-NEIC
277	1998-May-03	1998	5	3	22:42:33	-33,26	-71,61	48	5,0			USGS-NEIC
278	1998-Jul-29	1998	7	29	23:42:55	-32,31	-71,29	51	6,5			USGS-NEIC
279	1998-Ago-24	1998	8	24	0:53:04	-31,89	-69,45	115	5,3			USGS-NEIC
280	1998-Oct-29	1998	10	29	19:55:54	-32,76	-70,48	85	5,3			USGS-NEIC
281	1998-Nov-27	1998	11	27	10:27:02	-32,14	-69,33	126	5,5			USGS-NEIC
282	1999-Abr-25	1999	4	25	19:04:04	-31,80	-69,25	115	5,3			USGS-NEIC
283	1999-Abr-30	1999	4	30	19:28:56	-31,65	-71,68	52	5,6			USGS-NEIC
284	1999-Ago-02	1999	8	2	11:03:07	-33,02	-70,15	95	5,5			USGS-NEIC
285	2000-Mar-26	2000	3	26	9:23:06	-32,68	-71,84	36	5,2			USGS-NEIC
286	2000-Jun-16	2000	6	16	3:53:05	-33,88	-70,09	120	6,4			USGS-NEIC
287	1953-Sep-04	1953	9	4	14:07:15	-32,70	-71,80	33		6,9		SISRA
288	1958-Sep-04	1958	9	4	21:51:08	-33,80	-70,20	10		6,7	10	SISRA
289	1963-Oct-06	1963	10	6	17:15:33	-33,90	-70,00	101	5,1		4	SISRA
290	1965-Mar-22	1965	3	22	22:56:28	-31,81	-71,26	58	6,0		6	SISRA
291	1965-Mar-28	1965	3	28	16:33:15	-32,42	-71,10	68	6,4	7,1		SISRA
292	1965-May-03	1965	5	3	1:09:31	-32,44	-70,34	81	5,6		3	SISRA
293	1965-Oct-14	1965	10	14	3:28:08	-32,41	-71,84	36	5,0			SISRA
294	1965-Oct-23	1965	10	23	15:34:45	-32,35	-71,60	48	5,0		3	SISRA
295	1966-Ene-15	1966	1	15	19:29:33	-33,54	-69,99	17	5,2			SISRA
296	1966-Abr-10	1966	4	10	16:36:14	-31,41	-71,04	58	5,6	6,0	3	SISRA
297	1967-Sep-26	1967	9	26	11:11:23	-33,47	-70,51	78	5,7			SISRA
298	1970-Abr-09	1970	4	9	5:19:06	-33,91	-70,09	120	5,2	5,7	3	SISRA
299	1970-Sep-14	1970	9	14	15:17:58	-33,95	-72,31	27	4,9	5,2	3	SISRA
300	1970-Sep-14	1970	9	14	18:06:24	-33,96	-72,15	22	5,0	5,0		SISRA

TABLA A3.7: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
301	1970.Sep.18	1970	9	18	22:49:03	-33,97	-72,14	16	5,2	5,3		SISRA
302	1970.Sep.18	1970	9	18	22:54:03	-33,95	-72,32	5	5,0			SISRA
303	1970.Sep.19	1970	9	19	6:37:28	-33,56	-71,95	22	5,4	5,6	3	SISRA
304	1970.Oct.05	1970	10	5	11:44:39	-34,00	-72,33	22	5,0		2	SISRA
305	1971.Mar.29	1971	3	29	5:38:27	-33,30	-71,95	34	4,9	5,0	3	SISRA
306	1971.Jul.09	1971	7	9	3:03:16	-32,51	-71,21	40	6,5	7,5	9	SISRA
307	1971.Jul.09	1971	7	9	19:15:31	-32,31	-71,91	27	5,2			SISRA
308	1971.Jul.09	1971	7	9	20:19:47	-32,39	-71,68	31	5,3			SISRA
309	1971.Jul.10	1971	7	10	13:04:41	-32,72	-71,76	38	5,2			SISRA
310	1971.Jul.11	1971	7	11	9:51:38	-32,19	-71,72	36	5,8	6,3	3	SISRA
311	1971.Jul.11	1971	7	11	21:59:55	-33,02	-71,98	31	5,2			SISRA
312	1971.Jul.11	1971	7	11	22:38:05	-32,12	-71,50	12	5,1			SISRA
313	1971.Jul.25	1971	7	25	10:07:34	-32,45	-71,69	51	5,2			SISRA
314	1971.Jul.31	1971	7	31	22:08:47	-32,43	-71,68	46	5,5	6,2	5	SISRA
315	1971.Ago.02	1971	8	2	4:22:18	-32,79	-71,93	9	5,3		3	SISRA
316	1971.Oct.20	1971	10	20	19:07:29	-32,64	-71,72	39	5,3			SISRA
317	1971.Oct.26	1971	10	26	15:14:37	-32,30	-71,87	23	5,2	5,3		SISRA
318	1971.Nov.27	1971	11	27	10:52:43	-32,75	-71,50	60	5,3		2	SISRA
319	1972.Ene.13	1972	1	13	4:09:18	-32,33	-71,14	66	5,1		5	SISRA
320	1972.Feb.04	1972	2	4	5:47:48	-32,14	-71,89	15	5,2			SISRA
321	1972.Abr.30	1972	4	30	0:30:44	-31,86	-71,26	64	5,1			SISRA
322	1972.May.13	1972	5	13	15:19:37	-32,66	-71,63	46	5,5	5,3	3	SISRA
323	1972.May.13	1972	5	13	21:44:57	-32,63	-71,71	46	5,2			SISRA
324	1972.Oct.02	1972	10	2	20:35:45	-33,90	-70,93	80	5,3	6,2	7	SISRA
325	1973.Abr.23	1973	4	23	15:25:00	-33,94	-70,68	87	4,9	5,7	5	SISRA
326	1973.Oct.05	1973	10	5	5:45:27	-32,92	-71,88	8	5,7	6,3	5	SISRA
327	1973.Oct.05	1973	10	5	5:47:50	-32,99	-71,87	33	5,8	6,3	7	SISRA
328	1973.Oct.05	1973	10	5	7:07:35	-32,90	-71,93	33	5,5		2	SISRA
329	1973.Oct.06	1973	10	6	6:43:37	-32,74	-71,95	42	5,0			SISRA
330	1973.Oct.09	1973	10	9	22:38:49	-31,71	-71,95	39	5,2			SISRA
331	1973.Oct.10	1973	10	10	21:10:49	-32,71	-71,49	19	5,1			SISRA
332	1973.Oct.12	1973	10	12	4:09:04	-33,16	-72,03	35	5,1			SISRA
333	1974.Mar.24	1974	3	24	10:08:43	-33,09	-70,31	105	5,2		5	SISRA
334	1974.Abr.09	1974	4	9	10:52:14	-31,54	-71,11	87	5,0	5,5	4	SISRA
335	1974.Jul.19	1974	7	19	2:02:50	-32,88	-71,95	36	5,1	4,5		SISRA
336	1974.Nov.12	1974	11	12	5:59:50	-33,17	-70,55	86	5,4		7	SISRA
337	1974.Dic.29	1974	12	29	17:20:47	-33,07	-70,20	101	5,3			SISRA
338	1975.Ene.02	1975	1	2	21:35:18	-33,15	-70,07	104	5,1			SISRA
339	1975.Jun.14	1975	6	14	10:40:20	-32,52	-70,68	92	5,6		7	SISRA
340	1975.Sep.14	1975	9	14	12:03:12	-33,78	-70,66	37	5,2	5,7	4	SISRA
341	1963.Oct.06	1963	10	6	17:15:00	-33,90	-70,00	101	5,1	0,0		CERESIS
342	1964.Sep.10	1964	9	10	17:37:00	-32,99	-69,77	95	5,2	0,0		CERESIS
343	1965.Mar.22	1965	3	22	22:56:00	-31,81	-71,26	58	6,0	6,0		CERESIS
344	1965.Mar.28	1965	3	28	16:33:00	-32,42	-71,10	68	6,4	7,1		CERESIS
345	1965.May.03	1965	5	3	1:09:00	-32,44	-70,34	81	5,6	0,0		CERESIS
346	1965.Oct.14	1965	10	14	3:28:00	-32,41	-71,84	36	5,0	0,0		CERESIS
347	1965.Oct.23	1965	10	23	15:34:00	-32,35	-71,60	48	5,0	0,0		CERESIS
348	1966.Ene.15	1966	1	15	19:29:00	-33,50	-69,80	50	5,5	0,0		CERESIS
349	1966.Ene.15	1966	1	15	19:29:00	-33,54	-69,99	17	5,2	0,0		CERESIS
350	1966.Abr.10	1966	4	10	16:36:00	-31,41	-71,04	58	5,6	6,0		CERESIS

TABLA A3.8: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
351	1967.Abr.25	1967	4	25	10:36:00	-32,72	-69,17	45	5,4	0,0		CERESIS
352	1967.Sep.26	1967	9	26	11:11:00	-33,47	-70,51	78	5,7	0,0		CERESIS
353	1968.Oct.13	1968	10	13	12:04:00	-32,17	-69,31	124	5,0	0,0		CERESIS
354	1969.Dic.13	1969	12	13	21:33:00	-32,81	-70,11	103	5,4	0,0		CERESIS
355	1970.Abr.09	1970	4	9	5:19:00	-33,91	-70,09	120	5,2	5,7		CERESIS
356	1970.Sep.17	1970	9	17	23:15:00	-31,88	-70,00	109	5,3	0,0		CERESIS
357	1970.Sep.19	1970	9	19	6:37:00	-33,56	-71,95	22	5,4	5,6		CERESIS
358	1971.Abr.07	1971	4	7	15:10:00	-32,60	-69,23	109	5,5	0,0		CERESIS
359	1971.Jul.09	1971	7	9	3:03:00	-32,51	-71,21	40	6,5	7,5		CERESIS
360	1971.Jul.09	1971	7	9	19:15:00	-32,31	-71,91	27	5,2	0,0		CERESIS
361	1971.Jul.09	1971	7	9	20:19:00	-32,39	-71,68	31	5,3	0,0		CERESIS
362	1971.Jul.10	1971	7	10	13:04:00	-32,72	-71,76	38	5,2	0,0		CERESIS
363	1971.Jul.11	1971	7	11	9:51:00	-32,19	-71,71	36	5,8	6,3		CERESIS
364	1971.Jul.11	1971	7	11	21:59:00	-33,02	-71,98	31	5,2	0,0		CERESIS
365	1971.Jul.11	1971	7	11	22:38:00	-32,12	-71,50	12	5,1	0,0		CERESIS
366	1971.Jul.25	1971	7	25	10:07:00	-32,45	-71,69	51	5,2	0,0		CERESIS
367	1971.Jul.31	1971	7	31	22:08:00	-32,43	-71,68	46	5,5	6,2		CERESIS
368	1971.Ago.02	1971	8	2	4:22:00	-32,79	-71,93	9	5,3	0,0		CERESIS
369	1971.Sep.28	1971	9	28	23:16:00	-32,00	-70,02	104	5,7	0,0		CERESIS
370	1971.Oct.20	1971	10	20	19:07:00	-32,64	-71,72	39	5,3	0,0		CERESIS
371	1971.Oct.26	1971	10	26	15:14:00	-32,30	-71,87	23	5,2	5,3		CERESIS
372	1971.Nov.27	1971	11	27	10:52:00	-31,75	-71,50	60	5,3	0,0		CERESIS
373	1972.Ene.13	1972	1	13	4:09:00	-32,33	-71,14	66	5,1	0,0		CERESIS
374	1972.Feb.04	1972	2	4	5:47:00	-32,14	-71,89	15	5,2	0,0		CERESIS
375	1972.Abr.30	1972	4	30	0:30:00	-31,86	-71,26	64	5,1	0,0		CERESIS
376	1972.May.13	1972	5	13	15:19:00	-32,66	-71,63	46	5,5	5,3		CERESIS
377	1972.May.13	1972	5	13	21:44:00	-32,63	-71,71	46	5,2	0,0		CERESIS
378	1972.Oct.02	1972	10	2	20:35:00	-33,90	-70,93	80	5,3	6,2		CERESIS
379	1973.Oct.05	1973	10	5	5:45:00	-32,92	-71,88	8	5,7	6,3		CERESIS
380	1973.Oct.05	1973	10	5	5:47:00	-32,99	-71,87	33	5,8	6,3		CERESIS
381	1973.Oct.05	1973	10	5	7:07:00	-32,90	-71,93	33	5,5	0,0		CERESIS
382	1973.Oct.06	1973	10	6	6:43:00	-31,74	-71,95	42	5,0	0,0		CERESIS
383	1973.Oct.09	1973	10	9	22:38:00	-31,71	-71,95	39	5,2	0,0		CERESIS
384	1973.Oct.10	1973	10	10	21:10:00	-32,71	-71,49	19	5,1	0,0		CERESIS
385	1974.Ene.23	1974	1	23	21:43:00	-32,23	-69,82	103	5,2	0,0		CERESIS
386	1974.Mar.24	1974	3	24	10:08:00	-33,09	-70,31	105	5,2	0,0		CERESIS
387	1974.Abr.09	1974	4	9	10:52:00	-31,54	-71,11	87	5,0	5,5		CERESIS
388	1974.Jul.19	1974	7	19	2:02:00	-32,88	-71,95	36	5,1	4,5		CERESIS
389	1974.Ago.14	1974	8	14	17:56:00	-32,82	-69,11	142	5,3	0,0		CERESIS
390	1974.Nov.12	1974	11	12	5:59:00	-33,17	-70,55	86	5,4	0,0		CERESIS
391	1974.Dic.29	1974	12	29	17:20:00	-33,06	-70,19	101	5,3	0,0		CERESIS
392	1975.Ene.02	1975	1	2	21:35:00	-33,15	-70,07	104	5,1	0,0		CERESIS
393	1975.May.06	1975	5	6	18:10:00	-32,93	-69,02	14	5,0	0,0		CERESIS
394	1975.Jun.14	1975	6	14	10:40:00	-32,52	-70,68	92	5,6	0,0		CERESIS
395	1975.Sep.14	1975	9	14	12:03:00	-33,78	-70,66	37	5,2	5,7		CERESIS
396	1975.Nov.17	1975	11	17	6:45:00	-31,63	-69,40	112	5,2	0,0		CERESIS
397	1976.Jul.16	1976	7	16	15:59:00	-31,56	-71,50	61	5,3	6,0		CERESIS
398	1976.Ago.28	1976	8	28	16:53:00	-33,69	-71,65	45	5,1	0,0		CERESIS
399	1977.Ene.11	1977	1	11	7:02:00	-31,70	-71,66	38	5,3	0,0		CERESIS
400	1977.Ene.12	1977	1	12	12:53:00	-32,98	-70,28	109	5,1	0,0		CERESIS

TABLA A3.9: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
401	1977.Ene.29	1977	1	29	12:49:00	-31,01	-71,49	69	5,6	0,0		CERESIS
402	1977.Jul.31	1977	7	31	18:34:00	-32,81	-71,40	62	5,0	0,0		CERESIS
403	1977.Ago.03	1977	8	3	14:27:00	-31,67	-69,29	51	5,0	3,9		CERESIS
404	1977.Ago.29	1977	8	29	16:36:00	-31,90	-69,22	114	5,3	0,0		CERESIS
405	1977.Nov.07	1977	11	7	10:30:00	-32,51	-71,54	82	5,1	0,0		CERESIS
406	1977.Nov.28	1977	11	28	18:40:00	-31,90	-69,01	97	5,2	0,0		CERESIS
407	1978.Sep.18	1978	9	18	7:12:00	-32,78	-71,74	46	5,1	4,6		CERESIS
408	1979.Mar.07	1979	3	7	22:57:00	-32,76	-71,88	37	5,0	0,0		CERESIS
409	1979.Jul.06	1979	7	6	2:01:00	-32,16	-71,40	51	6,0	5,6		CERESIS
410	1979.Oct.11	1979	10	11	8:55:00	-33,45	-71,75	46	5,2	5,3		CERESIS
411	1979.Dic.30	1979	12	30	6:25:00	-32,63	-70,62	84	5,1	0,0		CERESIS
412	1980.Ene.14	1980	1	14	21:51:00	-33,11	-69,41	15	5,4	0,0		CERESIS
413	1980.Feb.14	1980	2	14	14:07:00	-31,82	-71,44	58	5,3	0,0		CERESIS
414	1980.Jun.11	1980	6	11	14:21:00	-32,72	-71,65	42	5,5	5,6		CERESIS
415	1980.Jul.13	1980	7	13	6:20:00	-33,46	-70,18	106	5,6	0,0		CERESIS
416	1980.Jul.18	1980	7	18	2:57:00	-32,70	-71,64	81	5,0	0,0		CERESIS
417	1981.Mar.23	1981	3	23	19:28:00	-33,62	-71,93	28	5,7	6,2		CERESIS
418	1981.May.06	1981	5	6	15:41:00	-32,56	-71,74	61	5,1	0,0		CERESIS
419	1981.Nov.07	1981	11	7	3:29:00	-32,17	-71,43	57	6,2	0,0		CERESIS
420	1981.Dic.15	1981	12	15	20:02:00	-31,73	-71,90	42	5,0	0,0		CERESIS
421	1982.Ago.03	1982	8	3	16:44:00	-32,39	-71,51	59	5,4	4,2		CERESIS
422	1982.Ago.29	1982	8	29	13:26:00	-33,41	-71,35	26	5,0	0,0		CERESIS
423	1982.Sep.06	1982	9	6	11:13:00	-32,11	-71,38	69	5,1	0,0		CERESIS
424	1983.Dic.04	1983	12	4	2:00:00	-31,78	-69,36	114	5,2	0,0		CERESIS
425	1984.Oct.30	1984	10	30	3:13:00	-33,53	-70,53	92	5,3	0,0		CERESIS
426	1984.Nov.18	1984	11	18	23:18:00	-32,37	-71,82	42	5,0	0,0		CERESIS
427	1984.Dic.04	1984	12	4	9:29:00	-33,60	-71,65	55	5,0	4,1		CERESIS
428	1985.Ene.26	1985	1	26	3:07:00	-33,10	-69,49	0	6,0	0,0		CERESIS
429	1985.Ene.31	1985	1	31	7:16:00	-31,80	-71,38	62	5,0	0,0		CERESIS
430	1985.Ene.31	1985	1	31	10:29:00	-31,50	-69,10	117	5,2	0,0		CERESIS
431	1985.Ene.31	1985	1	31	10:29:00	-32,68	-70,31	34	5,0	0,0		CERESIS
432	1985.Feb.09	1985	2	9	23:02:00	-32,63	-70,72	21	5,4	0,0		CERESIS
433	1985.Feb.22	1985	2	22	5:45:00	-33,08	-71,85	58	5,1	0,0		CERESIS
434	1985.Feb.23	1985	2	23	4:35:00	-33,20	-71,60	58	5,0	0,0		CERESIS
435	1985.Feb.23	1985	2	23	5:55:00	-33,26	-71,55	17	5,1	0,0		CERESIS
436	1985.Feb.24	1985	2	24	3:12:00	-33,12	-69,69	33	5,0	0,0		CERESIS
437	1985.Mar.03	1985	3	3	22:46:00	-33,14	-71,84	43	5,9	0,0		CERESIS
438	1985.Mar.03	1985	3	3	22:47:00	-33,08	-71,72	36	6,0	7,4		CERESIS
439	1985.Mar.03	1985	3	3	23:31:00	-32,14	-71,48	22	5,3	0,0		CERESIS
440	1985.Mar.03	1985	3	3	23:38:00	-33,06	-71,30	36	5,9	6,4		CERESIS
441	1985.Mar.03	1985	3	3	23:47:00	-33,47	-71,71	24	5,6	0,0		CERESIS
442	1985.Mar.04	1985	3	4	0:11:00	-32,95	-71,60	33	5,8	0,0		CERESIS
443	1985.Mar.04	1985	3	4	0:32:00	-33,24	-71,78	33	5,8	6,7		CERESIS
444	1985.Mar.04	1985	3	4	1:07:00	-33,19	-71,99	33	5,2	0,0		CERESIS
445	1985.Mar.04	1985	3	4	3:32:00	-32,87	-71,83	77	5,5	0,0		CERESIS
446	1985.Mar.04	1985	3	4	6:06:00	-33,78	-71,94	42	5,6	6,1		CERESIS
447	1985.Mar.04	1985	3	4	6:17:00	-33,15	-71,75	33	5,4	6,3		CERESIS
448	1985.Mar.04	1985	3	4	13:01:00	-33,38	-71,55	33	5,2	5,4		CERESIS
449	1985.Mar.04	1985	3	4	13:49:00	-33,86	-71,99	59	5,2	5,4		CERESIS
450	1985.Mar.04	1985	3	4	15:01:00	-33,76	-71,19	77	5,8	0,0		CERESIS

TABLA A3.10: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
451	1985.Mar.04	1985	3	4	18:12:00	-33,83	-71,98	51	5,2	5,4		CERESIS
452	1985.Mar.04	1985	3	4	19:03:00	-32,76	-71,58	52	5,5	5,9		CERESIS
453	1985.Mar.05	1985	3	5	7:33:00	-32,71	-71,78	33	5,2	0,0		CERESIS
454	1985.Mar.05	1985	3	5	12:48:00	-33,86	-71,95	51	5,0	5,6		CERESIS
455	1985.Mar.05	1985	3	5	14:13:00	-32,81	-71,76	46	5,0	0,0		CERESIS
456	1985.Mar.05	1985	3	5	16:38:00	-33,76	-71,69	48	5,1	0,0		CERESIS
457	1985.Mar.07	1985	3	7	0:54:00	-33,03	-71,95	47	5,4	5,3		CERESIS
458	1985.Mar.07	1985	3	7	1:56:00	-33,00	-71,94	45	5,4	0,0		CERESIS
459	1985.Mar.07	1985	3	7	10:57:00	-33,91	-72,00	34	5,2	0,0		CERESIS
460	1985.Mar.07	1985	3	7	12:16:00	-33,42	-71,43	33	5,0	0,0		CERESIS
461	1985.Mar.10	1985	3	10	8:53:00	-32,74	-71,77	42	5,2	0,0		CERESIS
462	1985.Mar.17	1985	3	17	10:41:00	-32,68	-71,63	39	5,8	6,6		CERESIS
463	1985.Mar.17	1985	3	17	12:19:00	-32,77	-71,84	53	5,0	0,0		CERESIS
464	1985.Mar.18	1985	3	18	5:08:00	-32,80	-71,70	52	5,3	0,0		CERESIS
465	1985.Mar.18	1985	3	18	18:40:00	-33,38	-71,74	47	5,1	4,8		CERESIS
466	1985.Mar.19	1985	3	19	4:01:00	-33,15	-71,69	40	5,8	6,6		CERESIS
467	1985.Mar.20	1985	3	20	2:46:00	-33,32	-71,59	54	5,1	4,9		CERESIS
468	1985.Mar.25	1985	3	25	9:23:00	-33,81	-71,46	19	5,1	0,0		CERESIS
469	1985.Abr.02	1985	4	2	2:36:00	-32,32	-70,51	27	5,0	0,0		CERESIS
470	1985.Abr.03	1985	4	3	13:06:00	-32,64	-71,68	46	5,8	6,0		CERESIS
471	1985.Abr.09	1985	4	9	1:57:00	-34,00	-71,45	60	6,2	7,2		CERESIS
472	1985.Abr.15	1985	4	15	4:41:00	-33,59	-71,79	54	5,0	5,1		CERESIS
473	1985.Abr.28	1985	4	28	2:53:00	-33,03	-71,71	47	5,2	5,2		CERESIS
474	1985.Jun.09	1985	6	9	18:46:00	-33,21	-71,96	37	5,0	4,3		CERESIS
475	1985.Jun.11	1985	6	11	11:12:00	-32,66	-71,67	56	5,1	5,1		CERESIS
476	1985.Jun.25	1985	6	25	7:20:00	-33,40	-71,70	58	5,0	0,0		CERESIS
477	1985.Jul.11	1985	7	11	20:31:00	-32,98	-71,90	53	5,1	4,9		CERESIS
478	1985.Jul.17	1985	7	17	13:53:00	-32,75	-71,51	54	5,3	5,0		CERESIS
479	1985.Jul.17	1985	7	17	23:04:00	-33,13	-71,74	51	5,1	0,0		CERESIS
480	1985.Sep.26	1985	9	26	8:33:00	-33,62	-71,56	63	5,7	0,0		CERESIS
481	1985.Sep.27	1985	9	27	10:17:00	-33,99	-71,85	60	5,0	0,0		CERESIS
482	1985.Oct.24	1985	10	24	1:49:00	-32,80	-70,27	25	5,2	0,0		CERESIS
483	1985.Oct.31	1985	10	31	21:51:00	-32,91	-70,29	29	5,2	0,0		CERESIS
484	1985.Nov.14	1985	11	14	22:32:00	-32,42	-69,70	114	5,1	0,0		CERESIS
485	1986.May.14	1986	5	14	15:54:00	-32,62	-71,76	46	5,0	0,0		CERESIS
486	1986.Jul.21	1986	7	21	15:54:00	-33,77	-71,96	49	5,1	0,0		CERESIS
487	1986.Ago.26	1986	8	26	23:03:00	-31,71	-71,15	62	5,3	0,0		CERESIS
488	1986.Sep.22	1986	9	22	18:19:00	-32,27	-71,57	59	5,2	0,0		CERESIS
489	1986.Nov.01	1986	11	1	16:30:00	-31,84	-71,79	10	5,0	0,0		CERESIS
490	1986.Nov.23	1986	11	23	16:54:00	-32,60	-70,52	60	5,1	0,0		CERESIS
491	1986.Dic.20	1986	12	20	20:16:00	-33,06	-71,87	47	5,1	0,0		CERESIS
492	1987.Ene.26	1987	1	26	15:41:00	-32,19	-71,95	57	5,1	0,0		CERESIS
493	1987.Sep.11	1987	9	11	4:02:00	-31,43	-70,77	91	5,1	0,0		CERESIS
494	1988.Mar.12	1988	3	12	17:22:00	-32,26	-71,49	55	5,1	0,0		CERESIS
495	1988.May.15	1988	5	15	9:08:00	-31,64	-71,37	104	5,1	0,0		CERESIS
496	1988.May.21	1988	5	21	14:28:00	-32,91	-71,71	45	5,4	5,6		CERESIS
497	1988.May.22	1988	5	22	14:35:00	-33,13	-71,90	59	5,3	0,0		CERESIS
498	1988.May.30	1988	5	30	21:22:00	-31,51	-69,06	93	5,8	0,0		CERESIS
499	1988.Ago.14	1988	8	14	17:48:00	-33,18	-71,94	41	5,0	0,0		CERESIS
500	1988.Ago.27	1988	8	27	0:22:00	-33,89	-70,22	10	5,1	4,6		CERESIS

TABLA A3.11: SISMOS DE MAGNITUD Mb / Ms > 5.0 OCURRIDOS ENTRE 1950 Y 2000

N	Fecha	Año	Mes	Día	Hora (hh:mm:ss)	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud, mb	Magnitud, Ms	Intensidad	Fuente
501	1988.Nov.14	1988	11	14	16:55:00	-32,59	-71,74	52	5,4	4,9		CERESIS
502	1988.Dic.31	1988	12	31	20:26:00	-32,50	-71,85	27	5,1	4,9		CERESIS
503	1988.Dic.31	1988	12	31	20:40:00	-32,58	-71,93	40	5,0	0,0		CERESIS
504	1988.Dic.31	1988	12	31	21:46:00	-32,53	-71,88	29	5,2	0,0		CERESIS
505	1989.Ene.15	1989	1	15	1:27:00	-31,74	-71,78	53	5,3	4,4		CERESIS
506	1989.Ene.15	1989	1	15	3:19:00	-31,74	-71,83	50	5,1	5,6		CERESIS
507	1989.Abr.01	1989	4	1	21:58:00	-32,87	-70,00	99	5,4	0,0		CERESIS
508	1989.Abr.08	1989	4	8	0:24:00	-32,01	-71,62	52	5,4	5,5		CERESIS
509	1989.Jul.23	1989	7	23	3:23:00	-33,18	-70,28	100	5,1	0,0		CERESIS
510	1989.Dic.13	1989	12	13	4:03:00	-32,67	-71,76	54	5,0	0,0		CERESIS
511	1990.Jul.16	1990	7	16	14:51:00	-32,46	-69,96	102	5,7	0,0		CERESIS
512	1990.Jul.16	1990	7	16	14:51:00	-32,86	-70,30	115	5,7	0,0		CERESIS
513	1990.Ago.02	1990	8	2	5:24:00	-31,62	-71,69	35	5,5	5,9		CERESIS
514	1990.Sep.04	1990	9	4	23:15:00	-31,26	-69,06	112	5,5	0,0		CERESIS
515	1990.Dic.21	1990	12	21	18:31:00	-32,70	-69,65	116	5,3	0,0		CERESIS
516	1991.Feb.02	1991	2	2	17:47:00	-31,50	-72,00	29	5,1	0,0		CERESIS
517	1991.Ago.18	1991	8	18	21:52:00	-31,94	-71,48	45	5,4	4,9		CERESIS
518	1991.Sep.15	1991	9	15	22:56:00	-31,51	-69,94	110	5,2	0,0		CERESIS
519	1991.Sep.15	1991	9	15	22:56:00	-31,77	-70,51	124	5,4	0,0		CERESIS
520	1991.Dic.01	1991	12	1	22:41:00	-32,06	-69,51	115	5,2	0,0		CERESIS

ANEXO 4

MORFOLOGIA POR CADA LOCALIDAD

A modo de complemento al capítulo 2.2.1, de Morfología Continental, en este anexo se entregan imagen digital que muestran la morfología particular, para cada localidad con intensidades reportadas.

Estas localidades se ordenan de norte a sur, y su morfología se muestra en las figuras siguientes.

Se debe considerar que las vistas son actuales y este estudio considera sismicidad histórica, luego es muy probable que la extensión de las localidades y obras de infraestructura no sean las que existían en el pasado, y en general solo el entorno morfológico es el objetivo de cada vista.

Las imágenes corresponden a vistas satelitales tomadas de Google Earth. Al pie de cada imagen se entregan los datos de cada imagen, generados en su fuente.



Figura A4.1: SAMO ALTO

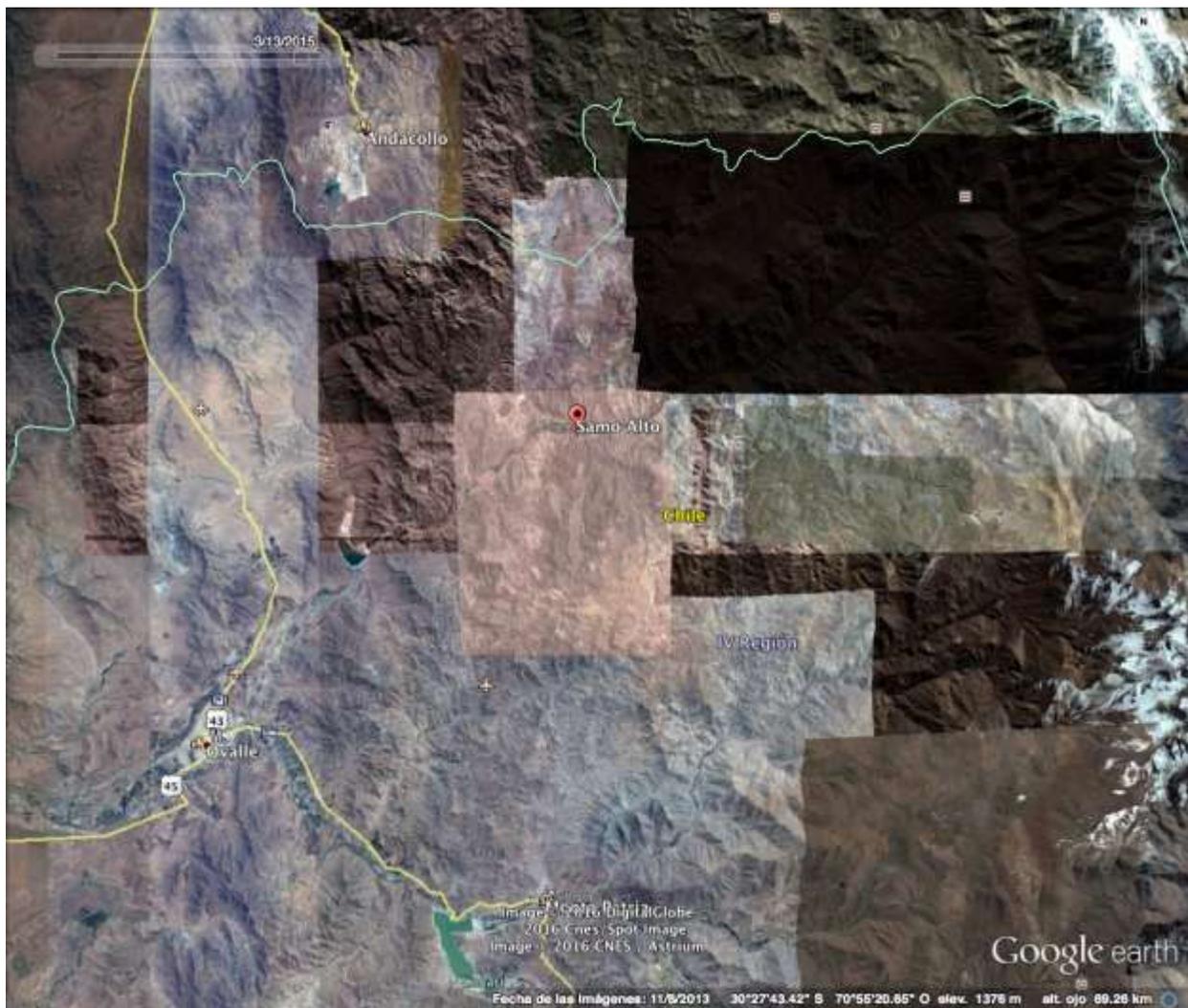


Figura A4.2: SAMO ALTO Y OVALE

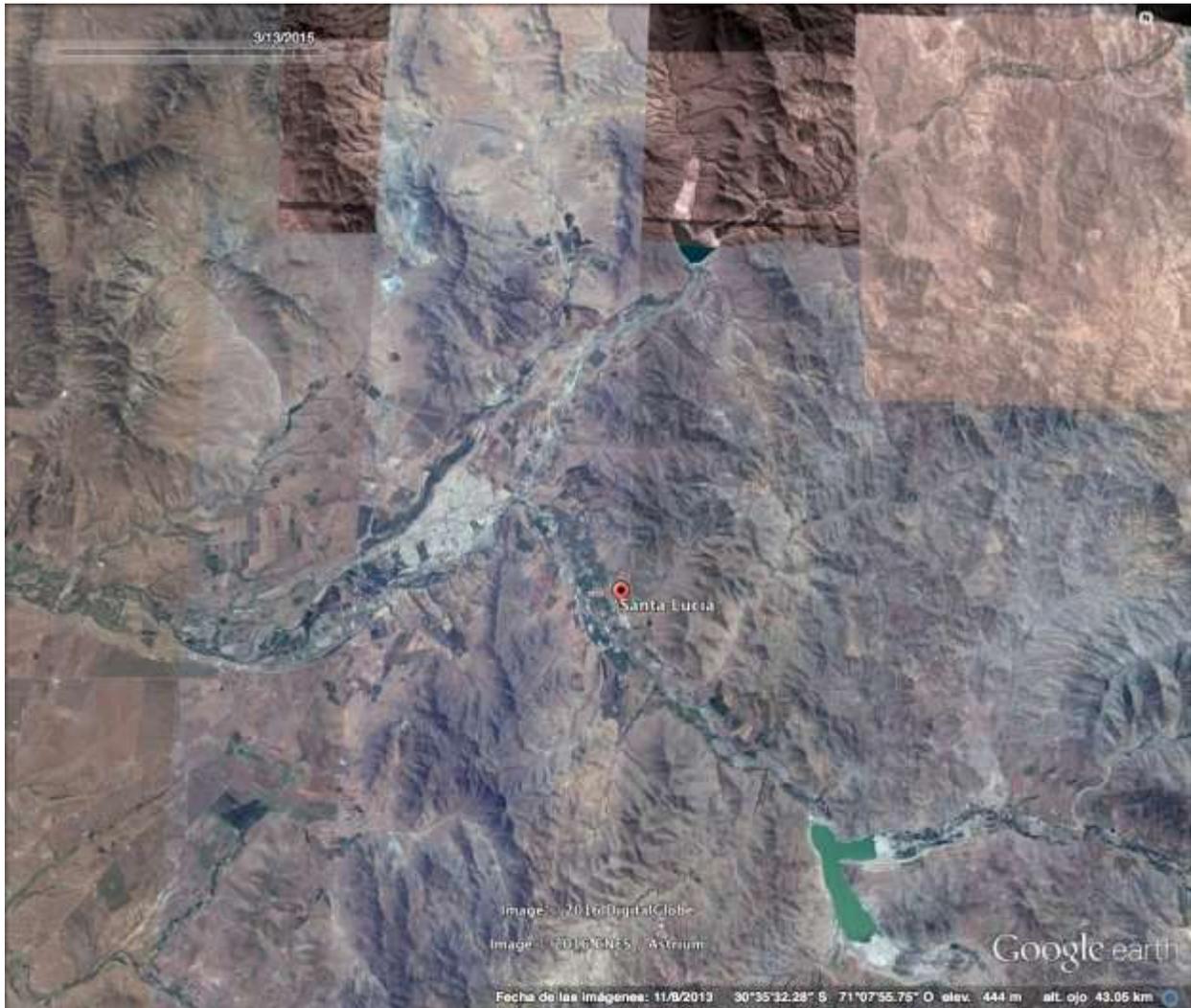


Figura A4.3: SANTA LUCIA



Figura A4.4: OVALLE

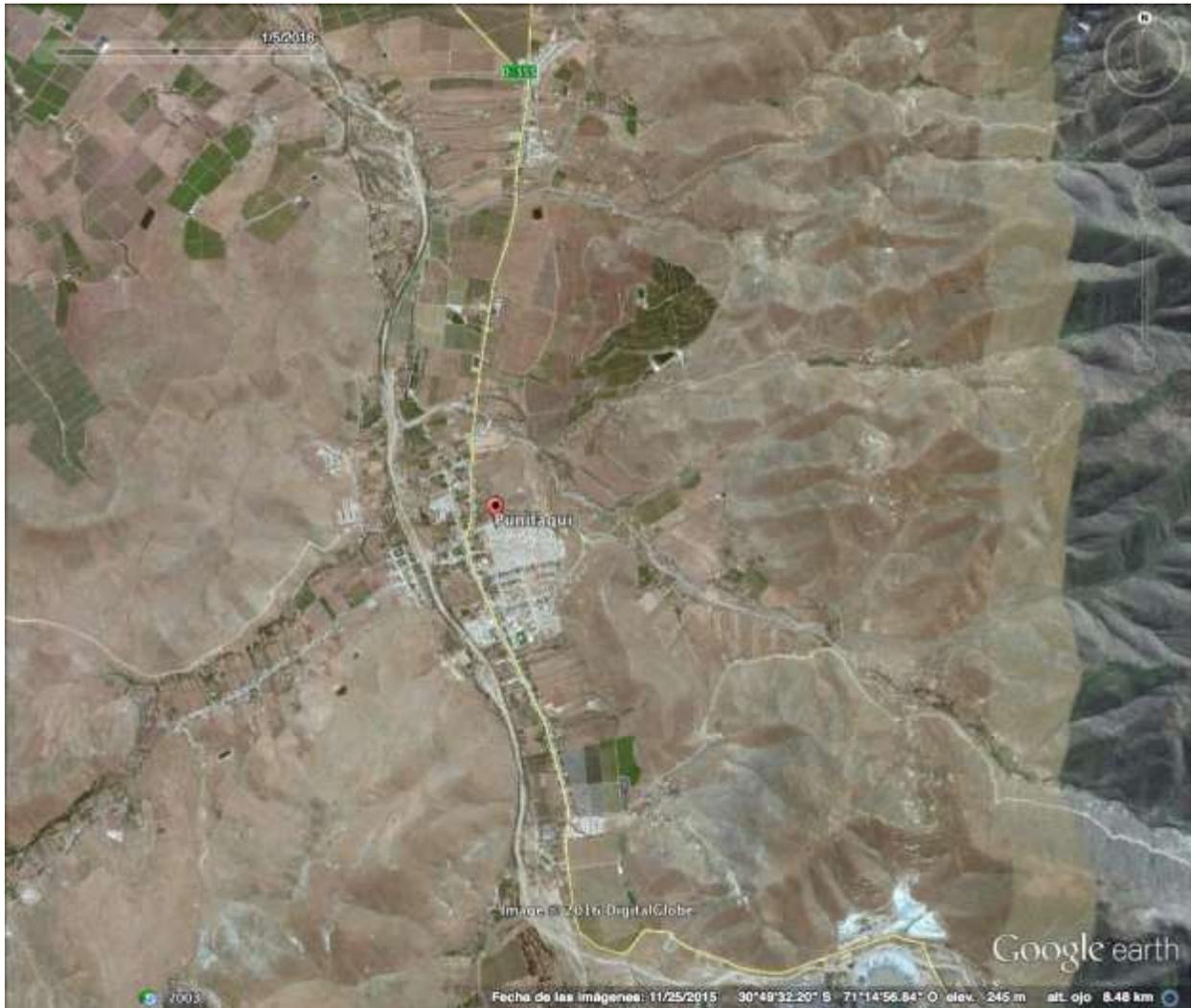


Figura A4.5: PUNITAQUI



Figura A4.6: PEDREGAL

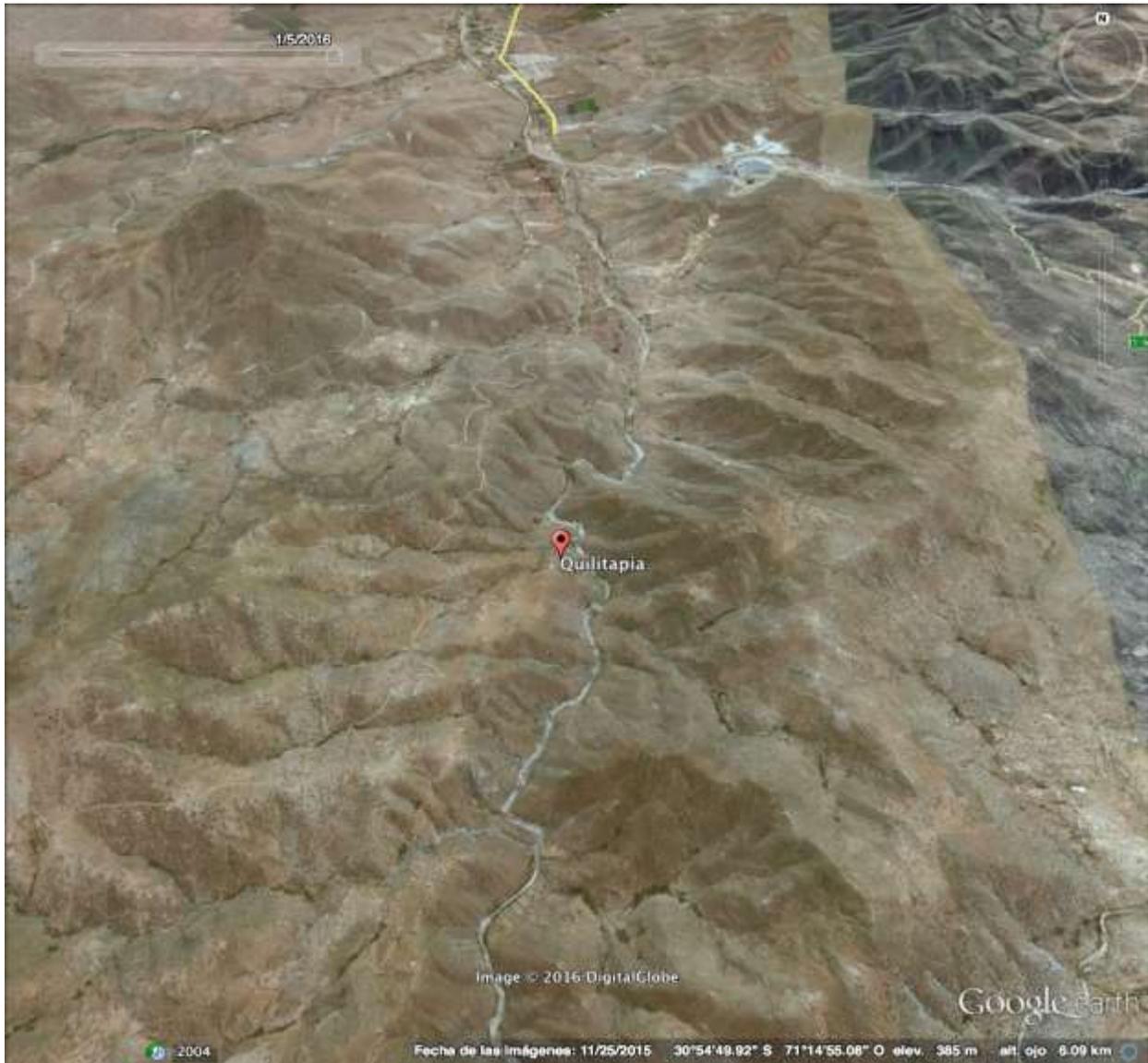


Figura A4.7: QUILITAPIA



Figura A4.8: SAN MARCOS

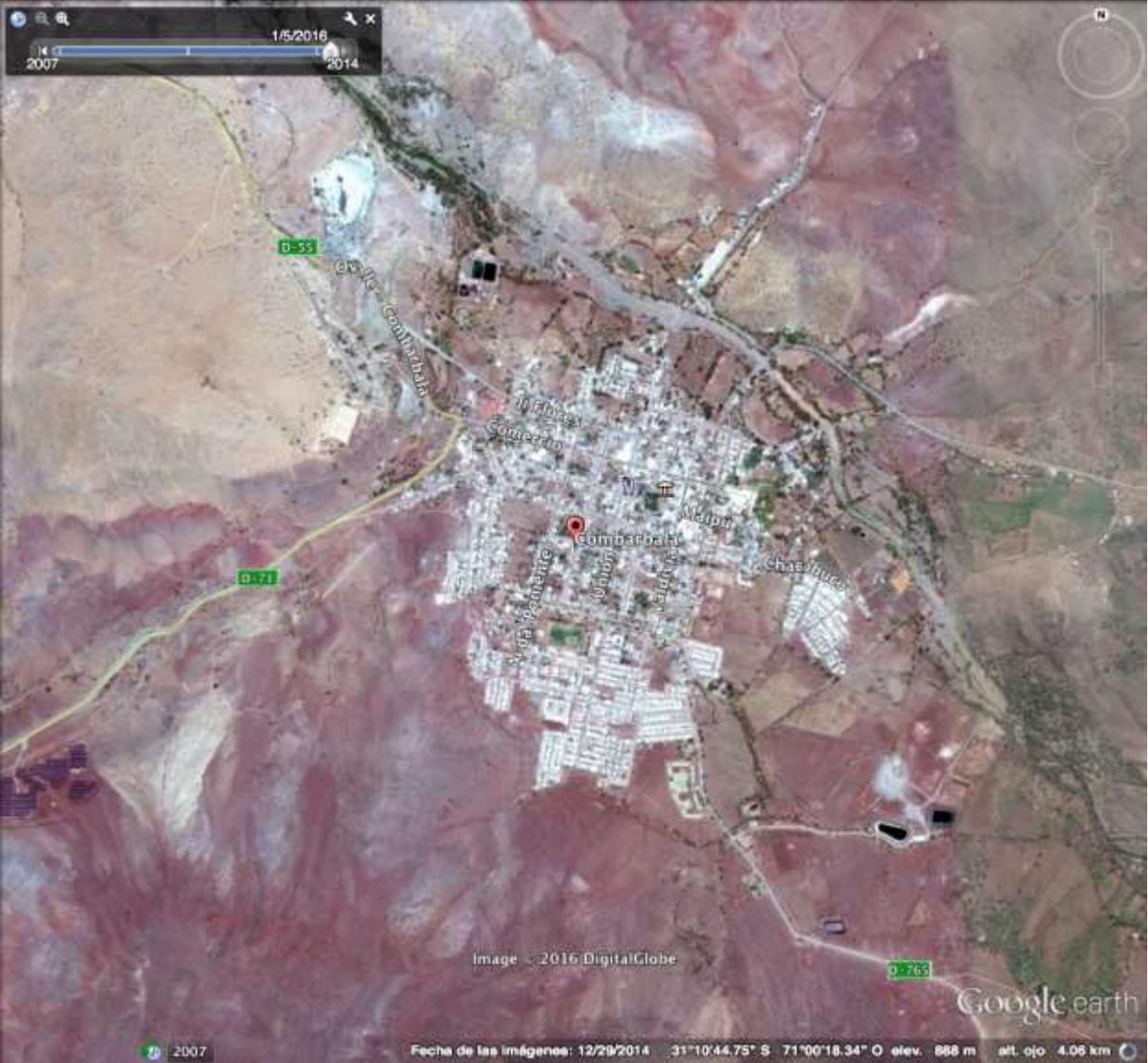


Figura A4.9: COMBARBALA

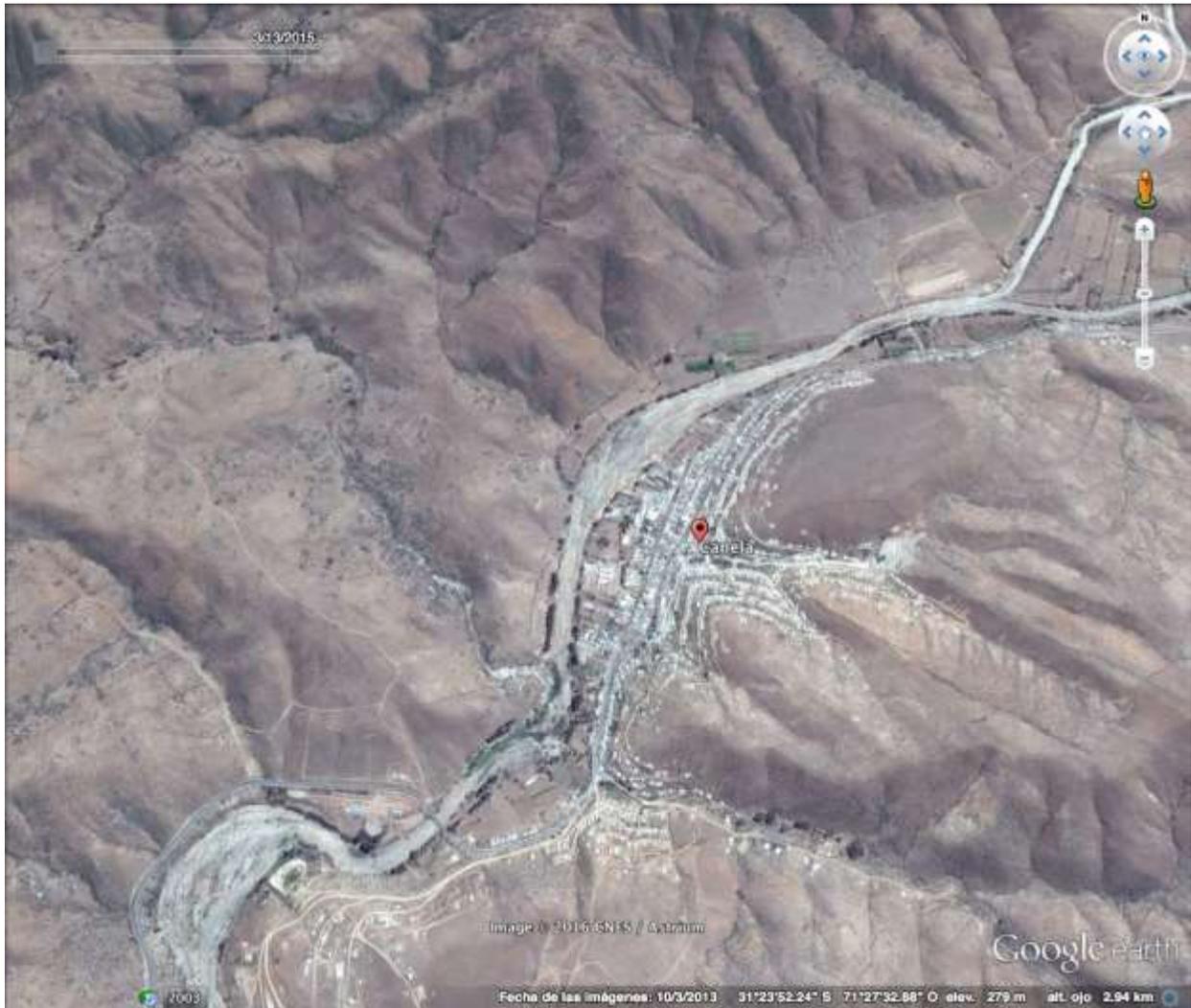


Figura A4.10: CANELA



Figura A4.11: MINCHA



Figura A4.12: ILLAPEL

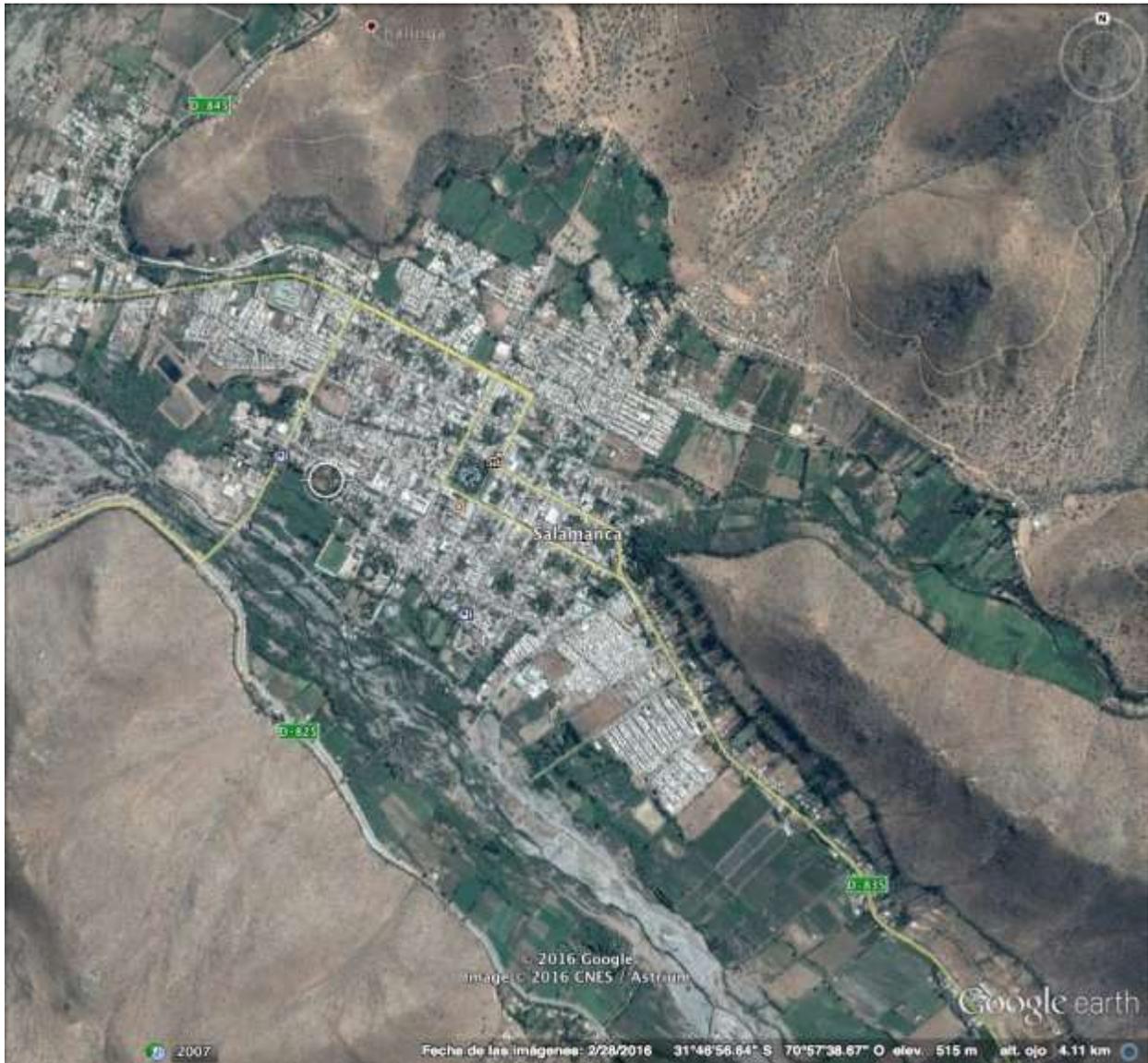


Figura A4.13: SALAMANCA



Figura A4.14: LOS VILOS



Figura A4.15: CHINCOLCO

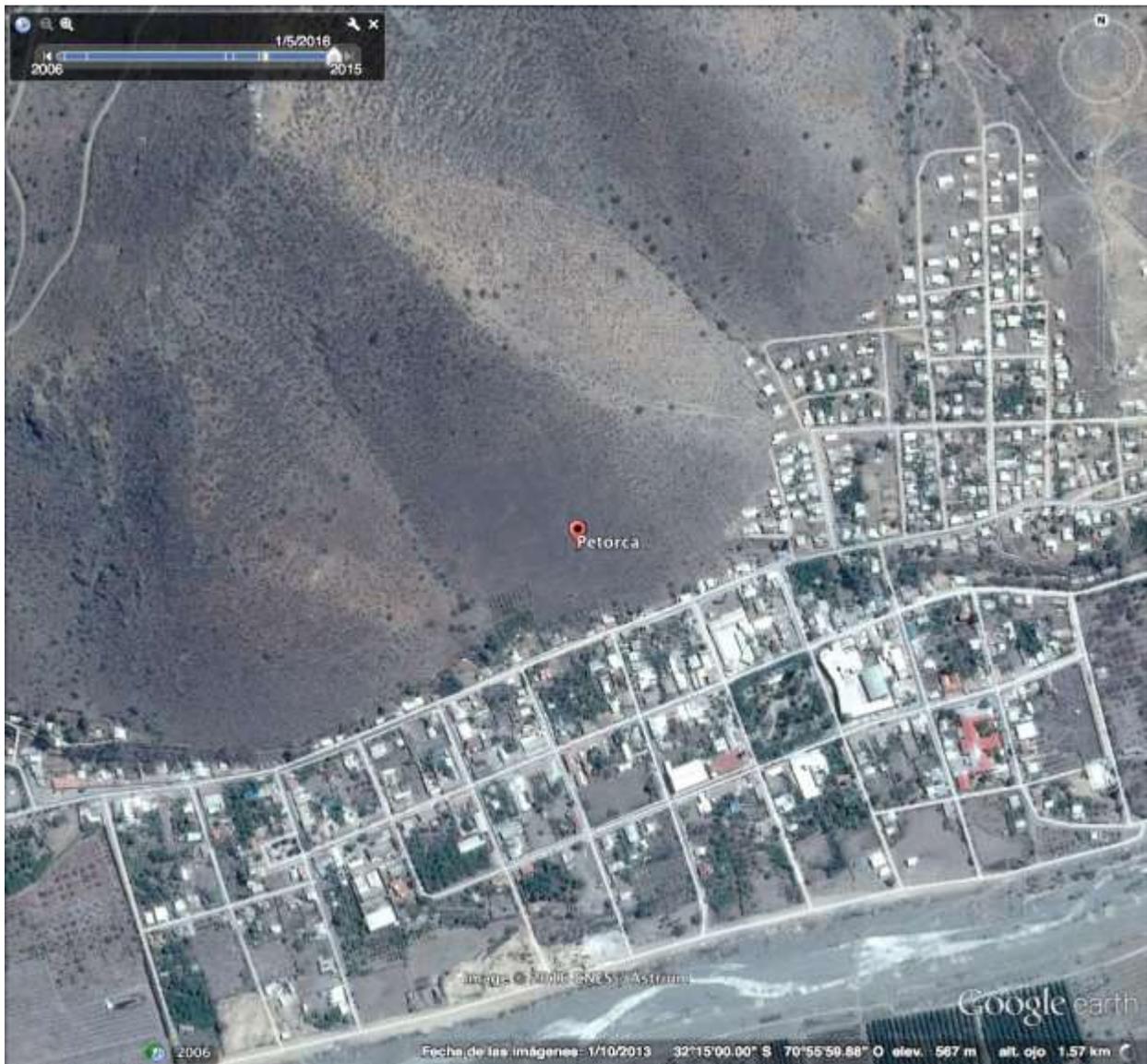


Figura A4.16: PETORCA



Figura A4.17: PEDEHUA



Figura A4.18: ALICAHUE



Figura A4.19: CABILDO

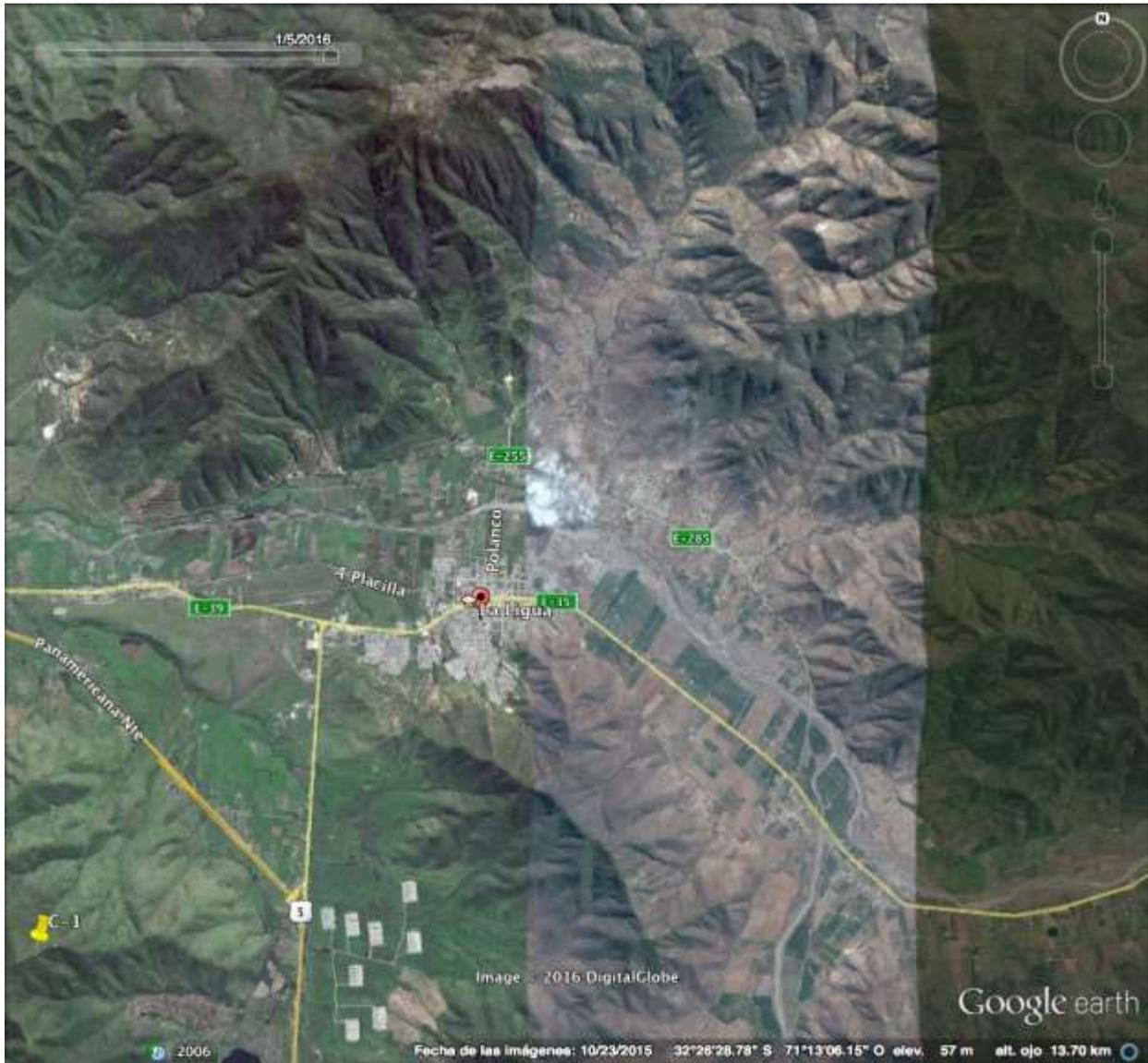


Figura A4.20: LA LIGUA

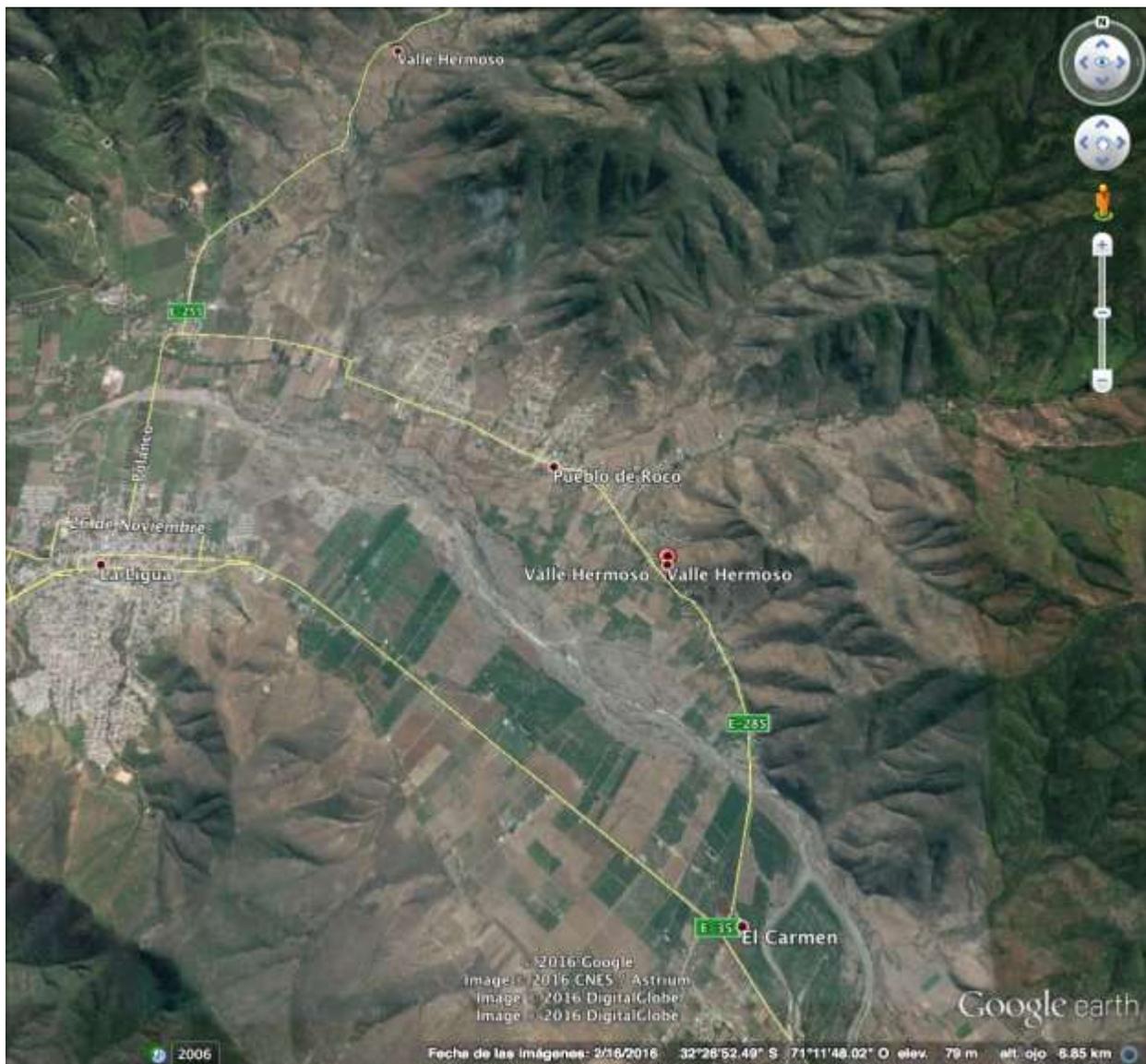


Figura A4.21: VALLE HERMOSO

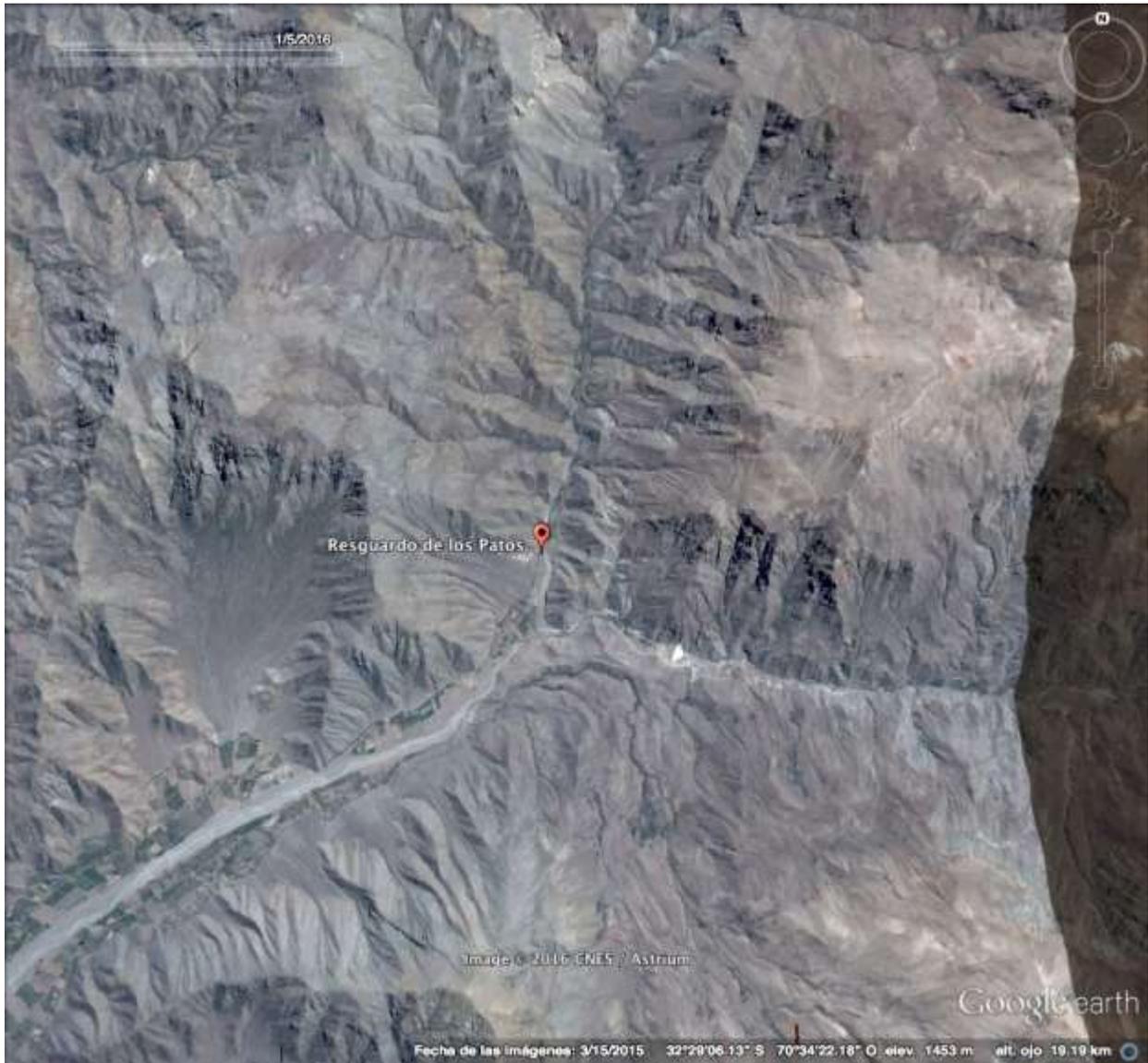


Figura A4.22: LOS PATOS

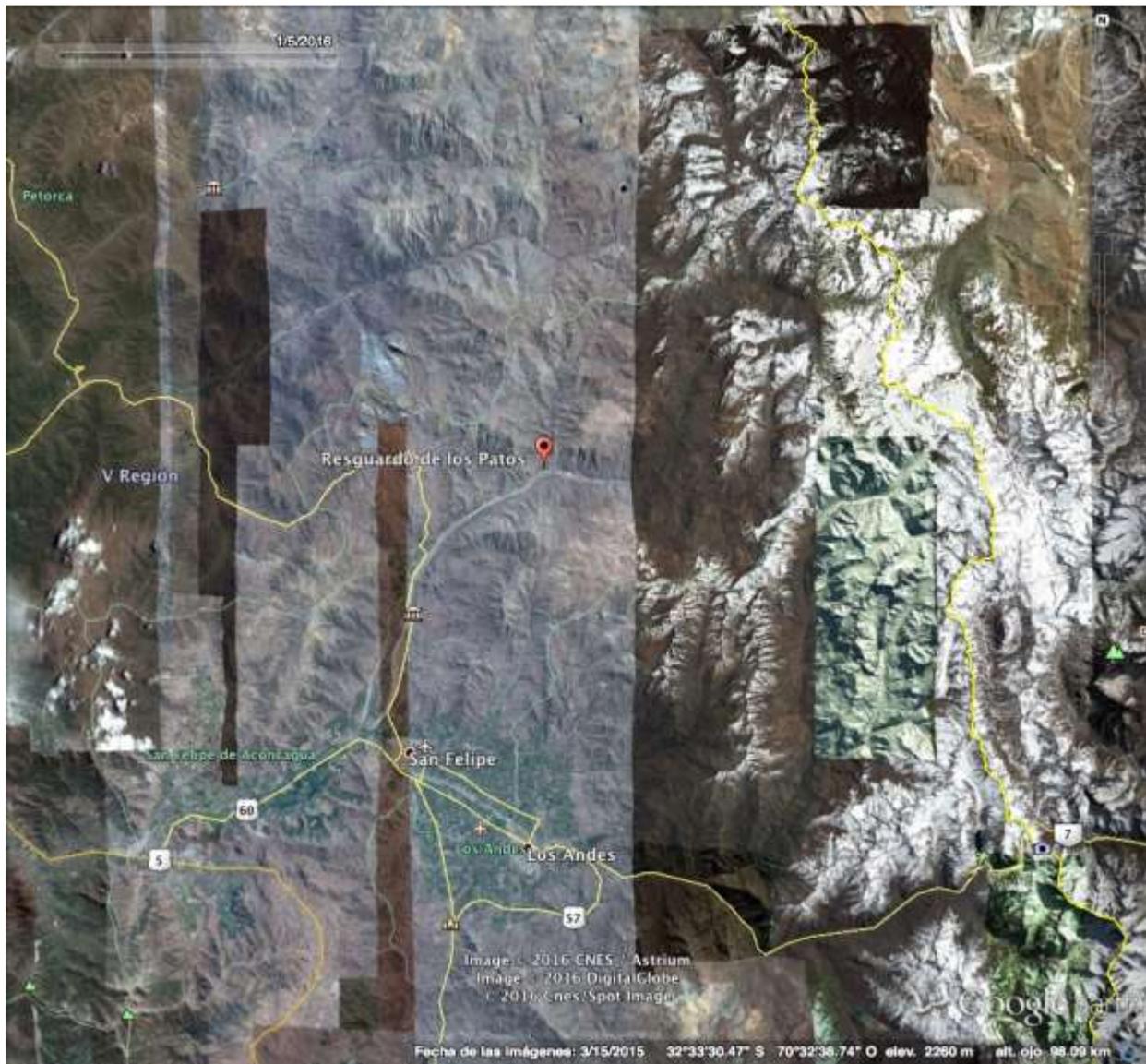


Figura A4.23: LOS PATOS VISTA GENERAL

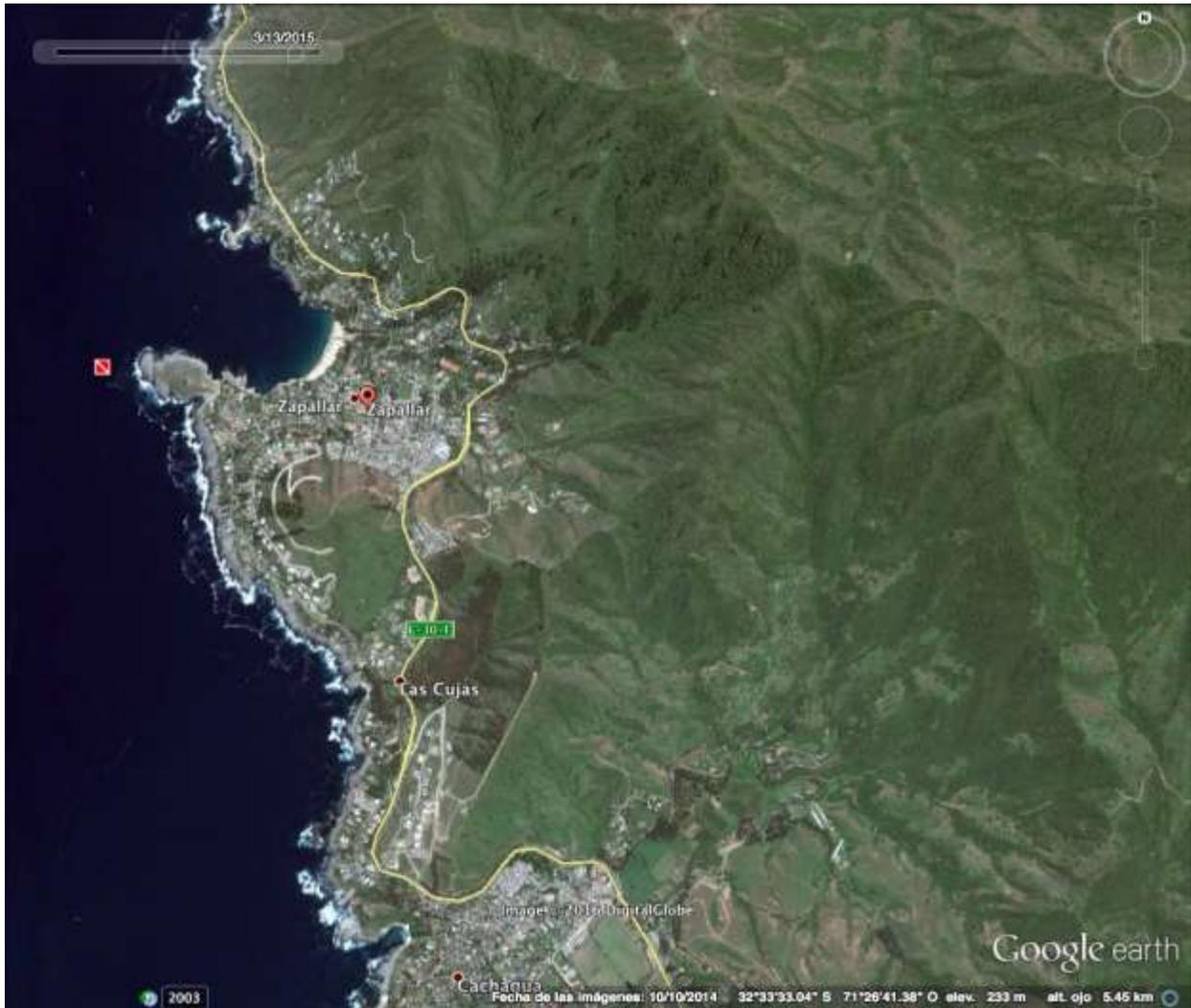


Figura A4.24: ZAPALLAR

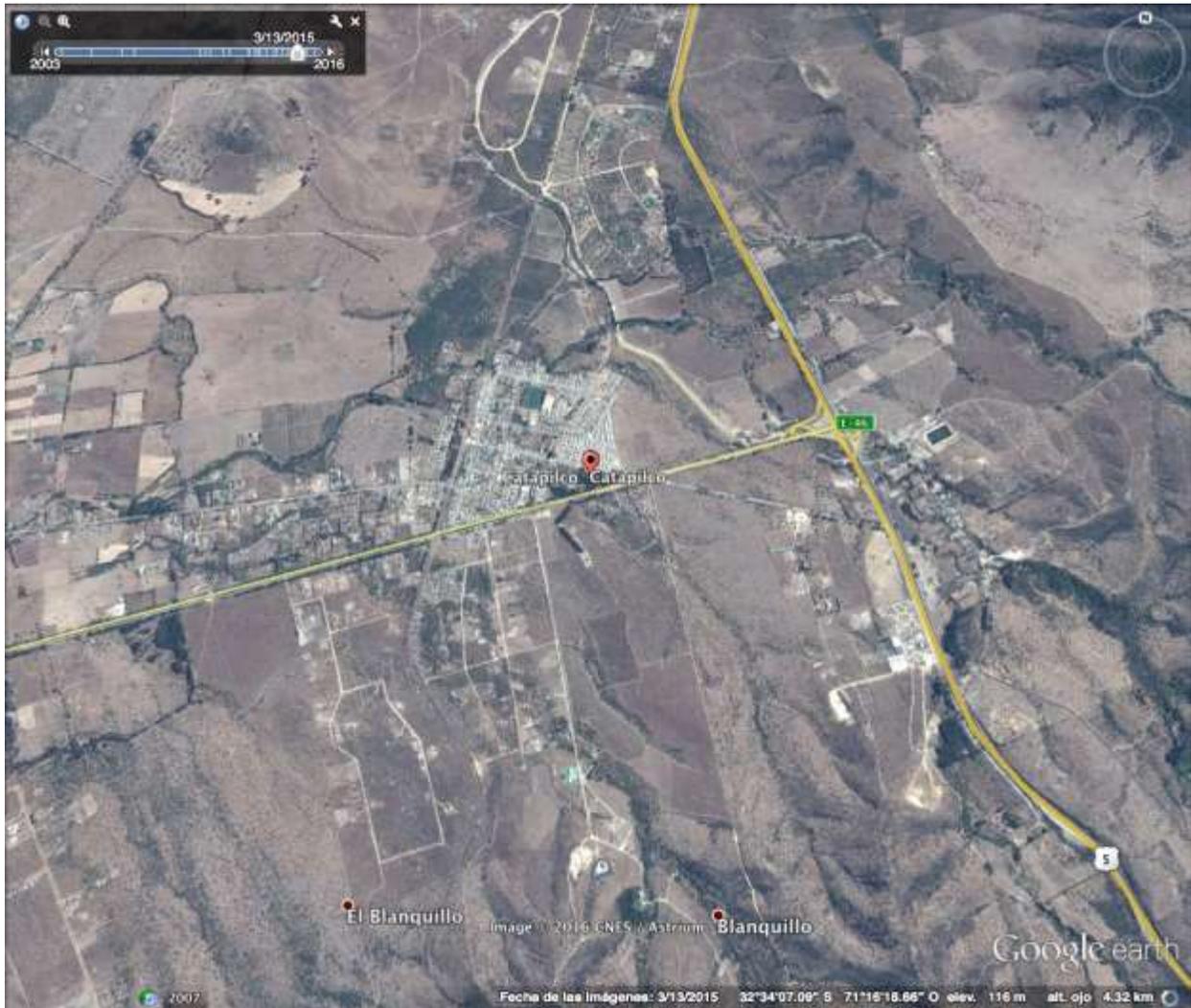


Figura A4.25: CATAPILCO



Figura A4.26: MINA EL SOLDADO



Figura A4.27: EL MELON



Figura A4.28: LA CANELA

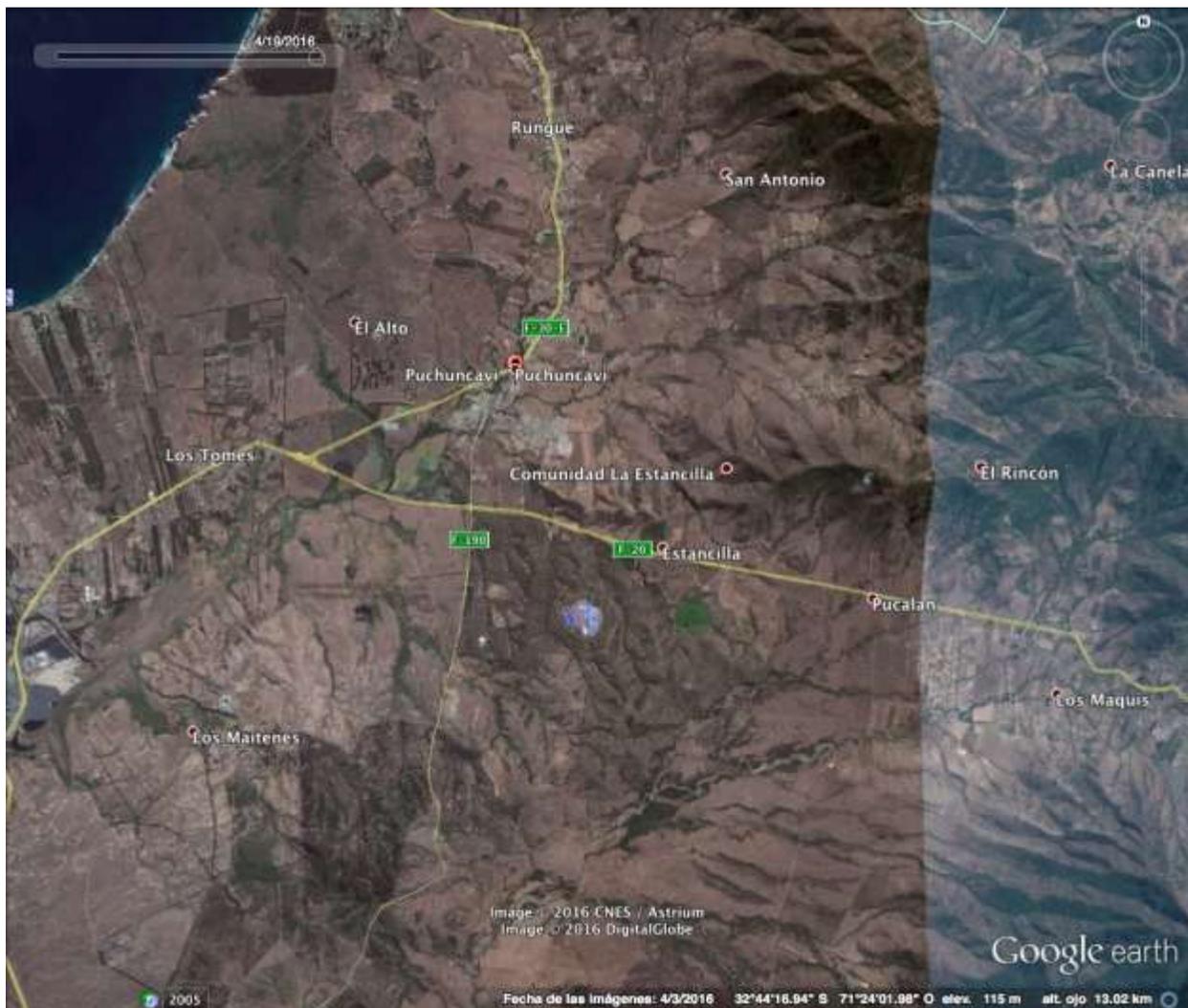


Figura A4.29: PUCHUNCAVI



Figura A4.30: NOGALES

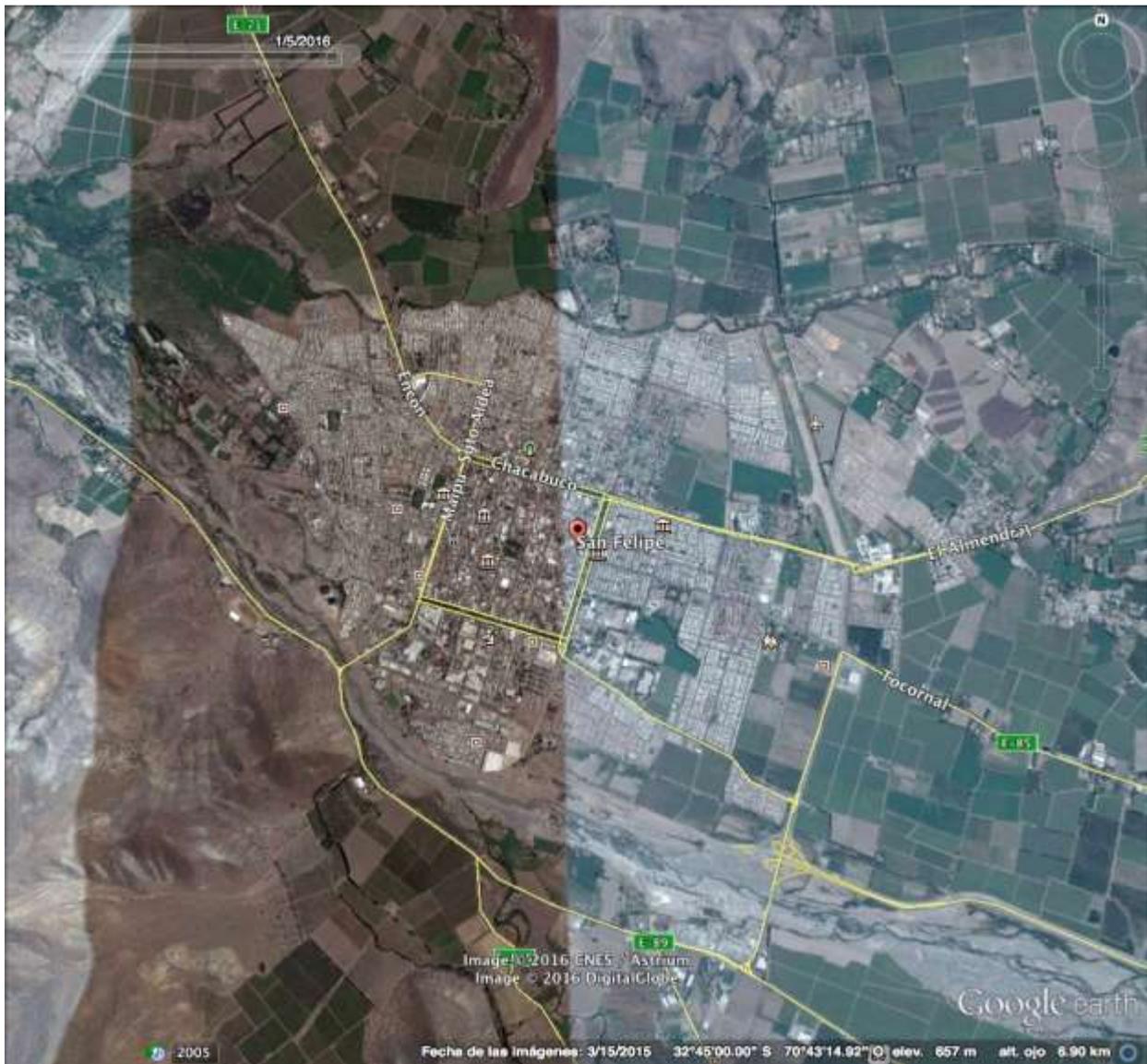


Figura A4.31: SAN FELIPE

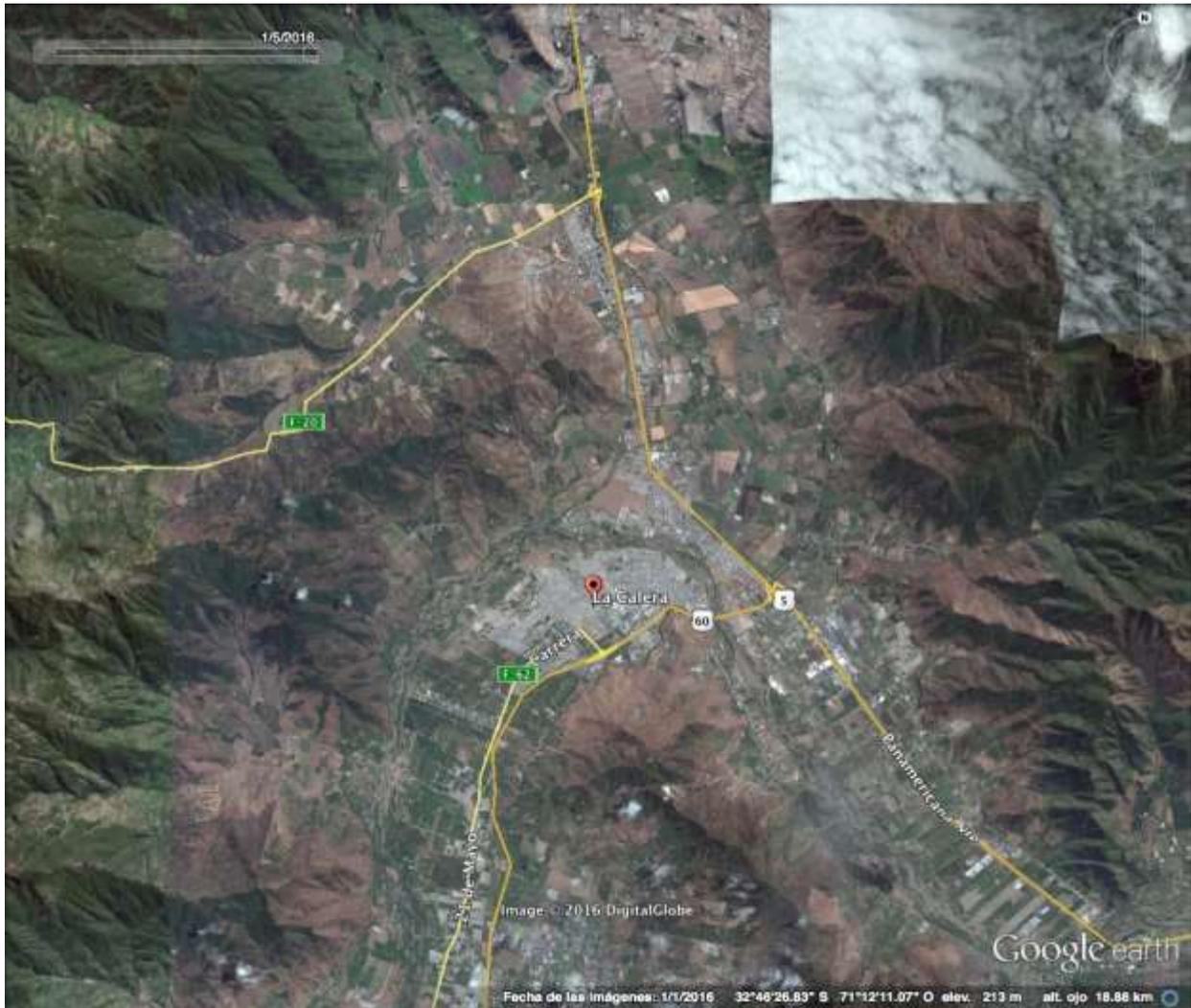


Figura A4.32: LA CALERA

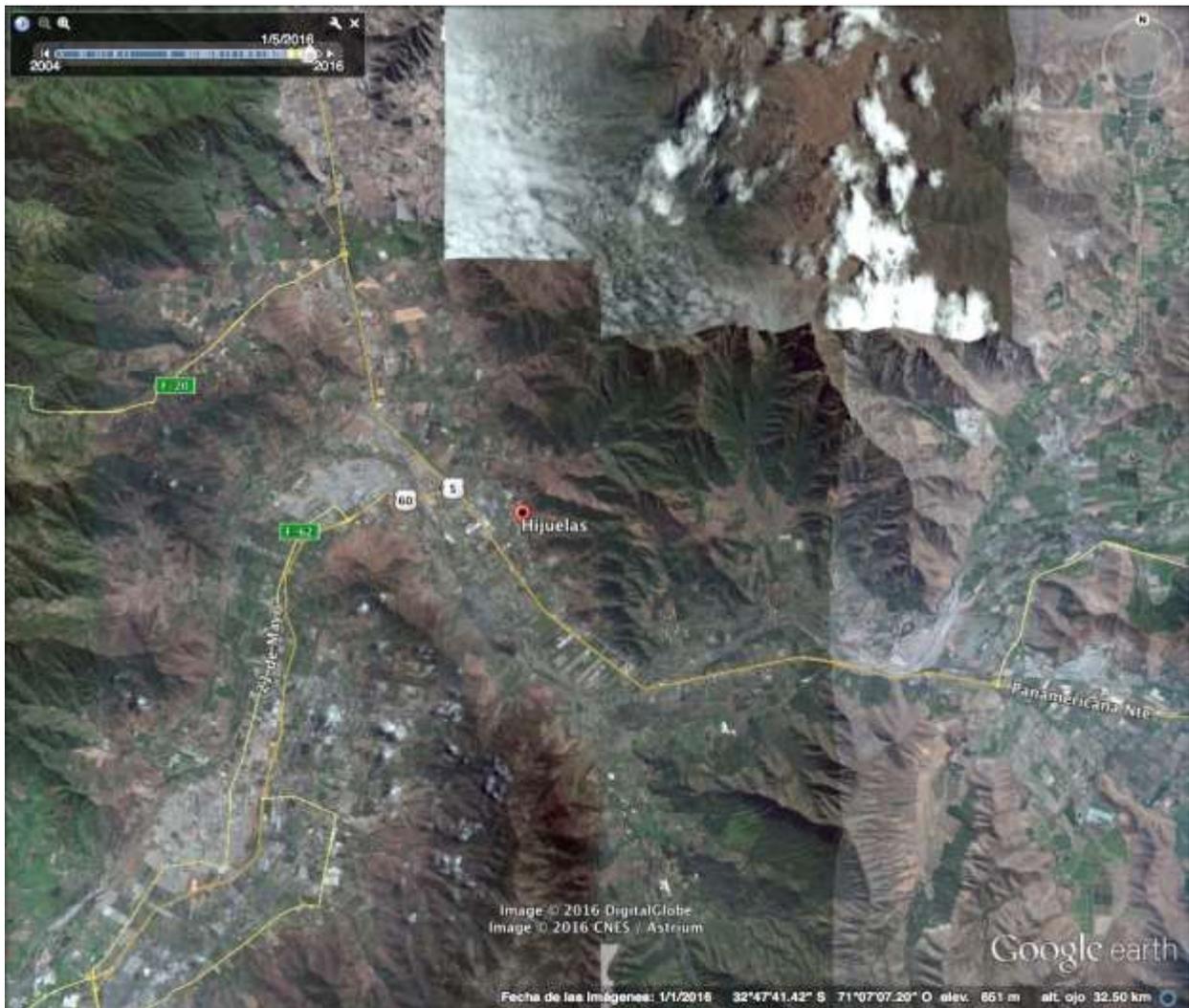


Figura A4.33: HIJUELAS

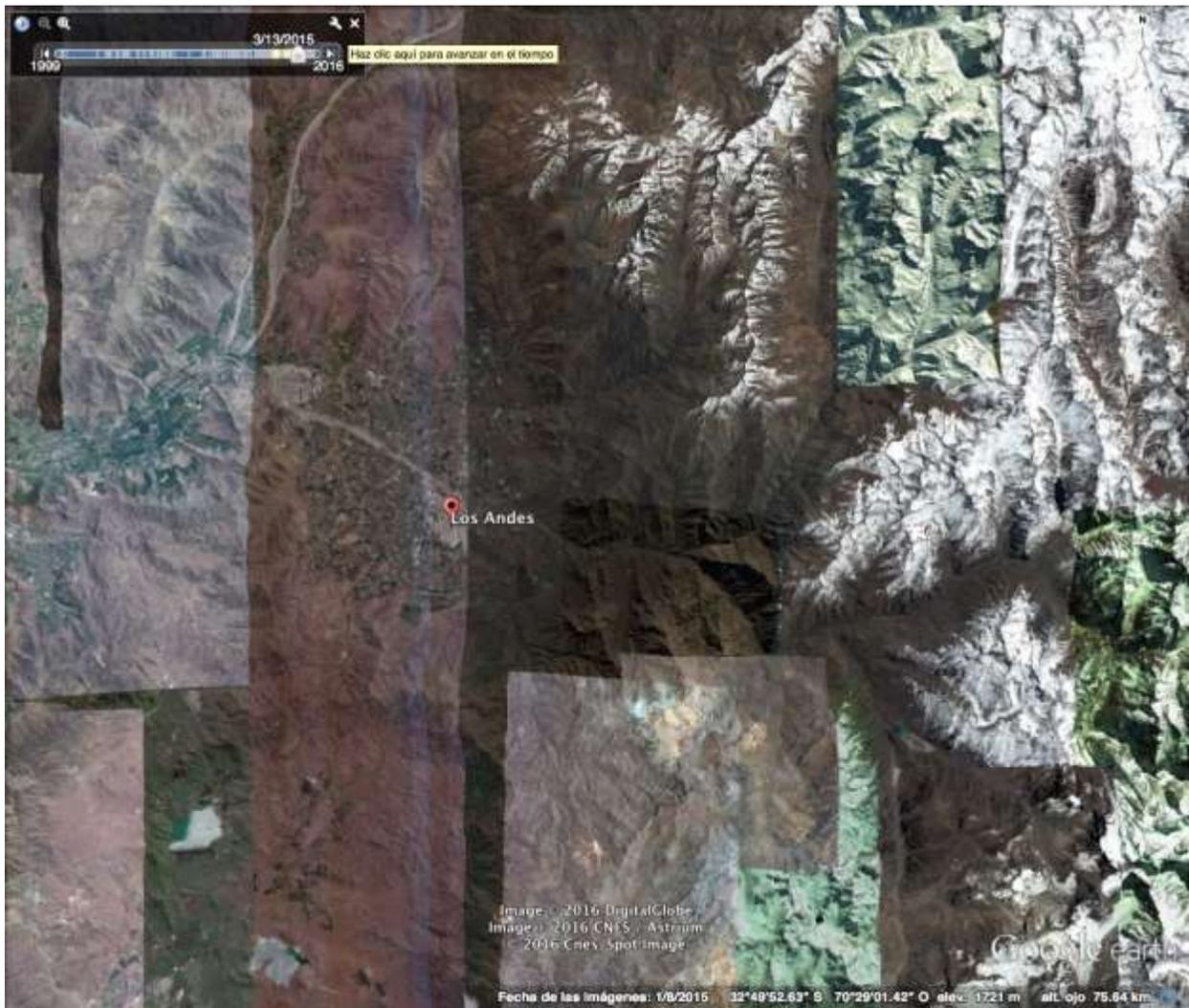


Figura A4.34: LOS ANDES

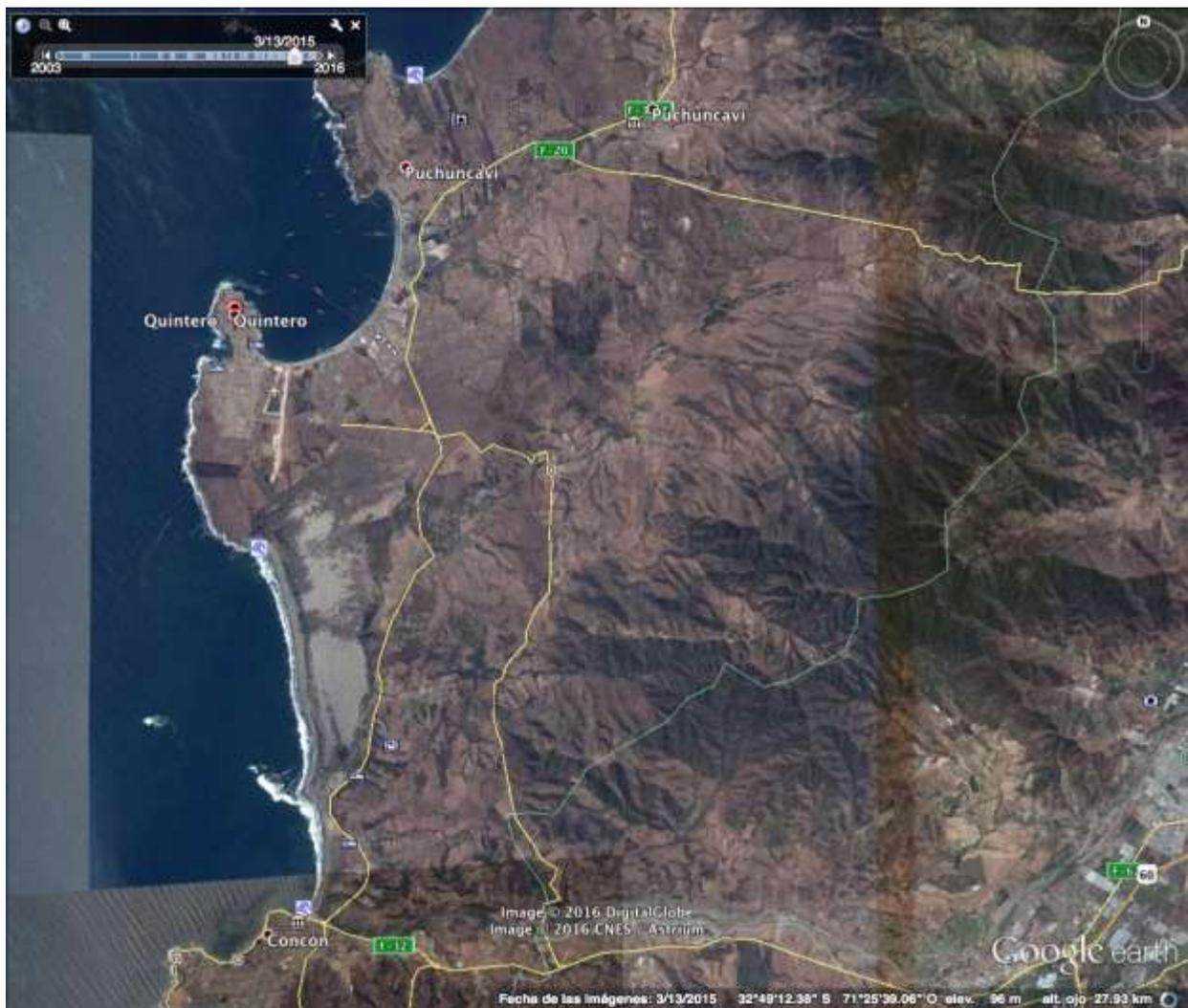


Figura A4.35: QUINTERO



Figura A4.36: LLAY-LLAY



Figura A4.37: CALLE LARGA



Figura A4.38: QUILLOTA



Figura A4.39: JUNCAL PARQUE ANDINO

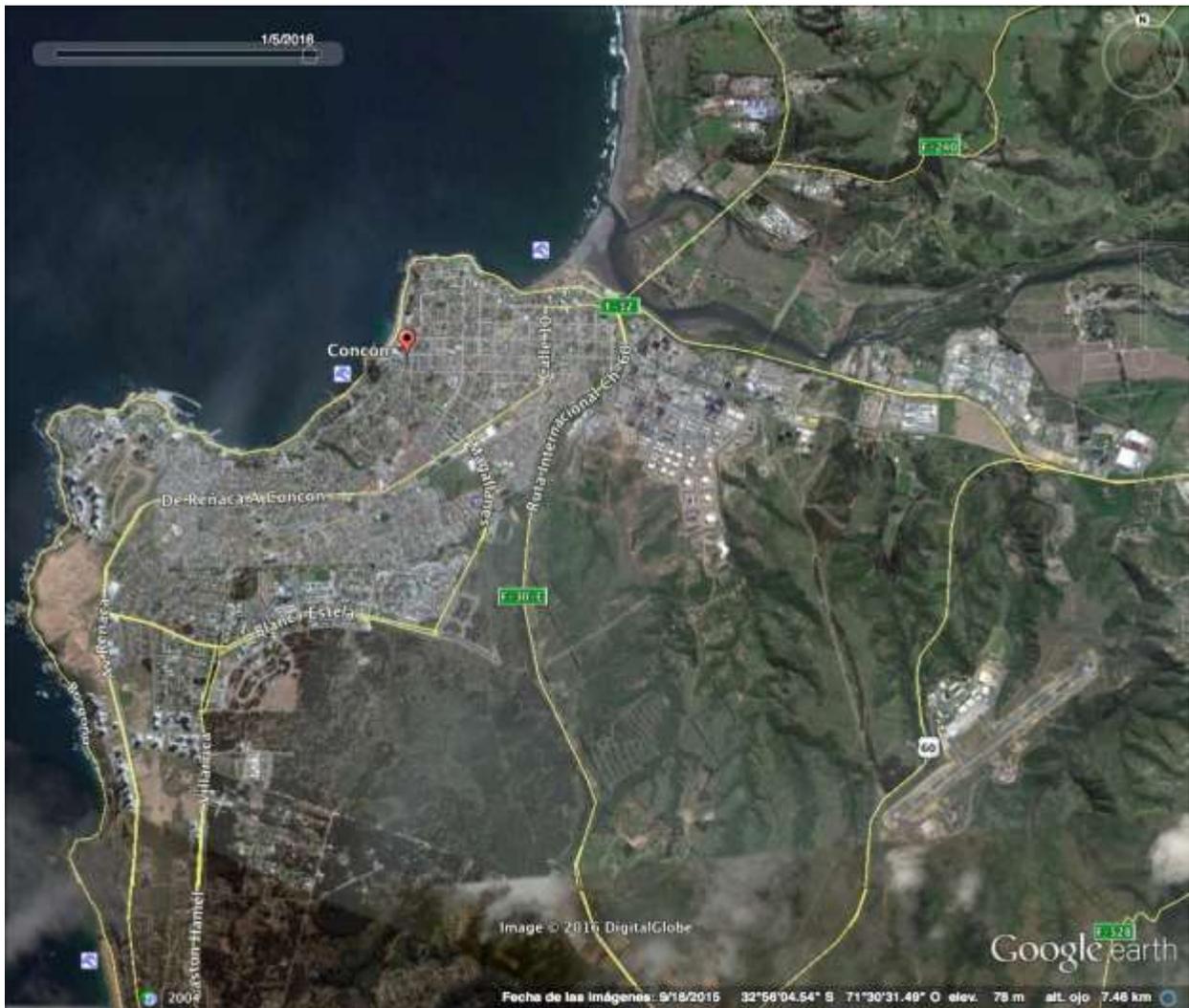


Figura A4.40: CON-CON



Figura A4.41: REÑACA BAJO

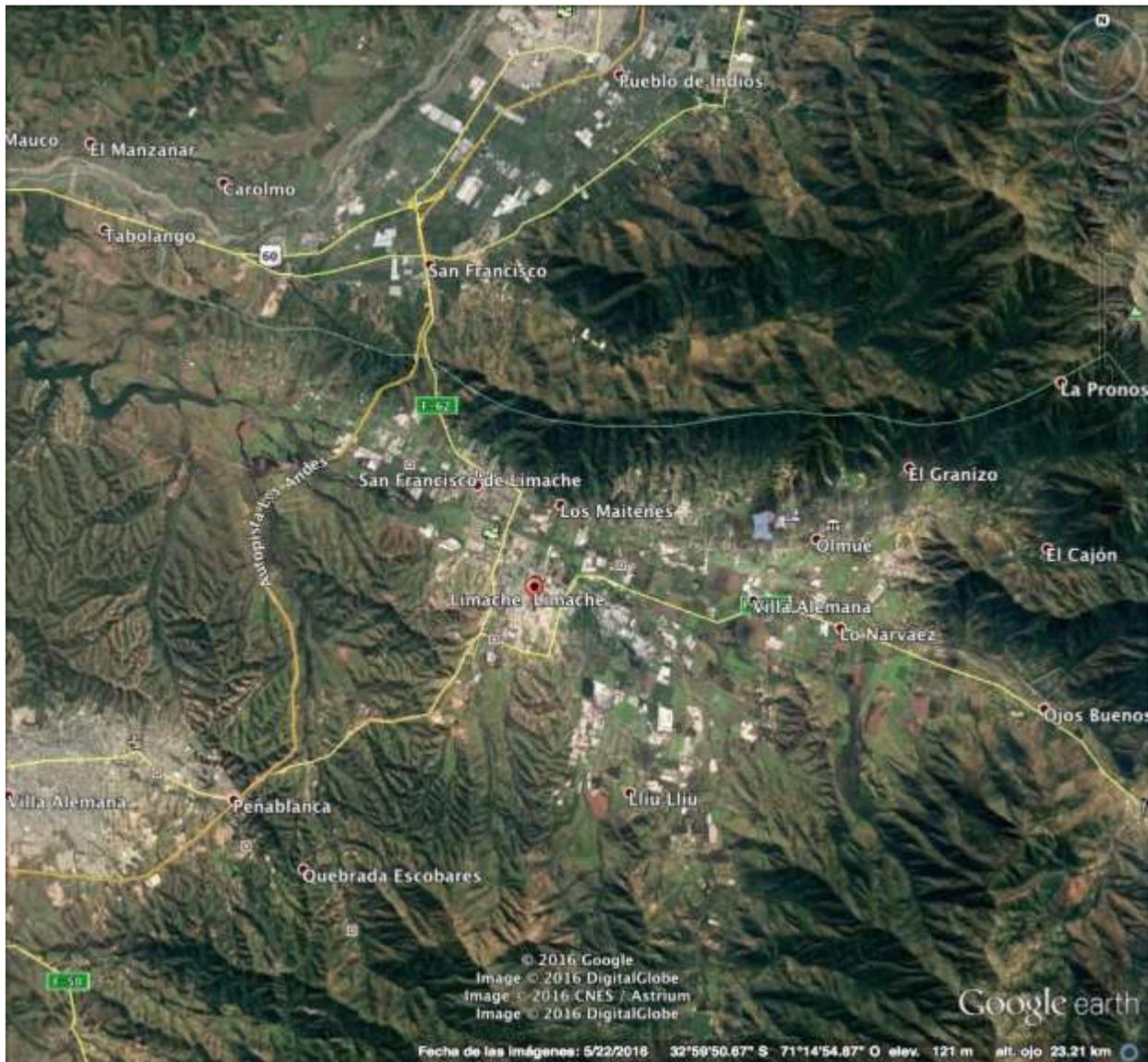


Figura A4.42: LIMACHE VISTA GENERAL



Figura A4.43: LIMACHE



Figura A4.44: RUNGUE

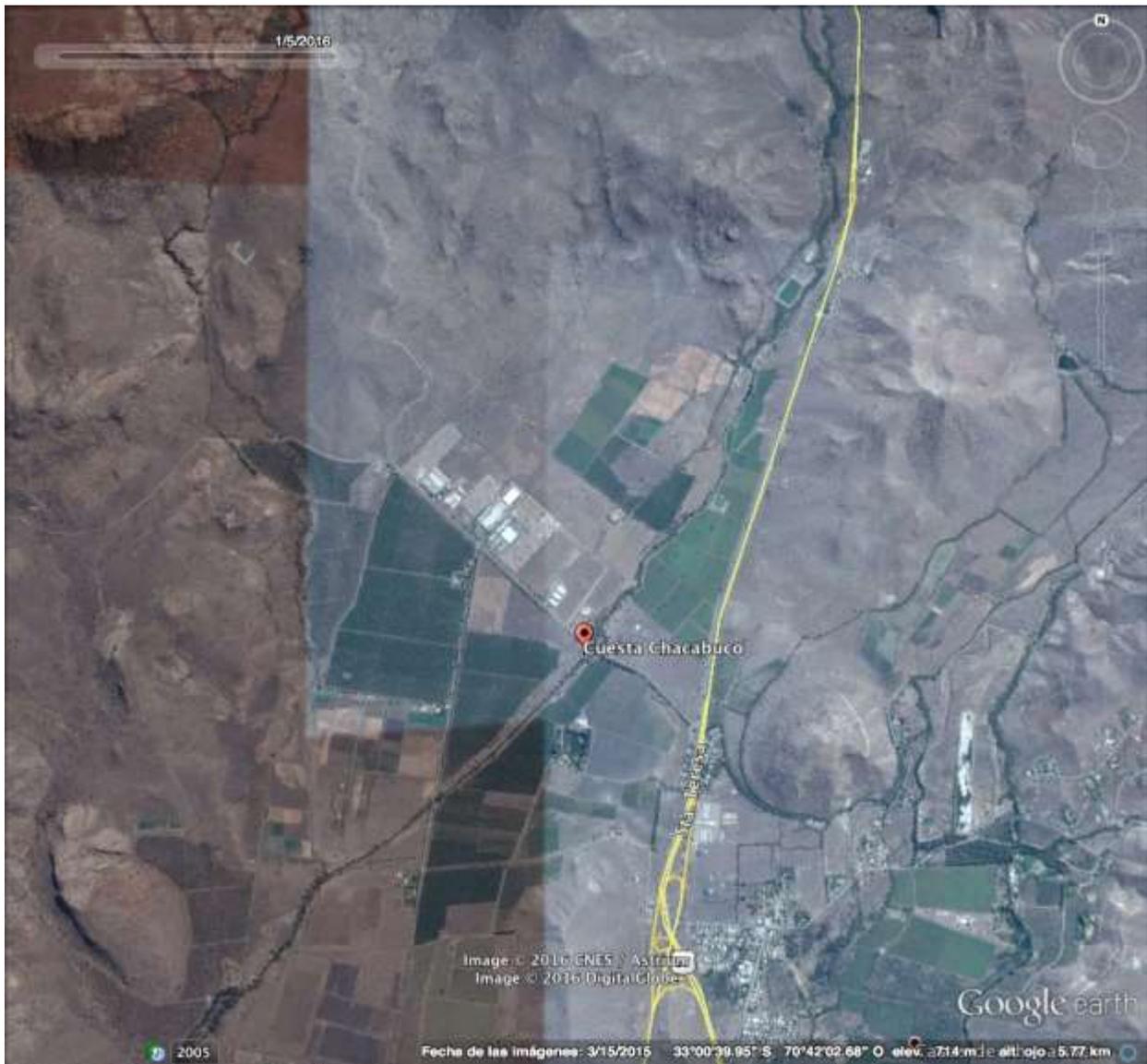


Figura A4.45: CUESTA CHACABUCO



Figura A4.46: VIÑA DEL MAR

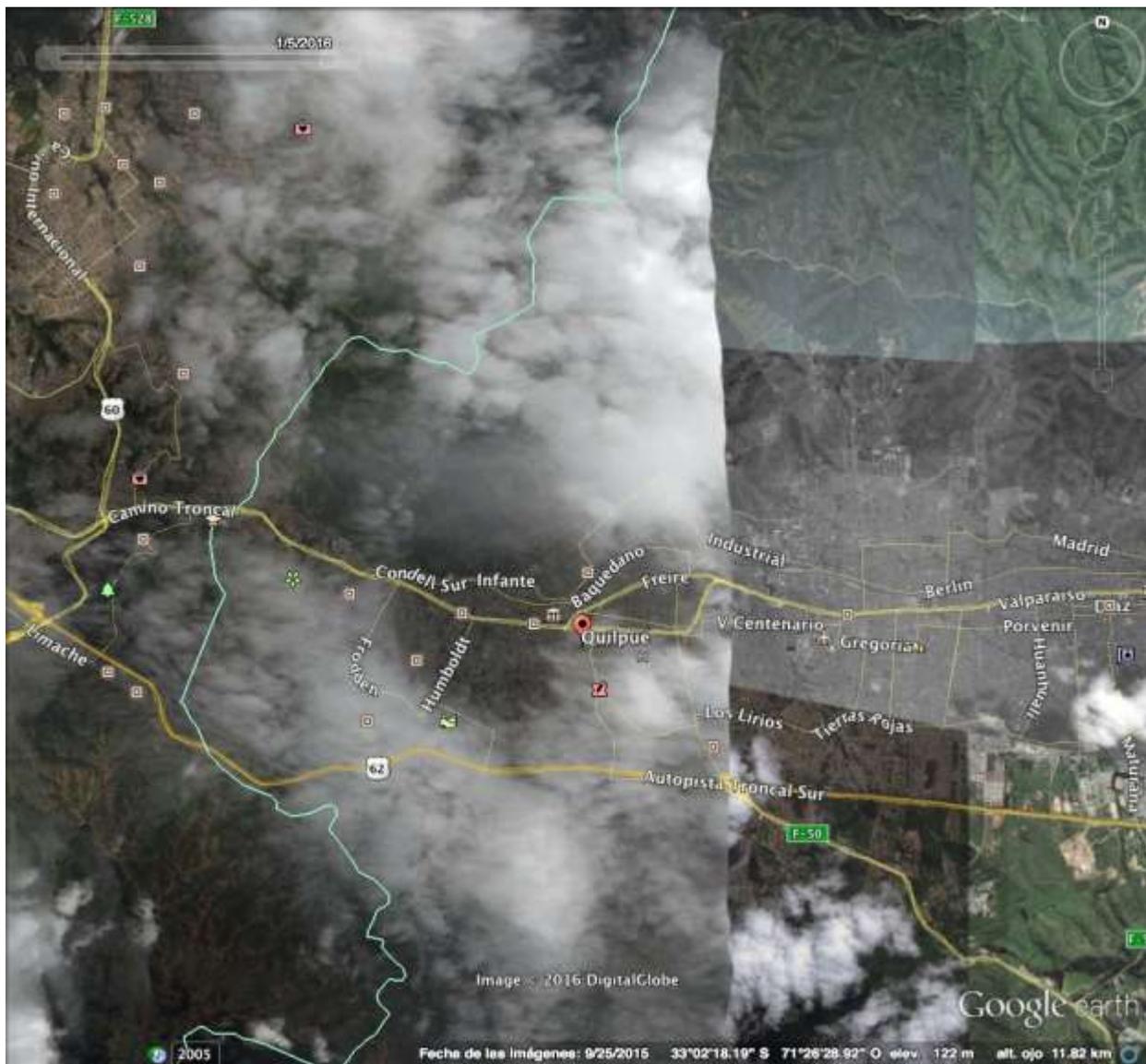


Figura A4.47: QUILPUE



Figura A4.48: VALPARAISO



Figura A4.49: VILLA ALEMANA



Figura A4.50: TIL-TIL



Figura A4.51: PEÑUELAS VISTA GENERAL

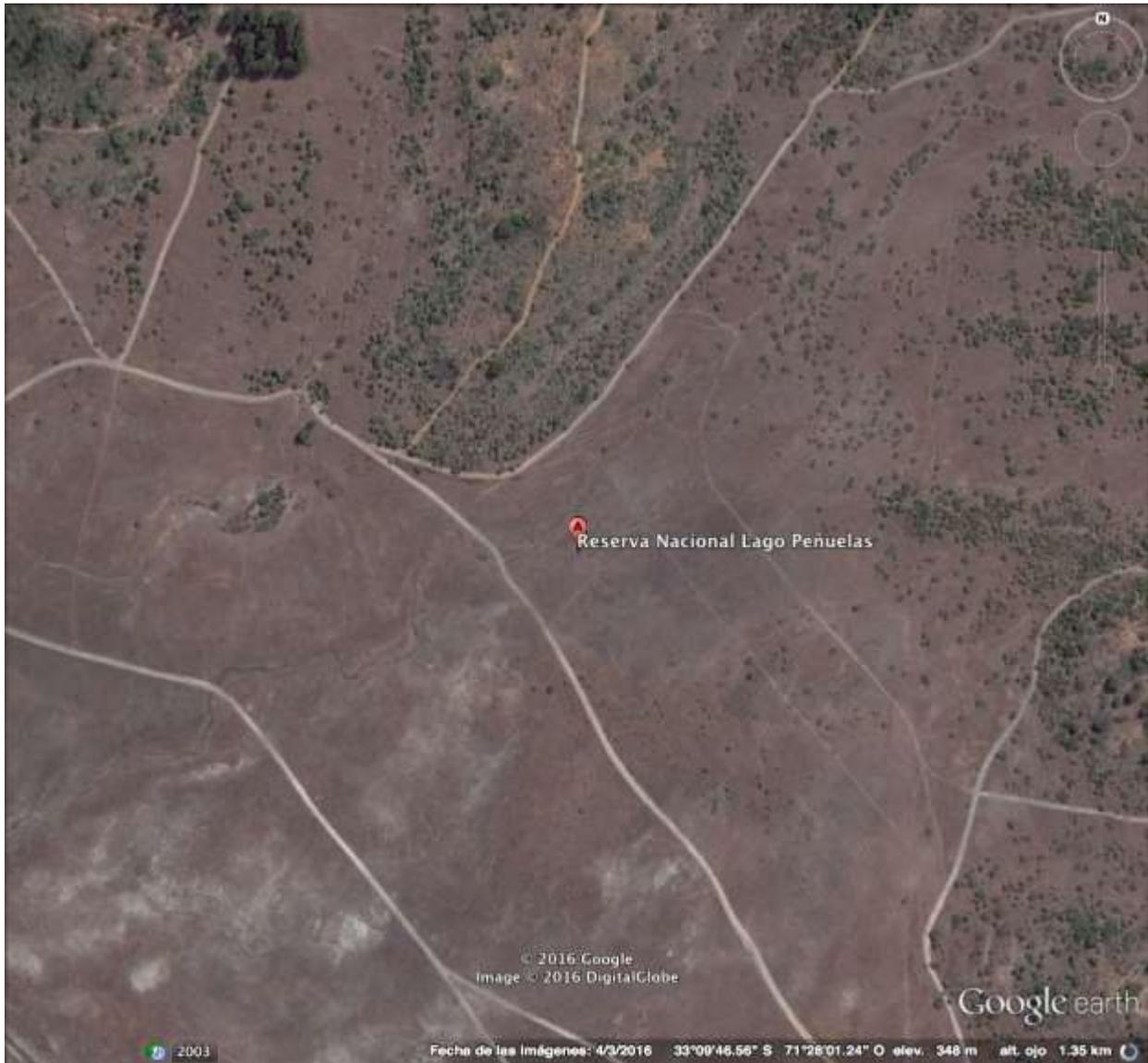


Figura A4.52: PEÑUELAS



Figura A4.53: QUINTAY



Figura A4.54: LAMPA



Figura A4.55: ESTACION COLINA

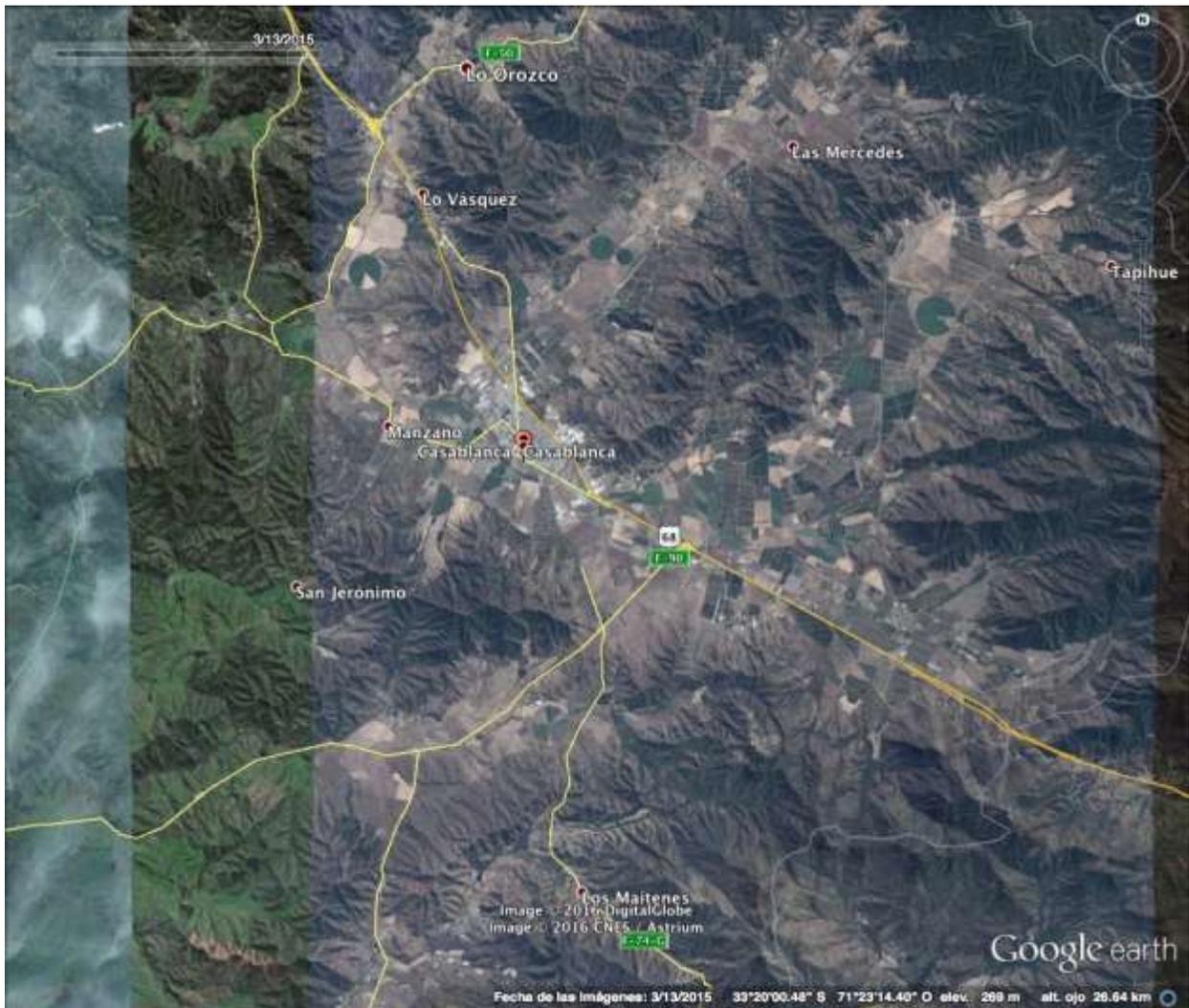


Figura A4.56: CASABLANCA

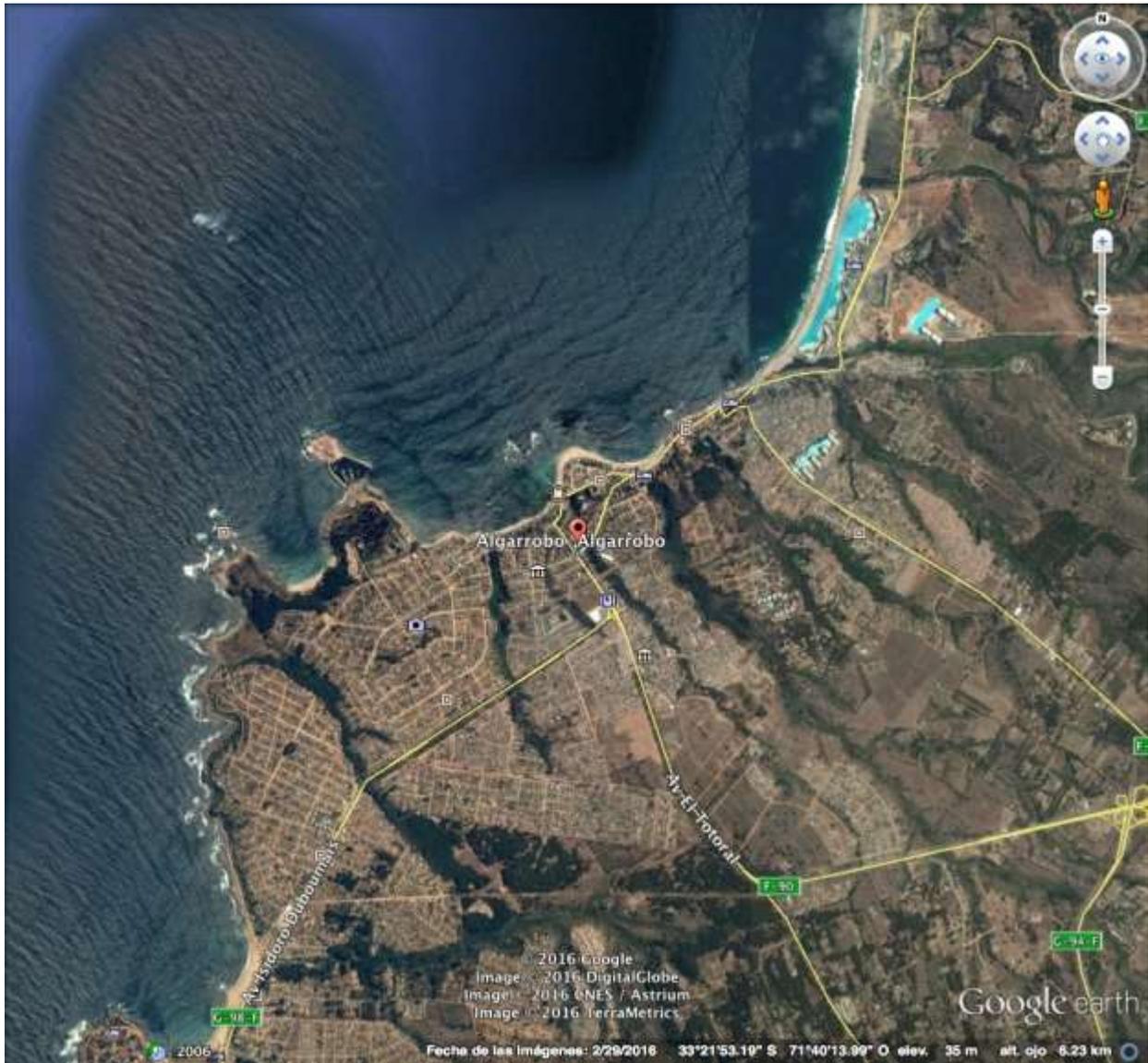


Figura A4.57: ALGARROBO

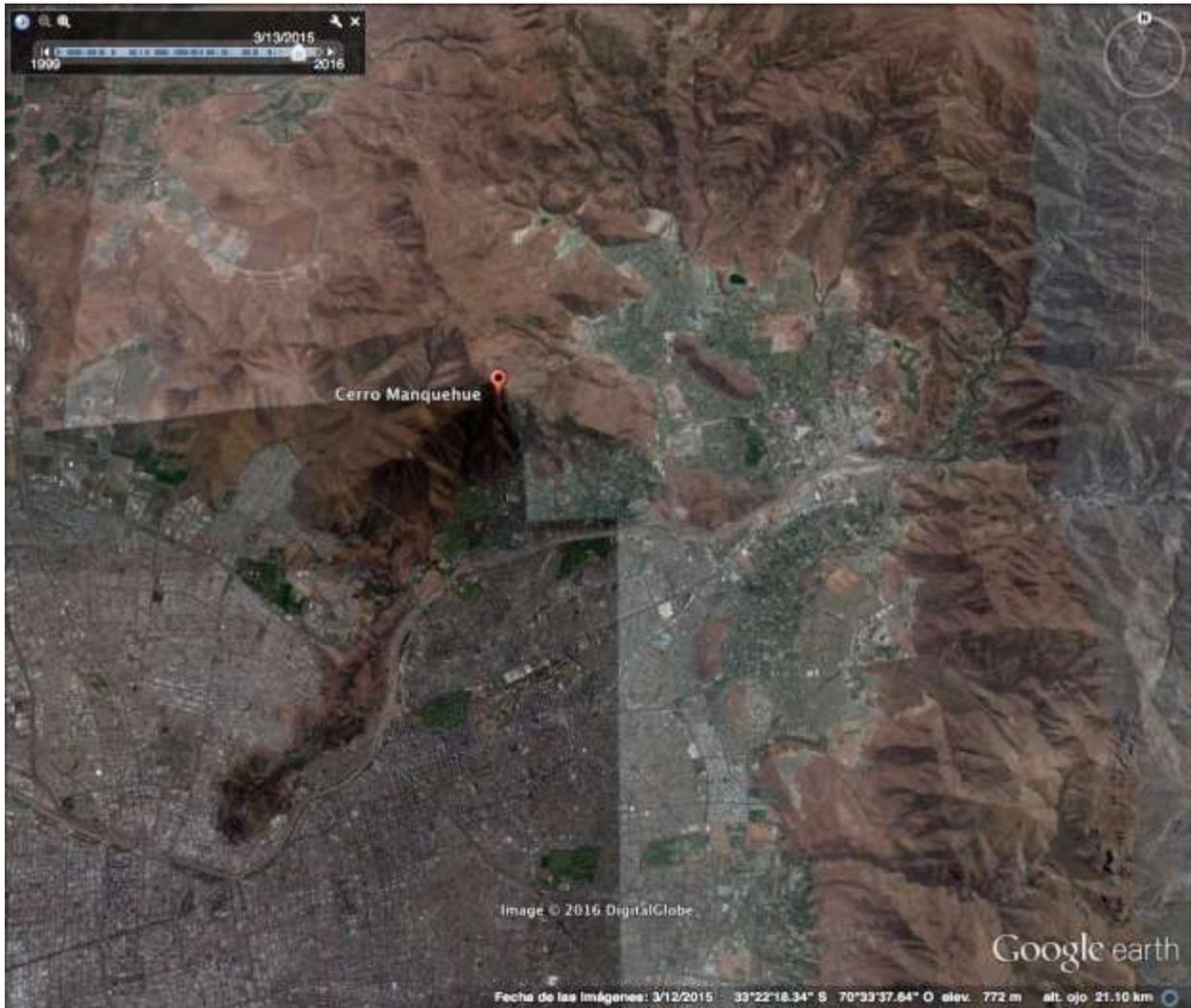


Figura A4.58: CERRO MANQUEHUE



Figura A4.59: SANTIAGO

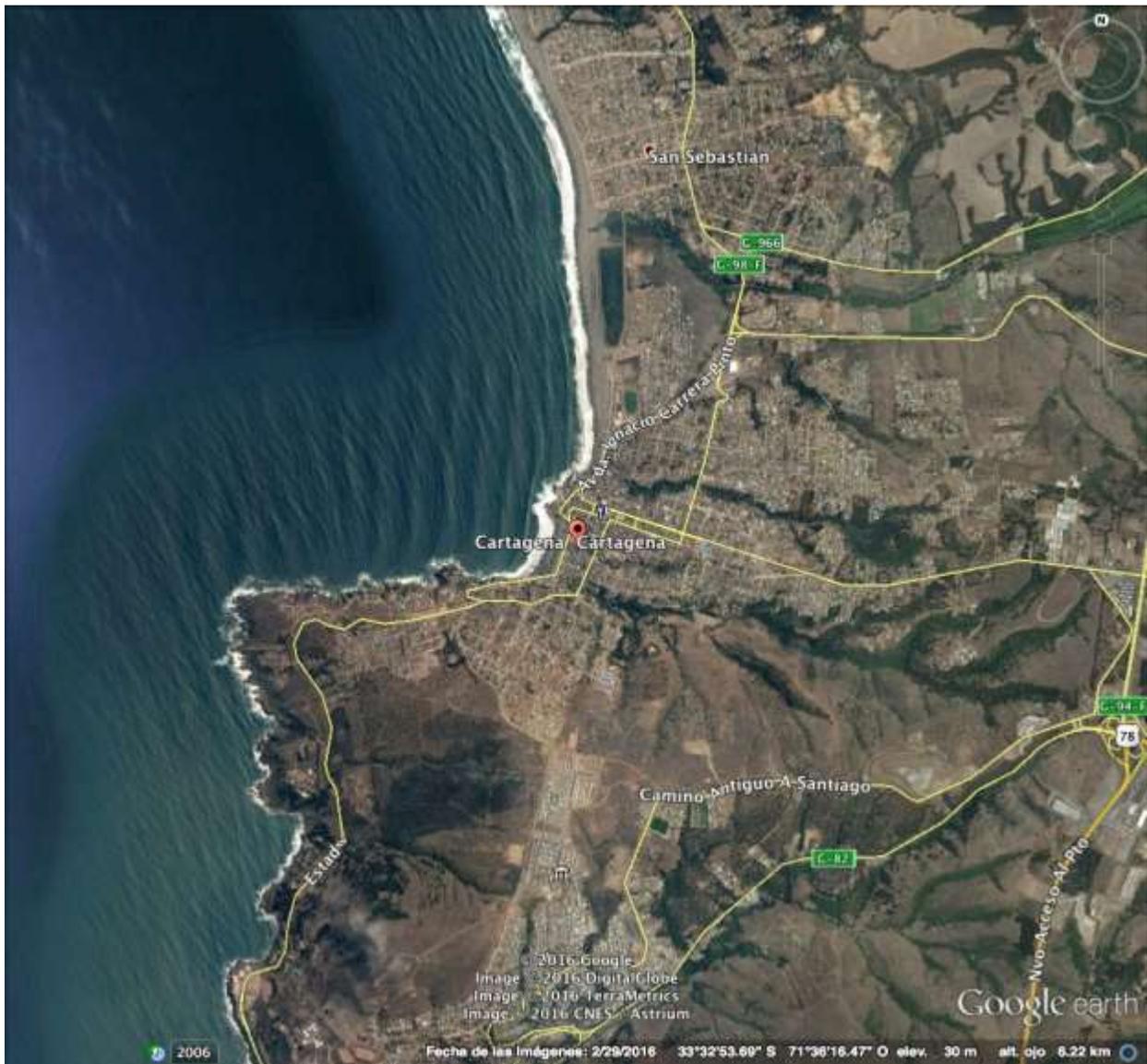


Figura A4.60: CARTAGENA



Figura A4.61: SAN ANTONIO



Figura A4.62: LLO LLEO



Figura A4.63: CALERA DE TANGO

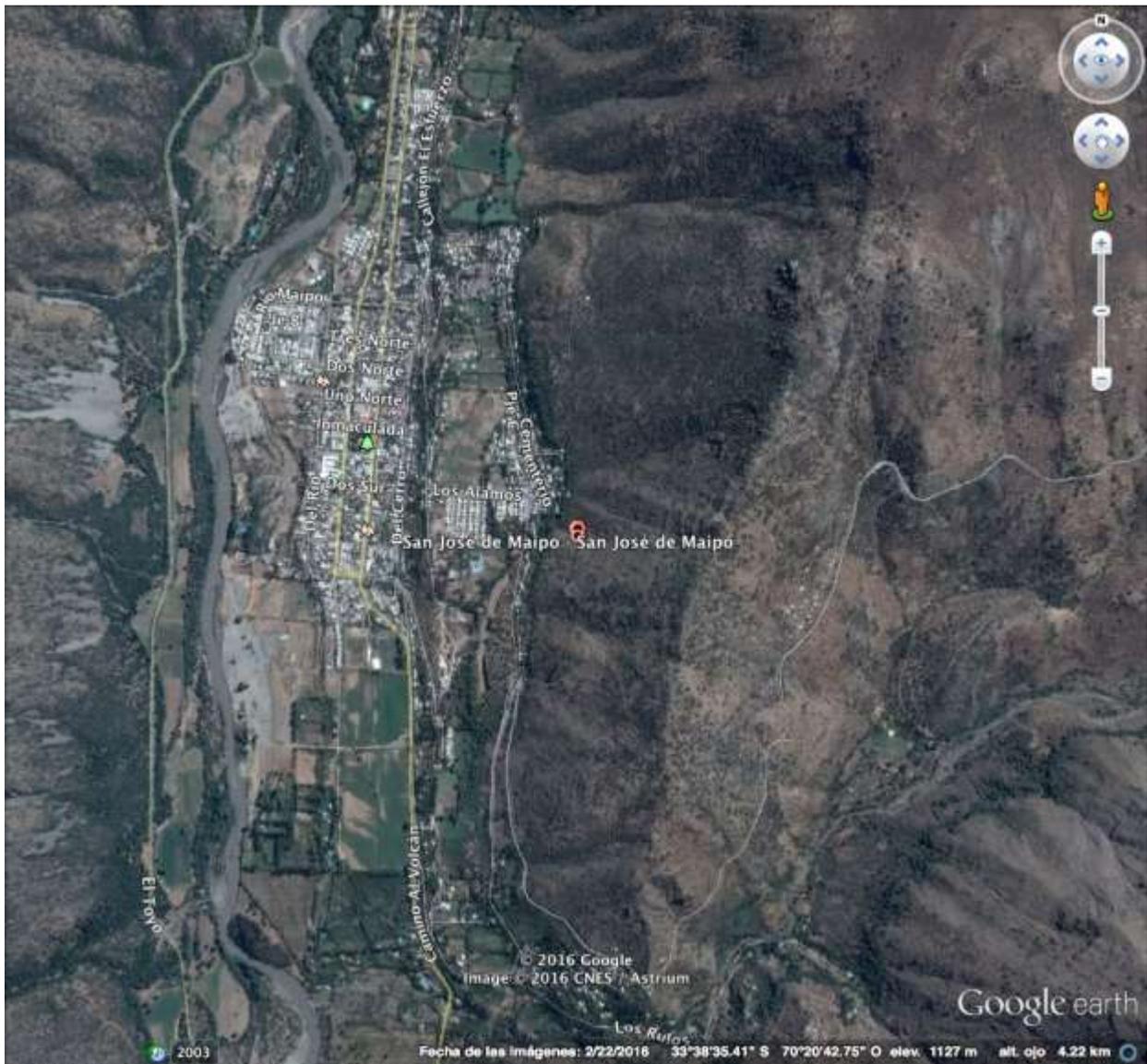


Figura A4.64: SAN JOSE DE MAIPO

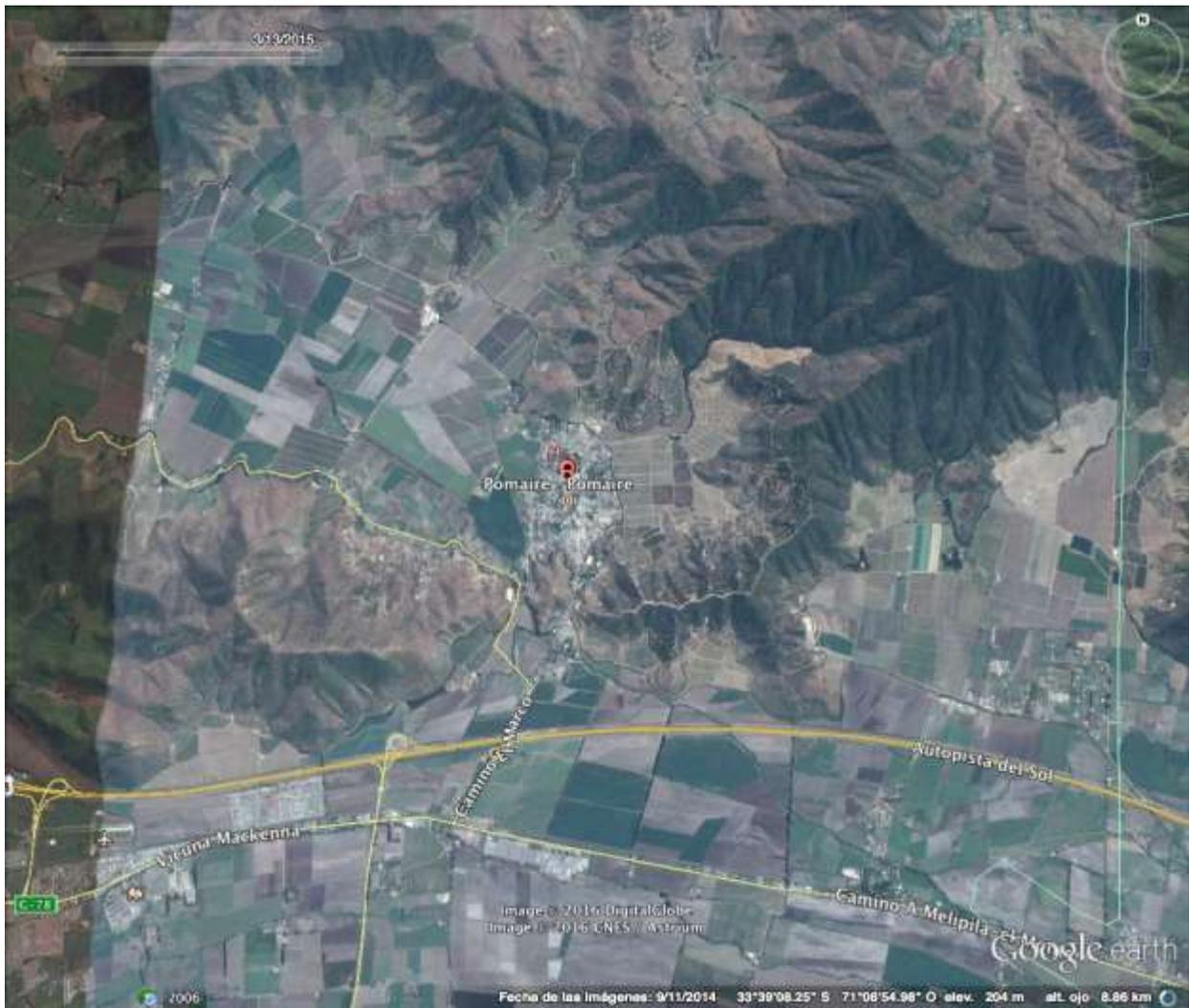


Figura A4.65: POMAIRE

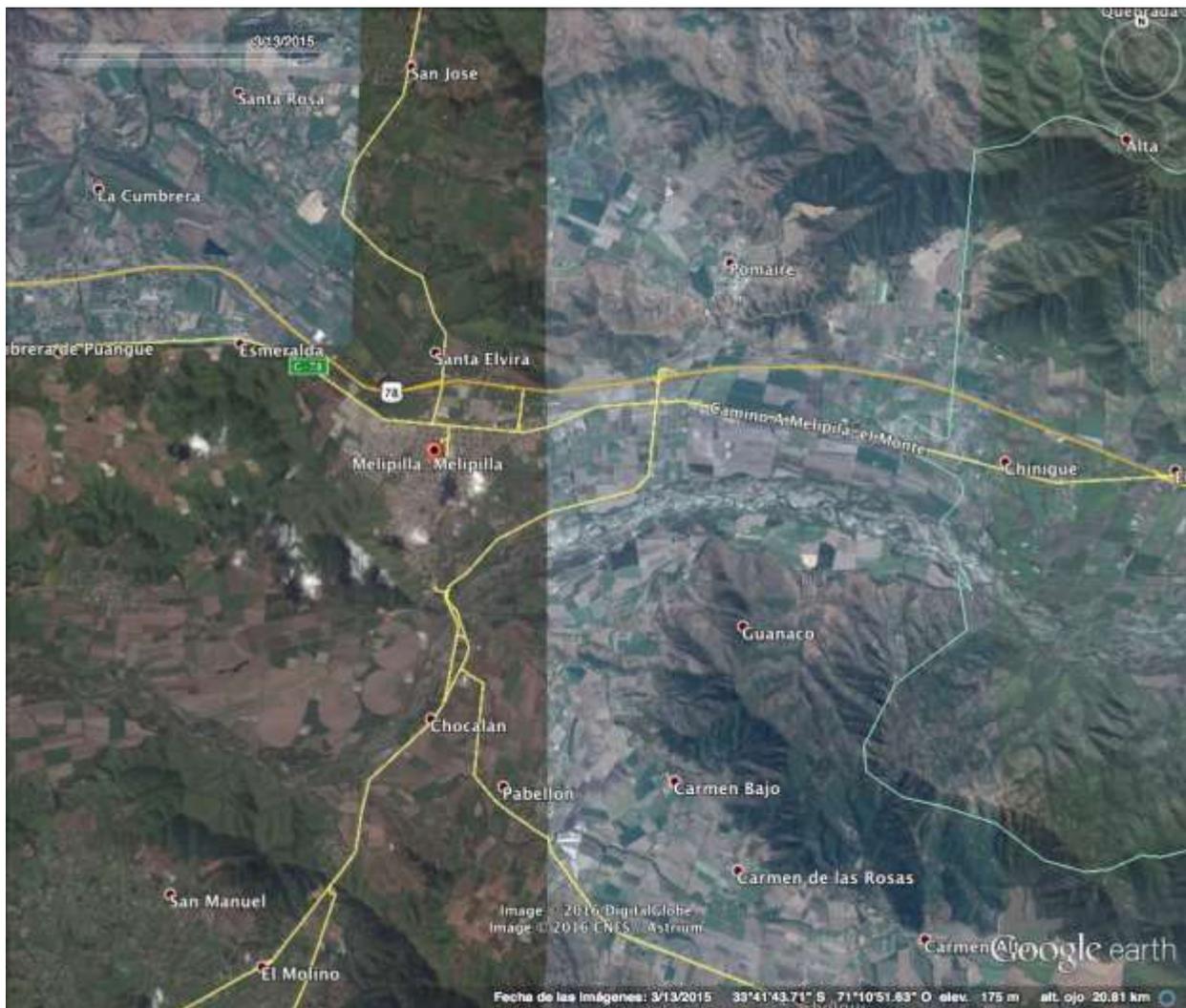


Figura A4.66: MELIPILLA

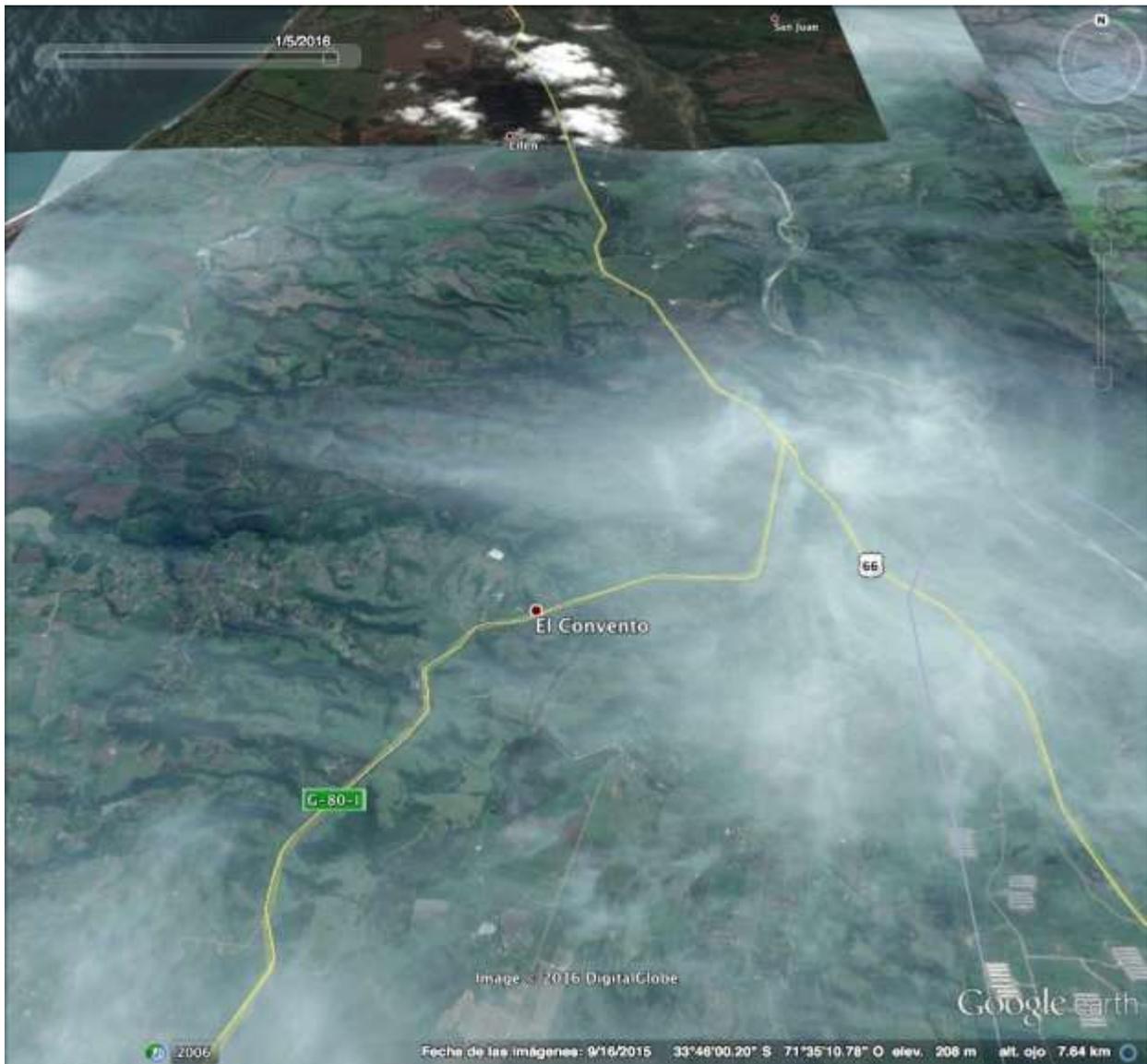


Figura A4.67: CONVENTO VIEJO



Figura A4.68: LOS QUELTEHES

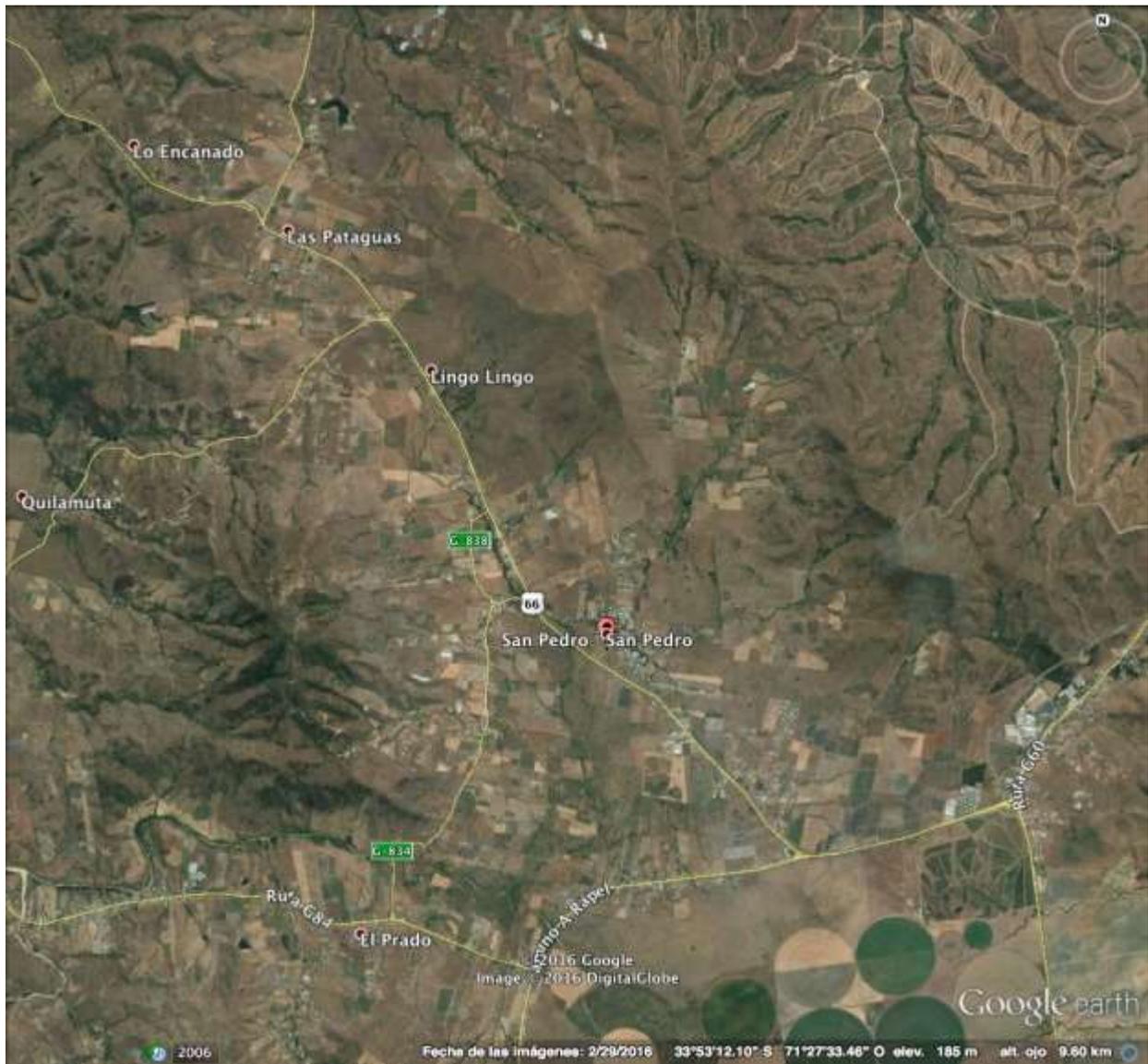


Figura A4.69: SAN PEDRO



Figura A4.70: NAVIDAD



Figura A4.71: GRANEROS



Figura A4.72: CALETONES



Figura A4.73: RAPEL



Figura A4.74: BARAHONA

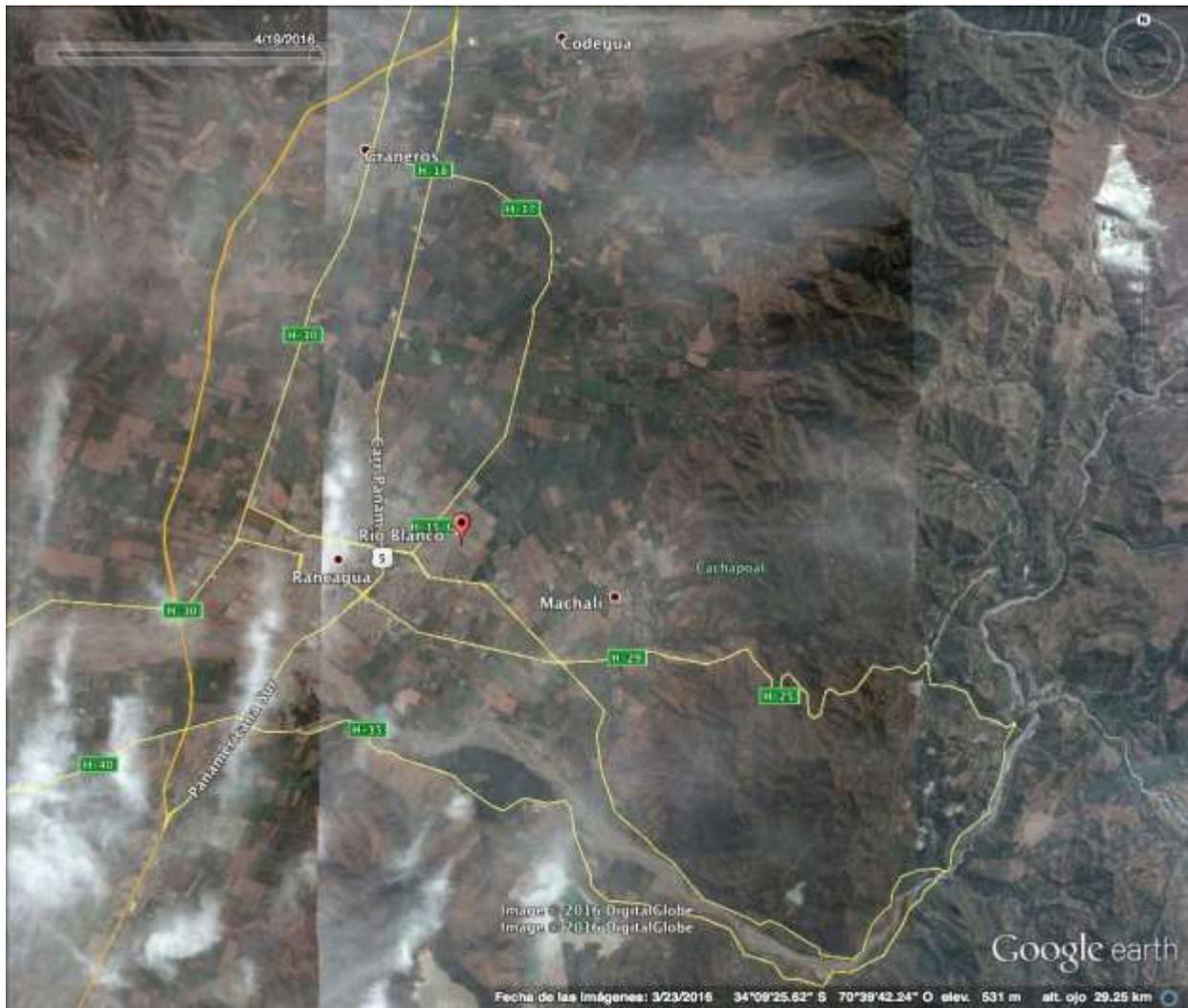


Figura A4.75: RIO BLANCO

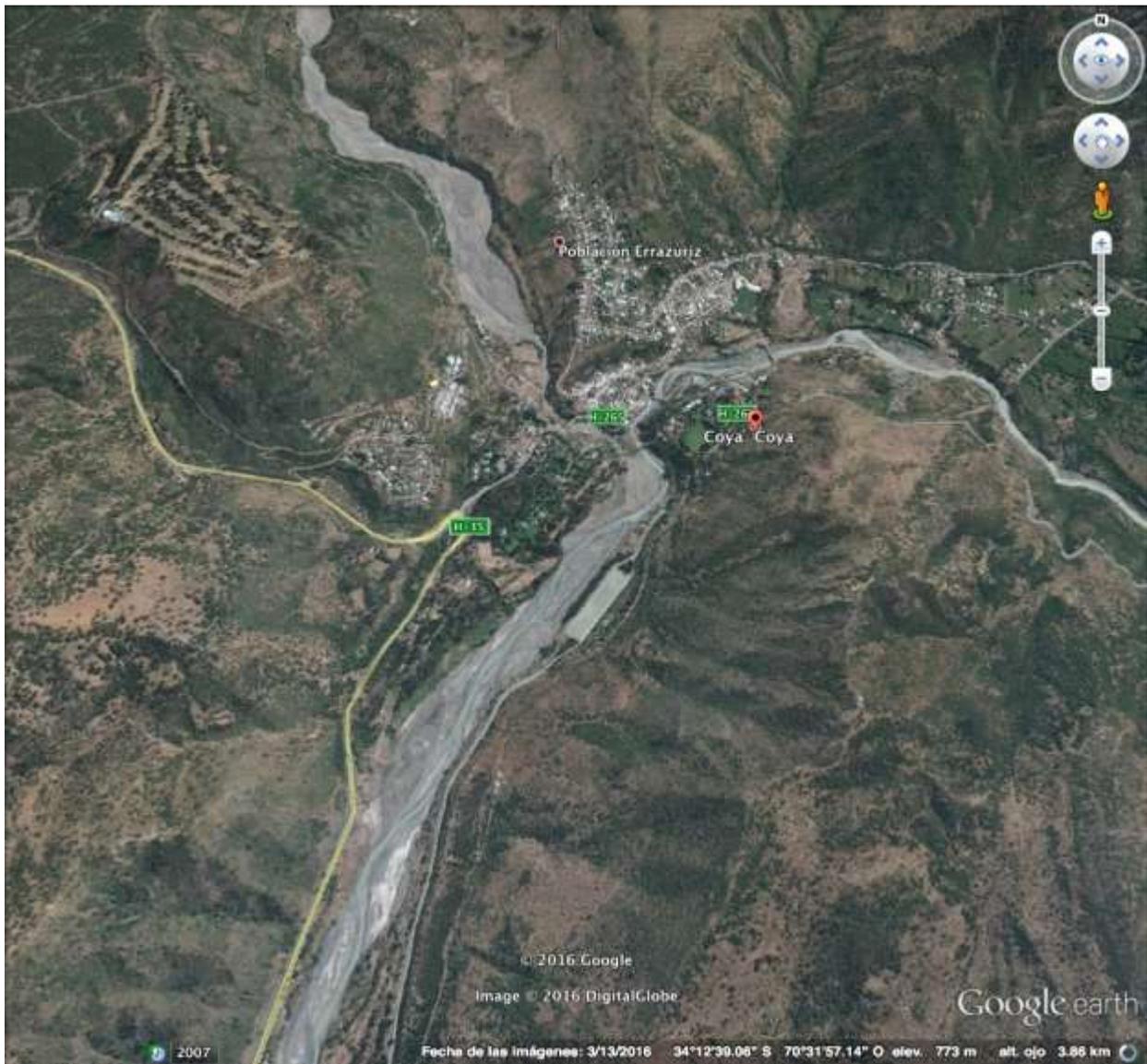


Figura A4.76: COYA

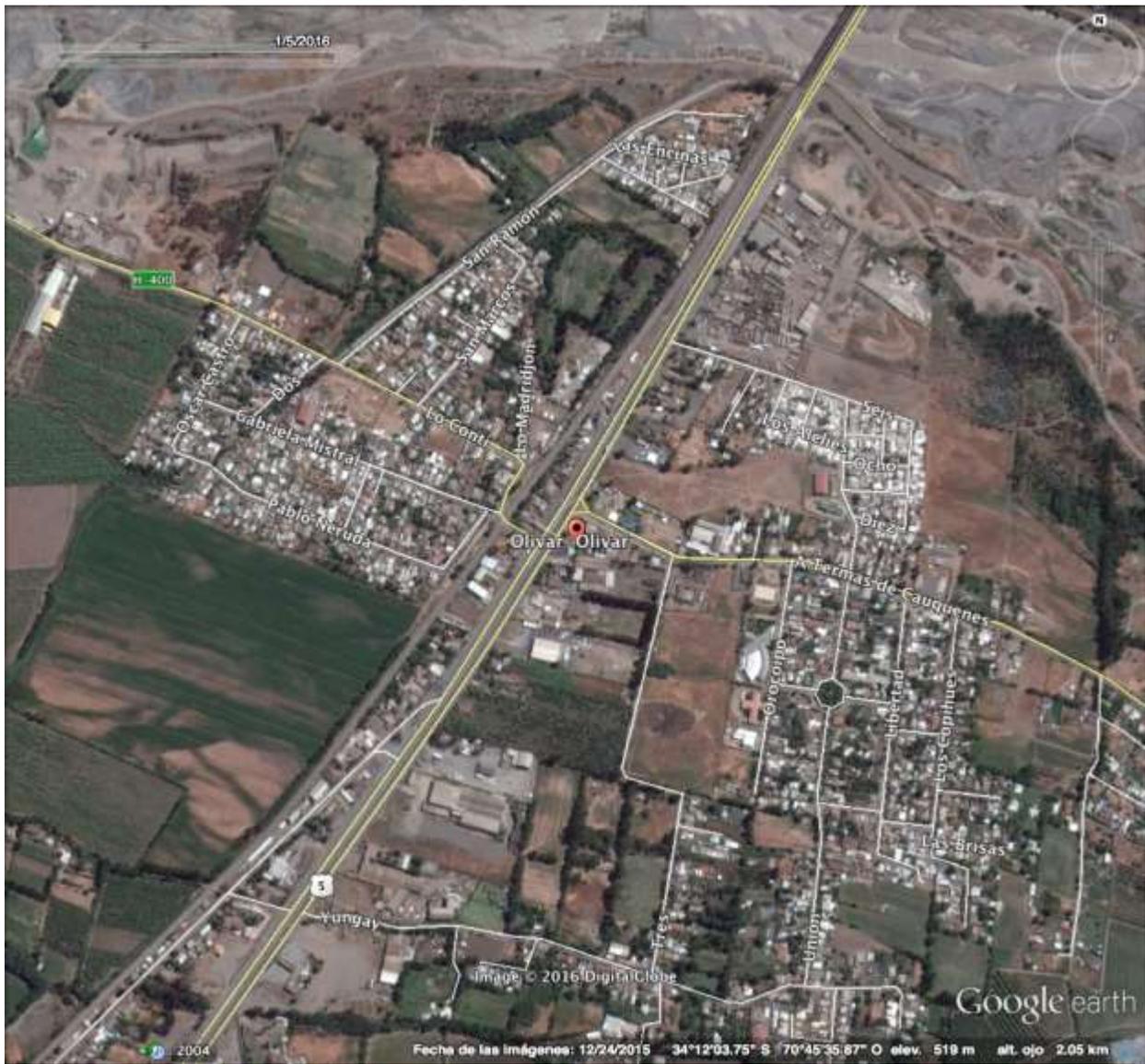


Figura A4.77: OLIVAR



Figura A4.78: RETEN EL OLIVAR

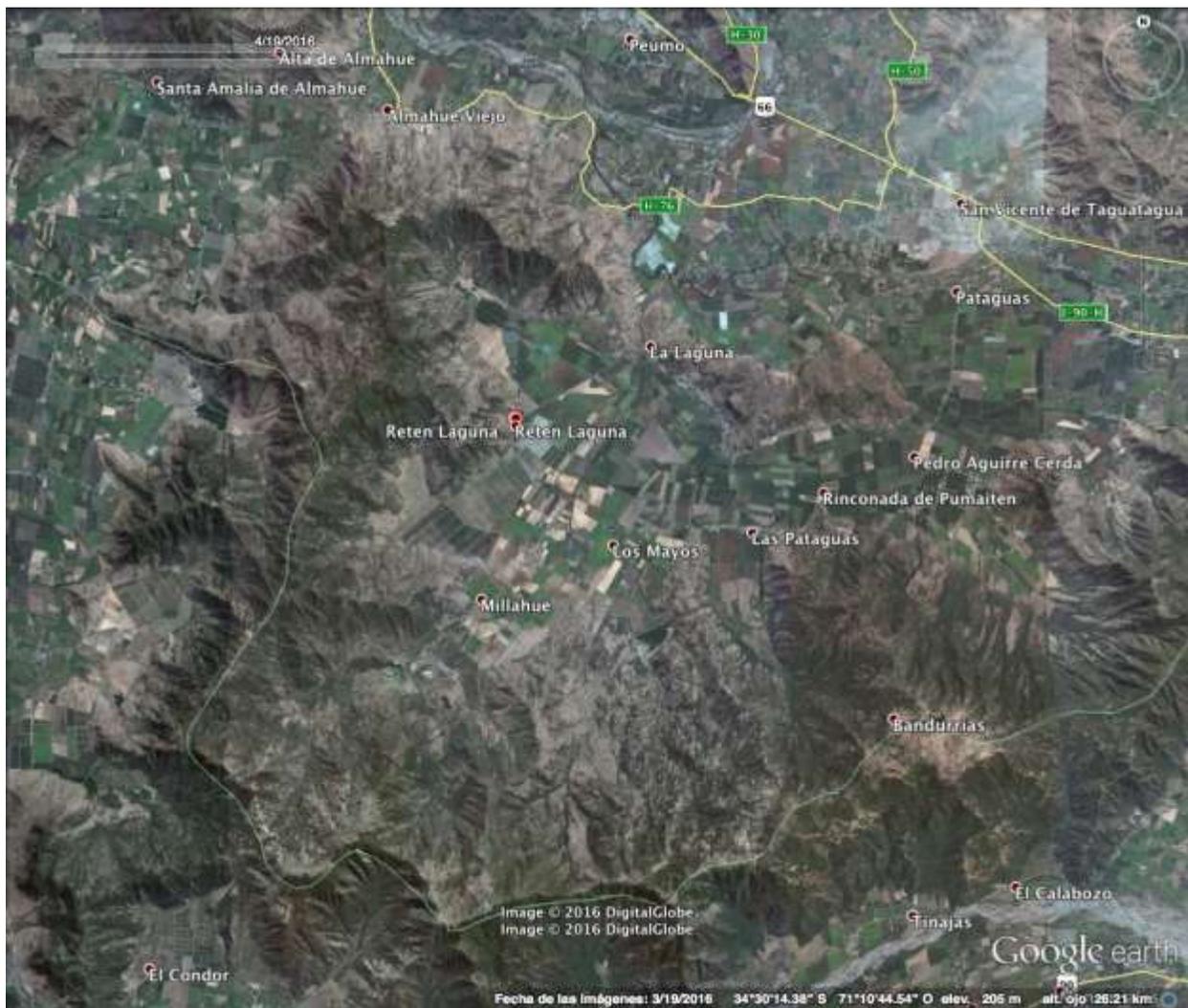


Figura A4.79 RETEN LAGUNA