

INFORME PRELIMINAR

**EVENTO ILLAPEL M 8.4
16 DE SEPTIEMBRE DE 2015**

TERREMOTO ILLAPEL, CHILE 16/09/2015

1. Contexto Sismotéctónico regional

Chile central se ubica en un ambiente tectónico de convergencia (Figura 1), con una subducción reconocida desde al menos, el Jurásico (Mpodozis y Ramos, 1989) y con variaciones en la tasa de convergencia durante el Eoceno – Mioceno que van desde 5 a 15 cm/año (Pardo-Casas y Molnar, 1987; Somoza, 1998), que se ha desacelerado en aproximadamente un 50% en los últimos 10 Ma (Meade y Conrad, 2008). Actualmente se estima que la tasa de convergencia es 6.8 cm/año (Demets *et al.*, 1994; Vigny *et al.*, 2009).

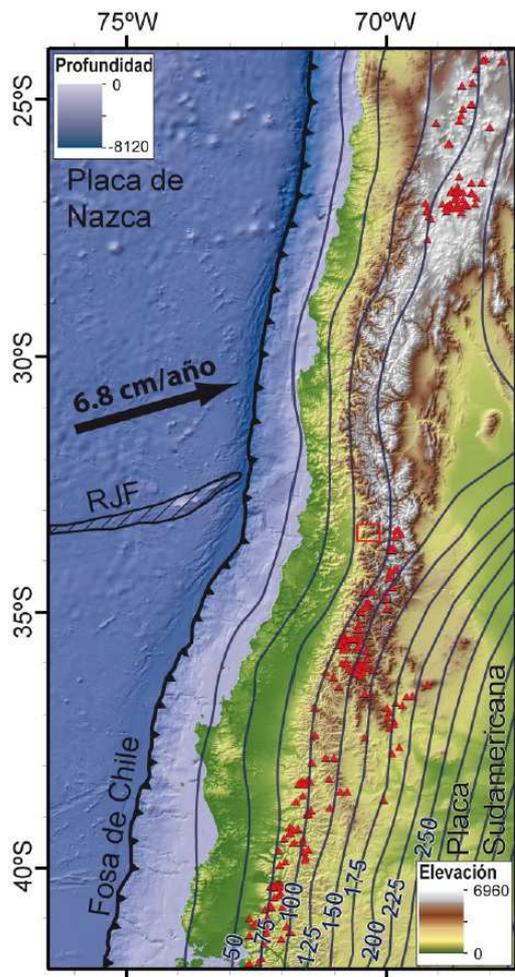


Figura 1. Contexto Tectónico de Chile central. En rojo representados los volcanes activos, el vector de convergencia y las curvas de profundidad de la placa de Nazca subductada. (Fuente: R. Rauld, 2011).

En Chile central se distinguen 5 unidades morfoestructurales que se distribuyen en franjas elongadas de orientación norte – sur, estas son de oeste a este (Figura 2): La fosa oceánica, el margen continental, la Cordillera de la Costa, la Depresión Central y la Cordillera Principal. Hacia el este, en Argentina, se reconoce también la Cordillera Frontal. La fosa oceánica, posee una orientación norte-sur desde los 33°S hacia el norte y con una orientación N15°E hacia el sur de dicha latitud. Alcanza profundidades de hasta 6000 m en esta latitud, y es la expresión en superficie del lugar donde ocurre el contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana.

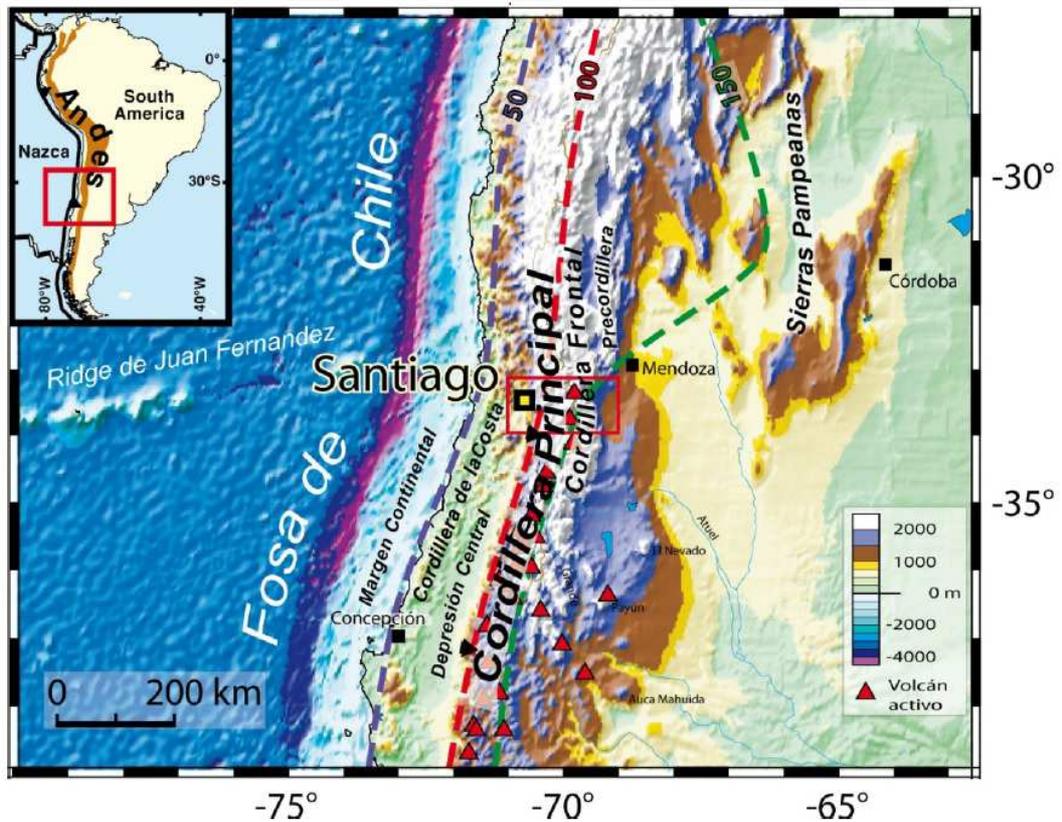


Figura 2. Marco tectónico de Chile central, unidades morfoestructurales, la fosa de Chile, volcanismo activo y líneas de igual profundidad de la zona de Wadati Benioff (líneas segmentadas azul, roja y verde). (Fuente R, Rauld, 2011).

El margen de subducción chileno es, un margen convergente que se caracteriza por una alta tasa de sismicidad. Los registros históricos de grandes terremotos comenzaron con las crónicas de los colonizadores españoles (Montessus de Ballore, 1912). Desde mediados del siglo XX comenzó la instrumentalización mediante sismómetros que permitieron registrar los grandes terremotos ocurridos a partir de entonces y,

posteriormente instrumentos más sensibles han podido registrar la sismicidad de menor magnitud.

La mayor parte de la deformación asociada a la convergencia de las placas Sudamericana y Nazca es absorbida en la zona de contacto entre estas, lo que se ve evidenciado con la alta tasa de sismicidad que se observa en esta zona. Esta alta tasa de sismicidad además es reflejada por la frecuente ocurrencia, en términos geológicos, de grandes sismos ($M_w > 7.5$) generados en dicha interfase.

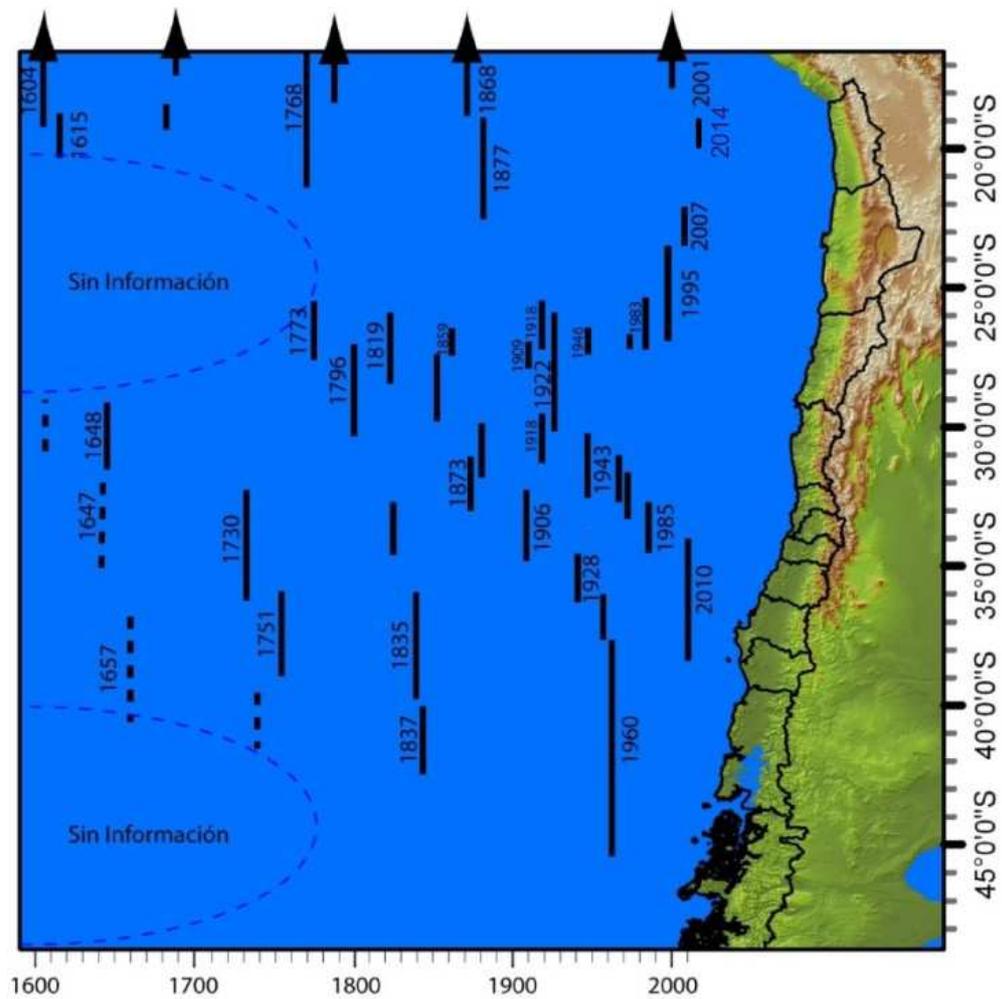


Figura 3. Sismos interplaca históricos con magnitud estimada o calculada mayor a 7.2, y sus áreas de ruptura estimadas. Las líneas continuas señalan las zonas de ruptura bien delimitadas y las líneas discontinuas las zonas de ruptura inciertas (Fuente R. Rauld, 2011; modificada SHOA 2015).

Para los sismos de subducción con magnitudes mayores a 7.5 se ha propuesto, para Chile central, un período de recurrencia de entre 80 y 100 años (Comte *et al.*, 1986; Barrientos, 2007), mientras que para sismos mayores a 8.5 se estiman períodos de recurrencia del orden de 250 a 500 años (Barrientos y Ward, 1990; Cisternas *et al.*, 2005). En la Figura 3 se muestran los sismos mayores a una magnitud de 7.5 que se han registrado históricamente en el margen chileno. En esta figura se distingue una tendencia general de sentido norte a sur de sucesión de las rupturas sísmicas, en lo que podría denominarse como frente de ruptura (Barrientos, 1994). En la figura también se aprecia que las rupturas se repiten, y abarcan aproximadamente los mismos lugares o segmentos cada vez, lo que ha llevado a la incorporación del concepto de segmentos sísmicos (Nishenko, 1985; Comte *et al.*, 1986; Comte y Pardo, 1991; Barrientos, 2007). Se observa también, la ocurrencia de sismos excepcionalmente grandes, con largos de ruptura mayores a 400 km, que no se han repetido más de dos veces a la misma latitud en el registro histórico.

La historia sísmica del norte chico de Chile, registra la ocurrencia de al menos cuatro eventos de subducción, el primero de ellos acontecido el año 1796, el segundo data del año 1849, seguido del evento de 1922 y el más reciente, de magnitud 8.3 el año 1943. De acuerdo a lo registros, los dos últimos terremotos generaron tsunamis, pero fue el de 1922 que causó graves daños en Chañaral (9 m), Caldera (7 m) y Coquimbo (7 m), mientras que el de 1943 sólo generó un tsunami menor en Los Vilos (Lomnitz, 2004).

El día 16 de septiembre de 2015 a las 19:54 HL (22:54 UTC), se produjo un sismo de magnitud 8.4 Mw con epicentro ubicado en los 31.553° S; 71.864° W a una profundidad de 11 Km y a 42 km al W de la localidad de Canela Bajo. Las mayores intensidad reportadas por ONEMI fueron en las ciudades de Coquimbo y La Serena con VIII Mercalli. Este sismo generó un tsunami que fue registrado entre Arica y Bahía Mansa, pero sus mayores amplitudes se concentraron en el borde costero de la IV región, en la cual se observaron sus efectos destructivos.

2. Antecedentes sísmicos evento 16 de septiembre 2015

Tabla N°1: Reporte del sismo emitido por el Centro Sismológico Nacional (CSN)

Magnitud	8,4 (Mw)
Fecha – Hora	16 de Septiembre de 2015 a las 19:54 hora local (22:54 UTC)
Epicentro	31.553°S; 71.864°W
Profundidad	11.1 Km
Referencia Geográfica	42 km al W de Canela Baja.
Región	Coquimbo
Fuente	Centro Sismológico Nacional (CSN)

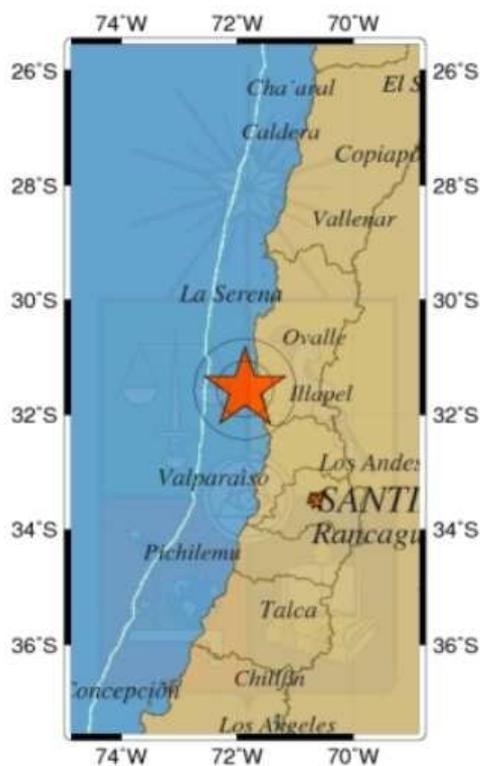


Figura 4. Mapa de localización del epicentro del sismo en Illapel, Chile. (Fuente: CSN)

El mecanismo focal indica la geometría del plano de falla asociado a un terremoto, la dirección de los ejes principales de esfuerzo en el foco y el patrón de radiación de las ondas P y S. El mecanismo focal para el sismo ocurrido el 16 de septiembre de 2015, obtenido por el Centro Sismológico Nacional, el determinado por el US Geological Survey y el calculado por el GFZ GEOFON (Figuras 5, 6 y 7).

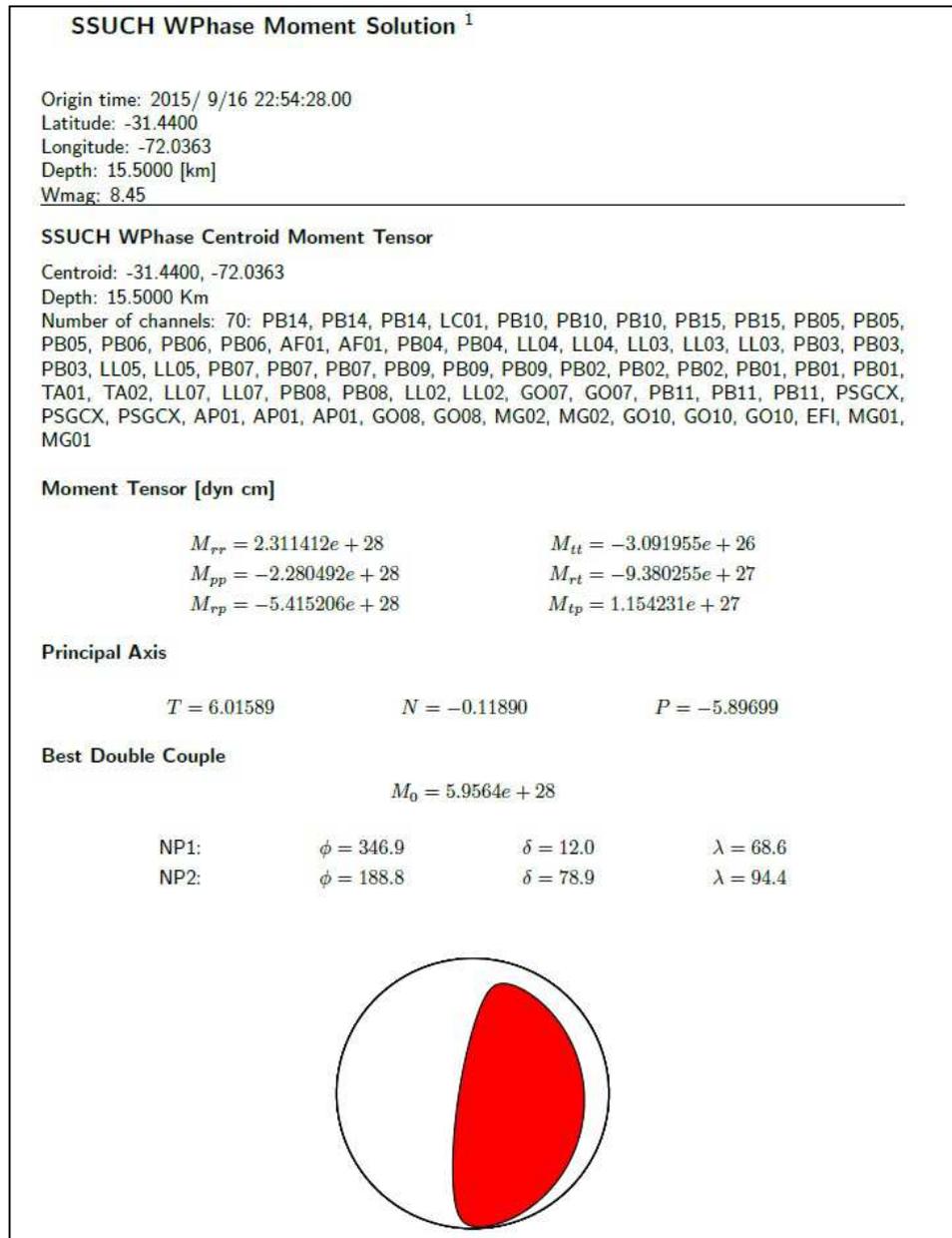


Figura 5. Mecanismo focal del sismo en Illapel, Chile. (Fuente: CSN)

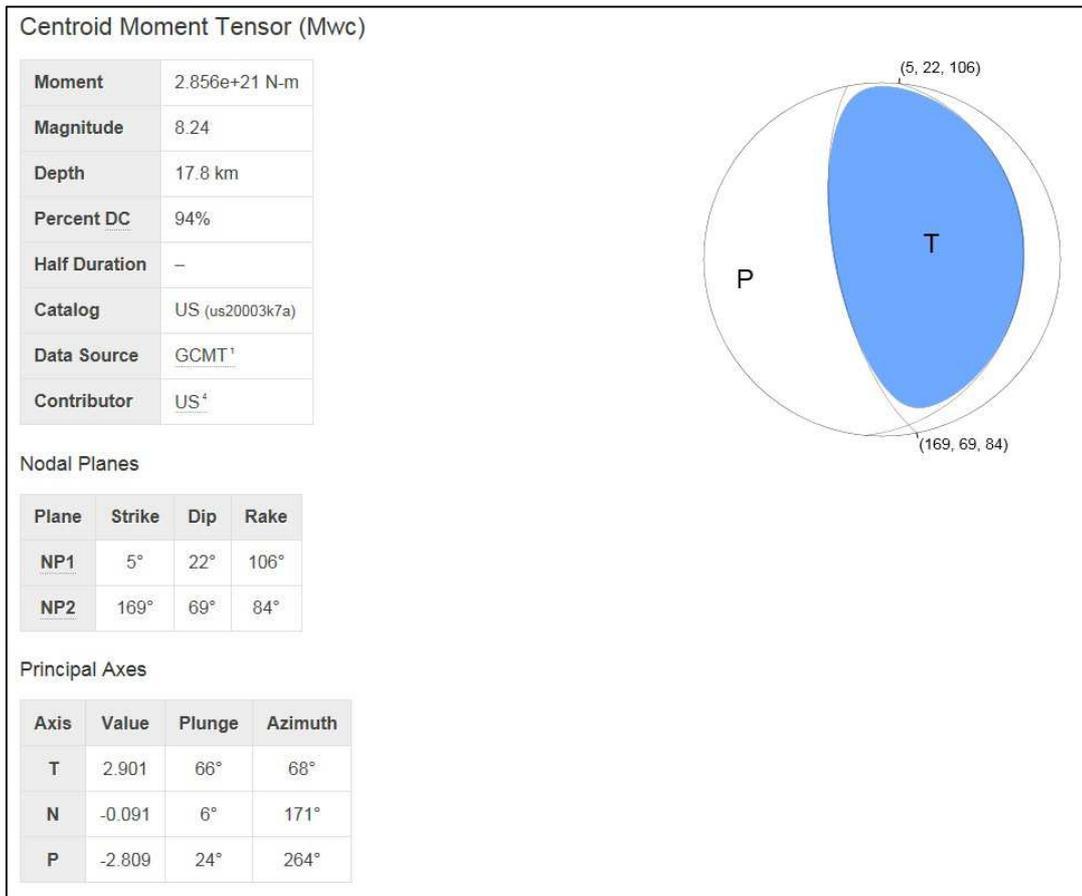


Figura 6. Mecanismo focal del sismo en Illapel, Chile. (Fuente: USGS)

El momento sísmico relaciona los parámetros fundamentales del proceso de ruptura (largo, ancho, desplazamiento medio, rigidez del medio) siendo la medida más consistente para estimar el tamaño del terremoto. La estimación de este parámetro para el sismo de Illapel fluctuó entre 2.2×10^{21} N-m (GFZ GEOFON) y 5.9564×10^{21} N-m (CSN).

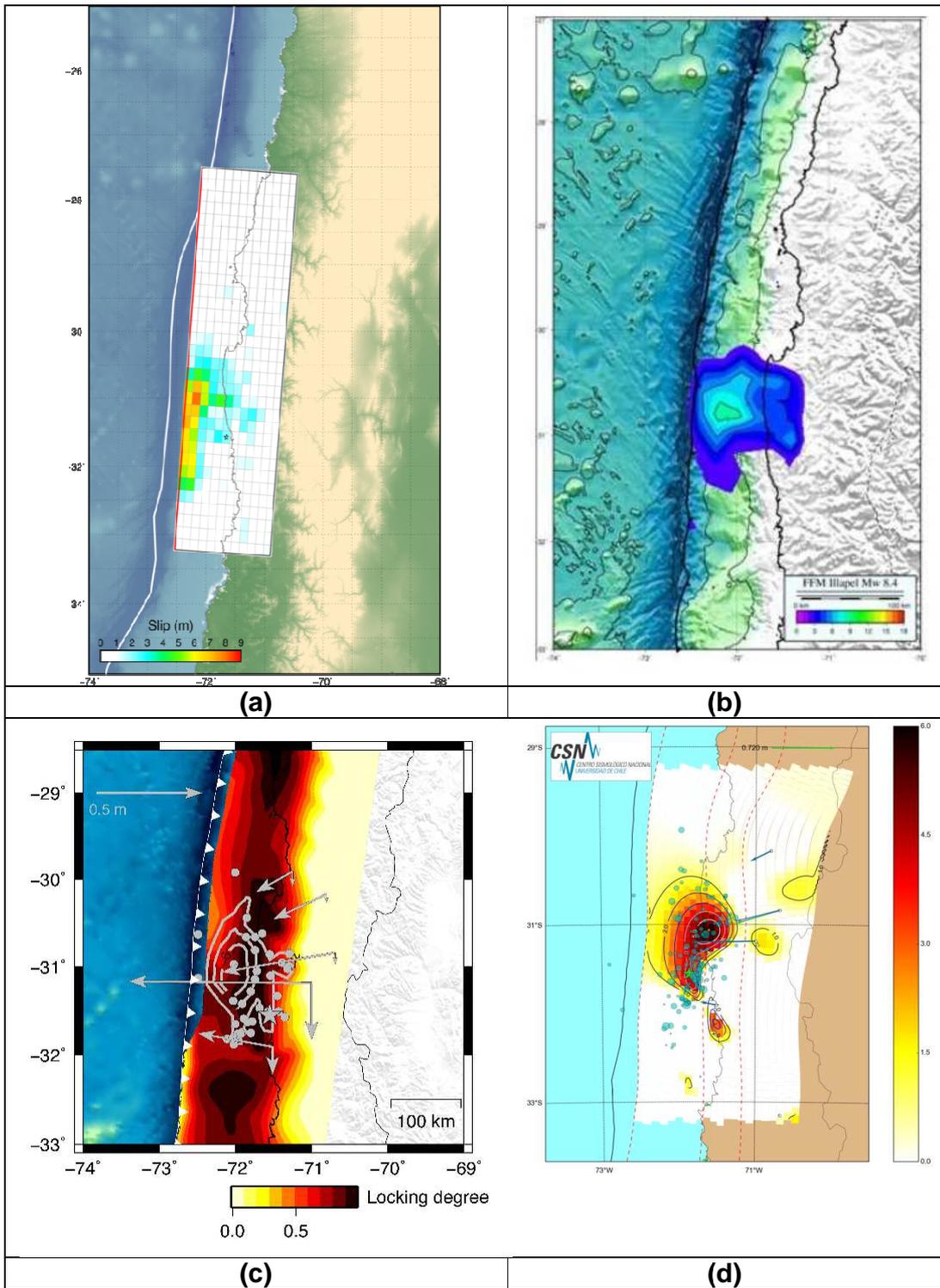


Figura 8. Modelos de ruptura preliminares según (a) USGS, (b) González et al. CIGIDEN, (c) M. Moreno, GFZ y (d) CSN.

3. Tsunami en la costa de Chile

3.1 Registro por Estaciones de Nivel del mar

El terremoto de Illapel generó un tsunami en las costas de Chile que alcanzó a propagarse por todo el océano Pacífico. La propagación del tsunami fue monitoreada en el Sistema Nacional de Alarma de Maremotos (SNAM) mediante el software SAVTEC desde el momento del sismo.

Las ondas del tsunami fueron registradas desde la estación de Arica hasta la de Ancud (Figuras 10 a la 38) mientras que en el resto de las estaciones de la red nacional no hubo registro del tsunami.

El primer arribo de onda fue registrado en la estación de Pichidanguí aproximadamente a las 20:06 HL (23:06 UTC), 12 minutos después de ocurrido el sismo. Posteriormente, se registró el arribo en las estaciones de Coquimbo a las 20:14 HL (23:14 UTC), Quintero a las 20:17 HL (23:17 UTC) y Valparaíso a las 20:19 HL (23:19 UTC), respectivamente.

En la tabla 2, se presenta las horas de arribo observadas en las estaciones de nivel del mar de la red nacional, además las horas de arribo pronosticadas por el software Tsunami Travel Time (TTT) para las mismas estaciones. En la figura 9 se muestra la comparación en términos de la diferencia de tiempo entre lo observado y lo pronosticado, indicándose en cuales estaciones el arribo del tsunami ocurrió antes y después de lo pronosticado. En términos generales, se aprecia que a las estaciones que se encuentran al norte de la zona epicentral las ondas del tsunami arribaron antes de lo pronosticado por el TTT, exceptuando las estaciones de Arica, Iquique, Mejillones y Caldera. En cambio, las estaciones que se encuentran al sur de la zona epicentral mostraron tiempos de arribo posterior a lo pronosticado, excepto por las estaciones de Quintero y San Antonio. Las incertezas del pronóstico del TTT fueron mayores para estaciones que se encontraban más alejadas del epicentro, como Arica y Ancud, o en sectores semi cerrados, como Talcahuano y Queule. Los rezagos en los tiempos de arribo no superaron los 8 minutos de adelanto y los 25 minutos de arribo posterior.

Tabla N° 2: Tiempos de arribo observados y pronosticados para el tsunami del 16 de septiembre de 2015 .

Estaciones	Hora de Arribo (Observado)	Hora de Arribo (Pronosticada)
Arica	16-Sep-2015 22:07	16-Sep-2015 21:48
Pisagua	16-Sep-2015 21:45	16-Sep-2015 21:42
Iquique	16-Sep-2015 21:40	16-Sep-2015 21:34
Patache	16-Sep-2015 21:36	16-Sep-2015 21:35
Tocopilla	16-Sep-2015 21:19	16-Sep-2015 21:18
Mejillones	16-Sep-2015 21:16	16-Sep-2015 21:10
Antofagasta	16-Sep-2015 21:05	16-Sep-2015 21:06
Caleta Paposo	16-Sep-2015 20:50	16-Sep-2015 20:56
Taltal	16-Sep-2015 20:53	16-Sep-2015 20:56
Chañaral	16-Sep-2015 20:44	16-Sep-2015 20:47
Caldera	16-Sep-2015 20:36	16-Sep-2015 20:30
Huasco	16-Sep-2015 20:23	16-Sep-2015 20:29
Coquimbo	16-Sep-2015 20:14	16-Sep-2015 20:16
Pichidangui	16-Sep-2015 20:06	16-Sep-2015 20:09
Quintero	16-Sep-2015 20:17	16-Sep-2015 20:18
Valparaíso	16-Sep-2015 20:19	16-Sep-2015 20:15
San Antonio	16-Sep-2015 20:26	16-Sep-2015 20:27
Bucalemu	16-Sep-2015 20:34	16-Sep-2015 20:28
Constitución	16-Sep-2015 20:51	16-Sep-2015 20:44
Isla Quiriquina	16-Sep-2015 21:17	16-Sep-2015 21:09
Talcahuano	16-Sep-2015 21:26	16-Sep-2015 21:01
Coronel	16-Sep-2015 21:16	16-Sep-2015 21:10
Lebu	16-Sep-2015 21:04	16-Sep-2015 20:57
Queule	16-Sep-2015 22:06	16-Sep-2015 21:44
Corral	16-Sep-2015 21:57	16-Sep-2015 21:39
Bahía Mansa	16-Sep-2015 21:47	16-Sep-2015 21:37
Bahía Cumberland	16-Sep-2015 20:50	16-Sep-2015 20:50
Isla San Félix	16-Sep-2015 21:13	16-Sep-2015 21:17
Isla de Pascua	17-Sep-2015 01:20	17-Sep-2015 01:15

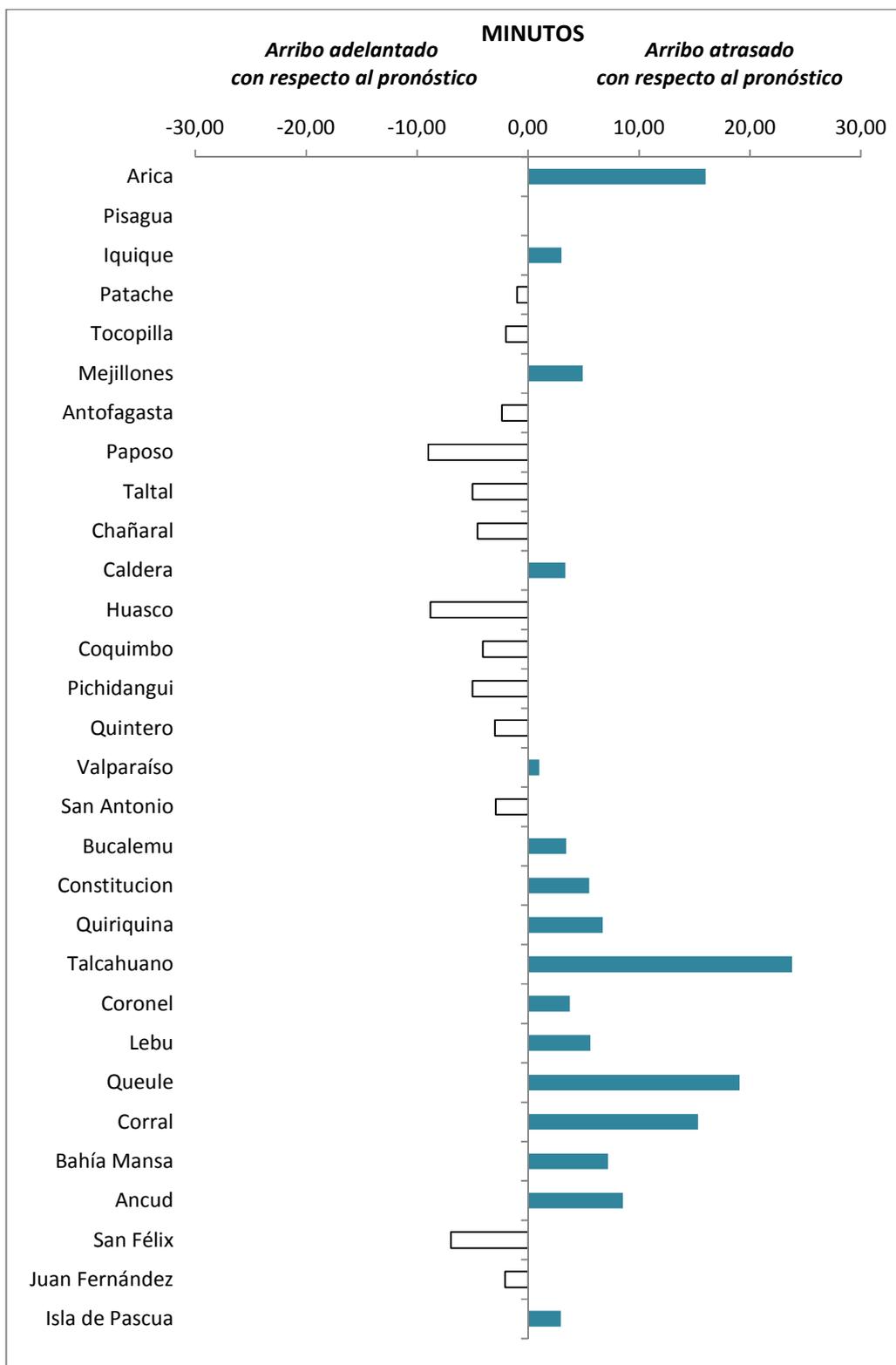


Figura 9. Comparación de la diferencia del tiempo de arribo observado y el pronóstico.

La tabla 3 muestra un resumen de las amplitudes máximas y mínimas registradas durante la activación del SNAM ante la Alarma de tsunami y sus horas respectivas. La amplitud máxima registrada fue de 4.62 m en la estación de Coquimbo a las 21:23 hora local y la amplitud mínima también se registró en la estación de Coquimbo con 2.19 m a las 22:46 hora local.

Tabla N°3. Amplitudes máximas registradas en las estaciones de nivel del mar a lo largo de Chile.

Localización estaciones	Amplitudes máximas observadas	
	Tiempo (H.L.)	Amplitudes (m)
Arica	2:43	(+)0.64
	4:35	(-)0.53
Pisagua	02:25	(+)0.2
	01:51	(-)0.23
Iquique	02:46	(+)0.30
	05:53	(-)0.3
Patache	01:49	(+)0.31
	06:14	(-)0.4
Tocopilla	02:47	(+)0.2
	1:35	(-)0.21
Mejillones	13:35	(+)0.3
	21:47	(-)0.34
Antofagasta	00:11	(+)0.5
	01:16	(-)0.50
Caleta Paposó	00:05	(+)0.23
	0:08	(-)0.27
Taltal	23:47	(+)0.4
	00:01	(-)0.33
Chañaral	21:56	(+)1.2
	23:49	(-)1.16
Caldera	04:37	(+)1.14
	04:28	(-)1.13
Huasco	22:00	(+)0.80
	22:06	(-)0.75
Coquimbo	21:23	(+)4.61
	22:44	(-)2.2
Pichdangui	20:14	(+)1.77
	20:58	(-)2.0
Quintero	21:04	(+)1.83
	20:47	(-)1.7
Valparaíso	21:43	(+)2.2
	21:56	(-)2.3
San Antonio	21:28	(+)1.01
	21:51	(-)1.20
San Félix	21:48	(+)0.67
	21:52	(-)0.71

Juan Fernandez	21:22	(+)1
	21:38	(-)1.4
Bucalemu	01:27	(+)0.7
	23:45	(-)0.9
Constitución	23:06	(+)1.34
	00:27	(-)1.00
Quiriquina	00:25	(+)0.9
	23:49	(-)0.96
Talcahuano	23:08	(+)1.2
	23:53	(-)1.4
Coronel	03:23	(+)0.7
	00:01	(-)0.67
Lebu	22:35	(+)0.40
	23:41	(-)0.35
Queule	01:41	(+)0.32
	00:51	(-)0.26
Corral	23:43	(+)0.4
	02:59	(-)0.36
Bahía Mansa	05:34	(+)0.41
	23:15	(-)0.4

Amplitud Máxima Observada: Está referida a la máxima medición del registro de tsunami filtrado (sin la componente de marea) entre el nivel cero y la cresta (+) ó entre el nivel cero y un valle. Este valor de amplitud es medido al nivel medio del mar.

3.2 Registro por sistema DART II.

Chile cuenta con dos sistemas DART II localizados frente a las costas de Iquique el primero y el segundo frente a Caldera.

Para el evento del 16 de septiembre, ambos sistemas DART II se activaron por el sismo y registraron el tsunami generado. La figura 10 muestra el registro del sistema DART II de Caldera, más cercano a la zona de ruptura, el cual se activó por las ondas sísmicas alrededor las de las 19:56 HL (22:56 UTC), para aproximadamente 38 minutos después registrar las máximas variaciones del nivel del mar de hasta 11 cm generadas por el arribo del tsunami.

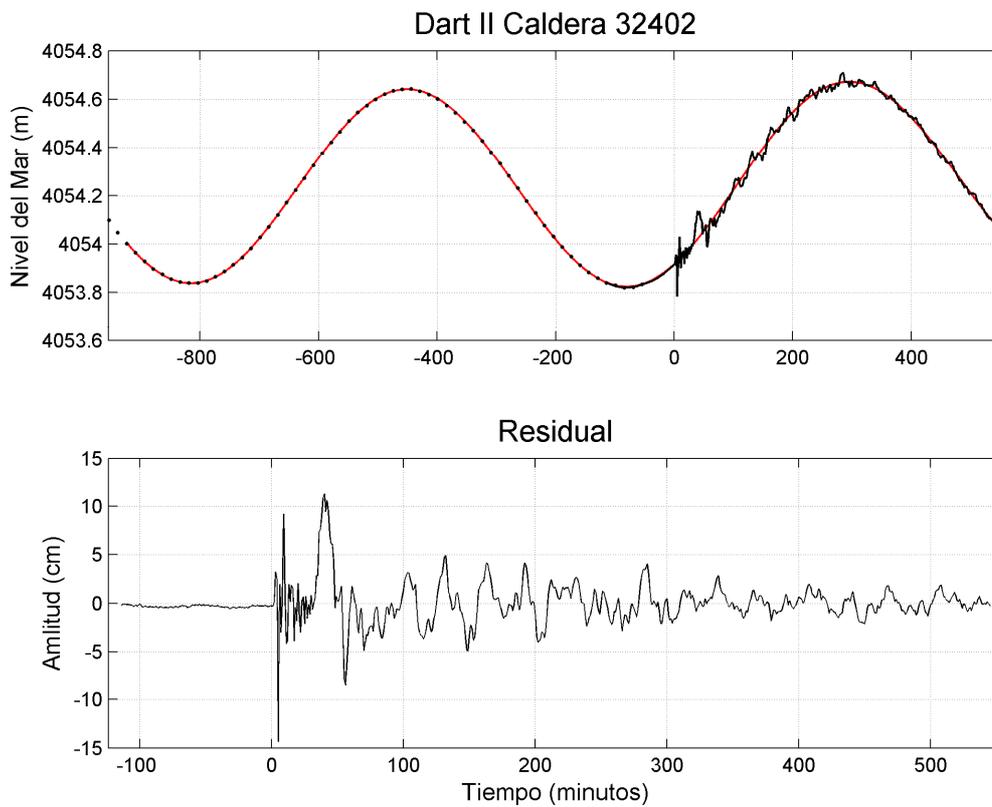


Figura 10. Registro del tsunami por el sistema DART II de Caldera.

El sistema DART II de Iquique, localizado a aproximadamente 1100 km al norte la zona de ruptura, se activó con el paso de las ondas sísmicas alrededor las de las 19:59 HL (22:59 UTC), aproximadamente 92 minutos después registrar el arribo del tsunami, cuyas máximas variaciones del nivel del mar fueron de 6 cm.

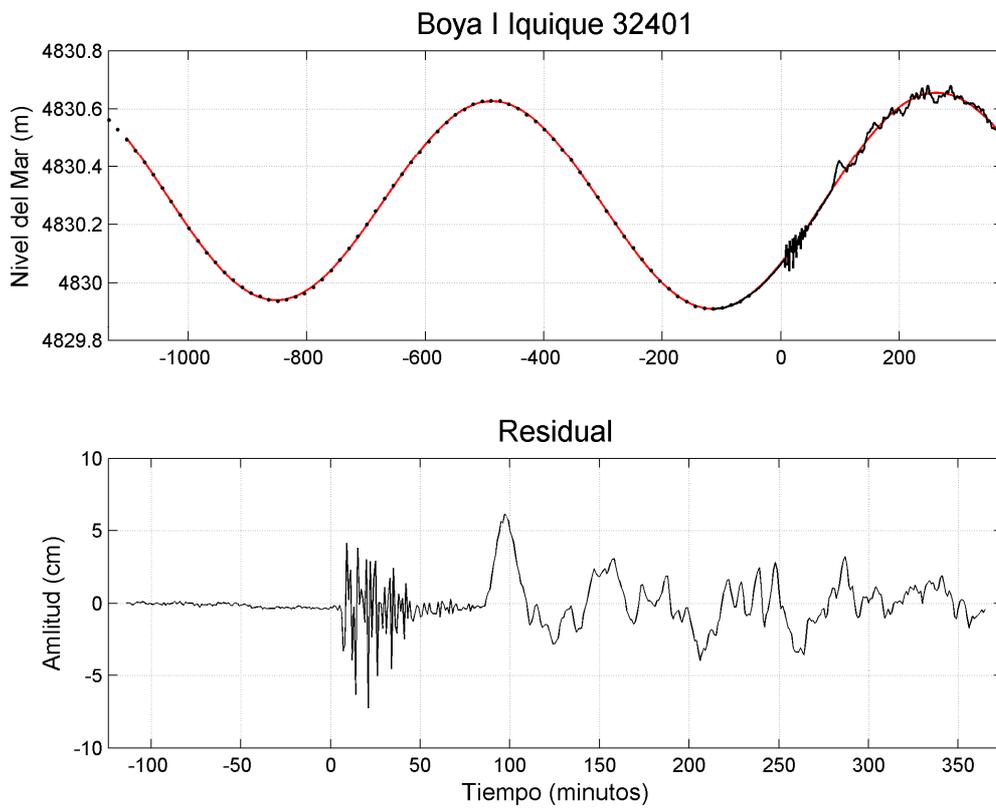


Figura 11. Registro del tsunami por el sistema DART II de Iquique.

4. Acciones y Boletines emitidos por el SNAM.

Desde el momento de la percepción del sismo, el Sistema Nacional de Alarma de Maremotos (SNAM) activó sus protocolos operacionales para evaluar la amenaza de tsunami para las costas de Chile y emitir de forma rápida y eficaz una Alarma.

En consecuencia, para el evento del 16 de septiembre de 2015, el SNAM emitió 15 boletines, los cuales incluyen boletines de Alarma, de actualizaciones que incluían información de las amplitudes del tsunami medidas en las estaciones de nivel del mar y de cancelaciones de la Alarma tsunami para las regiones que ya no presentaban amenaza

Por su parte, basado en la evaluación realizada por el SNAM, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), estableció efectuar la evacuación de las comunidades costeras a lo largo de la costa.

A partir del boletín N°7, emitido a las 22:25 HL (01:25 UTC - 17-09-2015) el SNAM comienza la cancelación gradual de la Alarma de tsunami, considerando los resultados de los pronósticos efectuados con modelación numérica y el monitoreo del nivel del mar, para las regiones que no presentaban una amenaza de tsunami. La primera región en la que se canceló la Alarma de tsunami fue la XII "Región de Magallanes y la Antártica chilena".

En la tabla N° 4, se presenta un resumen de los principales acciones y boletines emitidos por el SNAM y que dan cuenta del desarrollo y monitoreo del evento.



Figura 12. Sistemas de recepción y difusión de información del SNAM durante el evento.



Figura 13. Sistemas de monitoreo de la red de estaciones de nivel del mar del SNAM durante el evento.



Figura 14. Análisis de las amplitudes del Tsunami registradas por el Sistema de monitoreo de la red de estaciones de nivel del mar del SNAM durante el evento.



Figura 15. Sistema de video conferencia entre el SNAM y el Comité de Operaciones de Emergencia establecido en ONEMI durante el evento.

Tabla N°. Resumen de las acciones tomadas y boletines emitidos por el SNAM.

FECHA (dd/mm/aa)	HORA LOCAL	ACCIONES Y BOLETINES
16-09-2015	19:54	Se percibe sismo con una intensidad máxima registrada en Coquimbo y La Serena (VIII Mercalli).
16-09-2015	19:58	Se recibe información sísmica preliminar del ATWC (CISN Display), informando una magnitud 7.2 a 187 km al SSW de Coquimbo.
16-09-2015	19:59	Se recibe información sísmica preliminar del PTWC (P-Time) con una magnitud 7.9, y referencia geográfica 76 km al NW de Pichidangui.
16-09-2015	20:00	Se recibe boletín preliminar de sismo de CSN con una magnitud 7.2, referencia geográfica 177 km al NNW de Valparaíso.
16-09-2015	20:01	Se recibe reporte preliminar de sismo de GEOFON con magnitud 7.7, referencia geográfica cerca de la costa central de Chile. Se recibe el Boletín N°1 del PTWC indicando una amenaza de tsunami por un sismo de magnitud 7.9 cerca de la costa central de Chile.
16-09-2015	20:02	SNAM emite Boletín N°1 "Alarma de Tsunami" para Chile y zonas insulares, por un sismo de magnitud 7.9, de referencia geográfica: 76 km al NW de Pichidangui.(Fuente: PTWC).
16-09-2015	20:03	Se registra la activación del sistema DART II de Caldera.
16-09-2015	20:05	ONEMI emite Boletín de "Evacuación Preventiva" para la región de Valparaíso
16-09-2015	20:10	ONEMI emite Boletín de "Evacuación por Alarma de Tsunami" para Chile.
16-09-2015	20:12	Activación de red de sirenas de la Autoridad Marítima
16-09-2015	20:13	SNAM emite Boletín N°2 "Alarma de Tsunami" para Chile y zonas insulares, informando los tiempos estimados de arribo de las ondas del tsunami. Sismo de magnitud 7.9, de referencia geográfica: 76 km al NW de Pichidangui.(Fuente: PTWC).
16-09-2015	20:14	Se recibe información sísmica desde el USGS/NEIC con información de sismo de magnitud 8.3.
16-09-2015	20:25	Sr. Director del SHOA se comunica telefónicamente con Sr. Director del CSN, quien confirma que la magnitud del sismo es mayor a 8.0 Mw. Se recibe el Boletín N°2 del PTWC indicando una amenaza de tsunami por un sismo de magnitud 8.3 cerca de la costa central de Chile.

16-09-2015	20:28	Se observa las ondas del tsunami en la estación de Pichidangui con una amplitud de 1.4 m .
16-09-2015	20:33	SNAM emite Boletín N°3 "Alarma de Tsunami" para Chile y zonas insulares, informando nueva magnitud calculada de 8.3 y registro del tsunami en Pichidangui con un amplitud de 1.4 m.
16-09-2015	20:43	SNAM emite Boletín N°4 "Alarma de Tsunami" para Chile y zonas insulares, informando registro del tsunami con amplitudes de 0.8 m en Coquimbo, 1.9 m en Pichidangui, 1.1 m en Quintero, 1.3 m en Valparaíso y 0.44 m en San Antonio.
16-09-2015	20:50	Se observa una amplitud del tsunami superior a 3 m, en Coquimbo.
16-09-2015	21:01	SNAM continua emitiendo boletines constantemente para informar sobre las amplitudes de tsunami registradas en la red de estaciones de nivel del mar.
16-09-2015	21:41	SNAM emite Boletín N°6 "Alarma de Tsunami" para Chile y zonas insulares, actualizando información sísmica reportada por CSN con nueva magnitud de 8.4 y amplitudes de tsunami registradas en la red de estaciones de nivel del mar.
16-09-2015	22:25	SNAM emite Boletín N°7 "Cancelación parcial de Alarma de Tsunami" indicando que se cancela el estado de Alarma para la región XII de Magallanes y Antártica chilena. Además informa sobre amplitudes del tsunami registradas desde Iquique a Bahía Mansa.
16-09-2015	23:22	SNAM emite Boletín N°8 "Cancelación parcial de Alarma de Tsunami" indicando que se cancela el estado de Alarma para las regiones XI y XII. Además informa sobre amplitudes del tsunami registradas desde Arica a Bahía Mansa. SNAM continúa emitiendo Boletines de cancelación parcial de la alarma de tsunami de acuerdo al monitoreo por las estaciones de nivel del mar.
17-09-2015	06:22	SNAM emite boletín N° 15 "Cancelación total de Alarma de Tsunami" indicando que se cancela el estado de Alarma para todo territorio nacional. Se estiman variaciones de 0,3 m hasta 1 m sobre el nivel medio del mar para la III y IV región. Las autoridades marítimas del área controlaran las actividades en sus jurisdicciones.

5. Efectos del tsunami en la costa de Chile medidos en terreno

Los efectos del tsunami generado por el evento del 16 de septiembre de 2015, fueron evidentes en las ciudades de Coquimbo, Tongoy, Los Vilos, y Concón, además se registró destrucción de pequeñas caletas de la IV región.

Entre los días 17 al 20 de septiembre del 2015 personal del SHOA efectuó un estudio en terreno para medir las principales áreas inundadas por el tsunami, los run up alcanzados y efectos en el borde costero de las principales localidades afectadas.

5.1 Concón

Los efectos del tsunami en Concón fueron localizados y se registraron en el sector de playa La Boca. Locales de estructura liviana y algunos restaurantes ubicados en dicho sector resultaron destruidos. A continuación se presentan algunas fotografías tomadas en terreno.



Figura 16. Efectos del Tsunami en local ubicado en el sector de Playa La Boca, Concón.



Figura 17. Efectos del Tsunami en Escuela de Surf ubicado en el sector de Playa La Boca, Concón.



Figura 18. Efectos del Tsunami en Restaurant ubicado en el sector de Playa La Boca, Concón.



Figura 19. Efectos del Tsunami en local ubicado en el sector de Playa La Boca, Concón.



Figura 20. Profundidad de inundación del Tsunami en Restaurant (0.88 m) ubicado en el sector de Playa La Boca, Concón.



Figura 21. Medida en terreno de la línea de inundación Concón. La línea azul representa el área inundada por el tsunami del 16 de septiembre de 2015 y el área roja la inundación obtenida para un evento extremo simulado para la Carta de Inundación por Tsunami (CITSU) vigente.

5.2 Los Vilos

Para la localidad de Los Vilos, los efectos del tsunami también fueron localizados y se registraron en el sector de la costanera y playa Los Vilos, afectando a un grupo de viviendas ubicadas muy cerca del límite de playa. A continuación se presentan algunas fotografías tomadas en terreno.



Figura 22. Efectos del Tsunami en casas ubicado en el sector de Av. Costanera, Los Vilos.



Figura 23. Efectos del Tsunami en casas ubicado en el sector de Av. Costanera, Los Vilos.



Figura 24. Efectos del Tsunami en casas ubicado en el sector de Av. Costanera, Los Vilos.



Figura 25. Efectos del Tsunami en paseo peatonal de Av. Costanera, Los Vilos.



Figura 26. Medida en terreno de la línea de inundación en Los Vilos. La línea azul representa el área inundada por el tsunami del 16 de septiembre de 2015 y la línea roja corresponda a la inundación obtenida para el evento simulado en la Carta de Inundación por Tsunami (CITSU) vigente.

5.3 Tongoy

Los efectos del tsunami para el balneario de Tongoy fueron bastante significativos para el comercio local y pescadores del lugar. Se localizaron particularmente en playa Soccus y sectores bajos de la península de Tongoy. A continuación se presentan algunas fotografías tomadas en terreno.



Figura 27. Efectos del Tsunami en sector del centro del balneario de Tongoy.



Figura 28. Efectos del Tsunami en sector de la playa Soccos del balneario de Tongoy.



Figura 29. Efectos del Tsunami en casas del sector céntrico del balneario de Tongoy.



Figura 30. Efectos del Tsunami en sector del centro del balneario de Tongoy.



Figura 31. Medida en terreno de la línea de inundación en Tongoy. La línea azul representa el área inundada por el tsunami del 16 de septiembre de 2015.

5.4 Coquimbo

Para el puerto de Coquimbo los efectos del tsunami fueron significativos, causando graves daños a dicha ciudad. La estructura portuaria fue afectada, así como el Mercado local, caleta de pescadores, comercio y viviendas particulares. A continuación se presentan algunas fotografías tomadas en terreno.



Figura 32. Efectos del Tsunami en sector de la Caleta de Pescadores de Coquimbo.



Figura 33. Efectos del Tsunami vistos desde calle Condell en Coquimbo.



Figura 34. Efectos del Tsunami en Av, Costanera en el sector de la Caleta de Pescadores en Coquimbo.



Figura 35. Efectos del Tsunami en edificio de Av, Costanera, al costado de la Capitanía de Puerto en Coquimbo.



Figura 36. Efectos del Tsunami en sector de barrio industrial en Coquimbo.



Figura 37. Profundidad de inundación del Tsunami alcanzado en molinera ubicada en calle Aldunate (0.8 m) en Coquimbo.

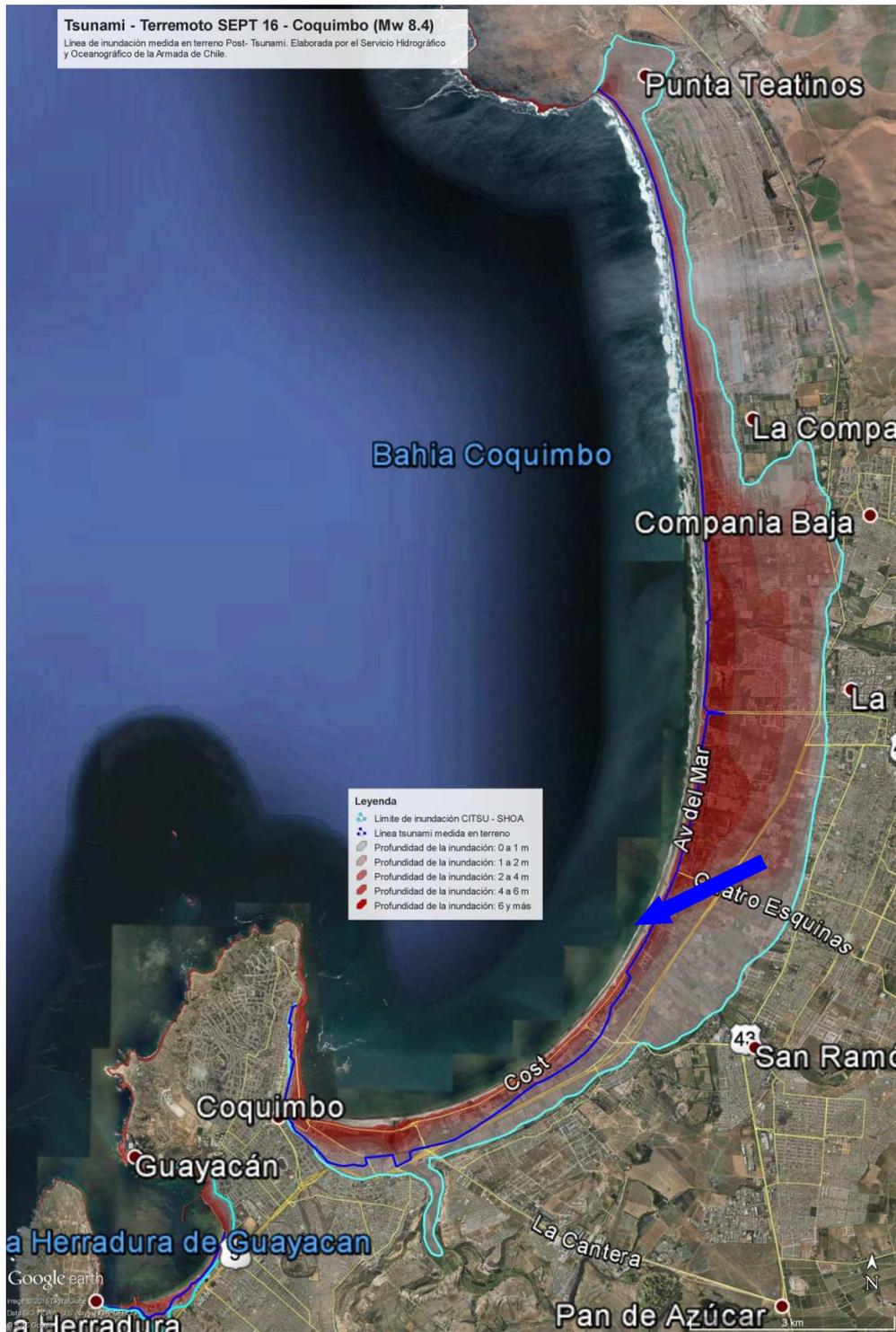
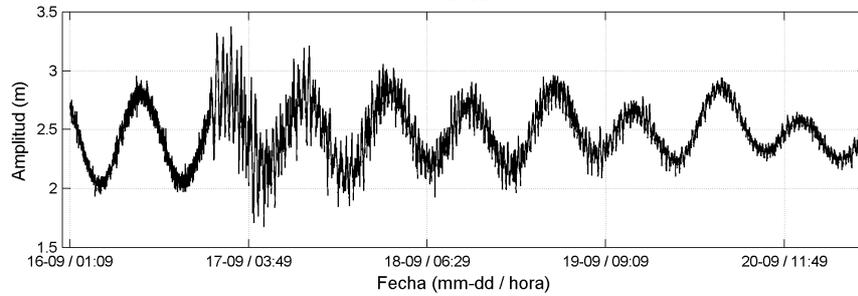


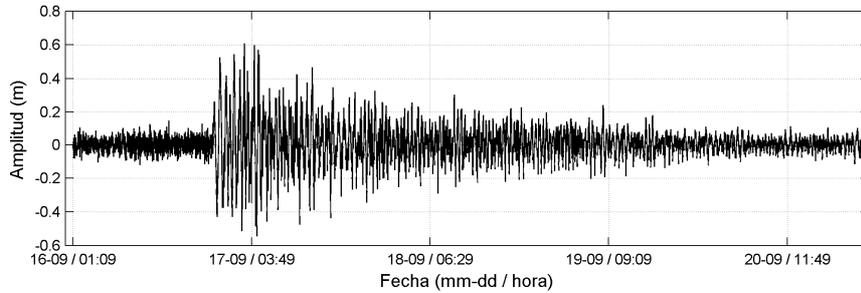
Figura 38. Medida en terreno de la línea de inundación en Coquimbo y La Serena. La línea azul representa el área inundada por el tsunami del 16 de septiembre de 2015 y el área roja la inundación obtenida para el evento extremo simulado para la Carta de Inundación por Tsunami (CITSU) vigente.

ANEXO "Registro del Tsunami en las Estaciones de Nivel del mar"

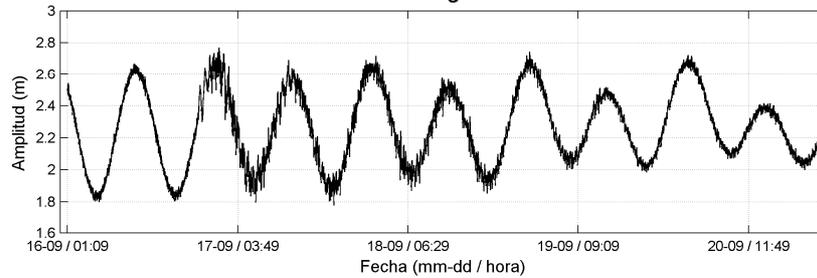
Tsunami 2015
Arica



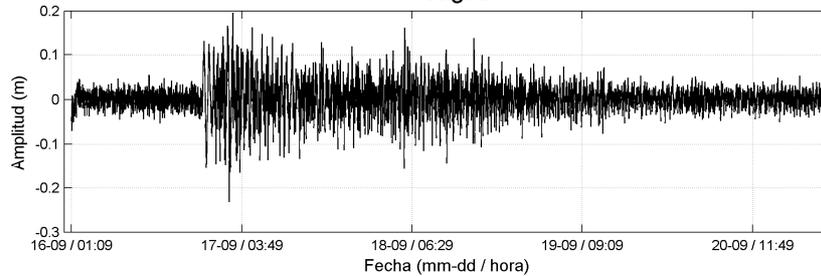
Tsunami 2015
Arica



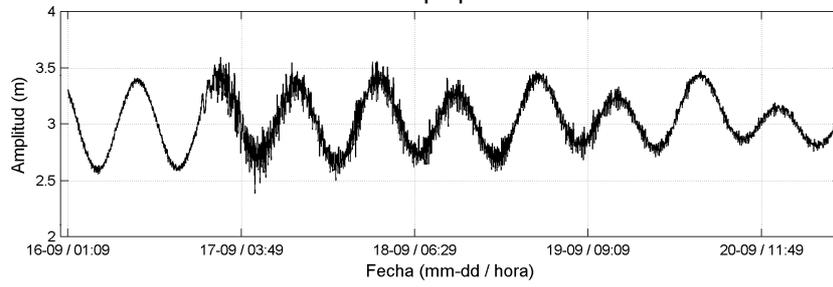
Tsunami 2015
Pisagua



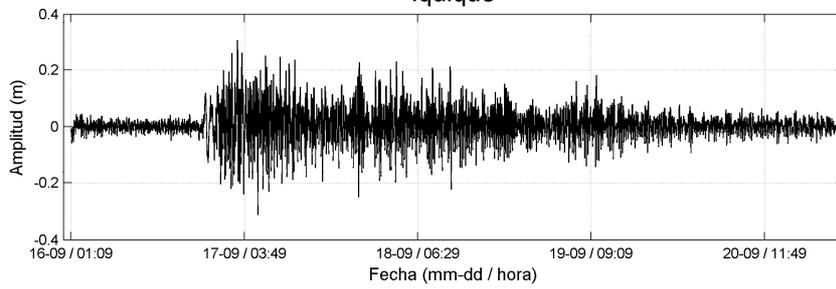
Tsunami 2015
Pisagua



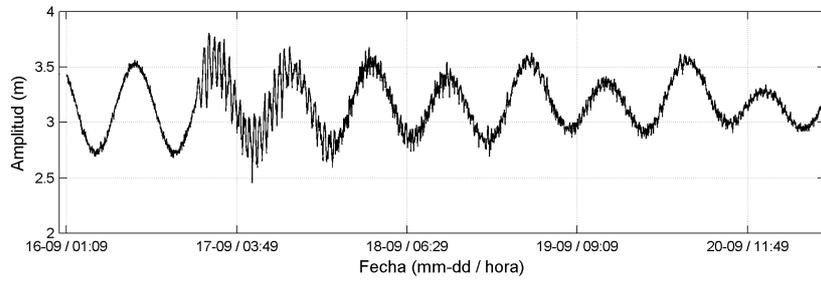
Tsunami 2015
Iquique



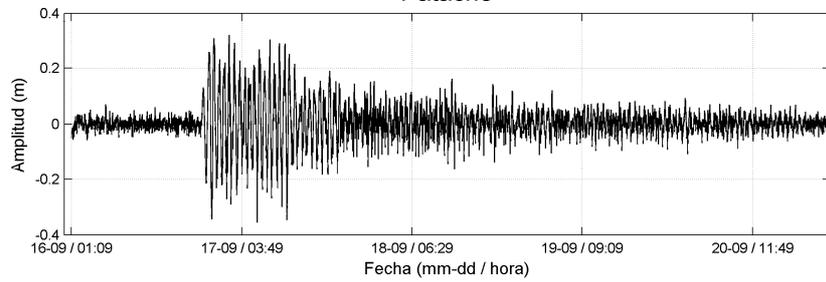
Tsunami 2015
Iquique



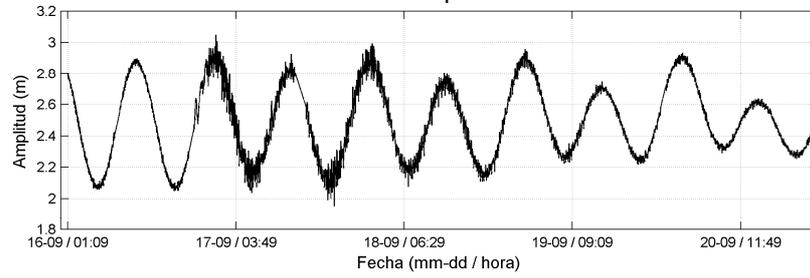
Tsunami 2015
Patache



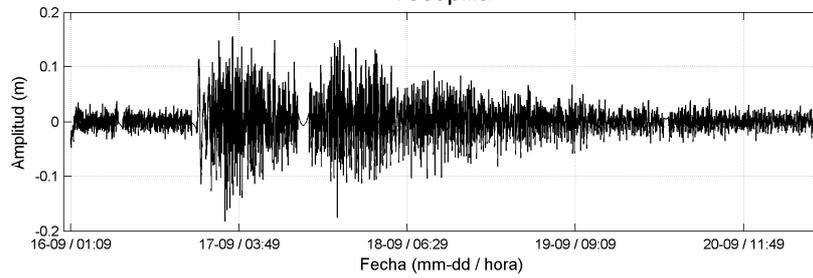
Tsunami 2015
Patache



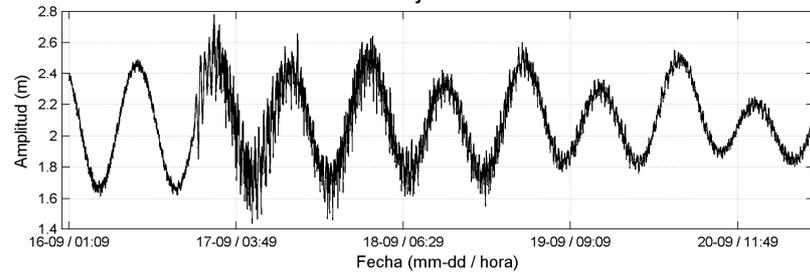
Tsunami 2015
Tocopilla



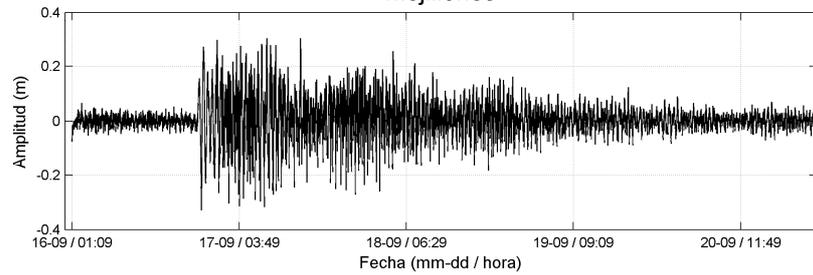
Tsunami 2015
Tocopilla



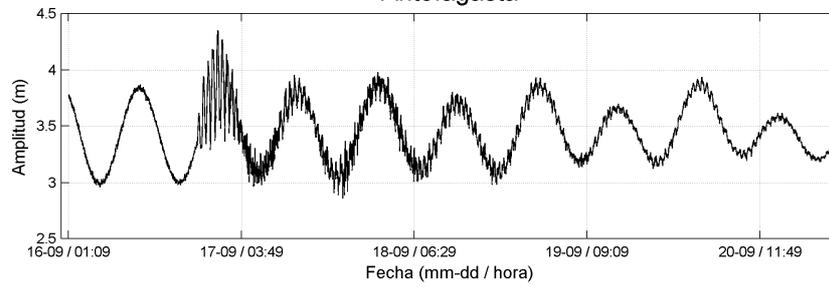
Tsunami 2015
Mejillones



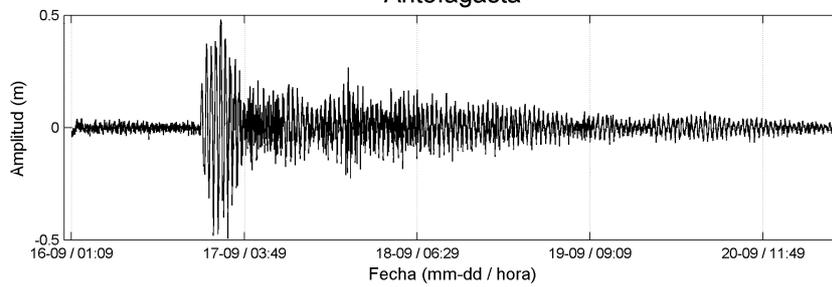
Tsunami 2015
Mejillones



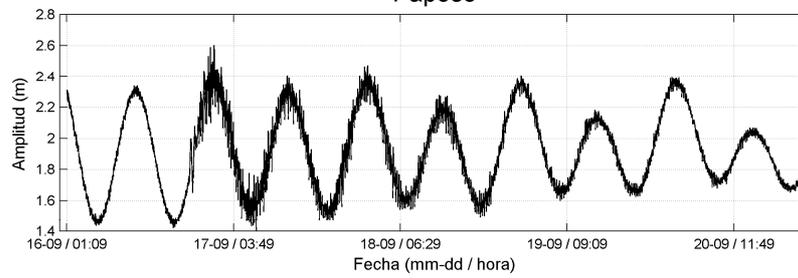
Tsunami 2015
Antofagasta



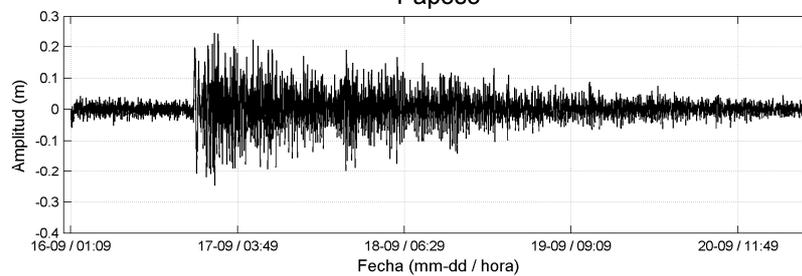
Tsunami 2015
Antofagasta



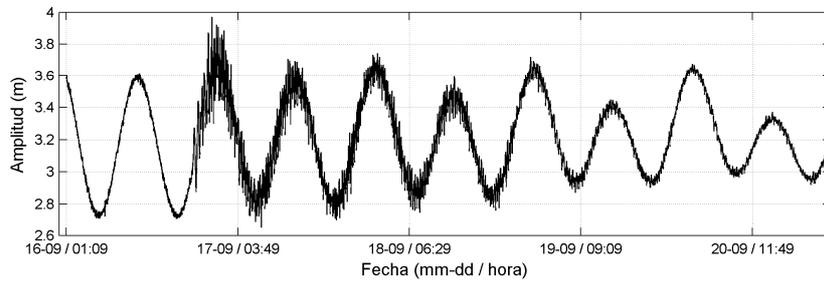
Tsunami 2015
Paposo



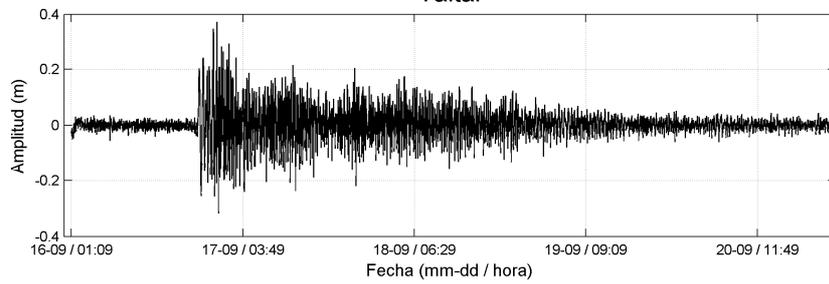
Tsunami 2015
Paposo



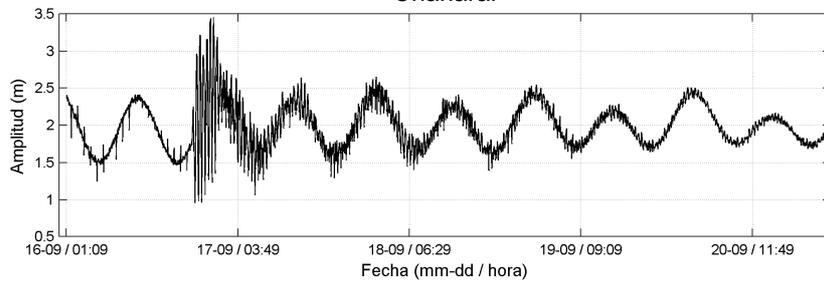
Tsunami 2015
Taltal



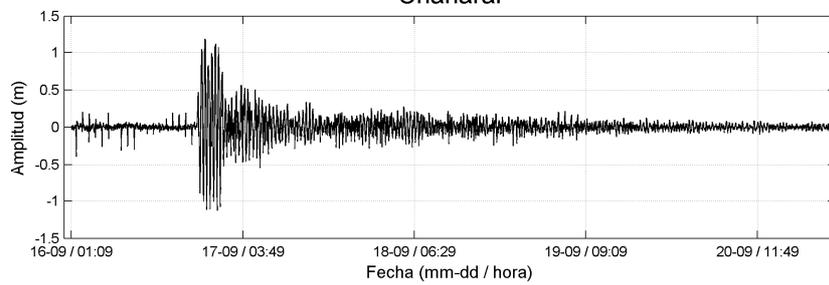
Tsunami 2015
Taltal



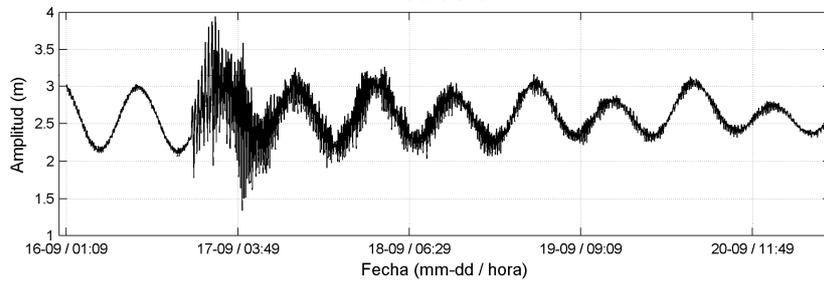
Tsunami 2015
Chañaral



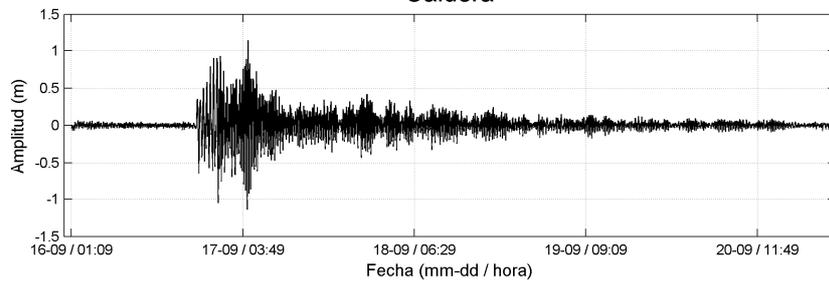
Tsunami 2015
Chañaral



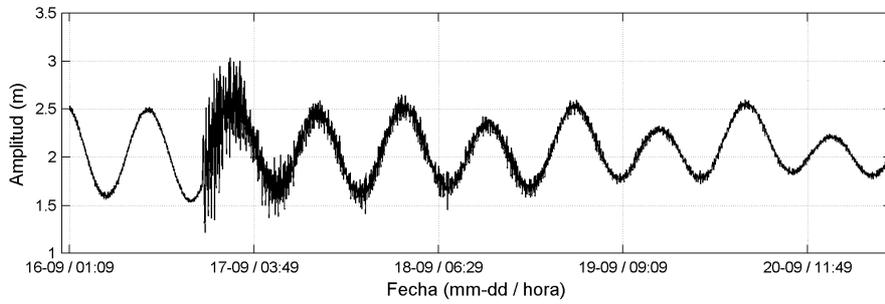
Tsunami 2015
Caldera



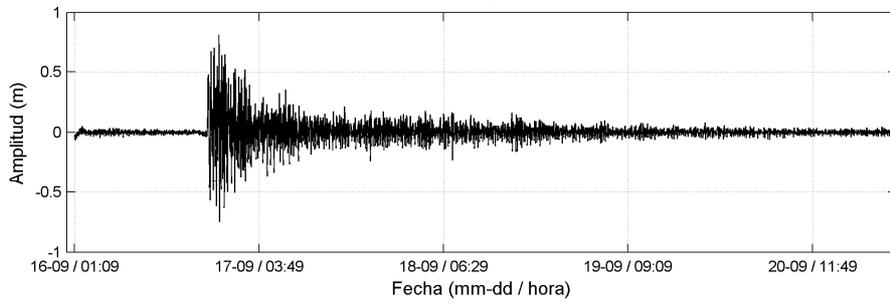
Tsunami 2015
Caldera



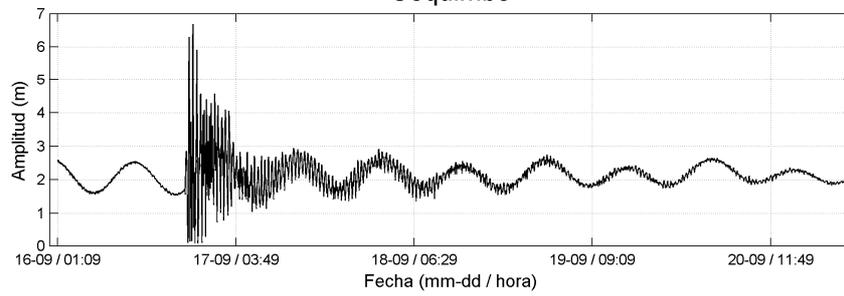
Tsunami 2015
Huasco



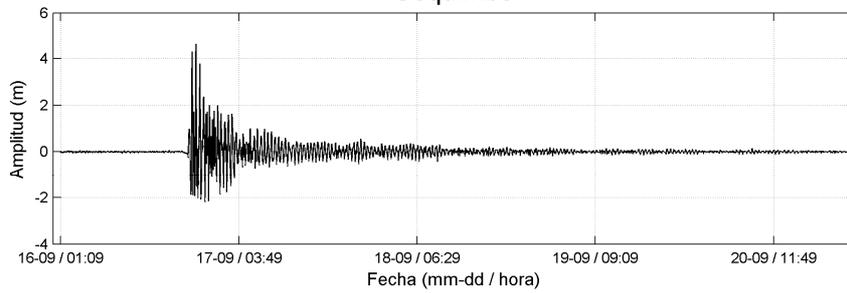
Tsunami 2015
Huasco



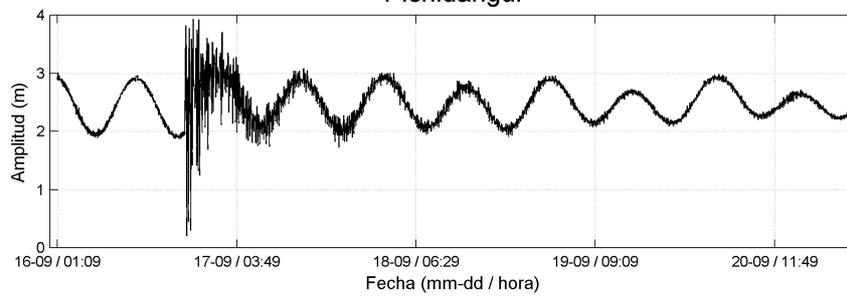
Tsunami 2015
Coquimbo



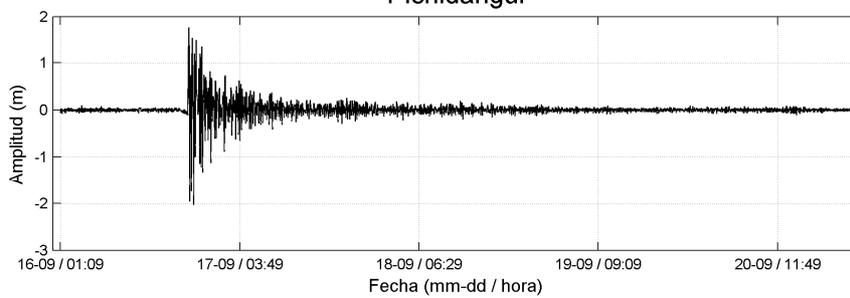
Tsunami 2015
Coquimbo



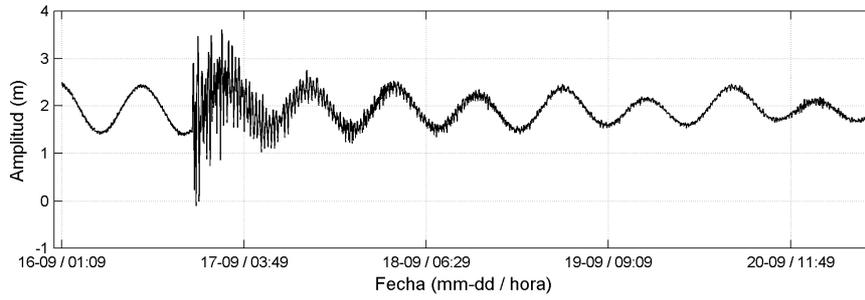
Tsunami 2015
Pichidangui



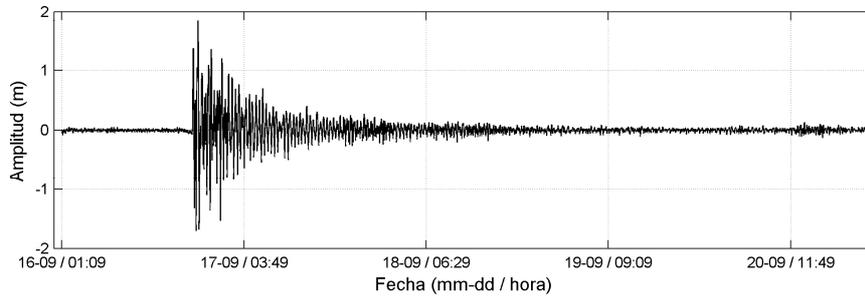
Tsunami 2015
Pichidangui



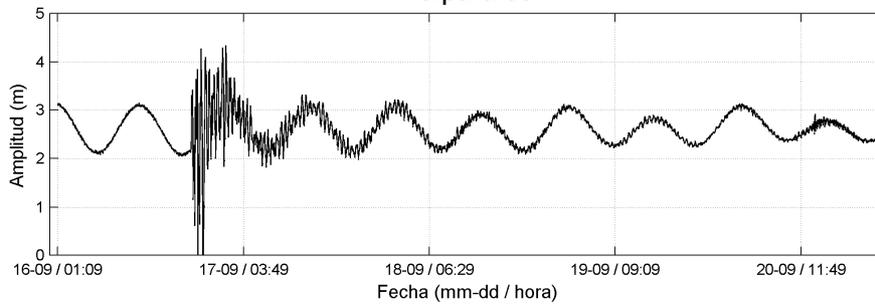
Tsunami 2015
Quintero



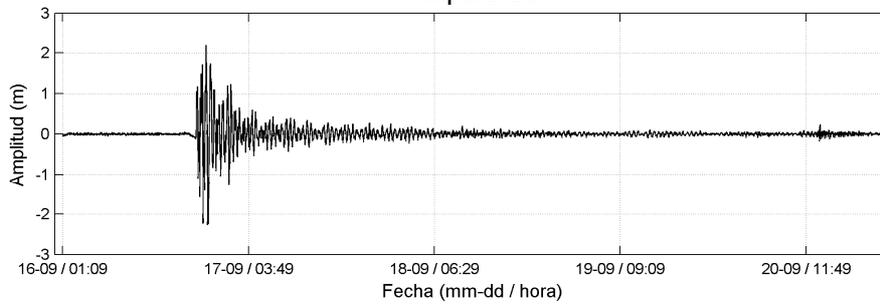
Tsunami 2015
Quintero



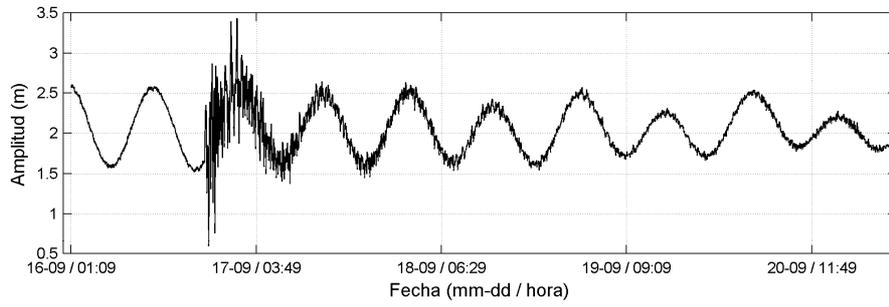
Tsunami 2015
Valparaíso



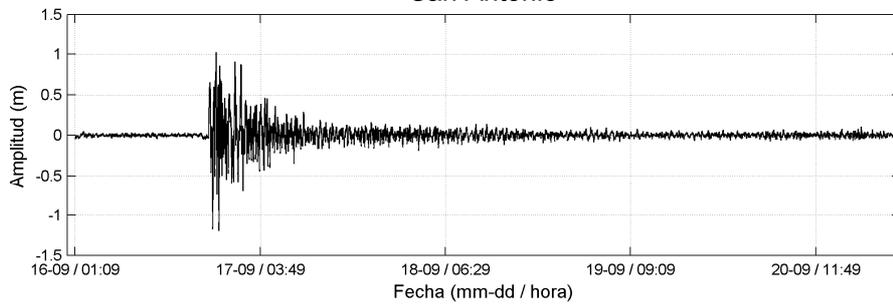
Tsunami 2015
Valparaíso



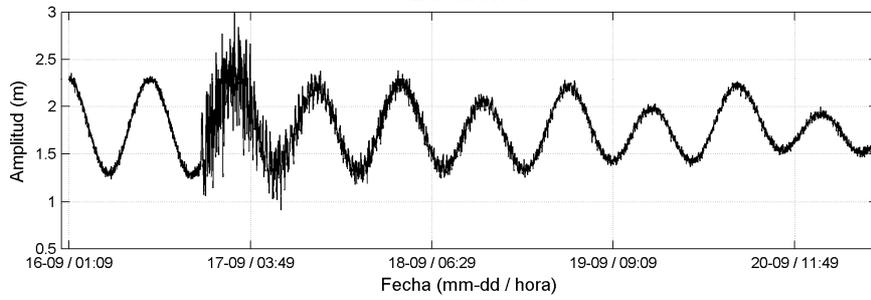
Tsunami 2015
San Antonio



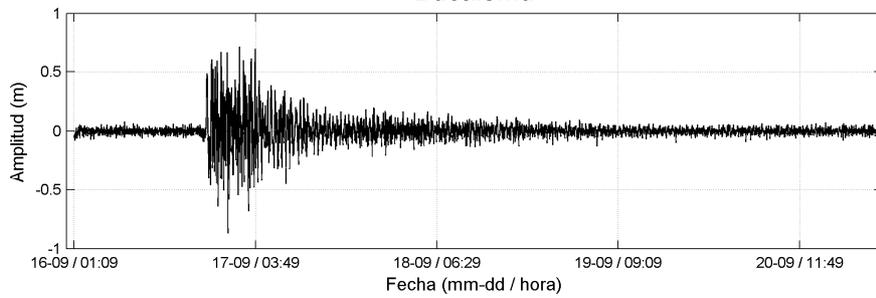
Tsunami 2015
San Antonio



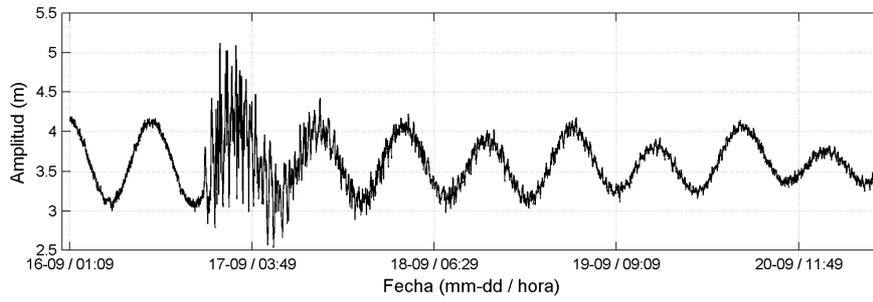
Tsunami 2015
Bucalemu



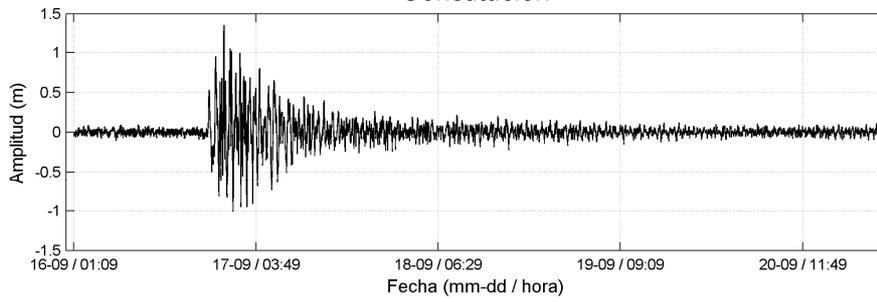
Tsunami 2015
Bucalemu



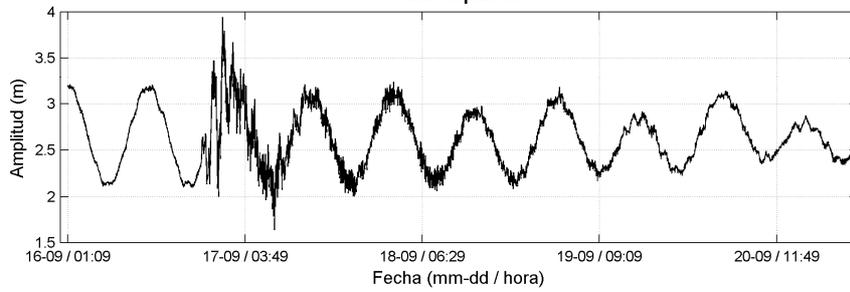
Tsunami 2015
Constitucion



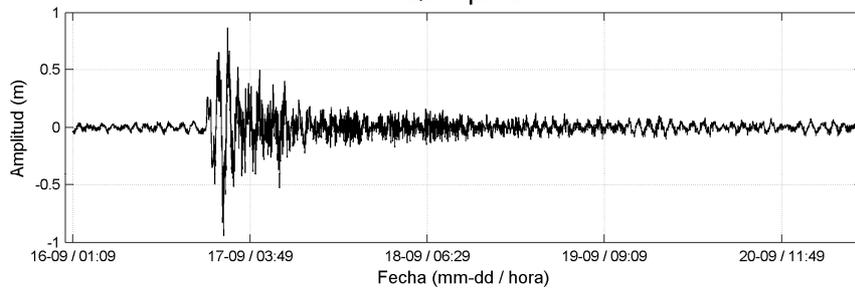
Tsunami 2015
Constitucion



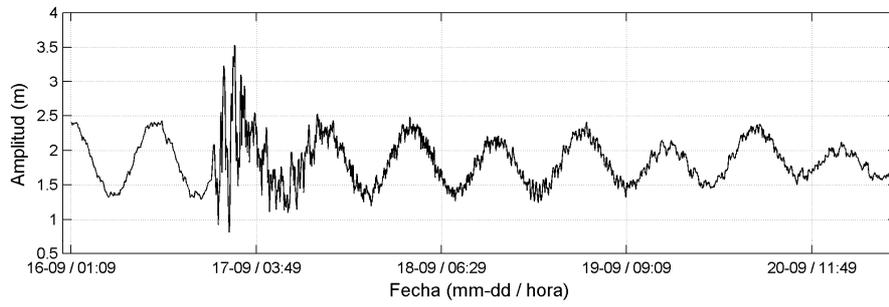
Tsunami 2015
Quiriquina



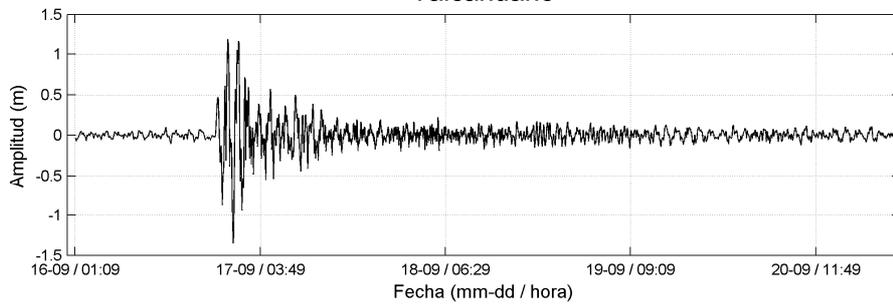
Tsunami 2015
Quiriquina



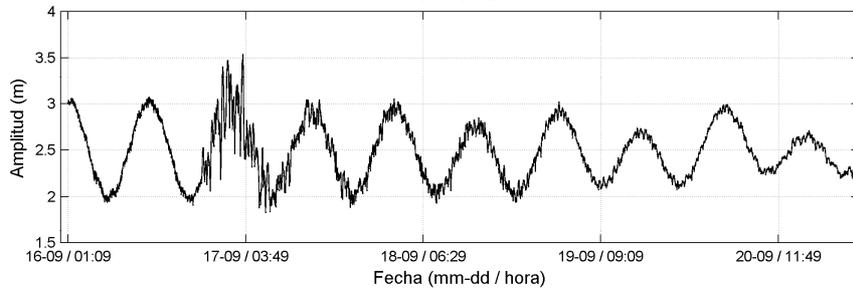
Tsunami 2015
Talcahuano



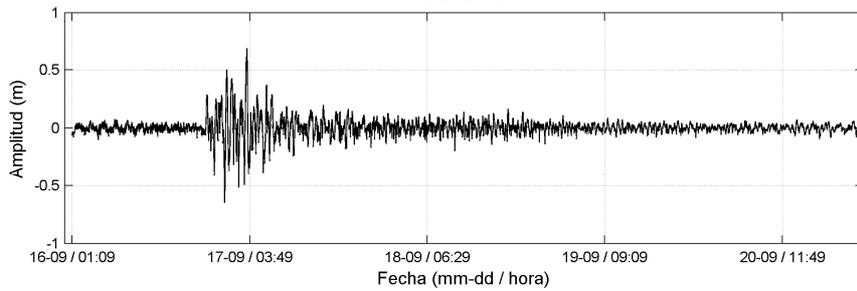
Tsunami 2015
Talcahuano



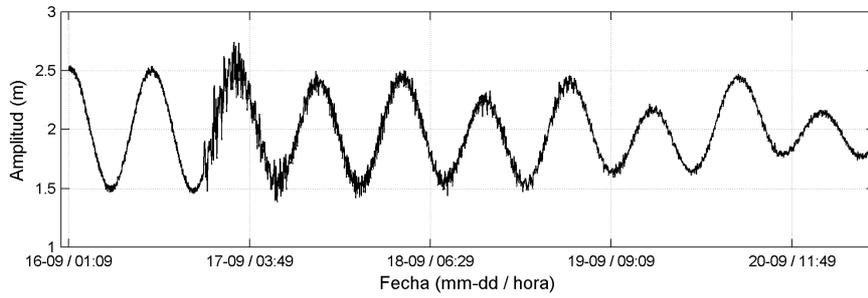
Tsunami 2015
Coronel



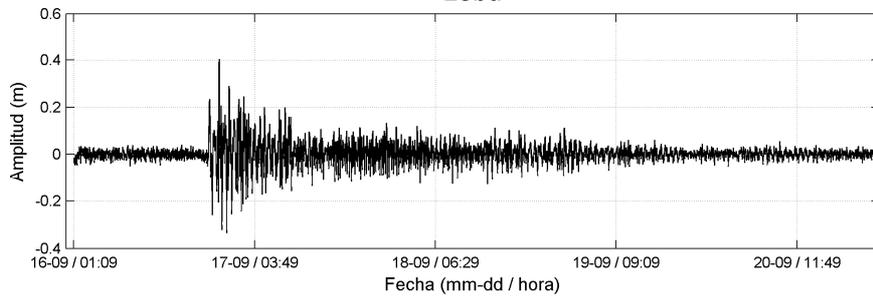
Tsunami 2015
Coronel



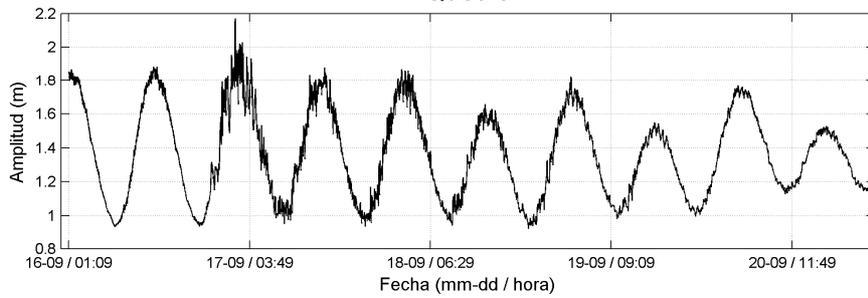
Tsunami 2015
Lebu



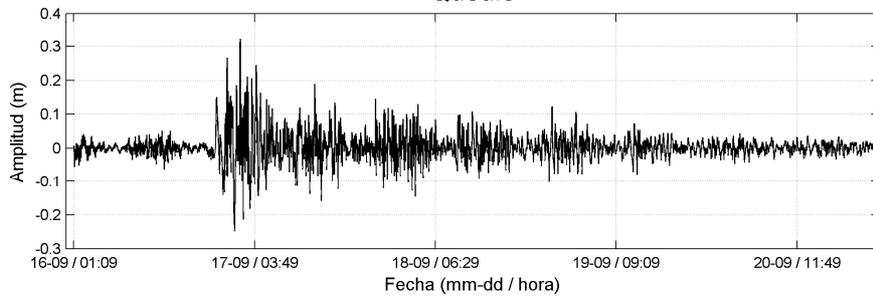
Tsunami 2015
Lebu



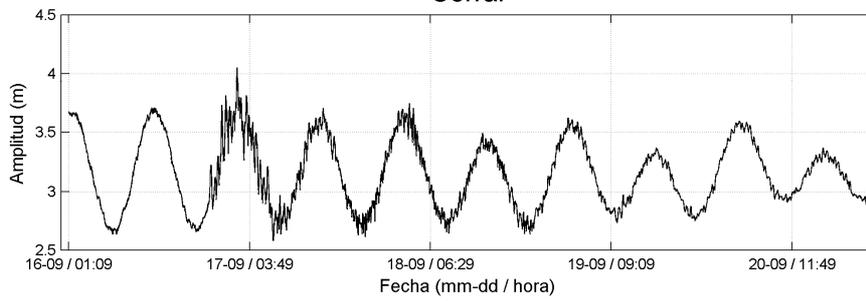
Tsunami 2015
Queule



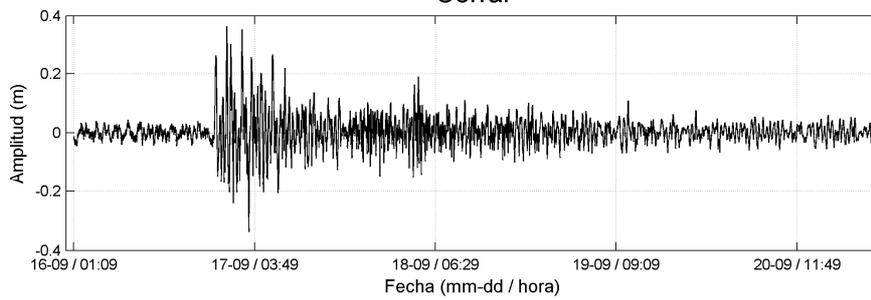
Tsunami 2015
Queule



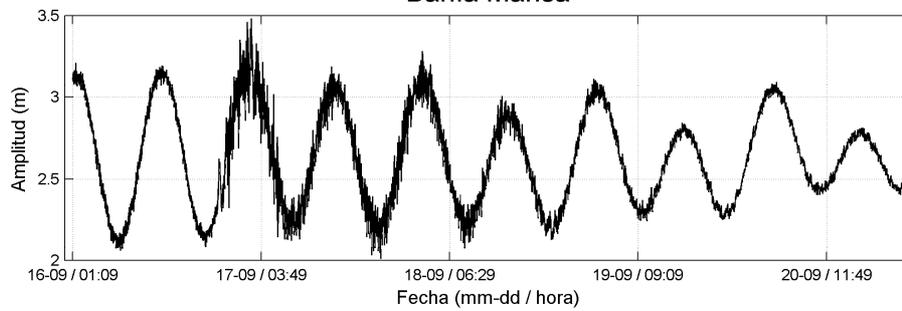
Tsunami 2015
Corral



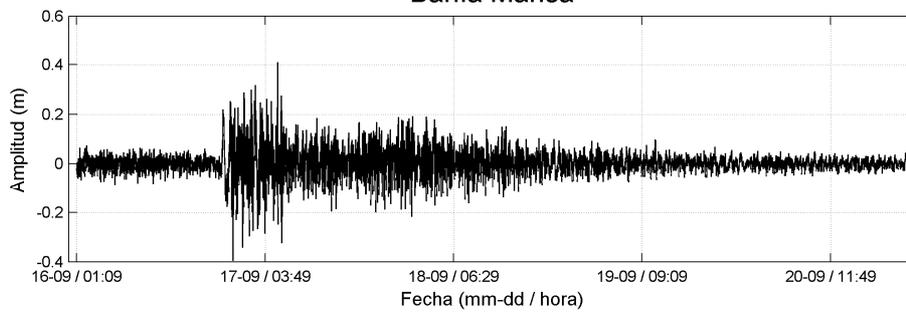
Tsunami 2015
Corral



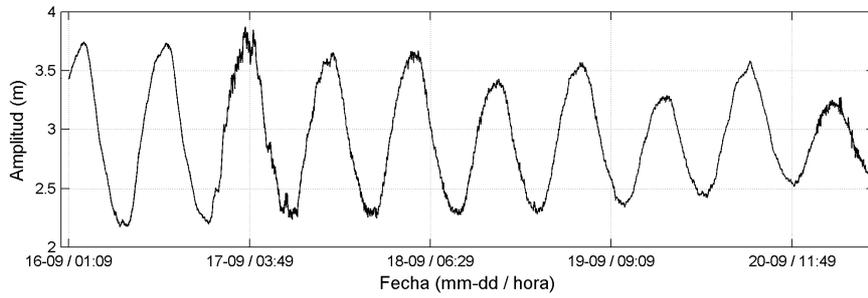
Tsunami 2015
Bahía Mansa



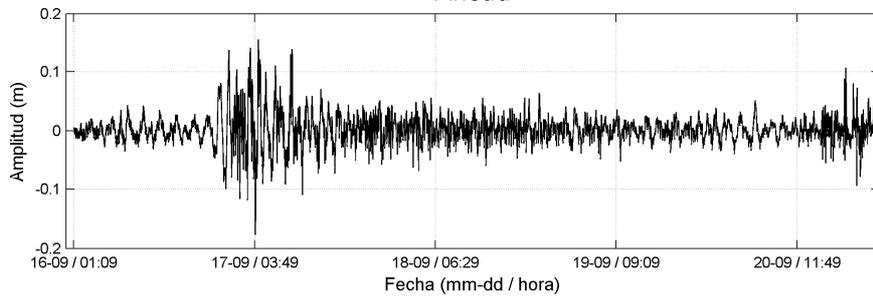
Tsunami 2015
Bahía Mansa



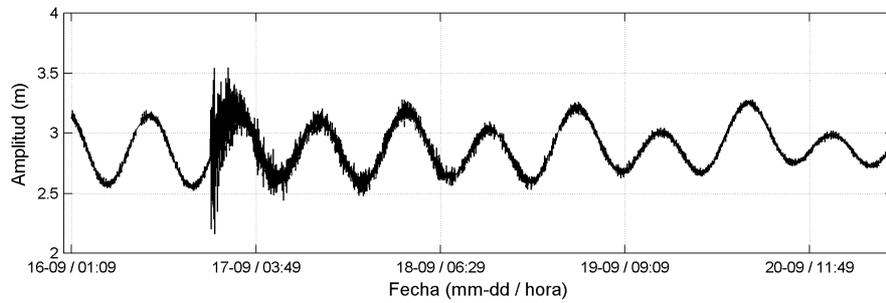
Tsunami 2015
Ancud



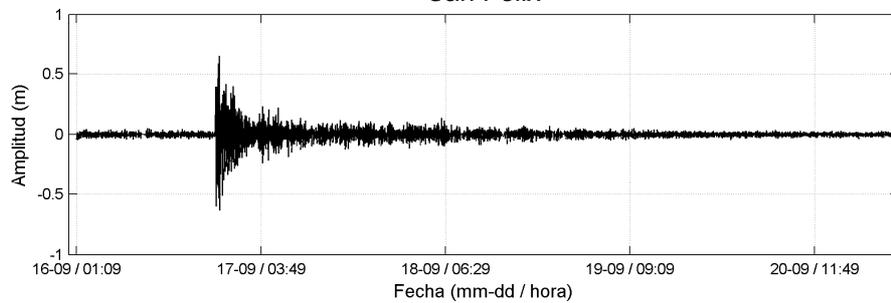
Tsunami 2015
Ancud



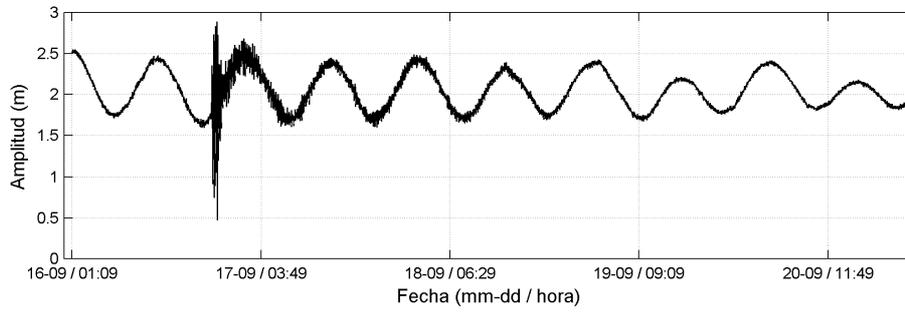
Tsunami 2015
San Félix



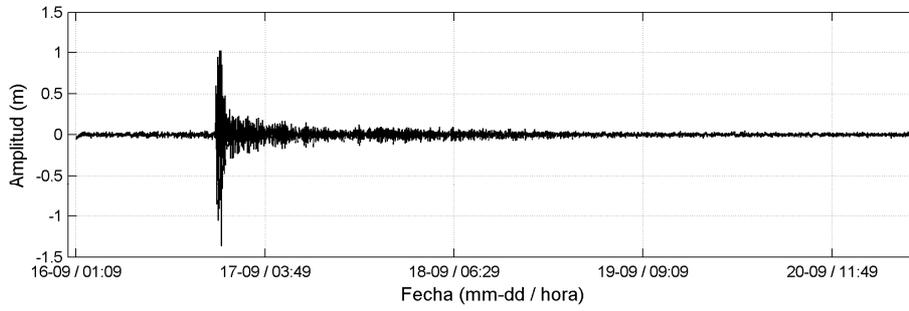
Tsunami 2015
San Félix



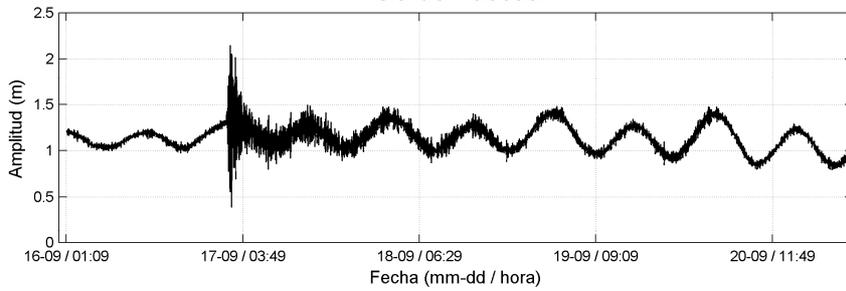
Tsunami 2015
Juan Fernández



Tsunami 2015
Juan Fernández



Tsunami 2015
Isla de Pascua



Tsunami 2015
Isla de Pascua

