



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Evaluación de la sismicidad asociada a los eventos sísmicos mayores
a Mw 7.0 en los últimos 25 años en América del Sur.**

Autora:

Endara Molina, Samantha Pamela

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

ING. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

15 de marzo del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Endara Molina, Samantha Pamela**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____
Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, M.Sc.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Endara Molina, Samantha Pamela**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de la sismicidad asociada a los eventos sísmicos mayores a Mw 7.0 en los últimos 25 años en América del Sur**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021

LA AUTORA

f. _____
Endara Molina, Samantha Pamela



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, Endara Molina, Samantha Pamela

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de la sismicidad asociada a los eventos sísmicos mayores a Mw 7.0 en los últimos 25 años en América del Sur**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021

LA AUTORA:

f. _____
Endara Molina, Samantha Pamela

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: ENDARA_PROYECTO DE TITULACIÓN2021.pdf (D97927829)
Submitted: 3/11/2021 8:11:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 7 %

Sources included in the report:

denisse PAPER-TERREMOTOS-EN-AMERICA-1.docx (D25460437)
leonleonedisonjavier_90361_4228795_RIESGO SISMICO - SISMO DE PISCO 2007.pdf (D93365748)
PINARGOTE E_VERA B_TRABAJO_TITULACIÓN_ESTRUCTURAS_INGENIERIA_AGOSTO_2018.docx (D54789306)
<https://www.csn.uchile.cl/centro-sismologico-nacional/quienes-somos/>
<https://www.gob.pe/4142-instituto-geofisico-del-peru-que-hacemos>
<https://pubs.usgs.gov/of/2015/1031/e/>
https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/20191202-ocha-desastres_naturales2.pdf
<https://peru21.pe/ciencia/mercalli-modificada-escala-sismica-mide-intensidad-dano-sismo-480588-noticia/>
<https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/3185/ramos2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/1310/tesisGuardia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://docplayer.es/116322011-Facultad-de-Ingenieria-carrera-ingenieria-civil.html>

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por brindarme los espacios académicos para formarme profesionalmente, a la Facultad de Ingeniería, por dotarme de las herramienta técnicas y metodológicas necesarias para el desempeño profesional de mi carrera, al personal docente quienes supieron impregnar sus conocimientos a través de un proceso didáctico para el cumplimiento de los objetivos académicos. A la M.Sc. Ingeniera Estefany Alcívar, directora de la carrera de Ingeniería Civil de nuestra Alma Mater, quien coordinó los procesos académicos para el fiel cumplimiento de los propósitos de la carrera de Ingeniería. Finalmente agradecer al M.Sc. Ingeniero Guillermo Ponce quien con su acertada dirección en la Tutoría del trabajo de Tesis pudimos culminar satisfactoriamente el presente trabajo de titulación.

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis dedico primero a Dios por dotarme de cualidades humanas como habilidades, destrezas, aptitudes y actitudes y otras virtudes permitiéndome formarme como persona, a mis padres, Francisco y Paulina quienes no escatimaron esfuerzo alguno sino que con el amor y sacrificio me dieron la oportunidad de adquirir esta profesión, a mi hermano Luis y mi prima Gaby quienes fueron un apoyo emocional en el día a día de mi historia vivencial en la universidad y en el seno familiar, a mis abuelitos y tías por preocuparse por mi salud integral.

Un agradecimiento especial a mi perrito wick mi fiel acompañante en mis noches de desvelo ocasionadas por mis estudios.

Finalmente, a mis compañeros que compartieron sus experiencias académicas y de amistad.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. CHON DÍAZ, CARLOS, M.Sc.

DECANO

f. _____

ING. BARROS CABEZAS, JOSÉ ANDRES, M.Sc.

COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

ING., CASAL RODRÍGUEZ, XAVIER FEDERICO M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.1.1 Objetivo general | 3 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.3 ALCANCE | 3 |
| 1.4 METODOLOGIA | 3 |
| CAPÍTULO II | 4 |
| 2.1 MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1.1 La tectónica de América del sur..... | 4 |
| 2.2 Escala de sismos e intensidades | 7 |
| 2.2.1 Escala momento magnitud (Mw)..... | 7 |
| 2.2.2 Escala de Richter..... | 7 |
| 2.2.3 Escala Mercalli..... | 8 |
| 2.3 Instituciones fuentes de información..... | 11 |
| 2.3.1 UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS)..... | 11 |
| 2.3.2 CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL CSN..... | 12 |
| 2.3.3 INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (IG-EPN) | 13 |
| 2.3.4 INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)..... | 14 |
| CAPÍTULO III..... | 16 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1 | Recopilación de datos..... | 16 |
| 3.1.1 | Sismo Chile 30 de julio 1995..... | 17 |
| 3.1.2 | Sismo Ecuador 03 de octubre 1995..... | 20 |
| 3.1.3 | Sismo Chile 14 de octubre 1997..... | 22 |
| 3.1.4 | Sismo Chile 30 de enero 1998..... | 25 |
| 3.1.5 | Sismo Ecuador 04 de agosto 1998..... | 27 |
| 3.1.6 | Sismo Perú 23 de junio 2001..... | 29 |
| 3.1.7 | Sismo Chile 13 de junio 2005..... | 31 |
| 3.1.8 | Sismo Perú 25 de septiembre 2005..... | 34 |
| 3.1.9 | Sismo Perú 15 de agosto 2007..... | 36 |
| 3.1.10 | Sismo Chile 14 de noviembre 2007..... | 39 |
| 3.1.11 | Sismo Chile 27 de febrero 2010..... | 42 |
| 3.1.12 | Sismo Ecuador 12 de agosto 2010..... | 44 |
| 3.1.13 | Sismo Colombia 30 de septiembre 2012..... | 46 |
| 3.1.14 | Sismo Chile 01 de abril 2014..... | 49 |
| 3.1.15 | Sismo Chile 16 de septiembre 2015..... | 51 |
| 3.1.16 | Sismo Ecuador 16 de abril 2016..... | 54 |
| 3.1.17 | Sismo Chile 25 de diciembre 2016..... | 57 |
| 3.1.18 | Sismo Perú 14 de enero 2018..... | 60 |
| 3.1.19 | Sismo Perú 26 de mayo 2019..... | 63 |
| 3.1.20 | Sismo Ecuador 22 de febrero 2019..... | 64 |
| 3.1.21 | Sismo Chile 01 de septiembre 2020..... | 67 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO IV..... | 71 |
| 4.1 Esquemas de Magnitud en escala de Richter (Mw) vs el número de réplicas de cada evento sísmico..... | 71 |
| 4.2 Esquemas de Magnitud en escala Mw vs La diferencia de tiempo en horas de cada réplica transcurridas luego del evento principal. | 74 |
| 4.2.1 Esquemas de recurrencia en sismos de magnitud Mw 7,0 a 7,9..... | 85 |
| 4.2.2 Esquemas de recurrencia en sismos de magnitud Mw 8,0 a 8.9..... | 87 |
| CAPÍTULO V..... | 90 |
| 5.1 CONCLUSIONES..... | 90 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 91 |
| 6 BIBLIOGRAFÍA | 92 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| <i>Ilustración 1. Parte del anillo de fuego ubicado en Sudamérica. Fuente: (OCHOA, 2019)</i> | 4 |
| Ilustración 2. <i>Mapa del movimiento tectónico de Sudamérica. Fuente: United States Geological Survey</i> | 6 |
| <i>Ilustración 3. Página de inicio USGS. Fuente: United States Geological Survey</i> | 12 |
| <i>Ilustración 4. . Página de inicio CNS. Fuente: Centro Sismológico Nacional</i> | 13 |
| <i>Ilustración 5. Página de inicio IG-EPN. Fuente: Instituto geofísico escuela politécnica nacional</i> | 14 |
| <i>Ilustración 6. Página de inicio IPG. Fuente: Instituto Geofísico del Perú</i> | 15 |
| <i>Ilustración 7. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 17 |
| <i>Ilustración 8. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 18 |
| <i>Ilustración 9. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 19 |
| <i>Ilustración 10. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 19 |
| <i>Ilustración 11. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 20 |
| <i>Ilustración 12. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 21 |
| <i>Ilustración 13. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 21 |
| <i>Ilustración 14 Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 22 |
| <i>Ilustración 15. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 23 |
| <i>Ilustración 16. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 23 |
| <i>Ilustración 17. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS</i> | 24 |
| <i>Ilustración 18. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 24 |
| <i>Ilustración 19. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 25 |
| <i>Ilustración 20. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 26 |

| | |
|--|----|
| <i>Ilustración 21. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 26 |
| <i>Ilustración 22. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 27 |
| <i>Ilustración 23. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 28 |
| <i>Ilustración 24. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 28 |
| <i>Ilustración 25. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 29 |
| <i>Ilustración 26. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 30 |
| <i>Ilustración 27. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 30 |
| <i>Ilustración 28. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 31 |
| <i>Ilustración 29: Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 32 |
| <i>Ilustración 30. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 32 |
| <i>Ilustración 31. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 33 |
| <i>Ilustración 32. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 34 |
| <i>Ilustración 33. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 35 |
| <i>Ilustración 34. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 35 |
| <i>Ilustración 35. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 36 |
| <i>Ilustración 36. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 37 |
| <i>Ilustración 37. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 38 |
| <i>Ilustración 38. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 38 |

| | |
|--|----|
| <i>Ilustración 39. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 39 |
| <i>Ilustración 40. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 40 |
| <i>Ilustración 41. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 41 |
| <i>Ilustración 42. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 41 |
| <i>Ilustración 43. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 42 |
| <i>Ilustración 44. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 43 |
| <i>Ilustración 45. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 43 |
| <i>Ilustración 46. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 44 |
| <i>Ilustración 47. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 45 |
| <i>Ilustración 48. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 45 |
| <i>Ilustración 49. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS</i> | 46 |
| <i>Ilustración 50. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 47 |
| <i>Ilustración 51. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 47 |
| <i>Ilustración 52. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 48 |
| <i>Ilustración 53. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 48 |
| <i>Ilustración 54. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 49 |
| <i>Ilustración 55. Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 50 |
| <i>Ilustración 56. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS</i> | 50 |

| | |
|--|----|
| <i>Ilustración 57. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 51 |
| <i>Ilustración 58. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 52 |
| <i>Ilustración 59. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 52 |
| <i>Ilustración 60. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 53 |
| <i>Ilustración 61. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 54 |
| <i>Ilustración 62. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 55 |
| <i>Ilustración 63. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 55 |
| <i>Ilustración 64. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS</i> | 56 |
| <i>Ilustración 65. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 56 |
| <i>Ilustración 66. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 57 |
| <i>Ilustración 67. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS</i> | 58 |
| <i>Ilustración 68. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 59 |
| <i>Ilustración 69. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 59 |
| <i>Ilustración 70. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 60 |
| <i>Ilustración 71. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 61 |
| <i>Ilustración 72. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 62 |
| <i>Ilustración 73. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 62 |
| <i>Ilustración 74. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 63 |

| | |
|--|----|
| <i>Ilustración 75. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 64 |
| <i>Ilustración 76. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 65 |
| <i>Ilustración 77. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 65 |
| <i>Ilustración 78. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 66 |
| <i>Ilustración 79. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 67 |
| <i>Ilustración 80. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.</i> | 68 |
| <i>Ilustración 81. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 68 |
| <i>Ilustración 82. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.</i> | 69 |
| <i>Ilustración 83. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.</i> | 70 |
| <i>Ilustración 84. Primer resultado obtenido de las recurrencias de magnitudes vs cantidades de réplicas.</i> | 72 |
| <i>Ilustración 85. Segundo resultado obtenido de las recurrencias de magnitudes vs cantidades de réplicas descartando datos.</i> | 73 |
| <i>Ilustración 86. Tercer resultado obtenido de las recurrencias de magnitudes vs cantidades de réplicas descartando datos.</i> | 74 |
| <i>Ilustración 87. Esquema de recurrencia del Sismo 1995-07-30 Chile, Antofagasta</i> | 75 |
| <i>Ilustración 88. Esquema de recurrencia del Sismo 2001-06-23 Perú, Arequipa</i> | 76 |
| <i>Ilustración 89. Esquema de recurrencia del Sismo 2007-08-15 Perú, Pisco</i> | 77 |
| <i>Ilustración 90. Esquema de recurrencia del Sismo 2007-11-14 Chile, Tocopilla</i> | 78 |
| <i>Ilustración 91. Esquema de recurrencia del Sismo 2010-02-27 Chile, Maule</i> | 79 |
| <i>Ilustración 92. Esquema de recurrencia del Sismo 2014-04-01 Chile, Iquique</i> | 80 |
| Ilustración 93. Esquema de recurrencia del Sismo 2015-09-16 Chile, Canela Baja. | 81 |
| <i>Ilustración 94. Esquema de recurrencia del Sismo 2016-04-16 Ecuador, Pedernales</i> | 82 |
| <i>Ilustración 95. Esquema de recurrencia del Sismo 2016-12-25 Chile, Quellón</i> | 83 |
| <i>Ilustración 96. Esquema de recurrencia del Sismo 2020-09-01 Chile, Huasco</i> | 84 |
| <i>Ilustración 97. Esquema de recurrencia de sismos en intervalo de 7,0 a 7,9 magnitud</i> | 85 |
| <i>Ilustración 98. Esquema de recurrencia de sismos en intervalo de 8,0 a 8,9 magnitud</i> | 87 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Tabla traducida de Escala de Mercalli.</i> | 9 |
| <i>Tabla 2. Lista de sismos de los últimos 25 años en Sudamérica.</i> | 16 |
| <i>Tabla 5. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 1995-07-30</i> | 20 |
| <i>Tabla 6 Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Ecuador de 1995-10-03.</i> | 22 |
| <i>Tabla 7. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 1997-10-14</i> | 25 |
| <i>Tabla 8. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 1998-01-30</i> | 27 |
| Tabla 9. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Perú de 2001-06-23 | 31 |
| <i>Tabla 10. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2005-06-13</i> | 34 |
| <i>Tabla 11. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Perú de 2007-08-15</i> | 38 |
| <i>Tabla 12. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2007-11-14</i> | 42 |
| <i>Tabla 13. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2010-02-27</i> | 44 |
| <i>Tabla 14. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Colombia de 2012-09-30</i> | 49 |
| <i>Tabla 15. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2014-04-01</i> | 51 |
| <i>Tabla 16. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2015-09-16</i> | 54 |
| <i>Tabla 17. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Ecuador de 2016-04-16</i> | 57 |
| <i>Tabla 18. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2016-12-25</i> | 60 |
| <i>Tabla 19. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Perú de 2018-01-14</i> | 63 |
| <i>Tabla 21. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Ecuador de 2019-02-22</i> | 67 |
| <i>Tabla 22. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2020-09-01</i> | 70 |

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 23. Listado de magnitudes y cantidad de réplicas de los sismos en América del Sur de los últimos 25 años.</i> | 71 |
| <i>Tabla 24. Listado de magnitudes y cantidad de réplicas de los sismos en América del Sur de los últimos 25 años descartando datos subrayados en la tabla 23.</i> | 72 |
| <i>Tabla 25. Listado de magnitudes y cantidad de réplicas de los sismos en América del Sur de los últimos 25 años descartando datos subrayados en la tabla 24.</i> | 73 |
| <i>Tabla 23. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 1995-07-30 Chile, Antofagasta.</i> | 75 |
| <i>Tabla 24. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2001-06-23 Perú, Arequipa</i> | 76 |
| <i>Tabla 25. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2007-08-15 Perú, Oeste de Pisco</i> | 77 |
| <i>Tabla 26. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2007-11-14 Chile, 40 km al suroeste de Tocopilla</i> | 78 |
| <i>Tabla 27. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2010-02-27 Chile, Maule</i> | 79 |
| <i>Tabla 28. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2014-04-01 Chile, Iquique</i> | 80 |
| <i>Tabla 29. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2015-09-16 Chile, Canela Baja</i> | 81 |
| <i>Tabla 30. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2016-04-16 Ecuador, Pedernales</i> | 82 |
| <i>Tabla 31. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2016-12-25 Chile, 28 km al suroeste de Quellón</i> | 83 |
| <i>Tabla 32. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2020-09-01 Chile, 55 km al norte de Huasco</i> | 84 |
| <i>Tabla 33. Datos utilizados para elaborar el esquema de recurrencia de sismos entre 7,0 a 7,9 de magnitud</i> | 86 |
| <i>Tabla 34. Datos utilizados para elaborar el esquema de recurrencia de sismos entre 7,0 a 7,9 de magnitud</i> | 88 |

RESUMEN

La costa occidental de América del Sur es una de las zonas más sismogénicas del mundo ya que se encuentra dentro del 'Anillo de Fuego', situado a lo largo del Océano Pacífico caracterizándose por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica registrando más de la cuarta parte (25%) de los terremotos de magnitud 8,0 o mayor del mundo, y ha sido testigo de enormes pérdidas a lo largo de la historia registrada. La mayoría de los grandes terremotos en América del Sur están limitados a profundidades poco profundas de 0 a 70 km resultantes al deslizamiento a lo largo de la interfaz de inmersión entre las placas de Nazca y Sudamericana, este proceso de subducción es responsable de la elevación de la cordillera de los Andes, y de la cadena volcánica activa. Estudios sismológicos identificaron grandes zonas a lo largo de la costa de Ecuador, Perú y el norte de Chile, donde existe la posibilidad de ocurrir terremotos de gran magnitud que puedan alcanzar hasta 9,0Mw o mayores. La recurrencia de un sismo importante está acompañada de varios eventos, algunos premonitores y una serie de réplicas, estas pueden extenderse varios años, mientras siga liberando energía el área sísmica, aunque esta se irá disminuyendo de forma paulatina. Las pérdidas humanas y financieras futuras pueden mitigarse mediante la toma de decisiones informadas basadas en dónde pueden ocurrir futuros terremotos, con qué frecuencia podrían ocurrir, su magnitud y eventos asociados. En el presente trabajo primero se creará una base de datos según registros de los sismos ocurridos en los países de Chile, Ecuador, Colombia y Perú en los últimos 25 años y todas sus réplicas mayores a 5 Mw posteriores a 5 meses del evento principal y se realizaran los esquemas probabilísticos de recurrencia de réplicas.

Palabras Claves: (Evento principal, réplica, magnitud, intensidad, recurrencia, Sudamérica)

ABSTRACT

The western coast of South America is one of the most seismic areas in the world as it is located within the 'Ring of Fire', located along the Pacific Ocean characterized by concentrating some of the world's most important subduction zones, resulting in intense seismic and volcanic activity registering more than a quarter (25%) earthquakes of magnitude 8.0 or greater in the world, and has witnessed huge losses throughout recorded history. Most major earthquakes in South America are limited to shallow depths of 0 to 70 km resulting from sliding along the immersion interface between the Nazca and South American plates, this subduction process is responsible for the elevation of the Andes mountain range, and the active volcanic chain. Seismological studies identified large areas along the coast of Ecuador, Peru and northern Chile, where there is the possibility of large-scale earthquakes that can reach up to 9.0Mw or higher. The occurrence of an important is accompanied by several events, some foreshocks and a series of aftershocks, these can extend several years, as long as it continues to release energy from the seismic area, although it will gradually decrease. Future human and financial losses can be mitigated by informed decision-making based on where future earthquakes can occur, how often they could occur, their magnitude, and associated events. In this paper, a database will first be created according to records of earthquakes that occurred in the countries of Chile, Ecuador, Colombia and Peru in the last 25 years and all their aftershocks greater than 5 Mw after 5 months of the main event, probabilistic aftershocks recurrence schemes will be carried out.

Keys Words: (Mainshocks, aftershock, *magnitude, intensity, recurrence, South america*)

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La actividad sísmica presente en Sudamérica tiene su origen principalmente en el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. En relación con la placa fija de América del Sur, la placa de Nazca se mueve ligeramente hacia el norte hacia el este a una velocidad que varía de aproximadamente 80 milímetros/año (mm/año) en el sur, a aproximadamente 65 mm / año en el norte (Hayes, Smoczyk, Benz, Furlong, & Villaseñor, 2015); aunque la velocidad de subducción de todo el arco no cambia mucho, todo el proceso geológico tiene cambios complejos a lo largo de la zona de subducción que influyen dramáticamente en la actividad volcánica, la deformación de la corteza, la generación de terremotos y la recurrencia a lo largo del borde occidental de América del Sur.

No existe una forma precisa de proporcionar una alerta temprana procesable en cuanto a un terremoto, pero podemos hacer muchas cosas para reducir las consecuencias y poder afrontar los peligros que suponen, para ello, se debe estudiarlos y comprender cómo funcionan. Las escalas que se utilizan para medir los terremotos son: intensidad y Magnitud basado en una escala logarítmica base10, lo que significa que, para cada aumento del número de magnitud, la amplitud en el suelo aumenta diez veces, su profundidad también es una característica importante que determina cuánto daño este puede causar.

La ocurrencia de un sismo importante está acompañada de varios eventos, algunos premonitores y una serie de réplicas, es habitual que los extremos de las zonas de ruptura, tras un gran terremoto, concentren la mayor cantidad de réplicas, cuya cantidad y magnitudes son normales después de un movimiento telúrico. Estos eventos complementarios pueden ser de magnitudes cercanas. Esta realidad indica que las estructuras van a estar sometidas a varios eventos sísmicos en un período de tiempo relativamente corto.

Las réplicas pueden extenderse varios años, mientras siga liberando energía el área sísmica, aunque esta se irá disminuyendo de forma paulatina.

1.2 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Conocer el comportamiento que han tenido las series de eventos cercanos al evento principal en las últimas décadas en los países de la costa del Pacífico de América del Sur.

1.1.2 Objetivos específicos

- Se analizarán los sismos mayores a Mw 7.0 y sus eventos complementarios en los últimos 25 años ocurridos en Colombia, Ecuador, Perú y Chile.
- Permitirá conocer el comportamiento de la sismicidad complementaria al sismo principal y como puede afectar a las estructuras.

1.3 ALCANCE

Se usarán registros sísmicos obtenidos en ciudades cercanas al epicentro del sismo principal.

Se realizarán esquemas probabilísticos de recurrencia de eventos principales según sus réplicas sísmicas con la información recopilada.

1.4 METODOLOGIA

En el presente trabajo se hará una búsqueda en las bases de datos de sismos de Colombia, Ecuador, Perú y Chile creando una lista según los registros obtenidos de los últimos 25 años, y de sus réplicas mayores a 5 Mw posteriores a los 5 meses del evento principal, se revisarán los informes técnicos, páginas web y libros que contengan información sobre los sismos recopilados.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 La tectónica de América del sur

La placa Nazca ocupa gran parte del subsuelo del Pacífico, y su borde de colisión se extiende desde Panamá hasta el sur de Chile, por lo que constantemente se fricciona contra la placa sudamericana, incluida la trinchera en la frontera peruana, donde la corteza oceánica y la litosfera de la placa nazca comienzan su descenso en el manto debajo de América del Sur. La convergencia asociada con el proceso de subducción es responsable del levantamiento de los Andes y la cadena de volcanes activos a lo largo de la mayor parte del frente de deformación. En relación con una placa fija de Sudamérica, la placa Nazca se mueve ligeramente hacia el norte de oeste a una velocidad que varía de aproximadamente 80 mm/año en el sur a aproximadamente 65 mm/año en el norte. Aunque la tasa de subducción varía poco a lo largo de todo el arco, hay cambios complejos en los procesos geológicos a lo largo de la zona de subducción que influyen dramáticamente en la actividad volcánica, la deformación de la corteza, la generación de terremotos y la recurrencia a lo largo del borde occidental de América del Sur.



Ilustración 1. Parte del anillo de fuego ubicado en Sudamérica. Fuente: (OCHOA, 2019)

La mayoría de los grandes terremotos en América del Sur están limitados a profundidades poco profundas de 0 a 70 km como resultado de la deformación de la corteza e interplaca.

Los terremotos de corteza son el resultado de la deformación y la construcción de montañas en la placa primordial de América del Sur y generan terremotos de hasta aproximadamente 50 km.

Los sismos interplaca ocurren debido a deslizamientos a lo largo de la interfaz de inmersión entre las placas de Nazca y Sudamérica, en región son frecuentes y a menudo grandes, y ocurren entre las profundidades de aproximadamente 10 y 70 km, se han producido numerosos terremotos de magnitud 8 o más en esta zona de subducción que fueron seguidos por devastadores tsunamis, como el terremoto M9.5 de 1960 en el sur de Chile, el terremoto más grande registrado instrumentalmente en el mundo. Otros terremotos notables que generan tsunamis superficiales como el terremoto Mw 8.4 Arequipa, Perú de 2007, el terremoto M8.0 de 2007 cerca de Pisco, Perú, y el Mw 8.8 Maule de 2010, terremoto de Chile situado justo al norte del evento de 1960.

Los grandes terremotos de profundidad intermedia entre 70 y 300 km aproximadamente son relativamente limitados en tamaño y extensión espacial en América del Sur, y ocurren dentro de la placa nazca como resultado de la deformación interna de la placa de subducción. Estos terremotos generalmente se juntan bajo el norte de Chile y el suroeste de Bolivia, y bajo el norte de Perú y el sur de Ecuador son más pequeños, con profundidades entre 110 y 130 km. Un ejemplo de este tipo es el terremoto de Tarapacá (Iquique) Mw 7.8 de 2005.

Los terremotos también se pueden generar a profundidades superiores a 600 km como resultado de la continua deformación interna de la placa de Nazca, los terremotos en esta región ocurren a profundidades de 500 a 650 km y se concentran en dos zonas: una que corre bajo la frontera entre Perú y Brasil y otra que se extiende desde el centro de Bolivia hasta el centro de Argentina. Estos terremotos generalmente no exhiben grandes magnitudes

Las regiones de profundidad intermedia de la placa de subducción nazca se pueden segmentar en cinco secciones en función de su ángulo de subducción debajo de la

placa de Sudamérica. Tres segmentos se caracterizan por una subducción de inmersión pronunciada; los otros dos por subducción casi horizontal. La placa de Nazca debajo del norte de Ecuador, el sur de Perú hasta el norte de Chile y el sur de Chile descenden en el manto en ángulos de 25° a 30°. Por el contrario, la losa debajo del sur de Ecuador hasta el centro de Perú, y bajo el centro de Chile, está subductando en un ángulo poco profundo de aproximadamente 10° o menos. En estas regiones de subducción de "losa plana", la placa nazca se mueve horizontalmente durante varios cientos de kilómetros antes de continuar su descenso hacia el manto, y está sombreada por una extensa zona de sismicidad de la corteza en la excesiva placa de Sudamérica. Texto basado en: (Hayes, Smoczyk, Benz, Furlong, & Villaseñor, 2015).

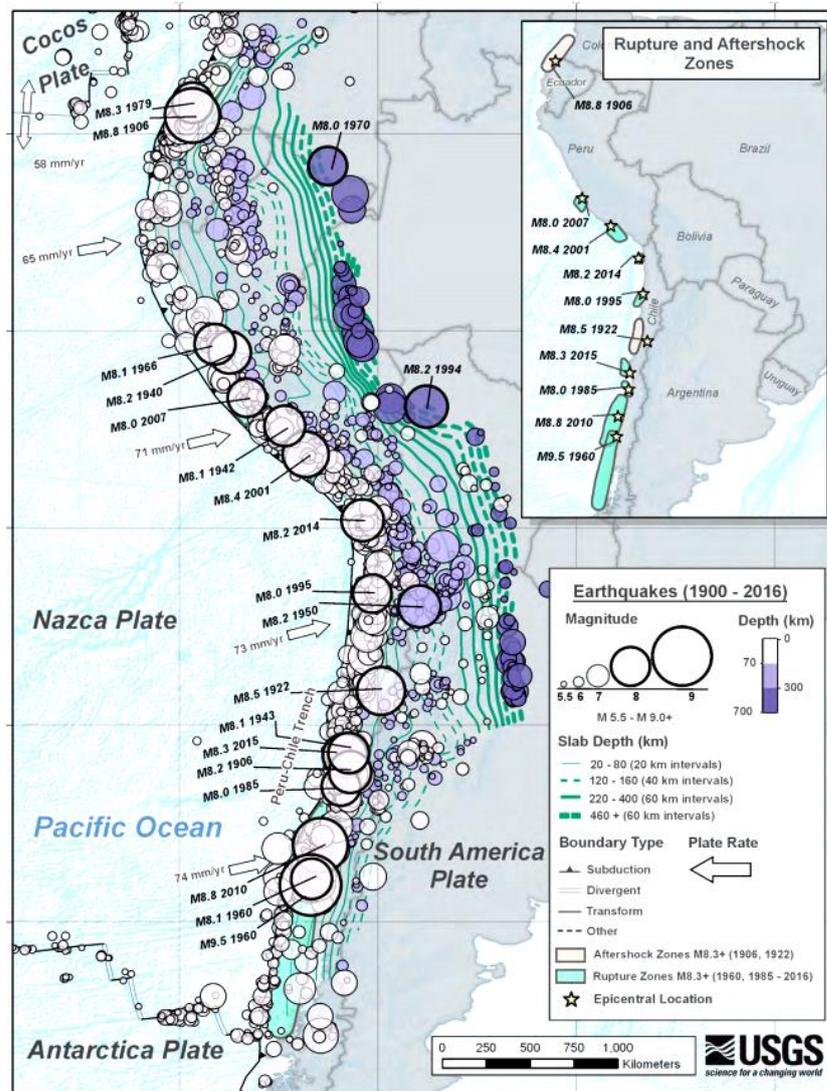


Ilustración 2. Mapa del movimiento tectónico de Sudamérica. **Fuente:** United States Geological Survey

2.2 Escala de sismos e intensidades

2.2.1 Escala momento magnitud (Mw)

El momento mide el tamaño del evento en función de la energía liberada. Específicamente, la cantidad de movimiento por roca (es decir, la distancia del movimiento a lo largo de una falla o fractura) y el área de la falla o superficie de la fractura. Dado que la magnitud de momento puede describir la información física sobre el evento, los valores calculados pueden ser fácilmente comparados con los valores de otros eventos. La magnitud de momento es también la escala más precisa, más robusta; a diferencia de ML, mB y MS y no se satura, por lo que hoy en día es la más confiable y la más usada por las agencias dedicadas a la detección de sismos.

2.2.2 Escala de Richter

La escala de Richter mide la fuerza del movimiento sísmico describiendo la amplitud de onda máxima, pero no da ninguna indicación de la energía total que se libera por el evento. La amplitud se expresa en decimal y en fracciones. Es una escala logarítmica, es decir, cada número de la escala representa 10 veces la amplitud anterior, por lo que un terremoto de 5,3 grados se considera moderado y un terremoto de 6,3 grados se considera fuerte.

A continuación, se presenta una lista que se obtuvo de: (Sicre, 2020) y representa los niveles de magnitud con su respectiva descripción que tiene esta escala.

- Menos de 2,0: Se habla de microsismos: no son perceptibles y ocurren alrededor de 8.000 al día.
- Entre 2,0 y 2,9: Son sismos menores. Generalmente no son perceptibles y ocurren alrededor de 1.000 al día.
- Entre 3,0 y 3,9: Sismos menores, pero más perceptibles, aunque rara vez provocan daños. Sería el equivalente a un terremoto débil que solo se percibe en los pisos altos. Es bastante frecuente: alrededor de 49.000 casos al año.

- Entre 4,0 y 4,9: Sismos ligeros, con movimiento de objetos, temblor de ventanas y muebles o de coches estacionados. Es significativo, pero los daños son poco probables. Alrededor de 6.200 suceden al año.
- Entre 5,0 y 5,9: Entramos en el nivel de sismo moderado: esta magnitud nos lleva a hablar de posibles daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas, los daños son leves. Pueden caer árboles y producirse destrozos. Son relativamente frecuentes: unos 800 al año.
- Entre 6,0 y 6,9: Estos sismos se consideran fuertes y pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda. También pueden provocar daños en algunas estructuras y derrumbamientos de muros. Ocurren alrededor de 120 veces al año.
- Entre 7,0 y 7,9: Sismos mayores, que pueden causar serios daños en zonas extensas, así como destruir edificios. Alrededor de 18 casos al año.
- Entre 8,0 y 8,9: Sismo épico o cataclismo. Estos fenómenos pueden causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros y tienen capacidad para destruir totalmente una ciudad, así como para provocar el levantamiento de la corteza terrestre. Ocurren de media entre uno y tres al año.
- Entre 9,0 y 9,9: Sismo épico o cataclismo, solo que con una intensidad aún mayor. En este caso la devastación es también extrema, y su frecuencia es menor, de uno o dos casos en 20 años.
- Más de 10,0: Sismo legendario o apocalíptico y, afortunadamente, nunca se ha registrado un temblor de este tipo.

2.2.3 Escala Mercalli

La intensidad está relacionada con el impacto del terremoto. Actualmente, se utilizan diferentes escalas de intensidad en todo el mundo, pero la más usada es la escala Mercalli Modificada (MM), la cual considera los efectos de un terremoto en la superficie de la Tierra, los humanos, los objetos de la naturaleza y las estructuras hechas por el hombre desde I (no sentido) hasta XII (destrucción

total). La escala tiene carácter subjetivo y varía de acuerdo con la severidad de las vibraciones producidas en un lugar determinado.

Tabla 1. *Tabla traducida de Escala de Mercalli.*

| Grado | Descripción | Aceleración |
|------------------------|---|---------------------|
| I – Muy débil | Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables | Menor a 0,5 Gal. |
| II – Débil | Perceptible solo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. | Entre 0,5 y 2,5 Gal |
| III – Leve | Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. | Entre 2,5 y 6,0 Gal |
| IV – Moderado | Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. | Entre 6,0 y 10 Gal |
| V – Poco fuerte | Sacudida sentida casi por todo el país o zona y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. | Entre 10 y 20 Gal |
| VI – Fuerte | Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos | Entre 20 y |

| | | |
|-----------------------------|---|---------------------|
| | muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. | 35 Gal |
| VII – Muy fuerte | Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. | Entre 35 y 60 Gal |
| VIII Destructivo | - Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Fuertes daños en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. | Entre 60 y 100 Gal |
| IX – Muy destructivo | Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. | Entre 100 y 250 Gal |
| X Desastroso | - Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Vías ferroviarias dobladas. | Entre 250 y 500 Gal |
| XI – Muy desastroso | Pocas estructuras de mampostería, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida. | Mayor a 500 Ga. |
| XII Catastrófico | - Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie. | |

Nota: Adaptado de (PERÚ21, 2019)

2.3 Instituciones fuentes de información

En el presente trabajo de titulación se utilizó sitios web que proporcionaban datos certeros y con alto grado de confiabilidad en la información detallada de cada evento principal. En cada base de datos consultados se utilizaron equipo de última generación para el posicionamiento y medición de los sismos. Cada departamento contaba con el apoyo del gobierno e instituciones públicas y privadas con el objetivo de informar los detalles del peligro sísmico a los ciudadanos.

A continuación, se utilizó las siguientes bases de datos para la información completa de los eventos sísmicos registrados en América de Sur.

2.3.1 UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS)

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) es una agencia científica del gobierno federal de los Estados Unidos, creada por una ley del Congreso en 1879. Los científicos del USGS estudian el terreno, los recursos naturales y los desastres naturales que lo amenazan. La institución se divide en 4 disciplinas científicas principales: Biología, Geografía, Geología e Hidrología, y su lema es "Ciencia en un mundo cambiante".

El USGS recopila, monitorea, analiza y proporciona ciencia sobre las condiciones, problemas y problemas de los recursos naturales. Nuestra diversa experiencia nos permite llevar a cabo investigaciones multidisciplinarias a gran escala y proporcionar información científica imparcial a los administradores de recursos, planificadores y otros clientes. Los desastres naturales siempre han sido una preocupación nacional, USGS se compromete a proporcionar el conocimiento científico necesario para reducir la pérdida de vidas y propiedades que estos desastres pueden causar. La misión del USGS es monitorear, analizar y predecir la dinámica actual y en evolución de las complejas interacciones humanas y naturales del sistema Tierra y brindar inteligencia procesable a escalas y plazos relevantes para la toma de decisiones. Texto basado en: (USGS, 2001)

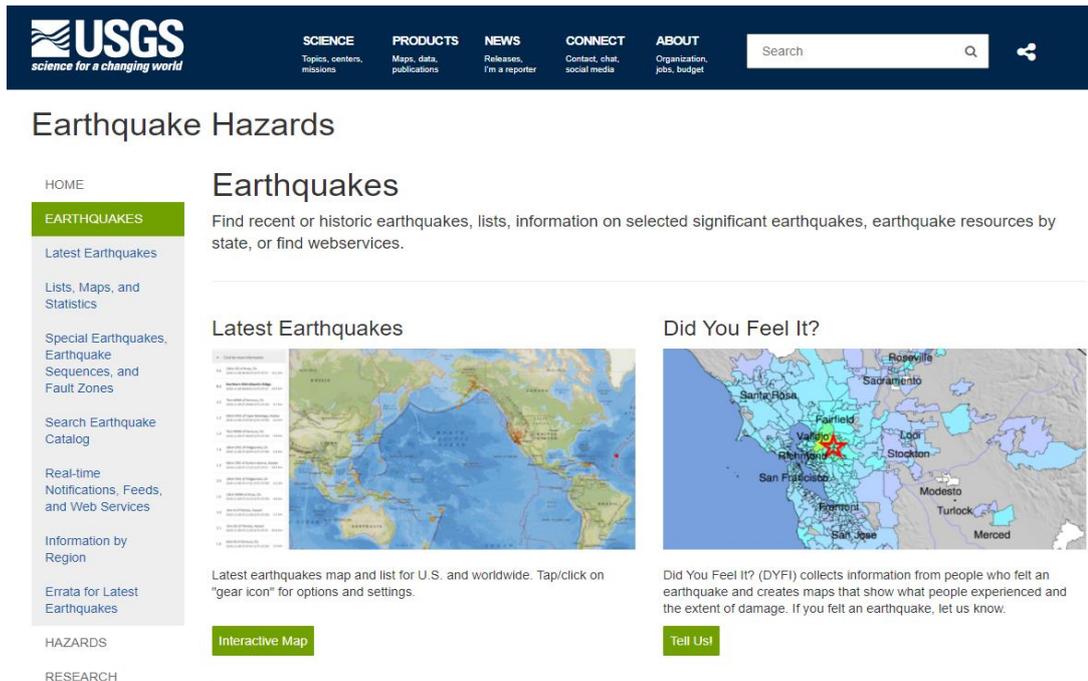


Ilustración 3. Página de inicio USGS. **Fuente:** United States Geological Survey

2.3.2 CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL CSN

El Centro Sismológico Nacional (CSN) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile es el organismo técnico oficial encargado de monitorear la actividad sísmica en todo el territorio nacional. La misión del CSN es proporcionar oportunamente datos e información de alta calidad sobre terremotos a la Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), Servicios de Hidrología y Oceanográficos (SHOA), las autoridades, científicos, expertos en la prevención de mitigación y reducción de los riesgos sísmicos y a toda la comunidad en general.

El CSN está compuesto por expertos en ciencias de la tierra y personal de apoyo profesional, quienes se dedican a la instalación y mantenimiento de estaciones sísmicas y a la recolección, procesamiento, análisis y distribución de datos de acuerdo con los estándares internacionales, el CSN también incluye el desarrollo e integración de nuevos métodos que pueden mejorar continuamente sus capacidades y cuenta con una red sismológica (RSN) que consiste en un conjunto de estaciones sísmicas multiparamétricas ubicadas en el territorio nacional, un sistema de comunicación que transmite señales a un servidor central y un centro de recolección, archivo, análisis y distribución de datos e información sísmica, donde los datos

emanados desde las estaciones sismológicas son transmitidos en tiempo real a través de diversos sistemas de telecomunicaciones, entre ellos un subconjunto de estaciones con bajada satelital propia al Centro de Datos donde éstos se reciben, se analizan, se almacenan y se distribuyen a diferentes usuarios. Texto basado en: (CSN, 2021)

The screenshot shows the website of the National Seismological Center (CSN) of Chile. The main content area is titled 'GRANDES TERREMOTOS EN CHILE' and lists 'Sismos Importantes y/o Destructivos (1570 a la fecha)'. Below this title, it specifies 'Magnitud Ms o Mw mayor o igual a 7.0'. A table follows with the following columns: Fecha local, Hora local, Latitud, Longitud, Magnitud Ms, Magnitud Mw, Profundidad [km], and Efecto. The table lists 20 significant earthquakes, with the most recent one on 08/10/1831 having a magnitude of 7.8 and a depth of 0 km.

| Fecha local | Hora local | Latitud | Longitud | Magnitud Ms | Magnitud Mw | Profundidad [km] | Efecto |
|-------------|------------|---------|----------|-------------|-------------|------------------|--------|
| 08/02/1570 | 9:00 | -36.800 | -73.000 | 8.3 | - | - | TD |
| 17/03/1575 | 10:00 | -33.400 | -70.600 | 7.3 | - | - | - |
| 16/12/1575 | 14:30 | -39.800 | -73.200 | 8.5 | - | - | TD |
| 24/11/1604 | 12:30 | -18.500 | -70.400 | 8.5 | - | 30 | TD |
| 16/09/1615 | 23:30 | -18.500 | -70.350 | 8.8 | - | - | TM |
| 13/05/1647 | 22:30 | -35.000 | -72.000 | 8.5 | - | - | - |
| 15/03/1657 | 19:30 | -36.830 | -73.030 | 8.0 | - | - | TD |
| 10/03/1681 | - | -18.500 | -70.350 | 7.3 | - | - | - |
| 12/07/1687 | 2:00 | -32.750 | -70.730 | 7.3 | - | - | - |
| 08/07/1730 | 4:45 | -33.050 | -71.630 | 8.7 | - | - | TD |
| 24/12/1737 | - | -39.800 | -73.200 | 7.7 | - | - | T |
| 25/05/1751 | 1:00 | -36.830 | -73.030 | 8.5 | - | - | TM |
| 30/03/1796 | 6:45 | -27.350 | -70.350 | 7.7 | - | - | - |
| 11/04/1819 | 10:00 | -27.350 | -70.350 | 8.3 | - | - | TD |
| 19/11/1822 | 22:30 | -33.050 | -71.630 | 8.5 | - | - | TM |
| 26/09/1829 | 14:00 | -33.050 | -71.630 | 7.0 | - | - | - |
| 08/10/1831 | 6:00 | -18.500 | -71.000 | 7.8 | - | - | - |

Ilustración 4. . Página de inicio CNS. **Fuente:** Centro Sismológico Nacional

2.3.3 INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL (IG-EPN)

El instituto geofísico de la escuela politécnica nacional es el organismo estratégico nacional del Ecuador y líder en investigación científica, en el monitoreo instrumental y la formación académica en la región, ha influido en las políticas nacionales y promovido el mejoramiento de la seguridad personal y colectiva, así como al desarrollo sostenible del país, reduciendo su vulnerabilidad frente a los fenómenos sísmicos y volcánicos.

Con el objetivo de contribuir a través del conocimiento de las amenazas sísmicas y volcánicas a la reducción de su impacto negativo en el Ecuador, a través del monitoreo permanente, la investigación científica, la formación académica de alto nivel, el desarrollo y la aplicación de tecnología para promover el establecimiento de una cultura de prevención. Texto basado en: (IG-EPN, 2021)

| ID Evento | Mag | Tipo | Hora Local | Lat | Long | Prof | Region | Ciudad mas cercana | Modo | Hora UTC | Update |
|---------------|-----|------|---------------------|---------|----------|------|-----------------------------|-------------------------------------|------|---------------------|---------------------|
| igepn2021dtbk | 3.6 | M | 2021-02-23 09:00:27 | 1.17° S | 80.72° W | 20 | Ecuador - Manabi | a 15.28km de Montecristi,Manabi | M | 2021-02-23 14:00:27 | 2021-02-23 14:13:31 |
| igepn2021dtsm | 3.6 | MLV | 2021-02-23 06:31:17 | 0.03° S | 80.31° W | 9 | Near Coast of Ecuador | a 20.06km de Jama,Manabi | M | 2021-02-23 11:31:17 | 2021-02-23 11:37:22 |
| igepn2021dqsb | 3.7 | MLV | 2021-02-21 14:54:36 | 1.88° N | 79.40° W | 9 | Near Coast of Ecuador | a 91.42km de San Lorenzo,Esmeraldas | M | 2021-02-21 19:54:36 | 2021-02-21 20:33:39 |
| igepn2021dptf | 3.7 | M | 2021-02-21 02:21:03 | 3.14° S | 77.78° W | 5 | Peru- Ecuador Border Region | a 87.61 km de Sucua,Morona Santiago | A | 2021-02-21 07:21:03 | 2021-02-21 07:38:22 |
| igepn2021dnme | 2.9 | MLV | 2021-02-19 20:31:05 | 0.04° S | 78.44° W | 6 | Ecuador - Pichincha | a 15.71km de Quito,Pichincha | M | 2021-02-20 01:31:05 | 2021-02-20 01:36:35 |

Ilustración 5. Página de inicio IG-EPN. Fuente: Instituto geofísico escuela politécnica nacional

2.3.4 INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)

El Instituto Peruano de Geofísica (IGP) es un organismo público descentralizado del Ministerio del Ambiente, su propósito es aplicar la geofísica, es decir, su función principal es estudiar todos los fenómenos relacionados con la estructura, las condiciones físicas y la evolución histórica de la Tierra. IGP tiene la capacidad de satisfacer las necesidades del país en las siguientes áreas importantes: sismología, vulcanología, deformación cortical, física atmosférica, instrumentos geofísicos, fenómeno de El Niño, fenómeno ionosférico y desarrollo tecnológico de la geofísica. Es importante destacar que juegan un rol social porque ayudan a prevenir y mitigar fenómenos muy destructivos. Sus principales actividades son: la educación, investigación científica y la prestación de servicios en geofísica aplicada. Con más de 96 años de creación y 70 años como institución, brindando aportes de conocimiento

y tecnología, cuentan con destacados especialistas para hacer investigación, quienes contribuyen con talento y experiencia a servir a la población peruana. Texto basado en: (gob.pe, 2020)

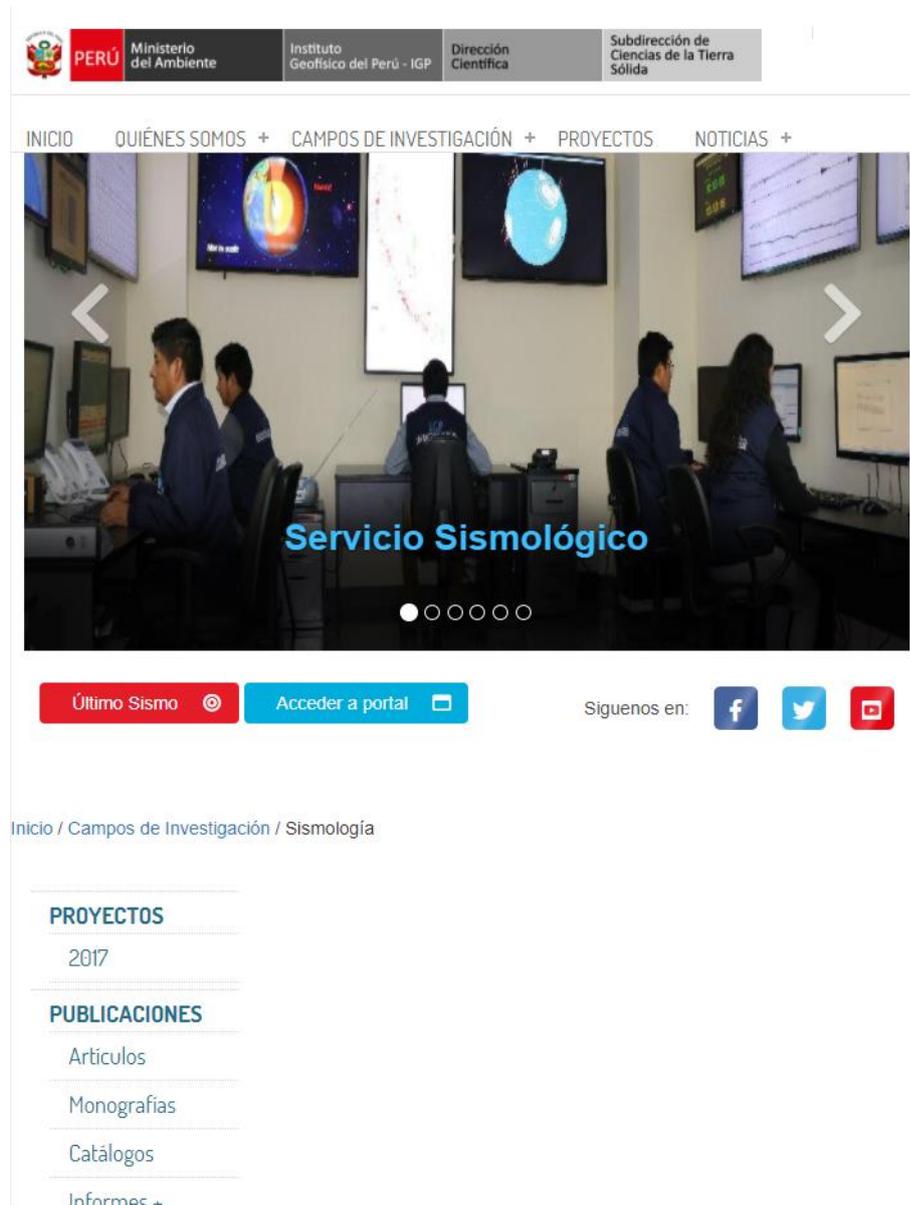


Ilustración 6. Página de inicio IPG. Fuente: Instituto Geofísico del Perú

CAPÍTULO III

3.1 Recopilación de datos

En base a toda la recopilación de información en las páginas web que sirvieron como fuente de información (**Ver sección 2.3**) se concluye con el siguiente listado de sismos ocurridos desde 1995 hasta la actualidad en América del sur.

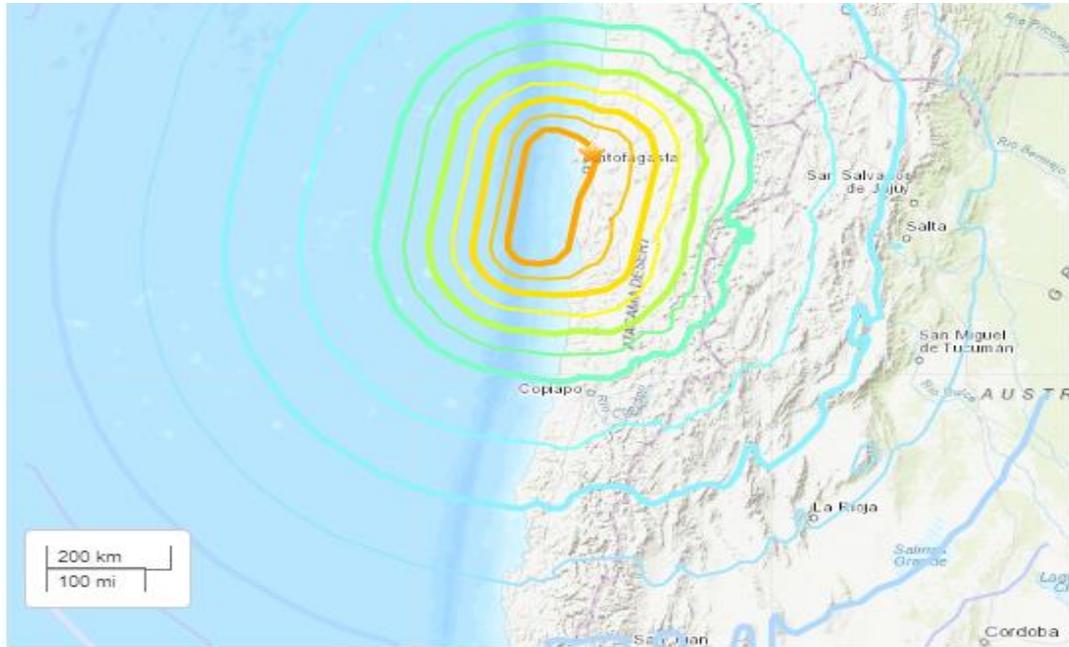
Tabla 2. Lista de sismos de los últimos 25 años en Sudamérica.

| <i>Fecha</i> | <i>País</i> | <i>Epicentro</i> | <i>Magnitud</i> |
|-------------------|-------------|--------------------------------|-----------------|
| <i>1995-07-30</i> | Chile | Antofagasta | 8,0 |
| <i>1995-10-03</i> | Ecuador | Borde con Perú | 7,0 |
| <i>1997-10-14</i> | Chile | Coquimbo | 7,1 |
| <i>1998-01-30</i> | Chile | Antofagasta | 7,1 |
| <i>1998-08-04</i> | Ecuador | Bahía de Caráquez | 7,2 |
| <i>2001-06-23</i> | Perú | Arequipa | 8,4 |
| <i>2005-06-13</i> | Chile | Iquique | 7,8 |
| <i>2005-09-25</i> | Perú | Moyobamba | 7,5 |
| <i>2007-08-15</i> | Perú | Oeste de Pisco | 7,9 |
| <i>2007-11-14</i> | Chile | 40 km al suroeste de Tocopilla | 7,7 |
| <i>2010-02-27</i> | Chile | 44 km oeste Cobquecura/Maule | 8,8 |
| <i>2010-08-12</i> | Ecuador | Pastaza | 7,2 |
| <i>2012-09-30</i> | Colombia | San Agustín | 7,3 |
| <i>2014-04-01</i> | Chile | Iquique | 8,2 |
| <i>2015-09-16</i> | Chile | Canela Baja | 8,4 |
| <i>2016-04-16</i> | Ecuador | Pedernales | 7,8 |
| <i>2016-12-25</i> | Chile | 28 km al suroeste de Quellón | 7,6 |
| <i>2018-01-14</i> | Perú | Arequipa | 7,1 |
| <i>2019-05-26</i> | Perú | Departamento de Loreto | 8,0 |
| <i>2019-02-22</i> | Ecuador | Morona Santiago | 7,5 |
| <i>2020-09-01</i> | Chile | 55 km al norte de Huasco | 7,0 |

Nota: Elaborado por el autor.

3.1.1 Sismo Chile 30 de julio 1995

El evento principal comenzó en el horario 05:11:23 (UTC) en la ciudad de Antofagasta tuvo lugar un terremoto de 8.0 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en las zonas costeras como: mejillones, Taltal y Tocopilla el epicentro del terremoto se localizó 20 km al mar entre Antofagasta y Mejillones, con una profundidad de 47 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 7** y un valor de aceleración de 50%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 8**. La duración del evento fue de 3 minutos aproximadamente, se registraron 3 muertos, 8 heridos y cerca de 200 personas damnificadas.



| | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Ilustración 7. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

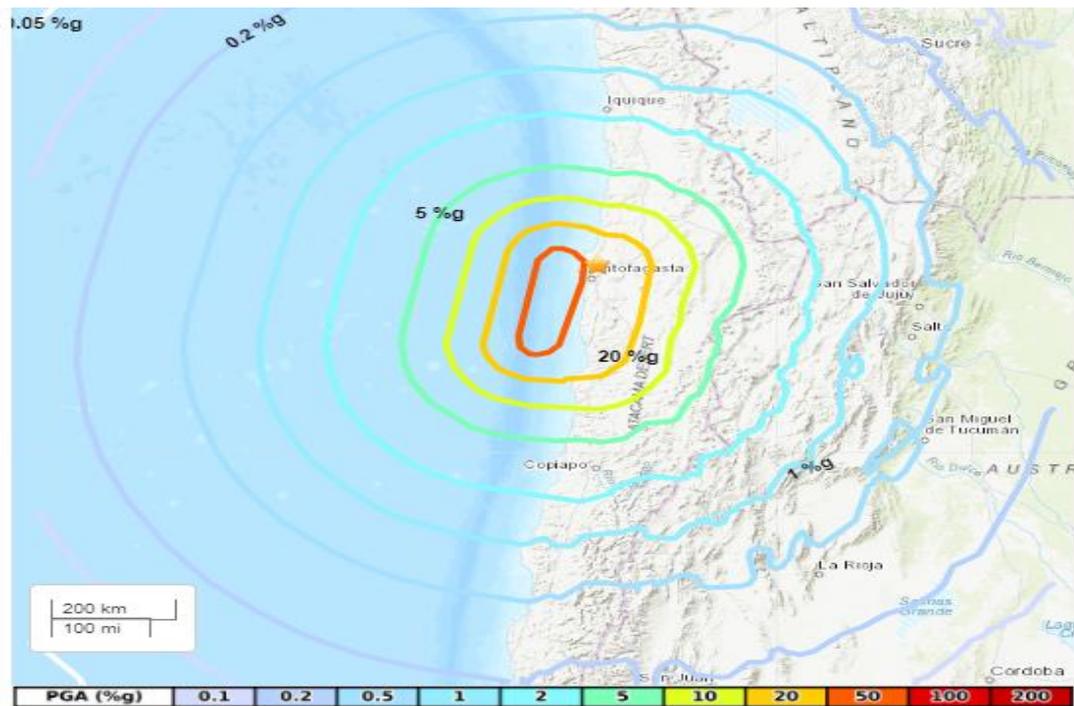


Ilustración 8. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Chile 30 de julio 1995

Luego del evento principal se registraron 31 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.4 de magnitud ubicado en la costa de Antofagasta, Chile con fecha 1995-08-03 en el horario 01:57:19 (UTC) con la profundidad 16.8 km, además se obtuvo un valor de VIII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

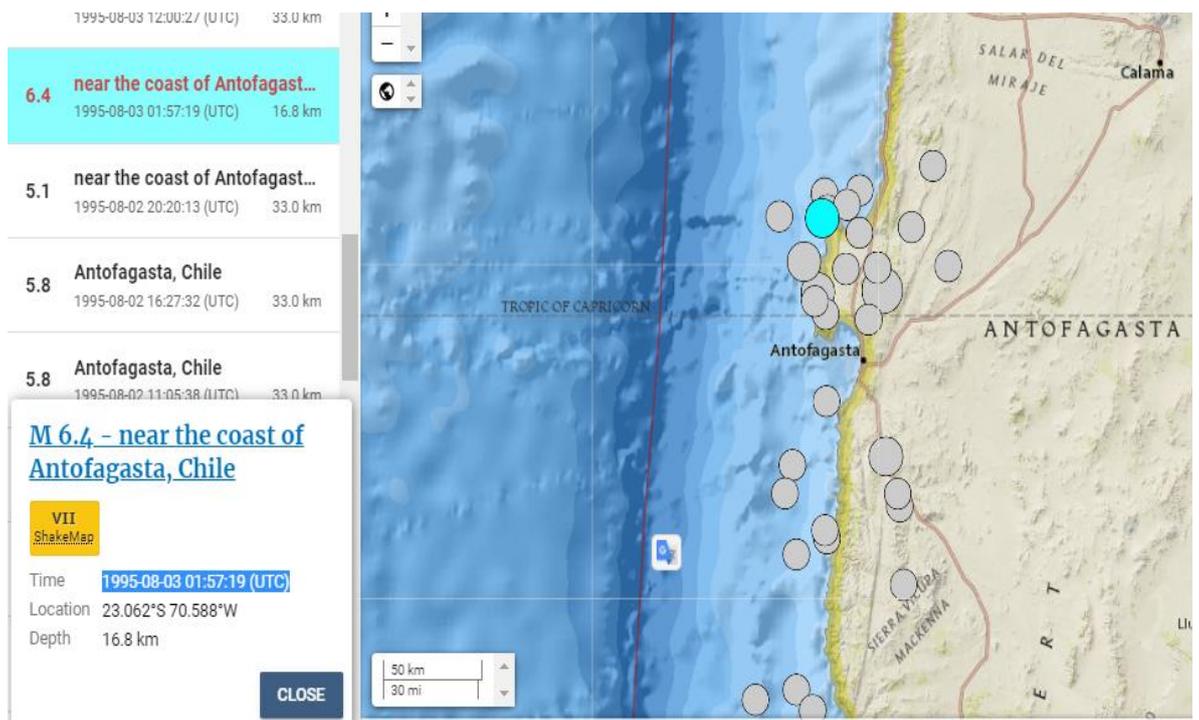


Ilustración 9. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

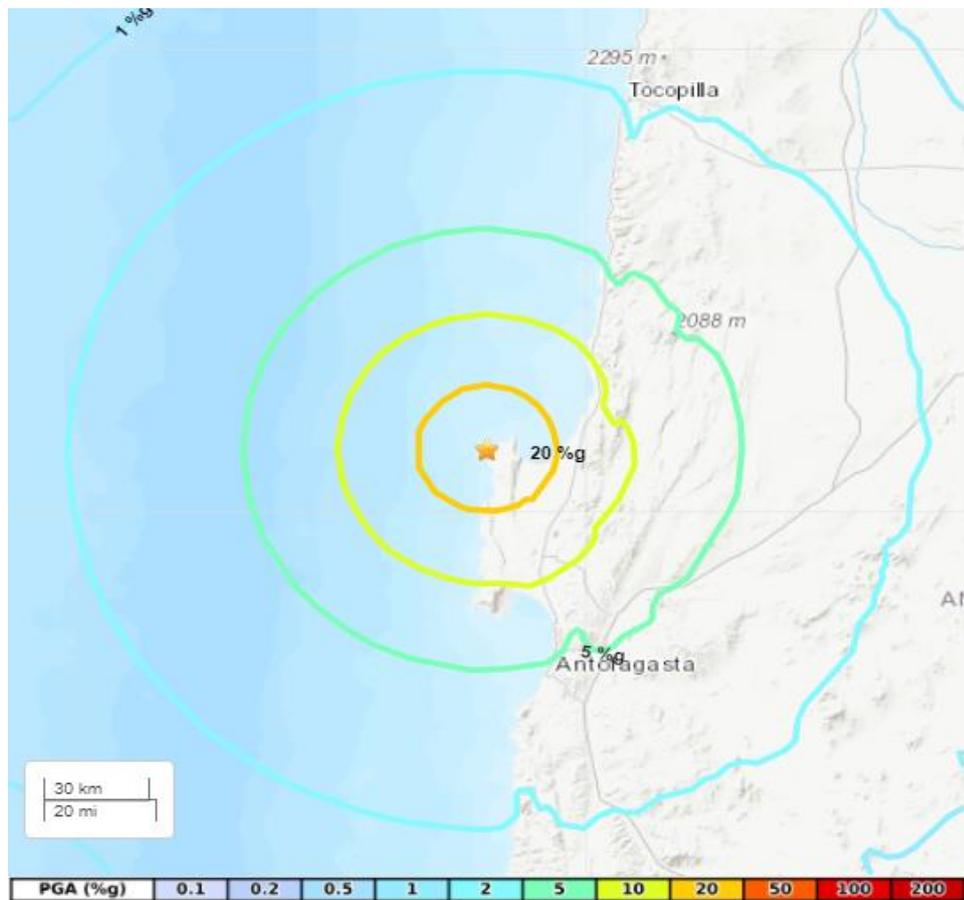


Ilustración 10. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

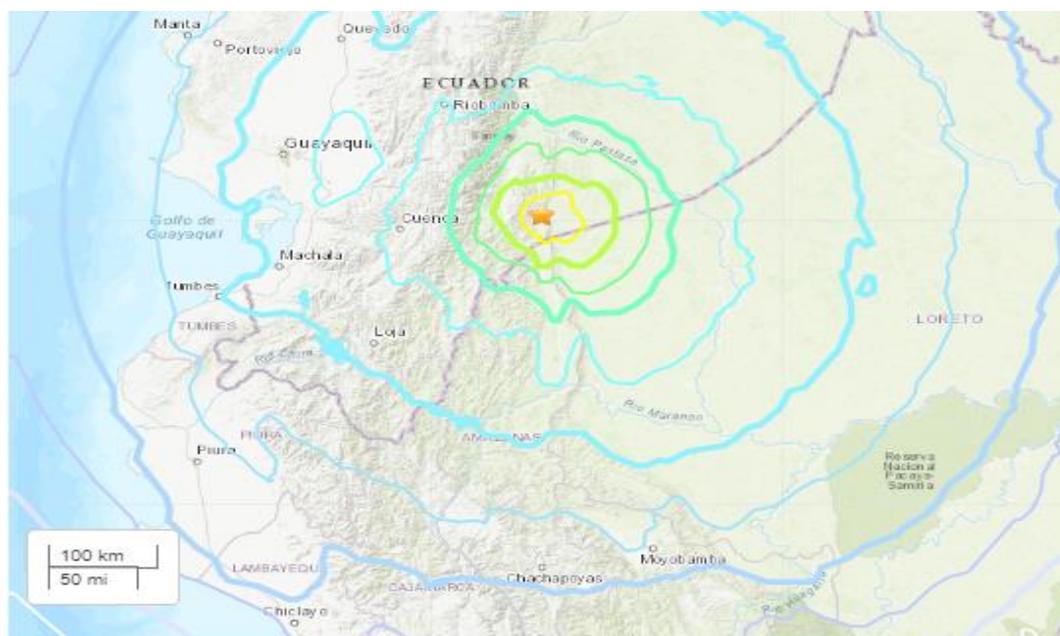
Tabla 3. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 1995-07-30

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 1995-07-30 Chile (Antofagasta) | 50%g (8,0 Mw) | 20% (5.8 Mw) | 20% (6.4 Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

3.1.2 Sismo Ecuador 03 de octubre 1995

El evento principal comenzó en el horario 05:11:23 (UTC) en la ciudad de Morona Santiago tuvo lugar un terremoto de 7.0 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona del borde con Perú, el epicentro del terremoto se localizó cerca de la ciudad de Macas, con una profundidad de 24.4 km, se registró un valor de Intensidad VI cómo se observa en la **Ilustración 11** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 12**. La duración del evento fue de 1.5 minutos aproximadamente, se registraron 2 personas fallecidas.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Ilustración 11. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

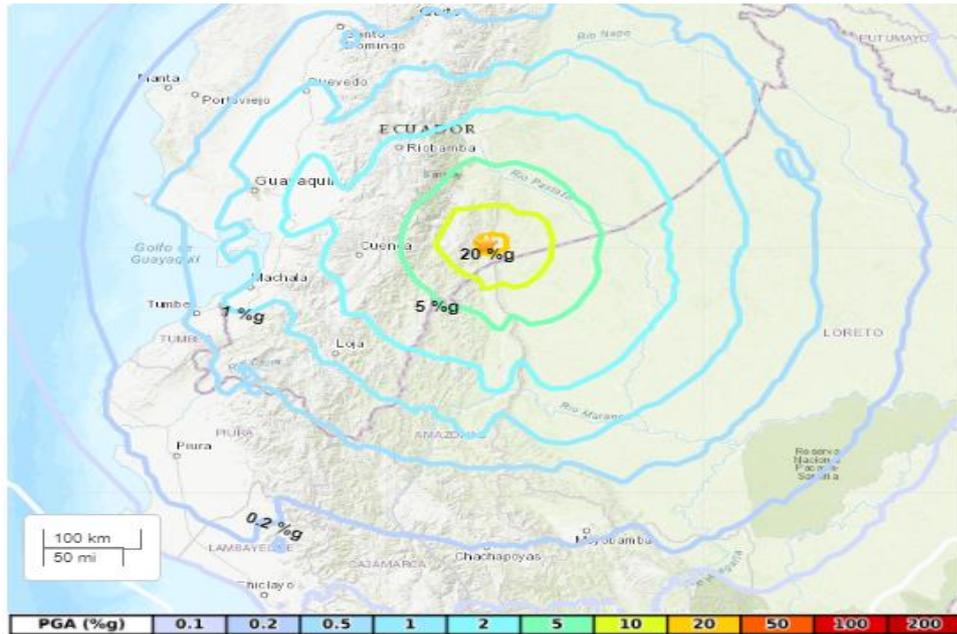


Ilustración 12. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Ecuador 03 de octubre 1995

Luego del evento principal se registraron 15 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.5 de magnitud ubicado en el borde con Perú cerca de la ciudad de Macas, situado en la fecha 1995-10-03 en el horario 12:44:58 (UTC), con la profundidad 16.7 km, además se obtuvo un valor de VI en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

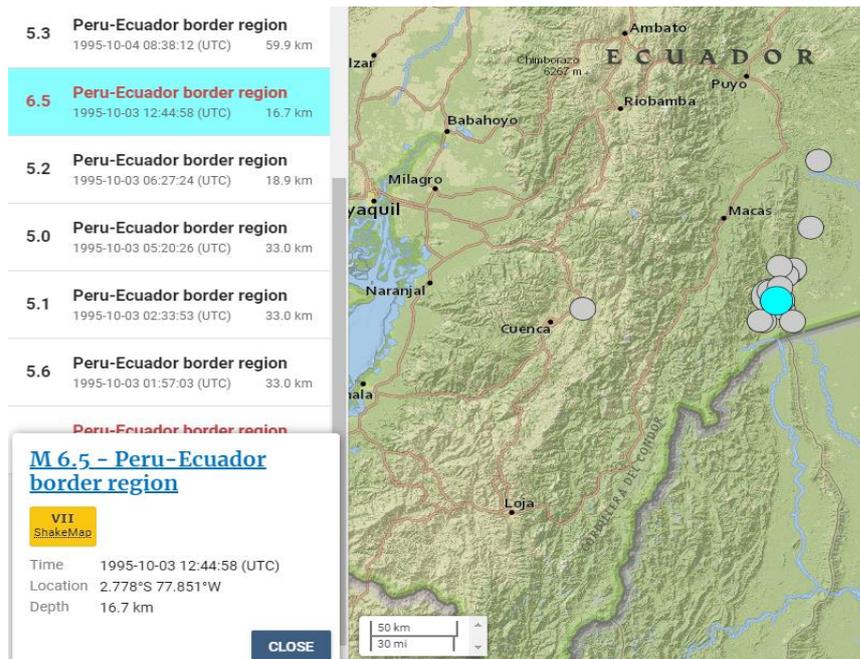


Ilustración 13. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

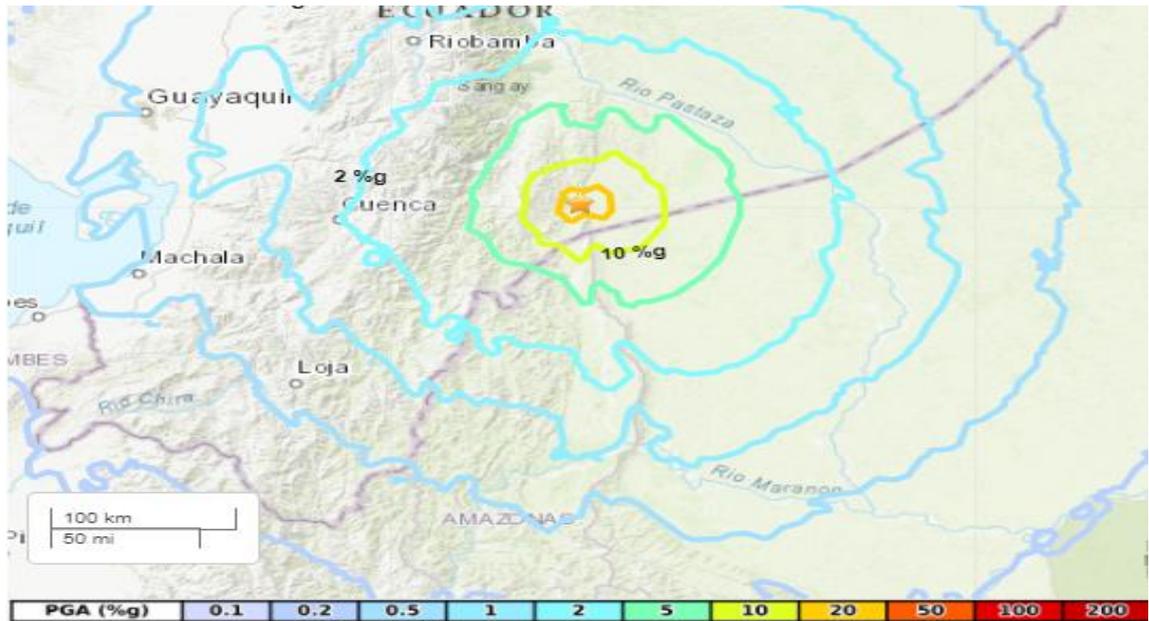


Ilustración 14 Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

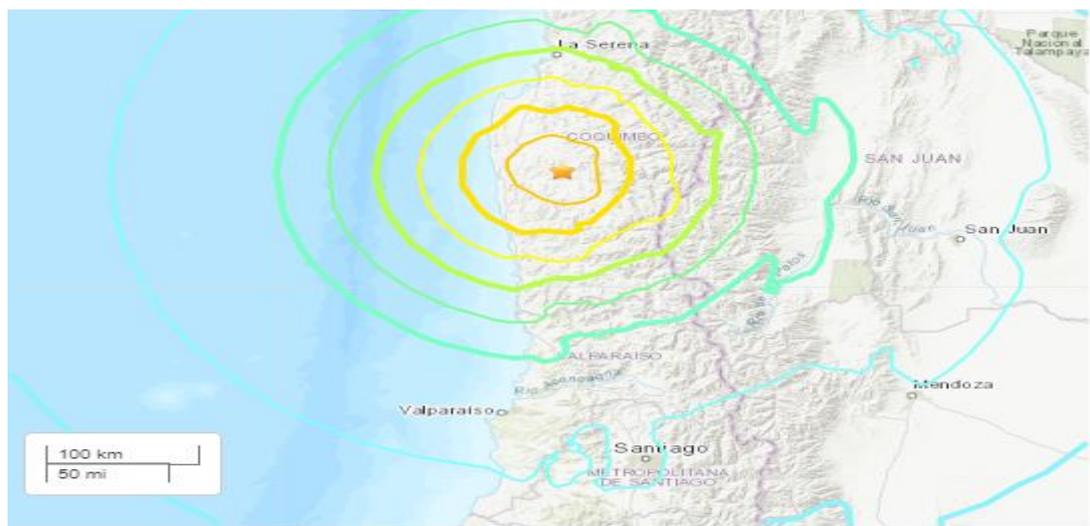
Tabla 4 Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Ecuador de 1995-10-03.

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 1995-10-03 Ecuador Borde con Perú | 20%g (7,0 Mw) | 20% (5.8 Mw) | 20% (6.5 Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

3.1.3 Sismo Chile 14 de octubre 1997

El evento principal comenzó en el horario 01:03:33 (UTC), en la ciudad de Coquimbo tuvo lugar un terremoto de 7.1 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona del borde con Perú, el epicentro del terremoto se localizó cerca de Punitaqui, con una profundidad de 58.0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 15** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 16**. La duración del evento fue de 2.0 minutos aproximadamente, se registraron 8 personas fallecidas y 360 personas heridas, con más de 55865 familias afectadas.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X-X+ |

Ilustración 15. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

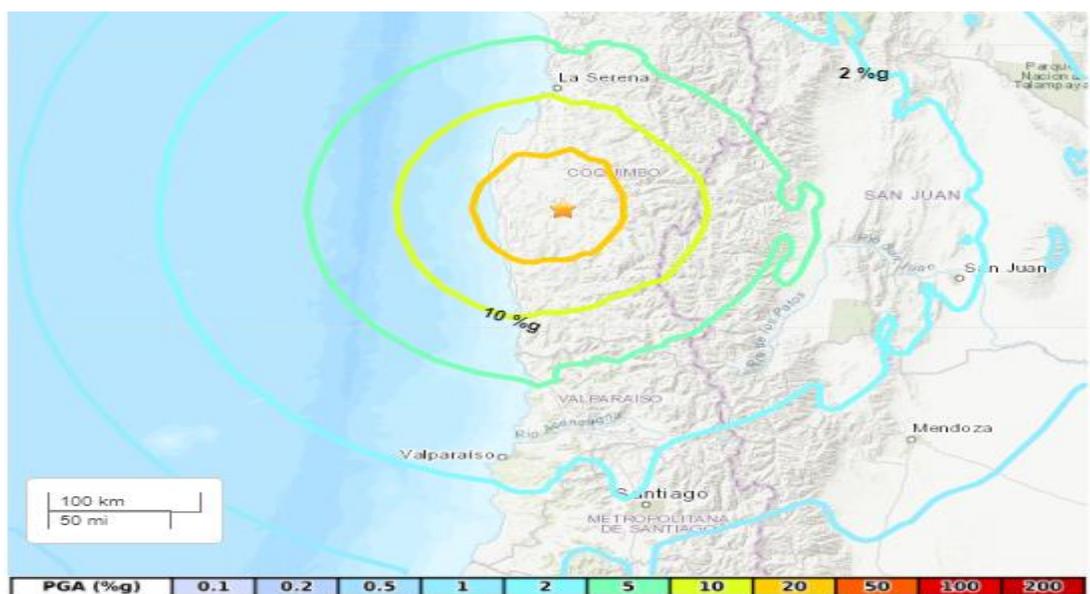


Ilustración 16. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Chile 14 de octubre 1997

Luego del evento principal se registraron 14 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.6 de magnitud ubicado Coquimbo, cerca de la ciudad de Punitaqui, situado en la fecha 1998-01-12 en el horario 10:14:07 (UTC), con la profundidad 34.8 km, además se obtuvo un valor de VI en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

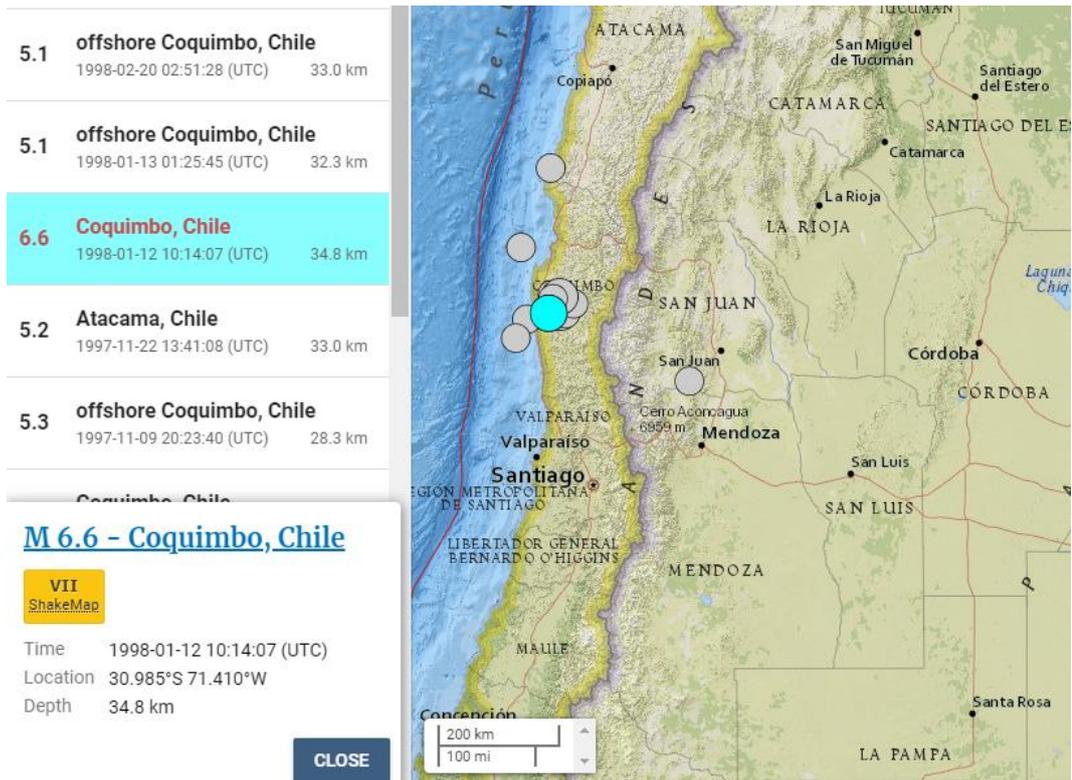


Ilustración 17. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS

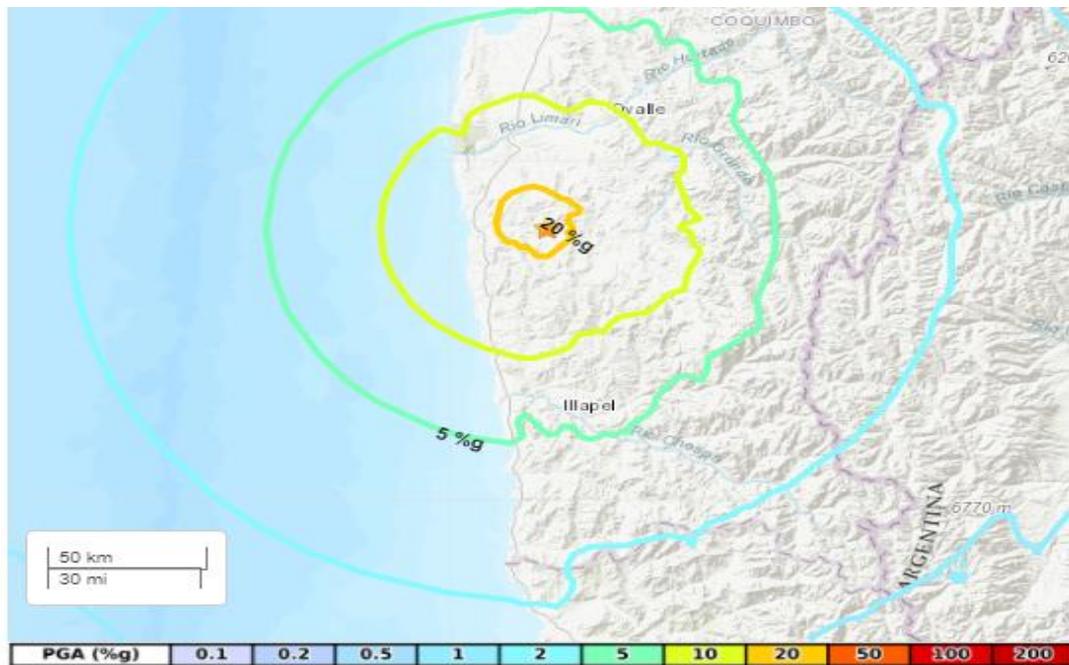


Ilustración 18. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 5. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 1997-10-14

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 1997-10-14 Chile Coquimbo | 20%g (7,1 Mw) | 2% (5,6 Mw) | 20% (6,6 Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

3.1.4 Sismo Chile 30 de enero 1998

El evento principal comenzó en el horario 12:16:08 (UTC), en la ciudad de Antofagasta tuvo lugar un terremoto de 7.1 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera Chile, el epicentro del terremoto se localizó cerca de Playa Blanca, con una profundidad de 42.0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 19** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 20**. La duración del evento fue de 1.5 minutos aproximadamente, se registró 1 persona fallecida y varias personas heridas.

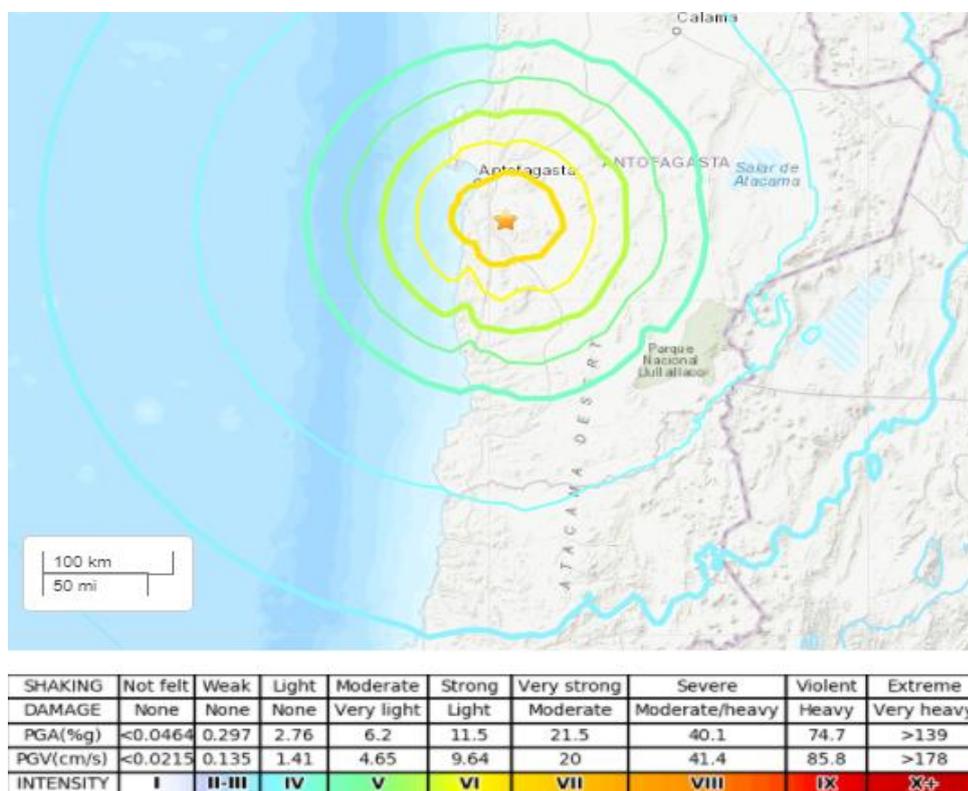


Ilustración 19. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

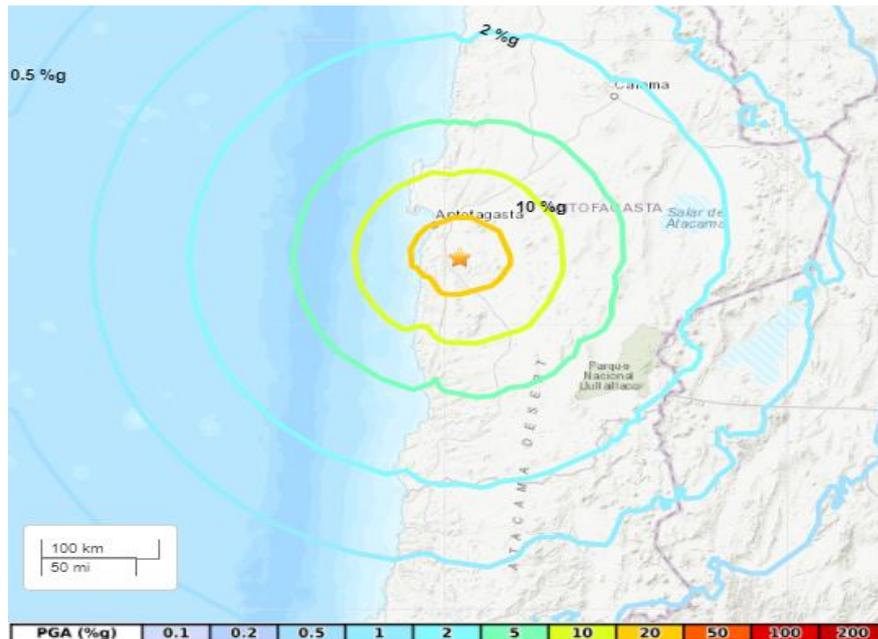


Ilustración 20. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Chile 30 de enero 1998

Luego del evento principal se registraron 2 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 5.5 de magnitud ubicado Antofagasta, cerca de Playa Blanca, situado en la fecha 1998-02-06 en el horario 06:37:13 (UTC), con la profundidad 57.6 km, además se obtuvo un valor de IV en Intensidad y un valor de aceleración en 2% g (Pga).

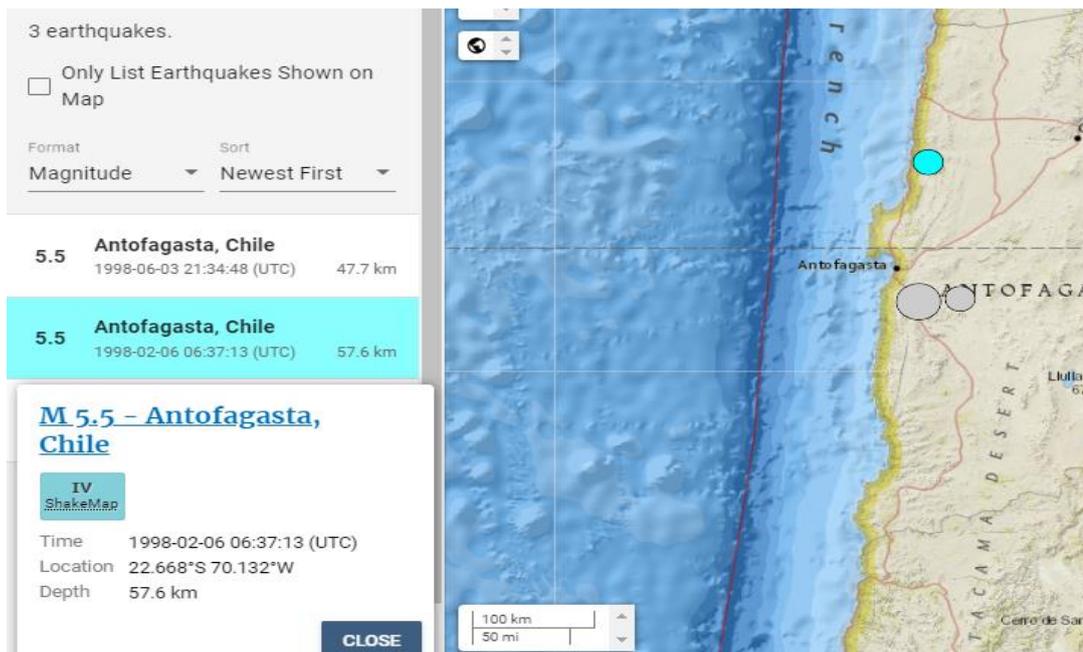


Ilustración 21. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

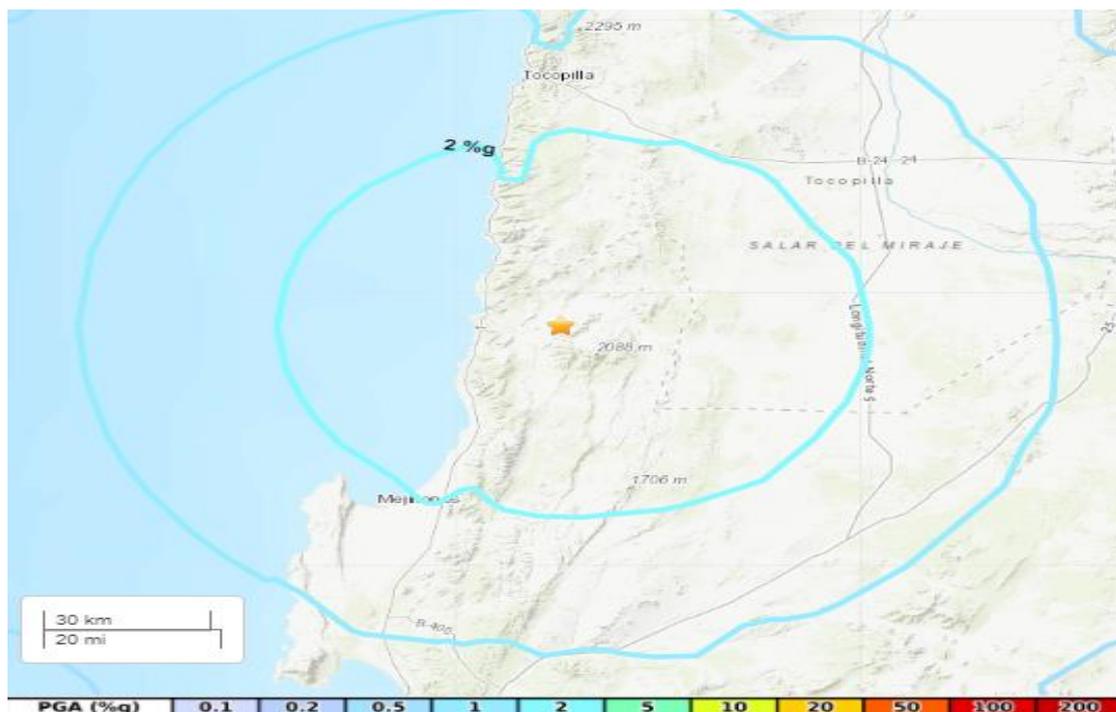


Ilustración 22. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 6. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 1998-01-30

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 1998-01-30 Chile Antofagasta | 20%g (7,1 Mw) | 2% (5,5 Mw) |

Nota: Elaborado por autor

3.1.5 Sismo Ecuador 04 de agosto 1998

El evento principal comenzó en el horario 18:59:02 (UTC), en la ciudad de Bahía de Caráquez tuvo lugar un terremoto de 7.2 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Manabí, el epicentro del terremoto se localizó cerca de Bahía de Caráquez, con una profundidad de 33.0 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 23** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 25**. La duración del evento fue de 1.5 minutos aproximadamente, se registró 3 personas fallecidas, 50 personas heridas y más de 200 casa y edificios destruidos.



Ilustración 23. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.



Ilustración 24. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Ecuador 04 de agosto 1998

No existe evidencia de réplicas de este sismo.

3.1.6 Sismo Perú 23 de junio 2001

El evento principal comenzó en el horario 20:33:14 (UTC), en la ciudad de Arequipa tuvo lugar un terremoto de 8.4 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Perú entre Acarí y Camaná, el epicentro del terremoto se localizó en la playa Ático, con una profundidad de 33.0 km, se registró un valor de Intensidad V III como se observa en la **Ilustración 25** y un valor de aceleración de 100%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 26**. La duración del evento fue de 3 minutos aproximadamente, se registró 102 personas fallecidas y 26 personas que murieron como consecuencia del posterior tsunami, aproximadamente 320 000 personas fueron afectadas por el terremoto, 17 500 casas fueron destruidas.

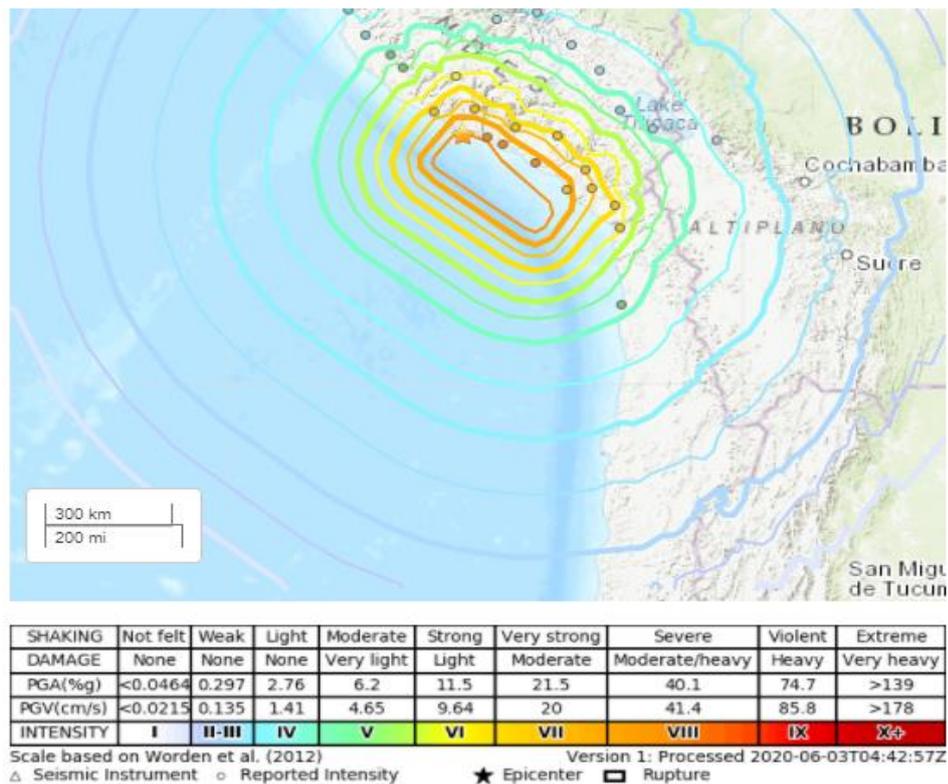


Ilustración 25. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

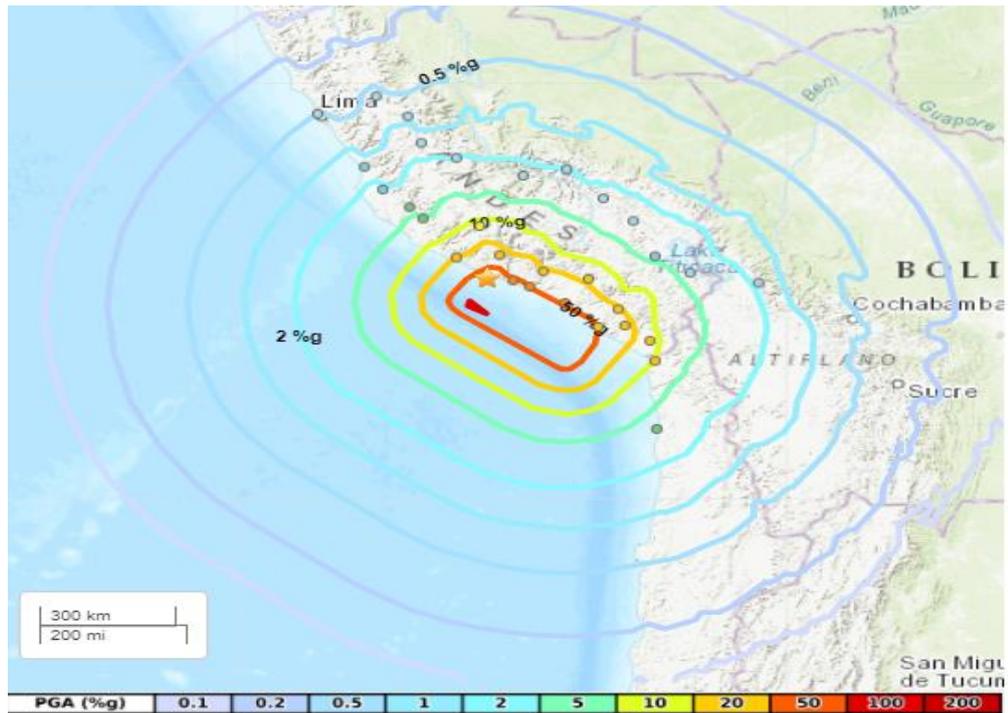


Ilustración 26. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Perú 23 de junio 2001

Luego del evento principal se registraron 64 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 7.6 de magnitud ubicado Antofagasta, cerca de Arequipa, situado en la fecha 2001-07-07 en el horario 09:38:43 (UTC), con la profundidad 33.0 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).



Ilustración 27. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

Tabla 7. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Perú de 2001-06-23

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) | Réplicas (7.0Mw>7.9Mw) |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2001-06-23 Perú Arequipa | 100% g (8,4Mw) | 10% g (5,9Mw) | 10% g (6,6Mw) | 20% g (7,6Mw) |

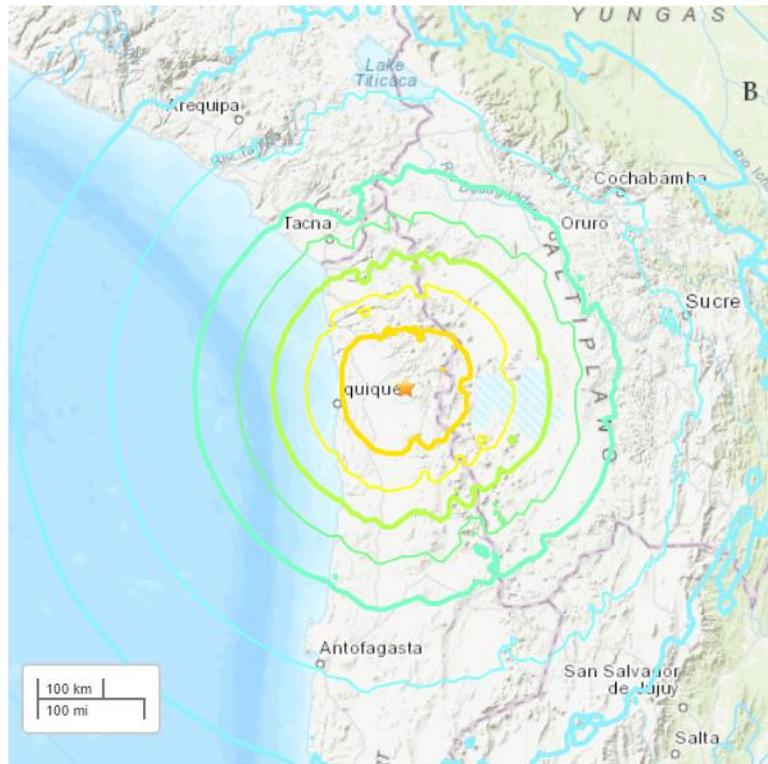
Nota: Elaborado por el autor



Ilustración 28. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

3.1.7 Sismo Chile 13 de junio 2005

El evento principal comenzó en el horario 22:44:33 (UTC), en la ciudad de Iquique tuvo lugar un terremoto de 7.8 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona próxima entre Chile y Bolivia, el epicentro del terremoto se localizó entre el cerro Alantaya y Yarvicoya, con una profundidad de 115.6 km, se registró una Intensidad de VII como se observa en la **Ilustración 29** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 30**. La duración del evento fue de 1.5 minutos aproximadamente, se registró 6 personas fallecidas y más de 20 personas heridas, con más de 1102 damnificados.



| | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X± |

Ilustración 29: Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

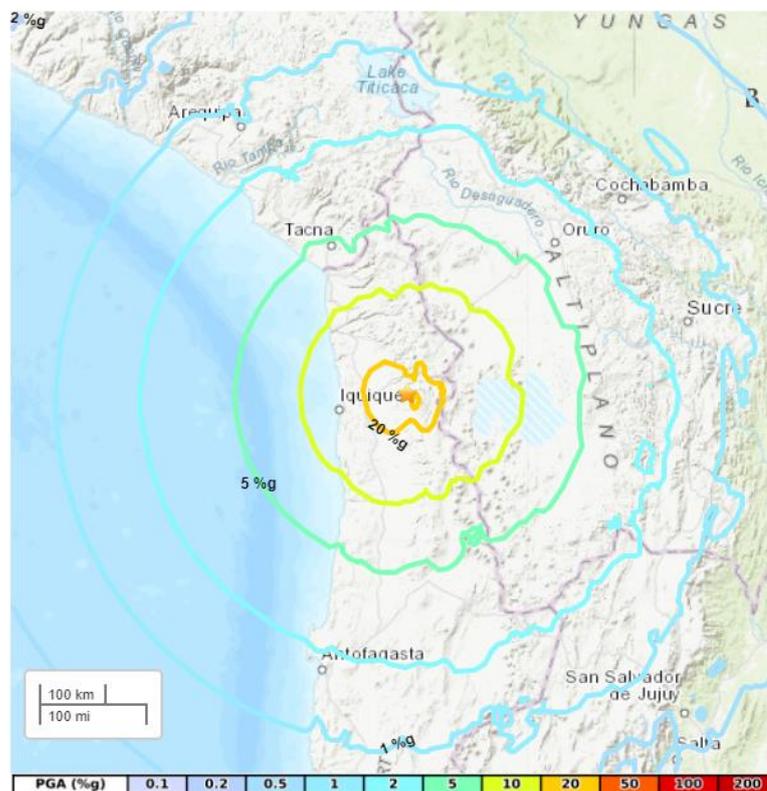


Ilustración 30. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Chile 13 de junio 2005

Luego del evento principal se registraron 4 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 5.8 de magnitud ubicado en Tarapacá, cerca del cerro Alantaya, situado en la fecha 2005-08-14 en el horario 02:39:40 (UTC), con la profundidad 113.8 km, además se obtuvo un valor de IV en Intensidad y un valor de aceleración en 2% g (Pga).

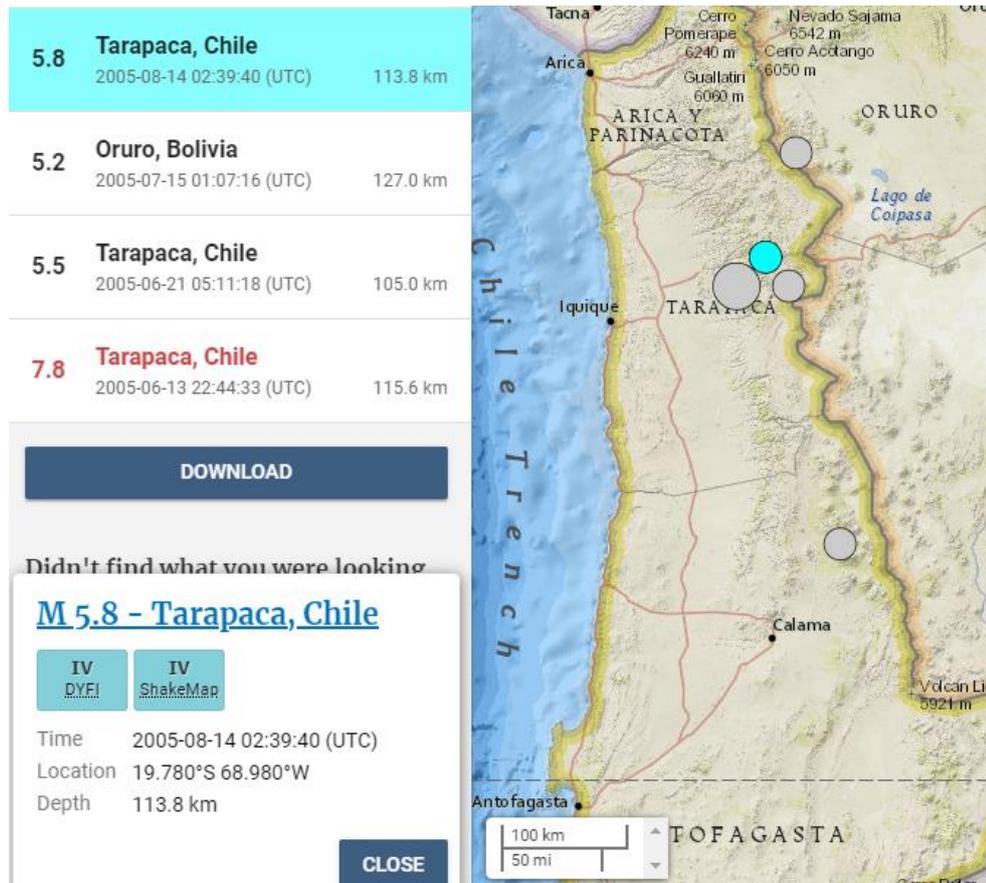


Ilustración 31. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

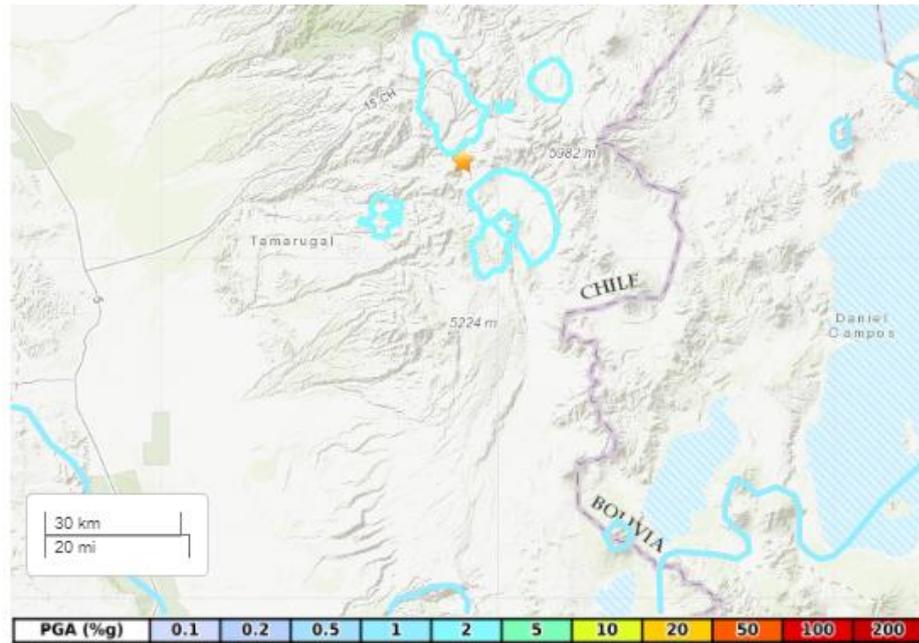


Ilustración 32. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

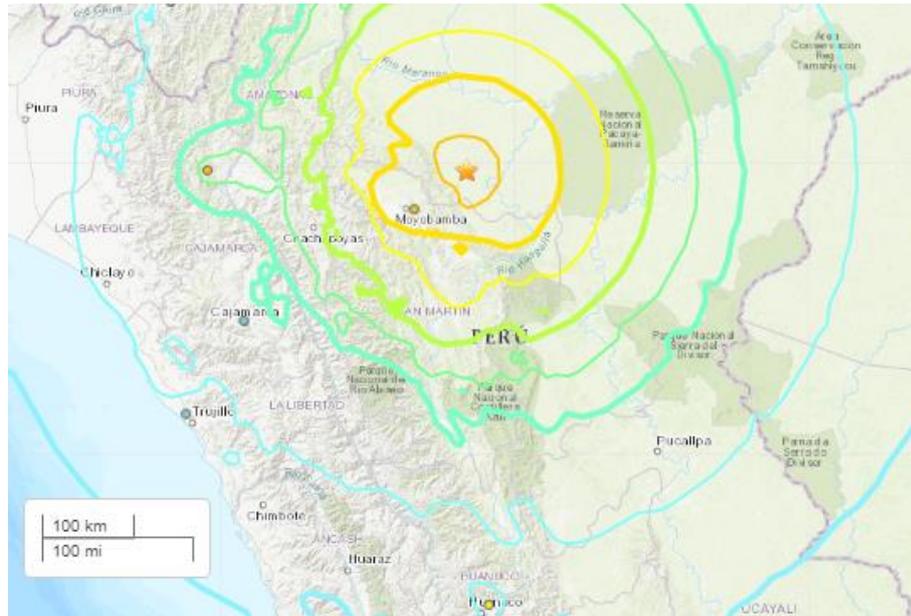
Tabla 8. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2005-06-13

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2005-06-13 Chile Iquique | 20%g (7,8Mw) | 2%g (5,8Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

3.1.8 Sismo Perú 25 de septiembre 2005

El evento principal comenzó en el horario 01:55:37 (UTC), en la ciudad de Yurimaguas tuvo lugar un terremoto de 7.5 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona cercana a Moyobamba, el epicentro del terremoto se localizó entre el cerro Yurimaguas y Moyobamba, con una profundidad de 115.0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 33** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 34**. La duración del evento fue de 2.0 minutos aproximadamente, se registró 10 personas fallecidas y más de 39000 personas damnificadas.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Ilustración 33. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

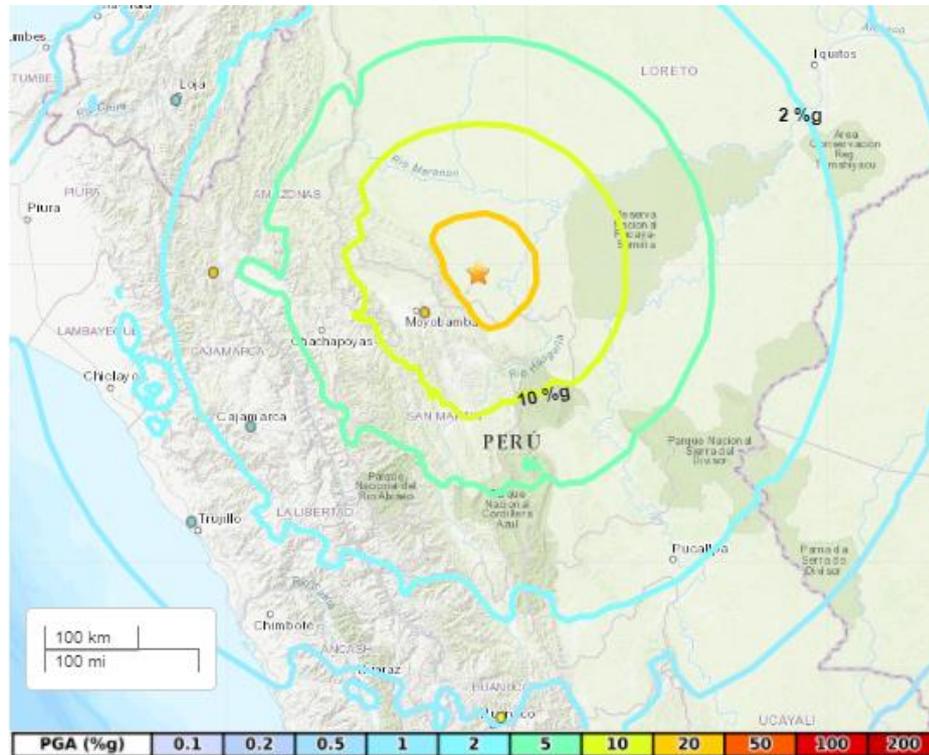


Ilustración 34. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Perú 25 de septiembre 2005

No existe evidencia de réplicas de este sismo.

3.1.9 Sismo Perú 15 de agosto 2007

El evento principal comenzó en el horario 23:40:57 (UTC), en la ciudad de Pisco tuvo lugar un terremoto de 8.0 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Perú, el epicentro del terremoto se localizó entre la ciudad de Lima y Pisco, con una profundidad de 39.0 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 35** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 36**. La duración del evento fue de 2.0 minutos aproximadamente, se registraron 597 personas fallecidas y más de 2291 personas heridas, con más de 76000 viviendas afectadas.

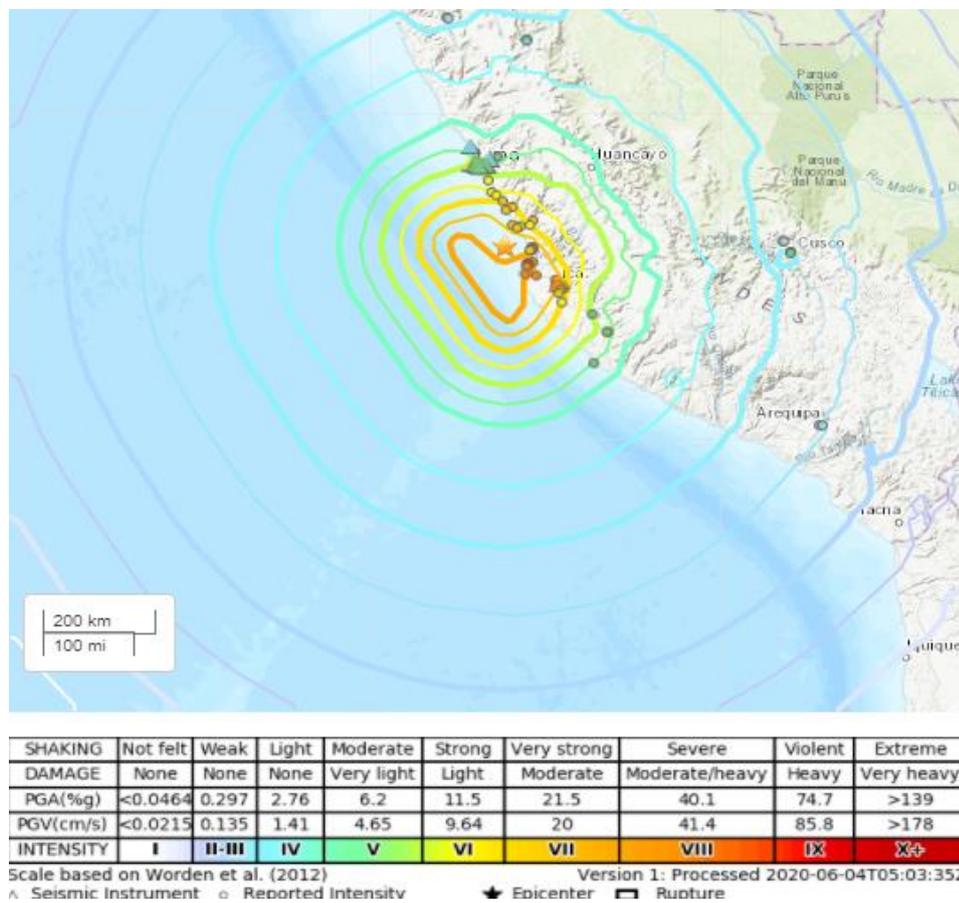


Ilustración 35. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

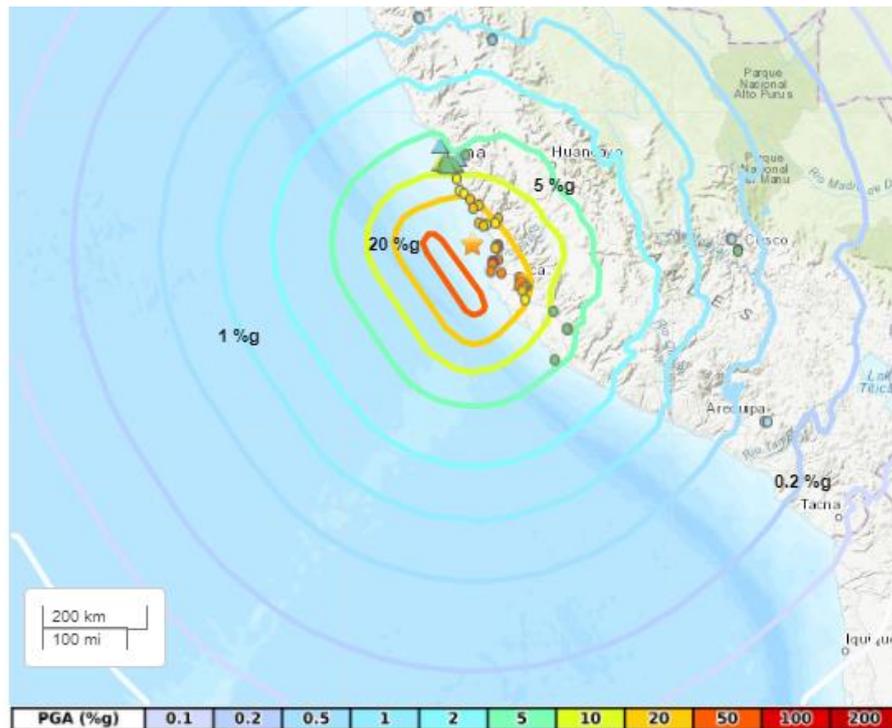


Ilustración 36. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo de Perú 15 de agosto 2007

Luego del evento principal se registraron 41 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.4 de magnitud ubicado cerca de la Reserva Nacional de Paracas, situado en la fecha 2007-08-16 en el horario 05:16:56 (UTC), con la profundidad 23.4 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

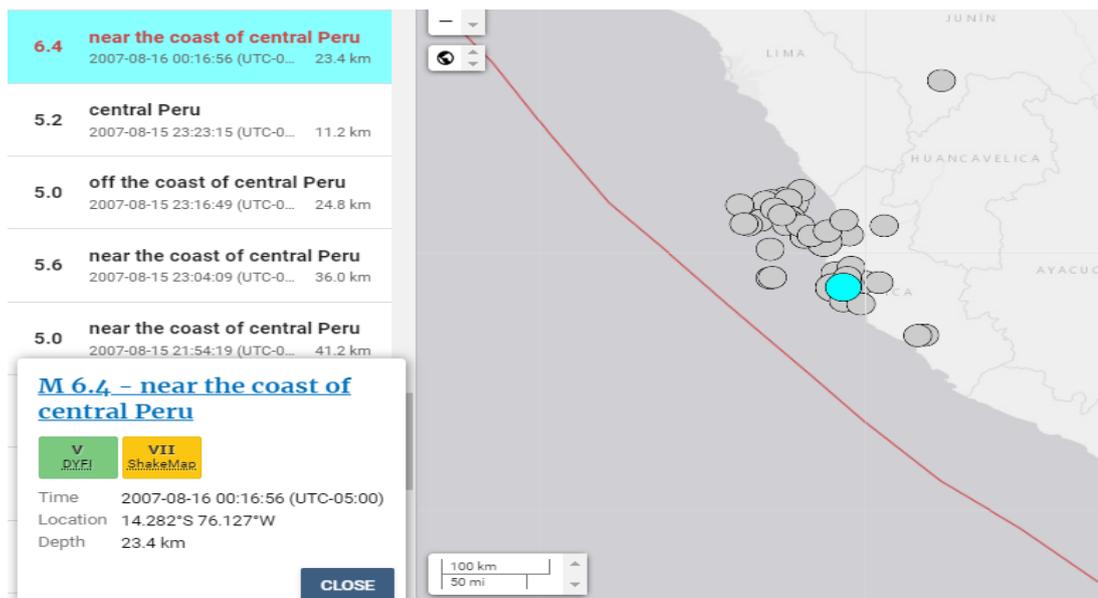


Ilustración 37. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

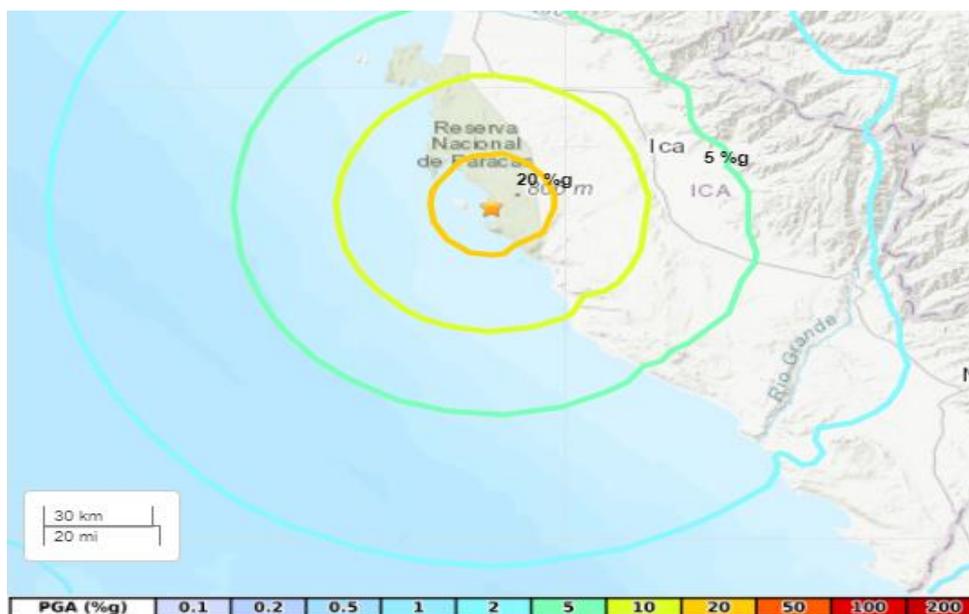


Ilustración 38. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 9. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Perú de 2007-08-15

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2007-08-15 Perú Pisco | 50%g (8,0Mw) | 5%g (5,8Mw) | 20%g (6,4Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

3.1.10 Sismo Chile 14 de noviembre 2007

El evento principal comenzó en el horario 15:40:50 (UTC), en la ciudad de Tocopilla tuvo lugar un terremoto de 7.7 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Chile, el epicentro del terremoto se localizó entre la ciudad de Tocopilla y Antofagasta, con una profundidad de 40.0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 39** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 40**. La duración del evento fue de 3 minutos aproximadamente, se registró 2 personas fallecidas y más de 95 personas heridas, con más de 200 viviendas afectadas.

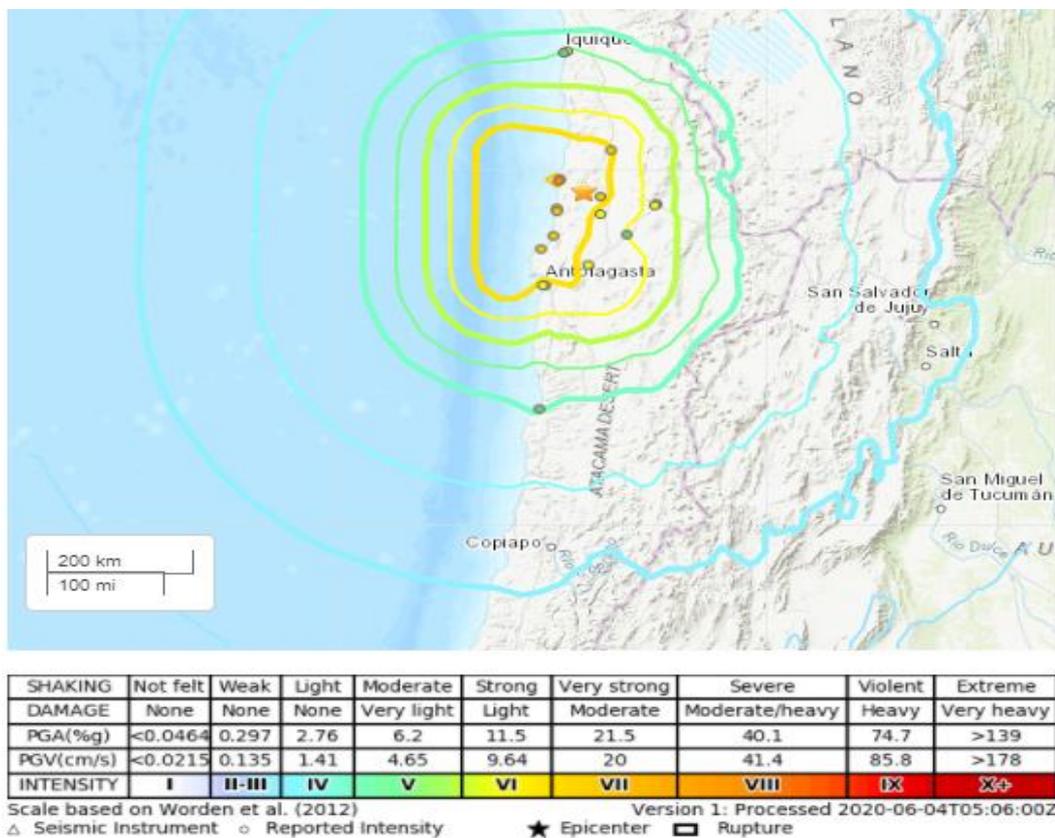


Ilustración 39. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

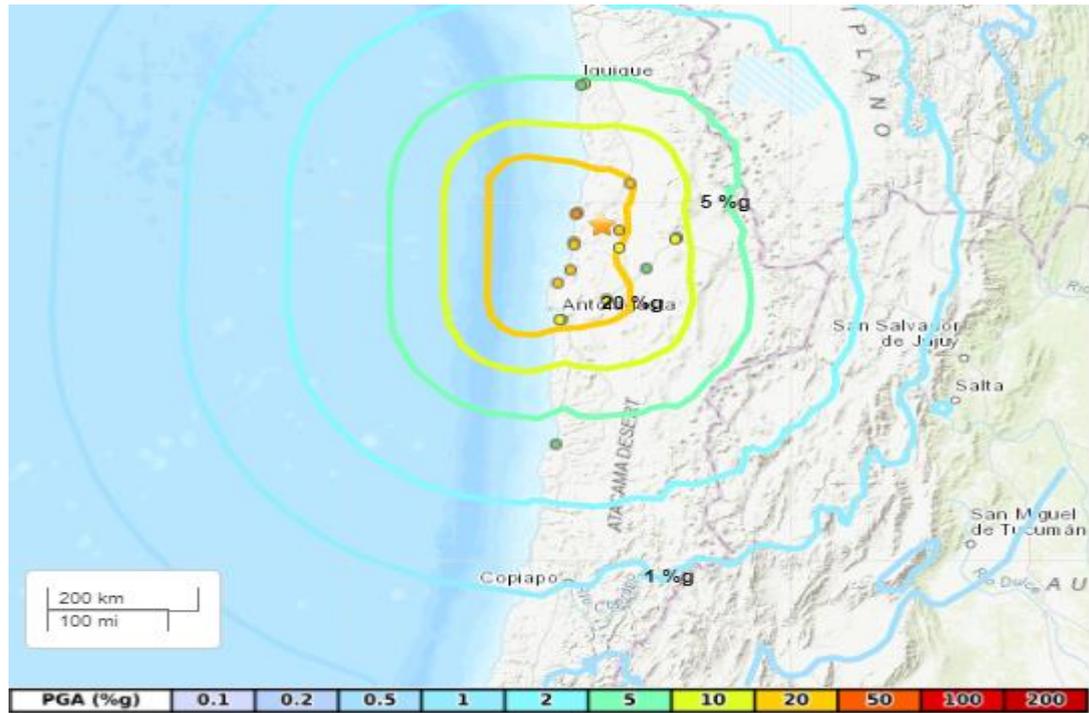


Ilustración 40. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Chile 14 de noviembre 2007

Luego del evento principal se registraron 50 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.8 de magnitud ubicado entre Tocopilla y Antofagasta, situado en la fecha 2007-11-15 en el horario 15:05:58 (UTC), con la profundidad 23.4 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

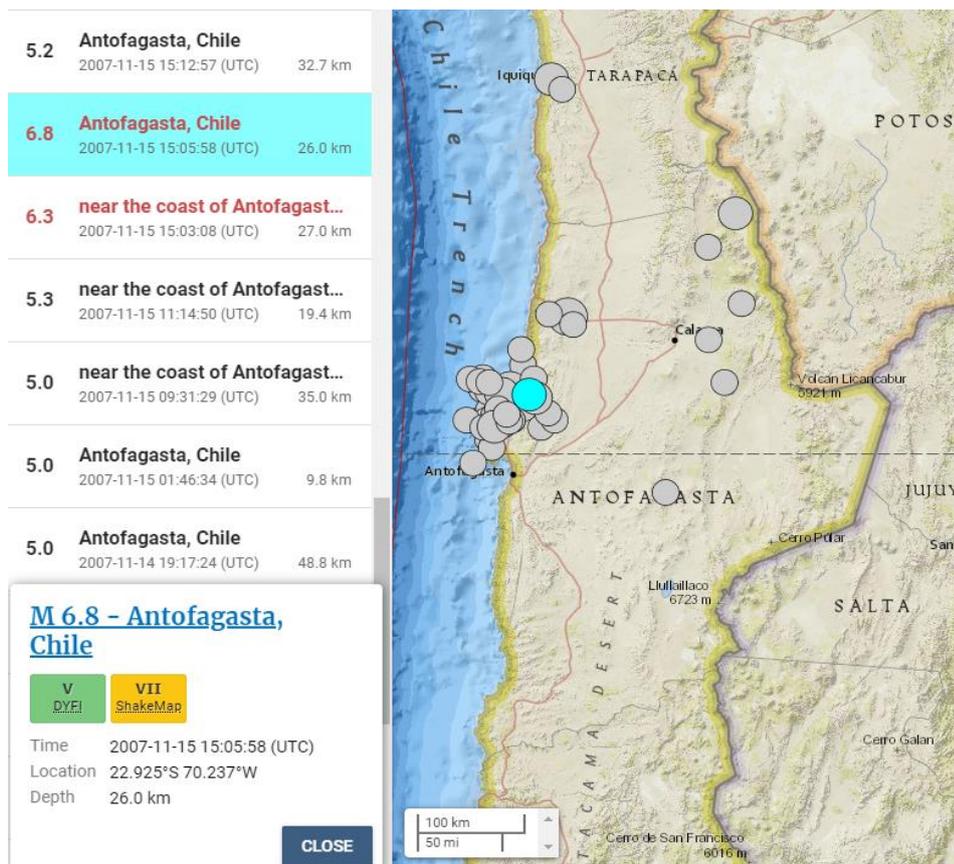


Ilustración 41. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

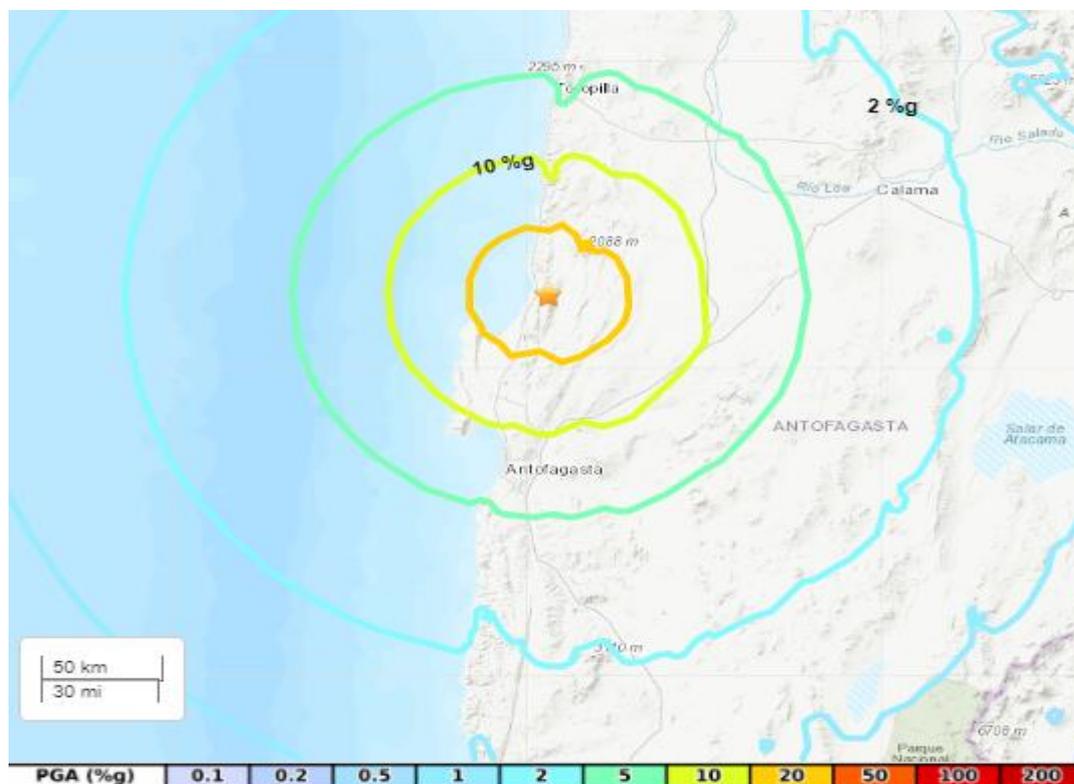


Ilustración 42. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 10. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2007-11-14

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2007-11-14 Chile Tocopilla | 20%g (7,7Mw) | 20%g (5,9Mw) | 20%g (6,8Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

3.1.11 Sismo Chile 27 de febrero 2010

El evento principal comenzó en el horario 06:34:11 (UTC), en la ciudad de Maule tuvo lugar un terremoto de 8.8 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Chile, el epicentro del terremoto se localizó entre la ciudad de Maule y Concepción, con una profundidad de 22.9 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 43** y un valor de aceleración de 50%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 44**. La duración del evento fue de 4 a 5 minutos aproximadamente, se registraron 525 personas fallecidas y más de 158752 personas heridas, con más de 457805 viviendas afectadas.



| | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X-X+ |

scale based on Worden et al. (2012) Version 1: Processed 2020-06-03T04:52:56Z

Seismic Instrument Reported Intensity

Epicenter Rupture

Ilustración 43. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

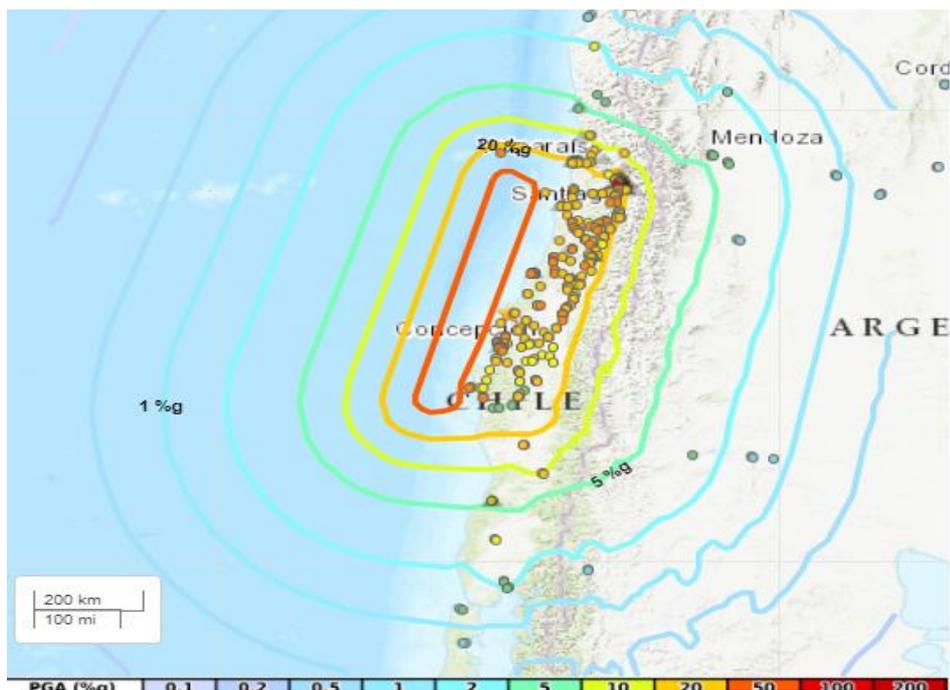


Ilustración 44. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Chile 27 de febrero 2010

Luego del evento principal se registraron 270 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 7.0 de magnitud ubicado en Valparaíso, situado en la fecha 2010-03-11 en el horario 14:56:27 (UTC), con la profundidad 23.4 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

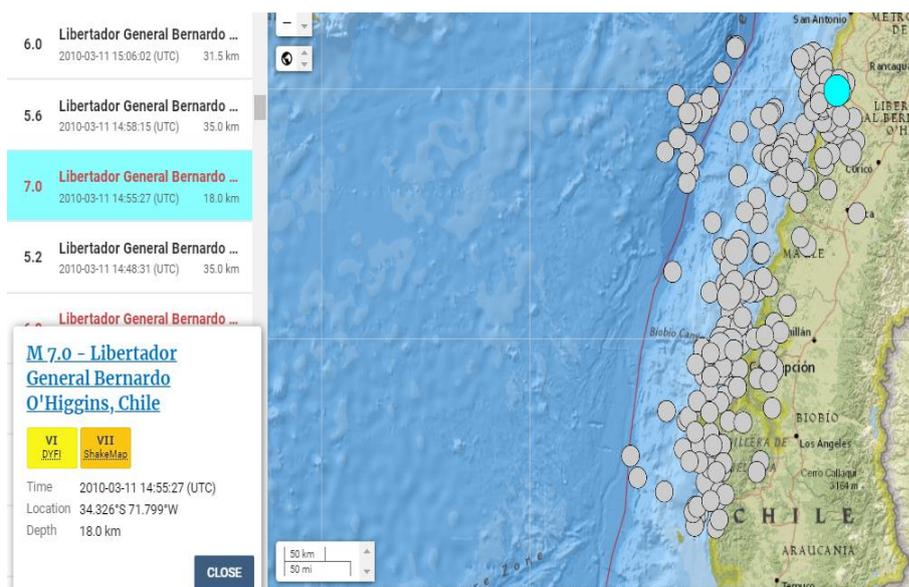


Ilustración 45. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

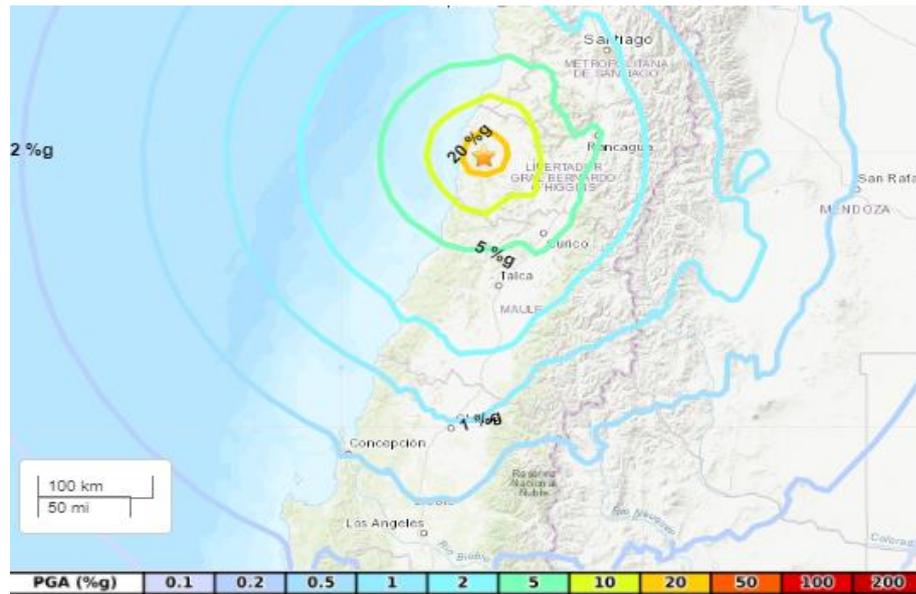


Ilustración 46. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

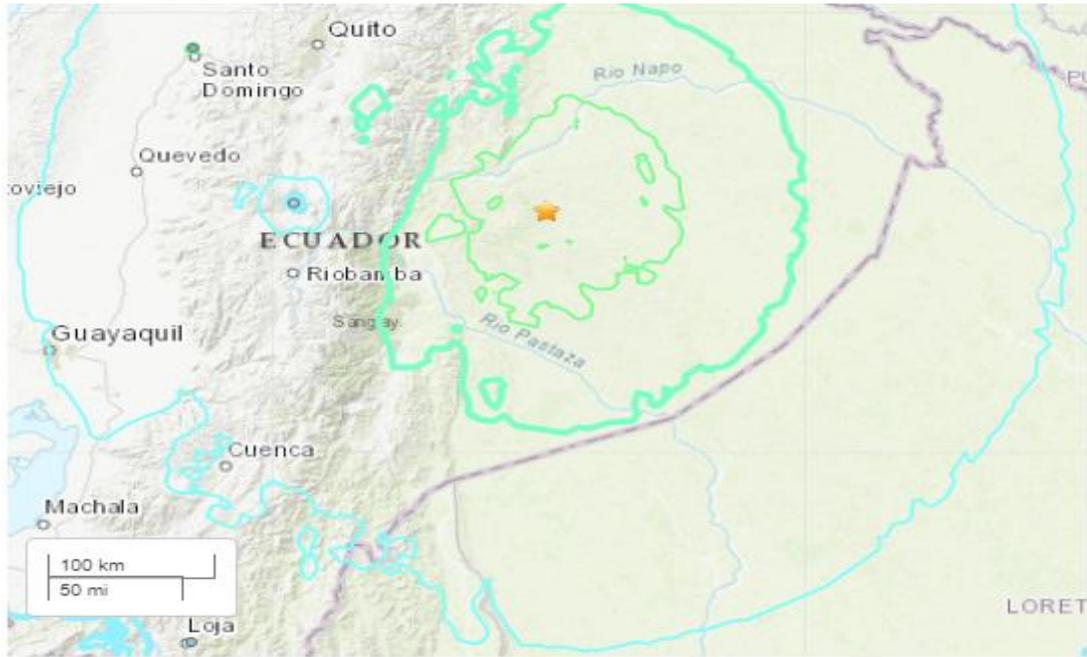
Tabla 11. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2010-02-27

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) | Réplicas (7.0Mw>7.9Mw) |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2010-02-27 Chile Maule | 50%g (8,8Mw) | 20%g (5,9Mw) | 20%g (6,9Mw) | 20%g (7,0 Mw) |

Nota: Elaborado por el Autor

3.1.12 Sismo Ecuador 12 de agosto 2010

El evento principal comenzó en el horario 11:54:15 (UTC), en la ciudad de Tena tuvo lugar un terremoto de 7.2 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona próxima al Río Curaray, el epicentro del terremoto se localizó entre la ciudad de Tena y Puyo, con una profundidad de 206.7 km, se registró un valor de Intensidad V como se observa en la **Ilustración 47** y un valor de aceleración de 5%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 48**. La duración del evento fue de 40 segundos aproximadamente, se registró 1 persona herida y leve daños materiales.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |

Ilustración 47. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

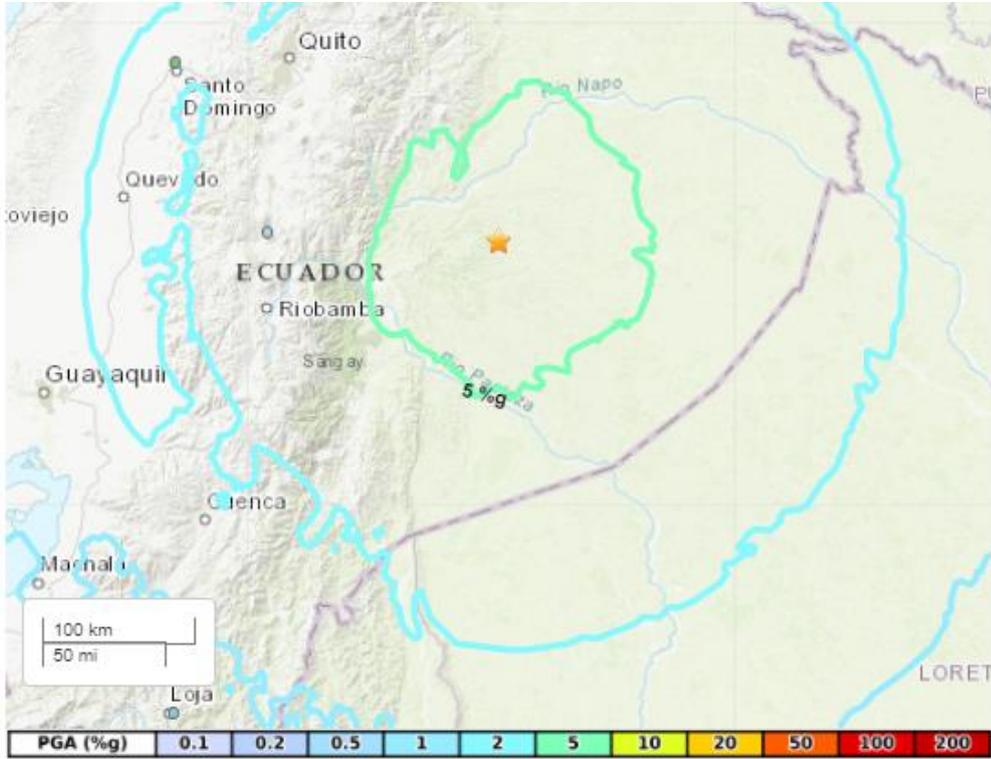


Ilustración 48. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Ecuador 12 de agosto 2010

Luego del evento principal se registró 1 réplica, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 5.2 de magnitud ubicado en la zona de borde entre Ecuador y Perú, situado en la fecha 2010-10-09 en el horario 14:04:47 (UTC), con la profundidad 123.9 km.

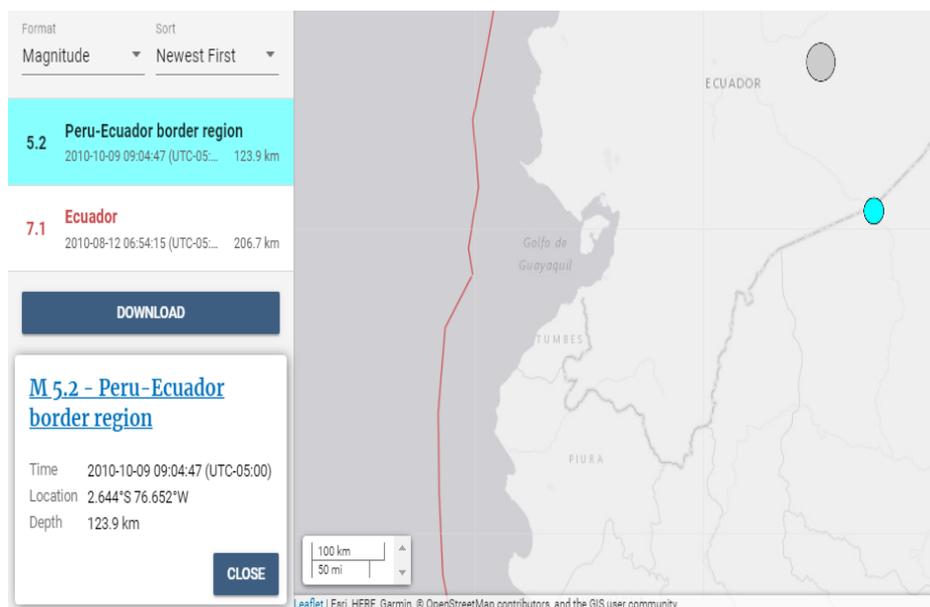
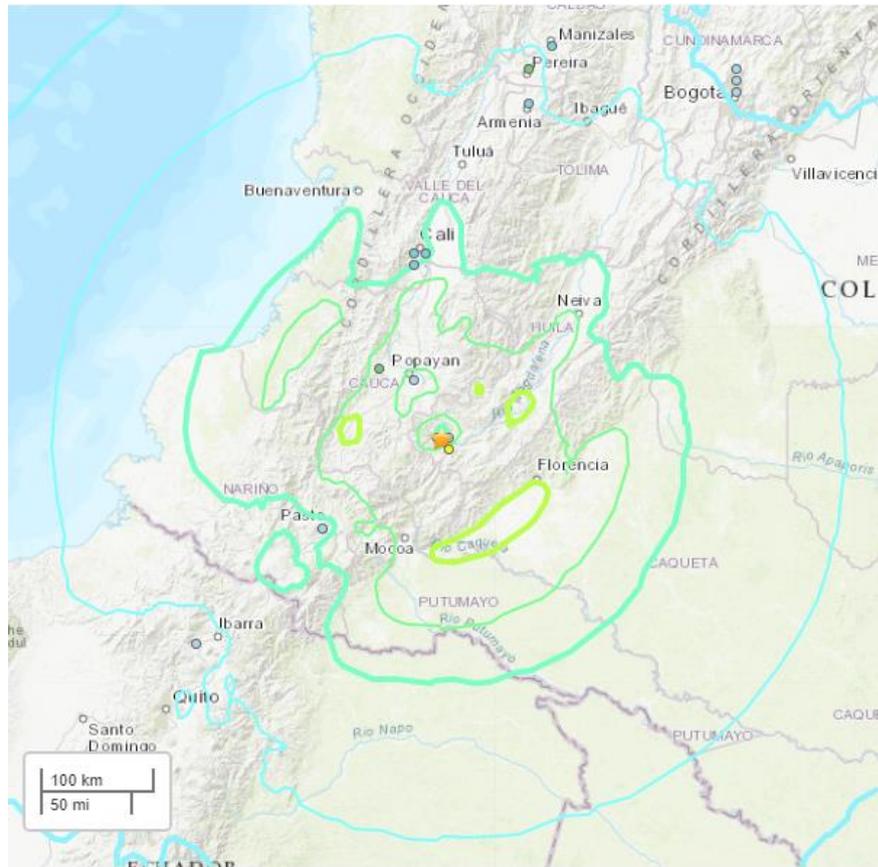


Ilustración 49. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS

3.1.13 Sismo Colombia 30 de septiembre 2012

El evento principal comenzó en el horario 16:31:35 (UTC), en la ciudad de San Agustín tuvo lugar un terremoto de 7.3 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en el Parque Arqueológico La Gaitana, el epicentro del terremoto se localizó entre la ciudad de Popayán y Mocoa, con una profundidad de 170.0 km, se registró un valor de Intensidad V como se observa en la **Ilustración 50** y un valor de aceleración de 10% g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 51**. La duración del evento fue de 1 minuto aproximadamente, se registró leves daños materiales.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Ilustración 50. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

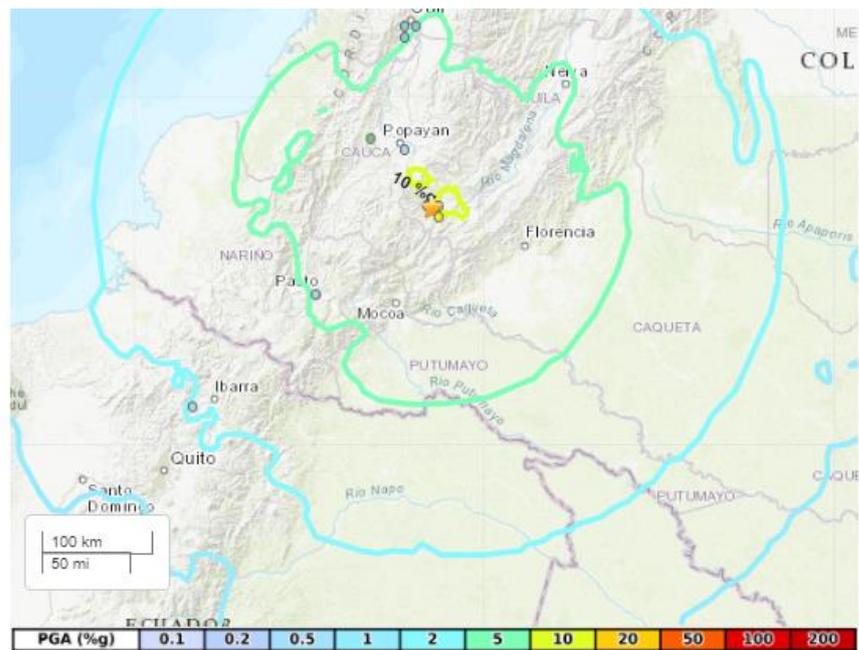


Ilustración 51. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Colombia 30 de septiembre 2012

Luego del evento principal se registró 1 réplica, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.9 de magnitud ubicado en la ciudad Pasto, situado en la fecha 2013-02-09 en el horario 14:16:07 (UTC, con la profundidad 145.0 km, además se obtuvo un valor de V en Intensidad y un valor de aceleración en 5% g (Pga).

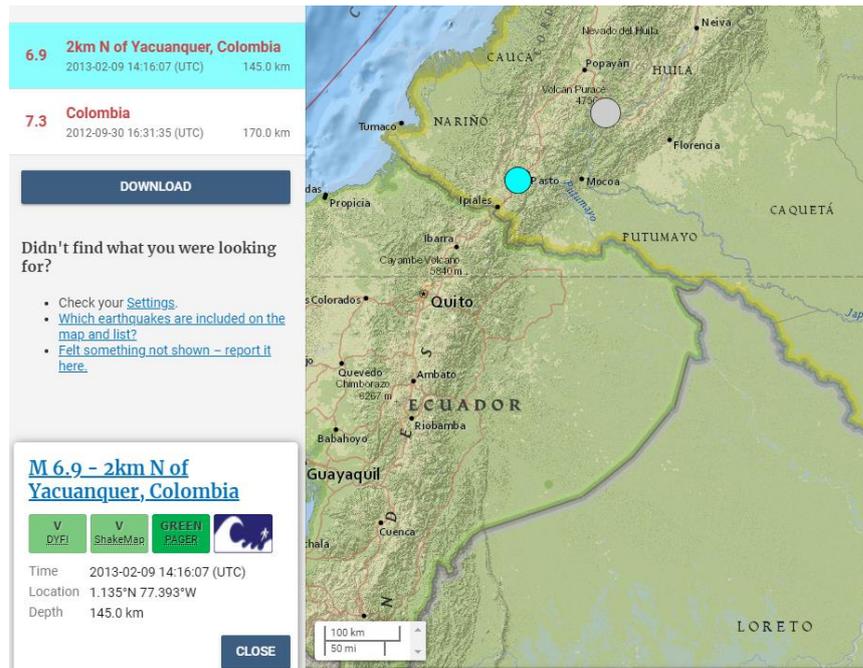


Ilustración 52. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

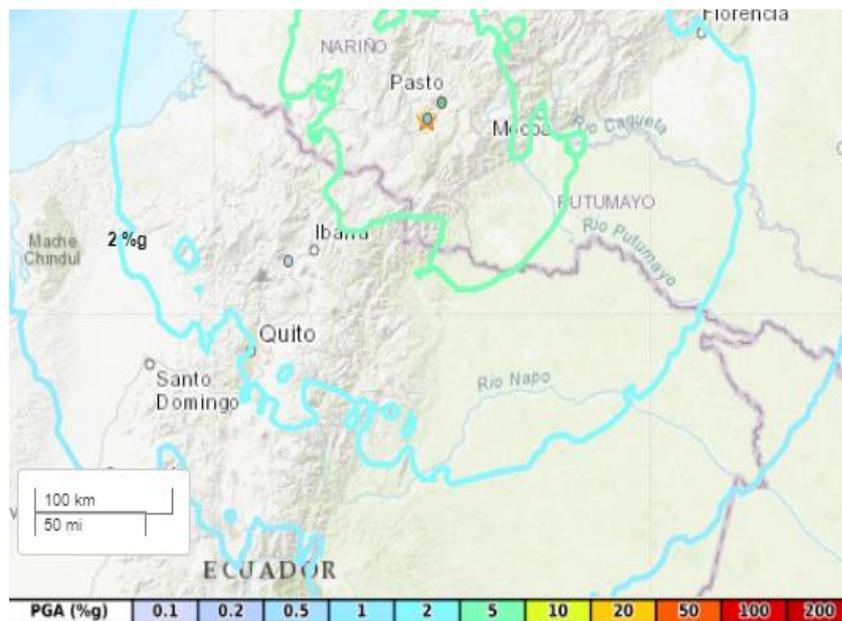


Ilustración 53. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 12. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Colombia de 2012-09-30

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2012-09-30 Colombia San Agustín | 10%g (7,3 Mw) | - | 5%g (6,9 Mw) |

Nota: Elaborado por el Autor

3.1.14 Sismo Chile 01 de abril 2014

El evento principal comenzó en el horario 23:46:47 (UTC), en la playa de Iquique tuvo lugar un terremoto de 8.2 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Chile, el epicentro del terremoto se localizó en la playa de Iquique, con una profundidad de 25.0 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 54** y un valor de aceleración de 50%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 55**. La duración del evento fue de 3 minutos aproximadamente, se registró 7 personas fallecidas y más de 200 personas heridas, con daños graves en las estructuras afectadas.

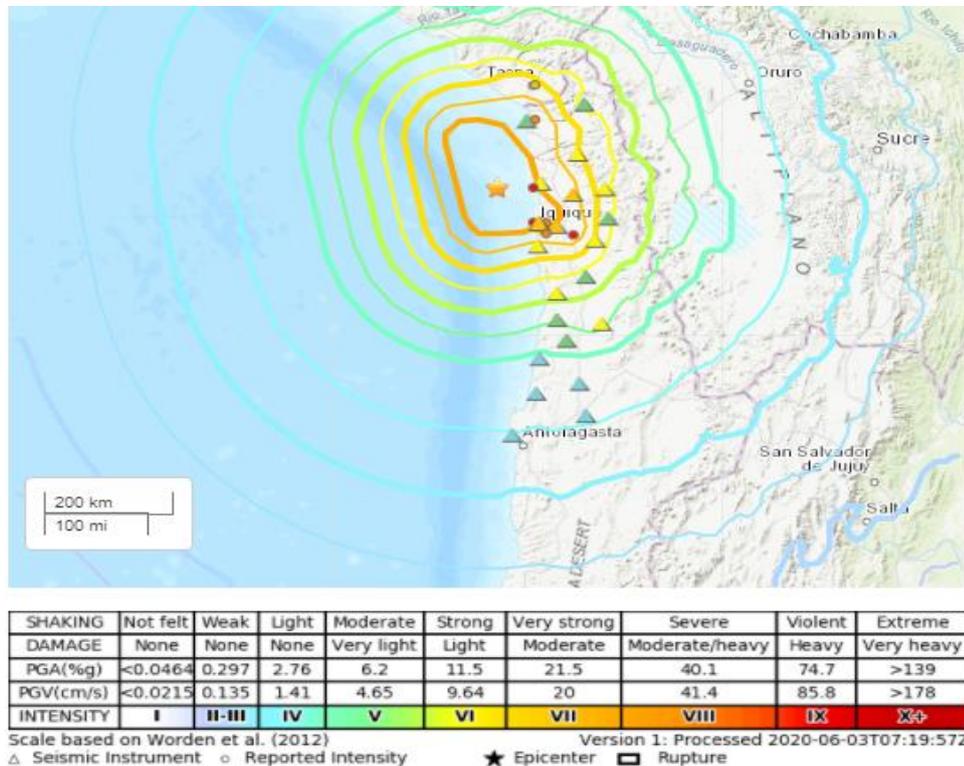


Ilustración 54. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

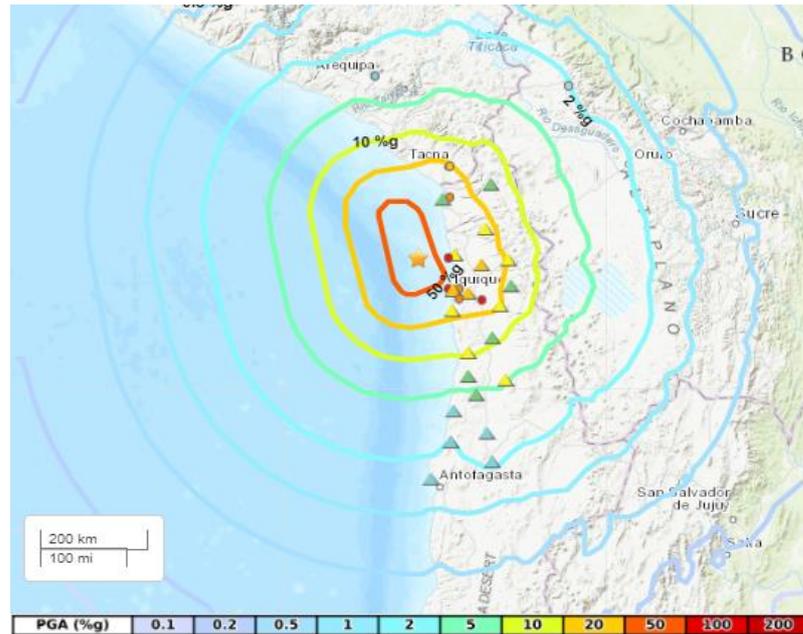


Ilustración 55. Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Chile 01 de abril 2014

Luego del evento principal se registró 89 réplica, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 7.7 de magnitud ubicado en la ciudad Iquique, situado en la fecha 2014-04-03 en el horario 02:43:13 (UTC), con la profundidad 22.4 km, además se obtuvo un valor de VIII en Intensidad y un valor de aceleración en 50% g (Pga).

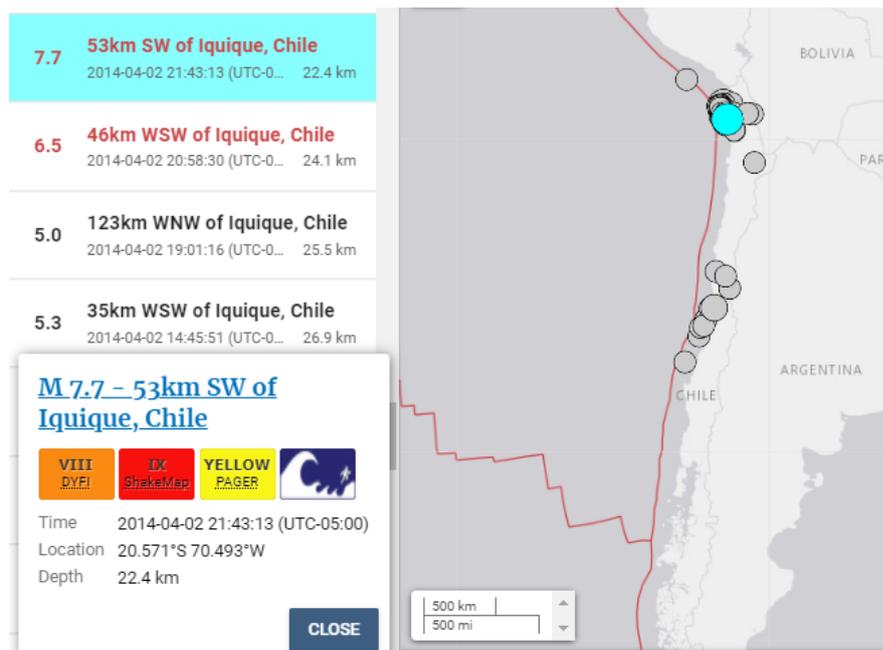


Ilustración 56. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS

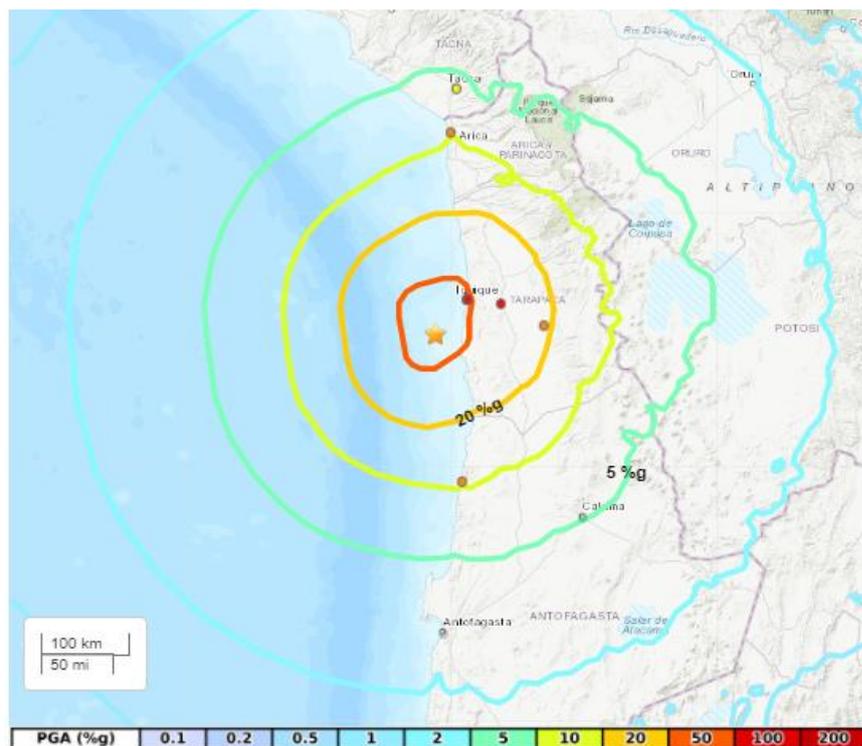


Ilustración 57. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

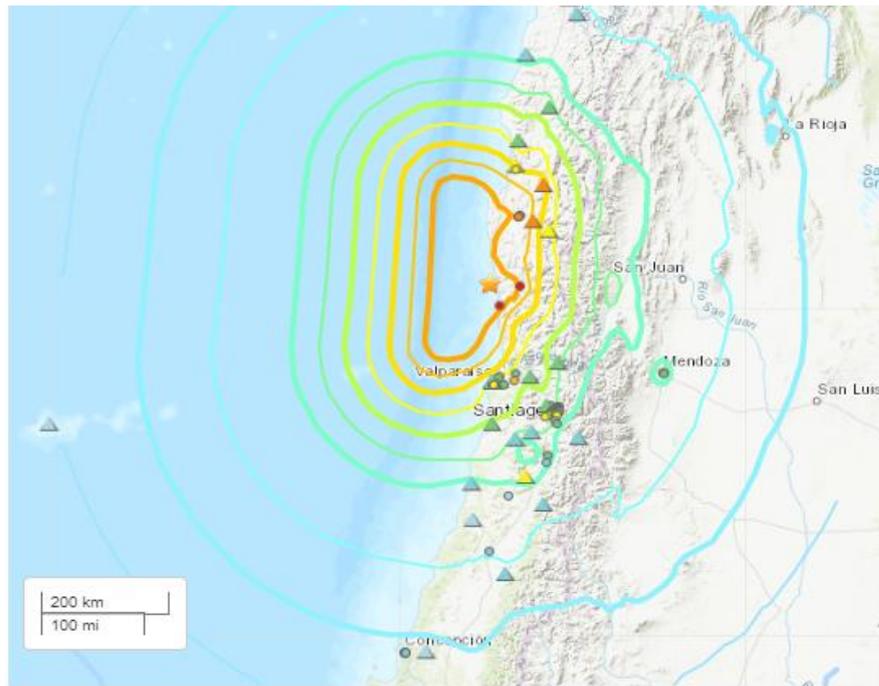
Tabla 13. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2014-04-01

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) | Réplicas (7.0Mw>7.9Mw) |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2014-04-01 Chile Iquique | 50%g (8,2Mw) | 20%g (5,8Mw) | 20%g (6,5Mw) | 50%g (7,7Mw) |

Nota: Elaborado por el autor.

3.1.15 Sismo Chile 16 de septiembre 2015

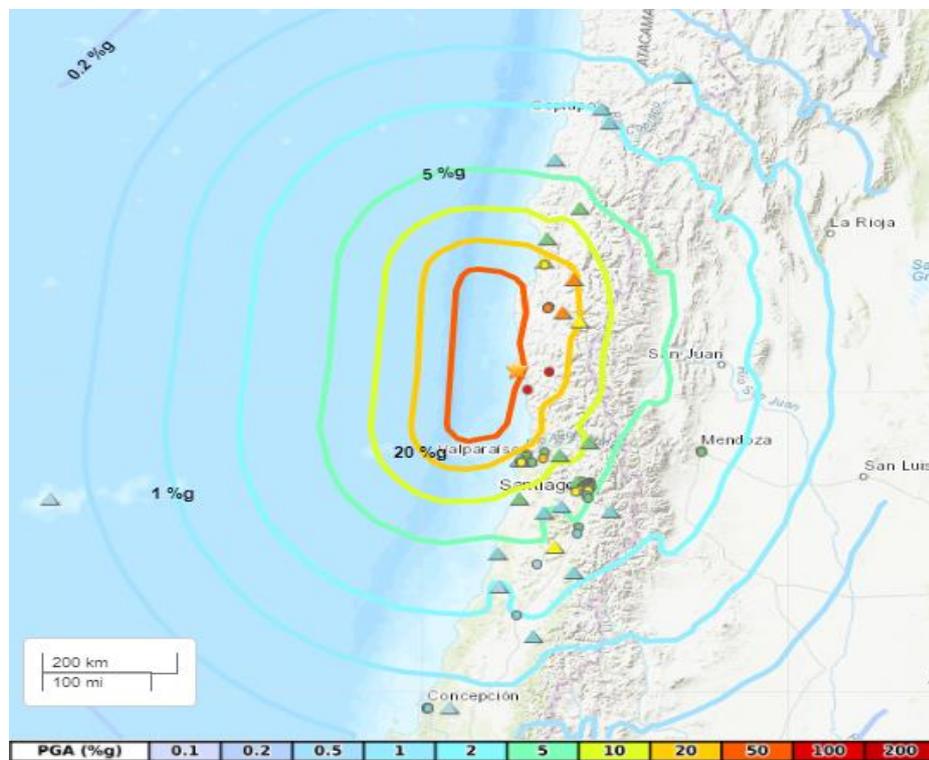
El evento principal comenzó en el horario 22:54:32 (UTC), en la playa de Illapel tuvo lugar un terremoto de 8.4 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Chile, el epicentro del terremoto se localizó en la playa de Illapel, con una profundidad de 22.4 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 58** y un valor de aceleración de 50%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 59**. La duración del evento fue de 3 minutos aproximadamente, se registró 16 personas fallecidas y más de 27 722 personas heridas y 2442 viviendas destruidas.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Scale based on Worden et al. (2012) Version 1: Processed 2020-06-03T05:50:06Z
 △ Seismic Instrument ○ Reported Intensity ★ Epicenter □ Rupture

Ilustración 58. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.



| PGA (%g) | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 |
|----------|-----|-----|-----|---|---|---|----|----|----|-----|-----|
|----------|-----|-----|-----|---|---|---|----|----|----|-----|-----|

Ilustración 59. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Chile 16 de septiembre 2015

Luego del evento principal se registró 129 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 7.0 de magnitud ubicado en la ciudad Illapel, situado en la fecha 2015-09-16 en el horario 23:18:41 (UTC), con la profundidad 28.4 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).

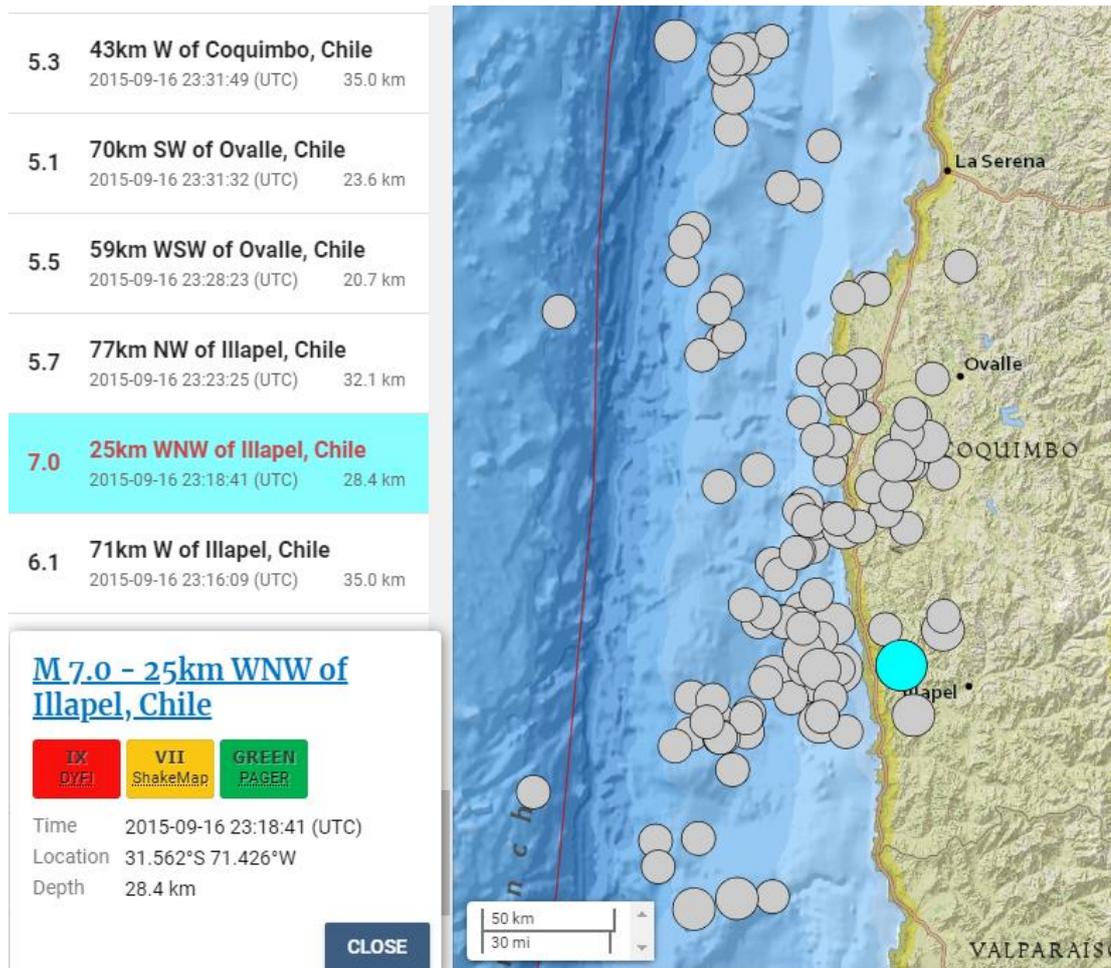


Ilustración 60. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

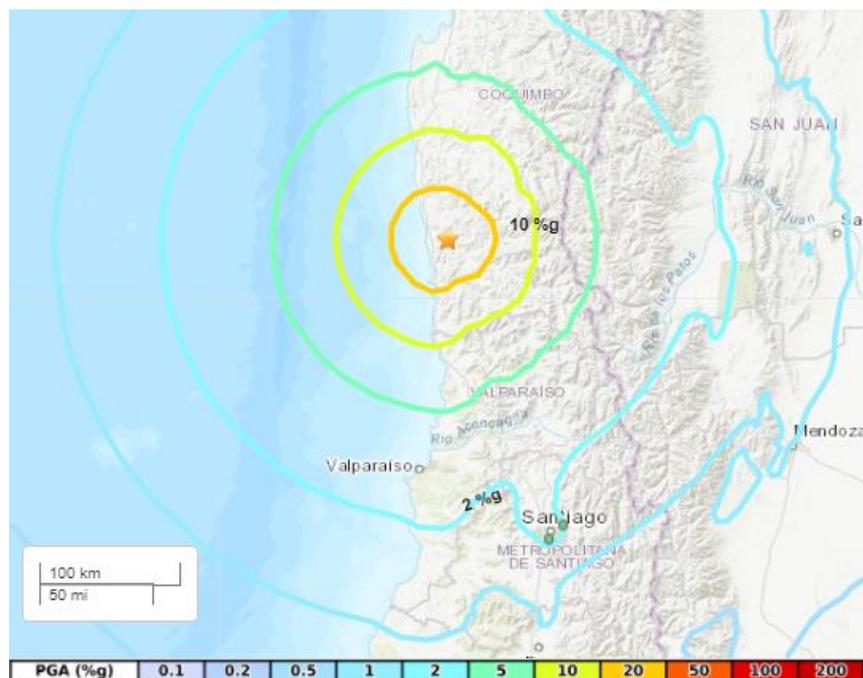


Ilustración 61. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

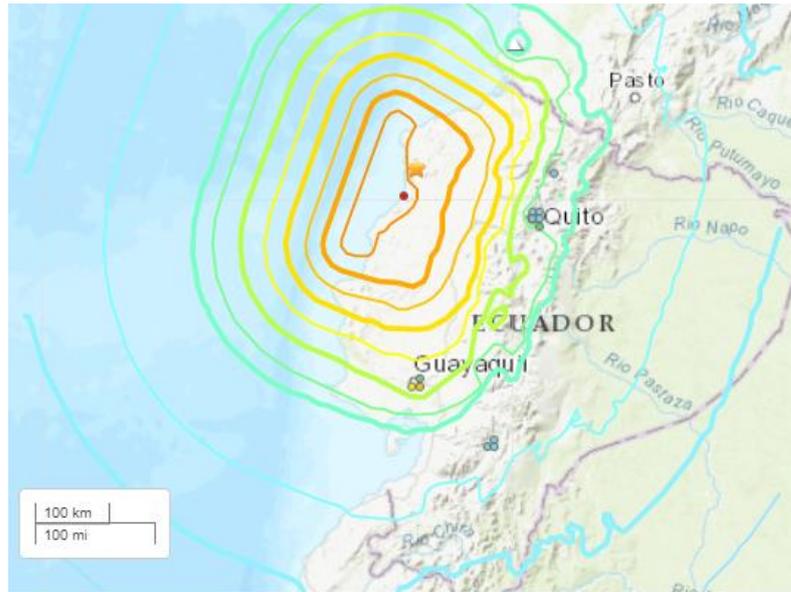
Tabla 14. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2015-09-16

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) | Réplicas (7.0Mw>7.9Mw) |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2015-09-16 Chile Illapel | 50%g (8,4Mw) | 20%g (5,9Mw) | 20%g (6,7Mw) | 20%g (7,0Mw) |

Nota: Elaborado por el Autor

3.1.16 Sismo Ecuador 16 de abril 2016

El evento principal comenzó en el horario 23:58:36 (UTC), en la ciudad de Muisne tuvo lugar un terremoto de 7.8 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Esmeralda, el epicentro del terremoto se localizó entre las parroquias de Pedernales y Cojimíes, con una profundidad de 20.6 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 62** y un valor de aceleración de 50%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 63**. La duración del evento fue de 2.5 minutos aproximadamente, se registró 673 personas fallecidas y más de 6274 personas heridas y el colapso de 786 obras civiles.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Ilustración 62. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

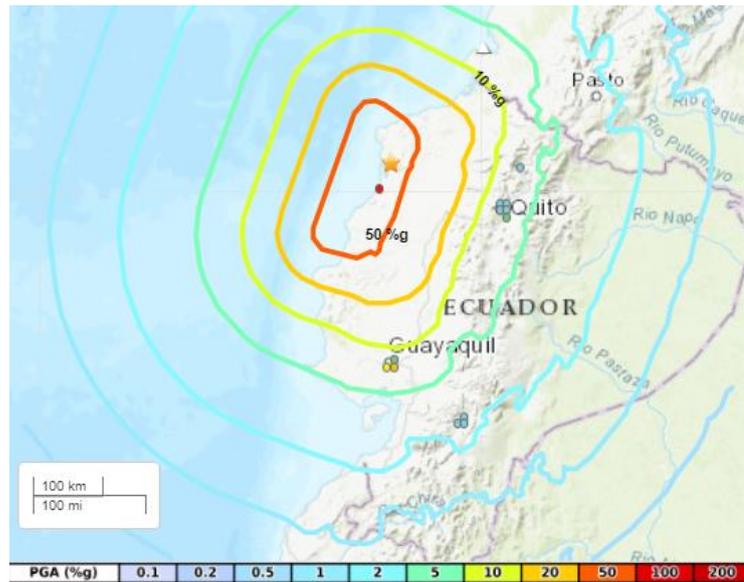


Ilustración 63. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Ecuador 16 de abril 2016

Luego del evento principal se registró 17 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.9 de magnitud ubicado en la ciudad de Muisne, situado en la fecha 2016-05-18 en el horario 16:46:43 (UTC), con la profundidad 30.0 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).



Ilustración 64. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS



Ilustración 65. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 15. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Ecuador de 2016-04-16

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2016-04-16 Ecuador Pedernales | 50%g (7,8Mw) | 20%g (5,9Mw) | 20%g (6,9Mw) |

Nota: Elaborado por el autor.

3.1.17 Sismo Chile 25 de diciembre 2016

El evento principal comenzó en el horario 23:58:36 (UTC), en el Puerto Quellón tuvo lugar un terremoto de 7.6 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera del Parque Nacional Corcovado, el epicentro del terremoto se localizó en la comuna chilena de Quellón, con una profundidad de 38.0 km, se registró un valor de Intensidad VIII como se observa en la **Ilustración 66** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 67**. La duración del evento fue de 13 segundos aproximadamente.

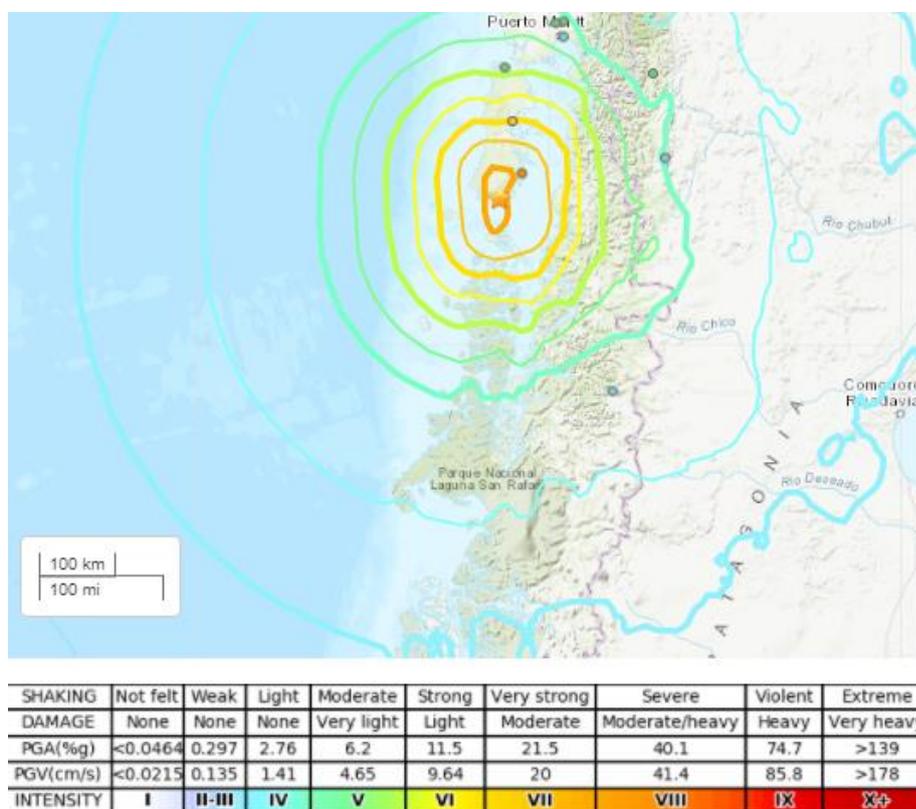


Ilustración 66. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

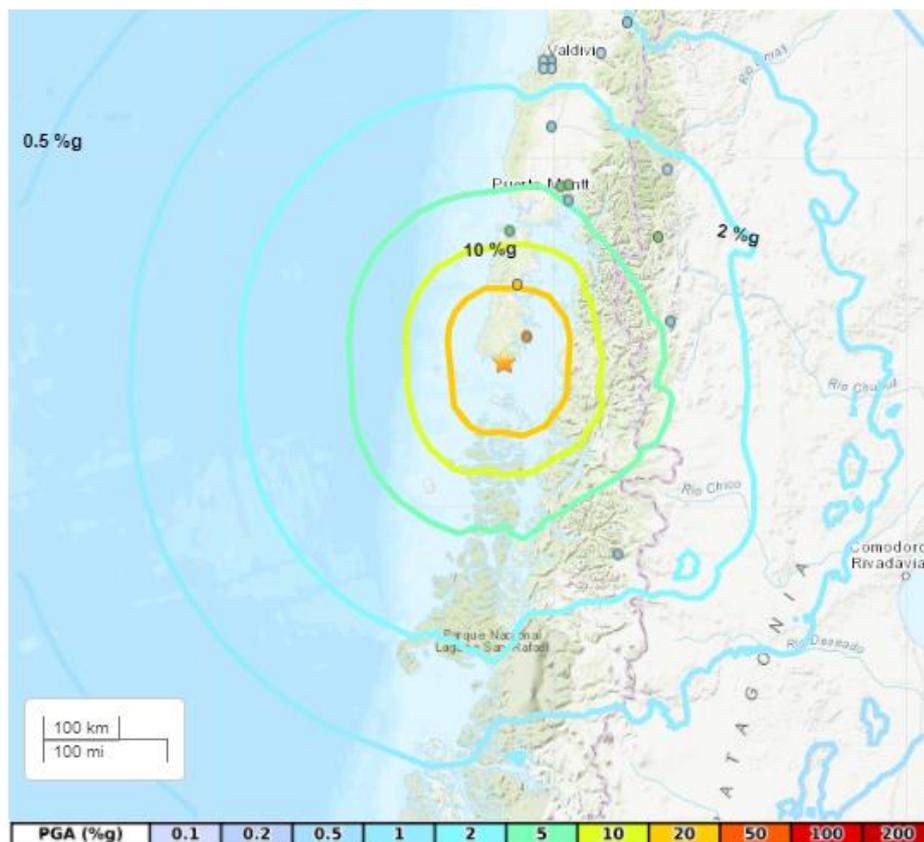


Ilustración 67. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS

Réplicas del Sismo Chile 25 de diciembre 2016

Luego del evento principal se registró 45 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.9 de magnitud ubicado en la zona costera de Valparaíso, situado en la fecha 2017-27-04 en el horario 21:38:30 (UTC), con la profundidad 28.0 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).



Ilustración 68. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

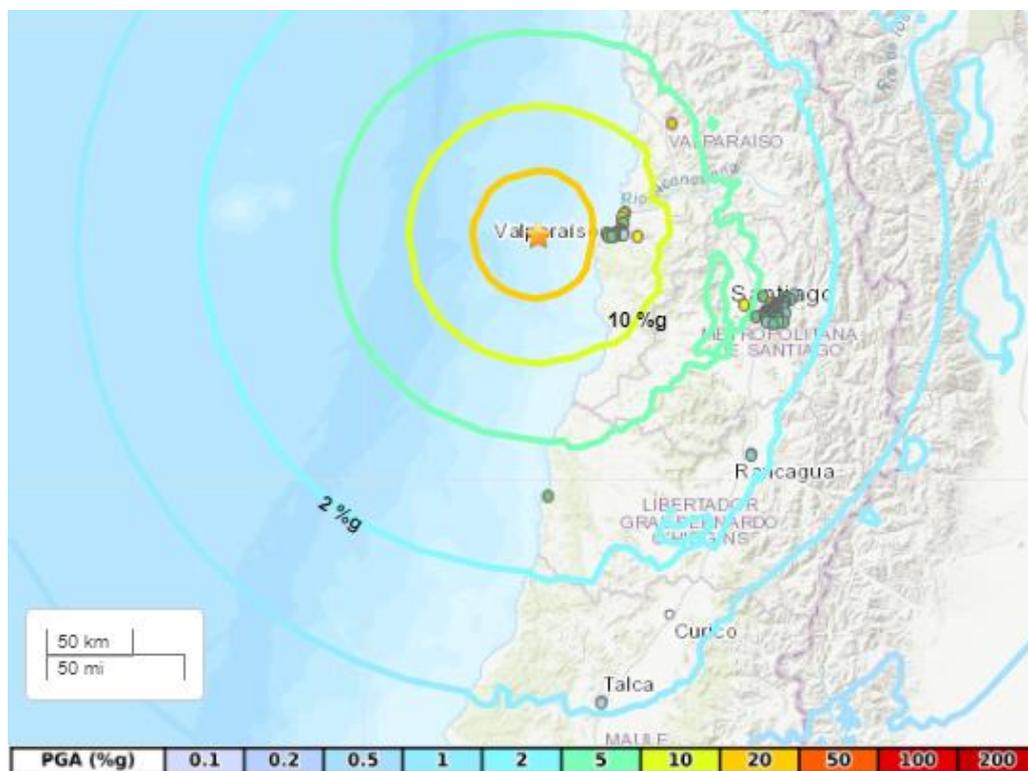


Ilustración 69. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 16. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2016-12-25

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2016-12-25 Chile Quellón | 20%g (7,6 Mw) | 10%g (5,9Mw) | 20%g (6,9Mw) |

Nota: Elaborado por el Autor.

3.1.18 Sismo Perú 14 de enero 2018

El evento principal comenzó en el horario 09:18:45 (UTC), en la ciudad de Acarí tuvo lugar un terremoto de 7.1 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Acarí, el epicentro del terremoto se localizó en la playa de Acarí, con una profundidad de 39.0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 70** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 71** La duración del evento fue de 1.5 minutos aproximadamente, se registró 2 personas fallecidas y más de 103 personas heridas.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X-X+ |

Ilustración 70. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

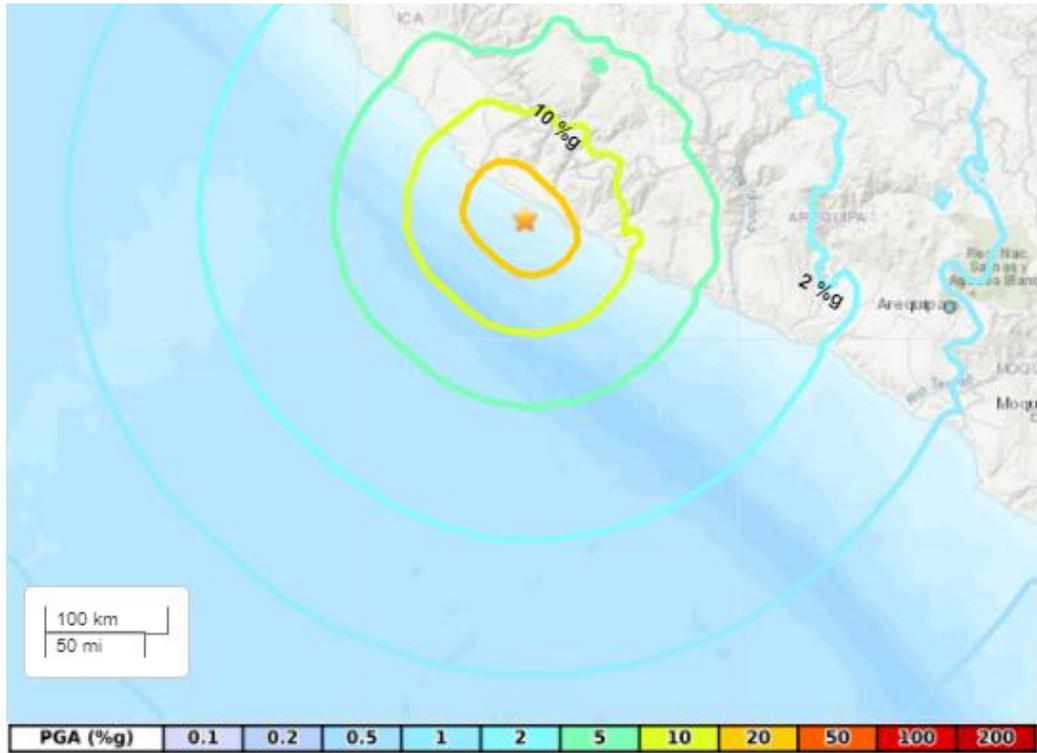


Ilustración 71. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Perú 14 de enero 2018

Luego del evento principal se registró 10 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 5,5 de magnitud ubicado en el Borde de Perú y Chile (Iquique), situado en la fecha 2018-01-21 en el horario 01:06:42 (UTC), con la profundidad 116.0 km, además se obtuvo un valor de V en Intensidad y un valor de aceleración en 5% g (Pga).

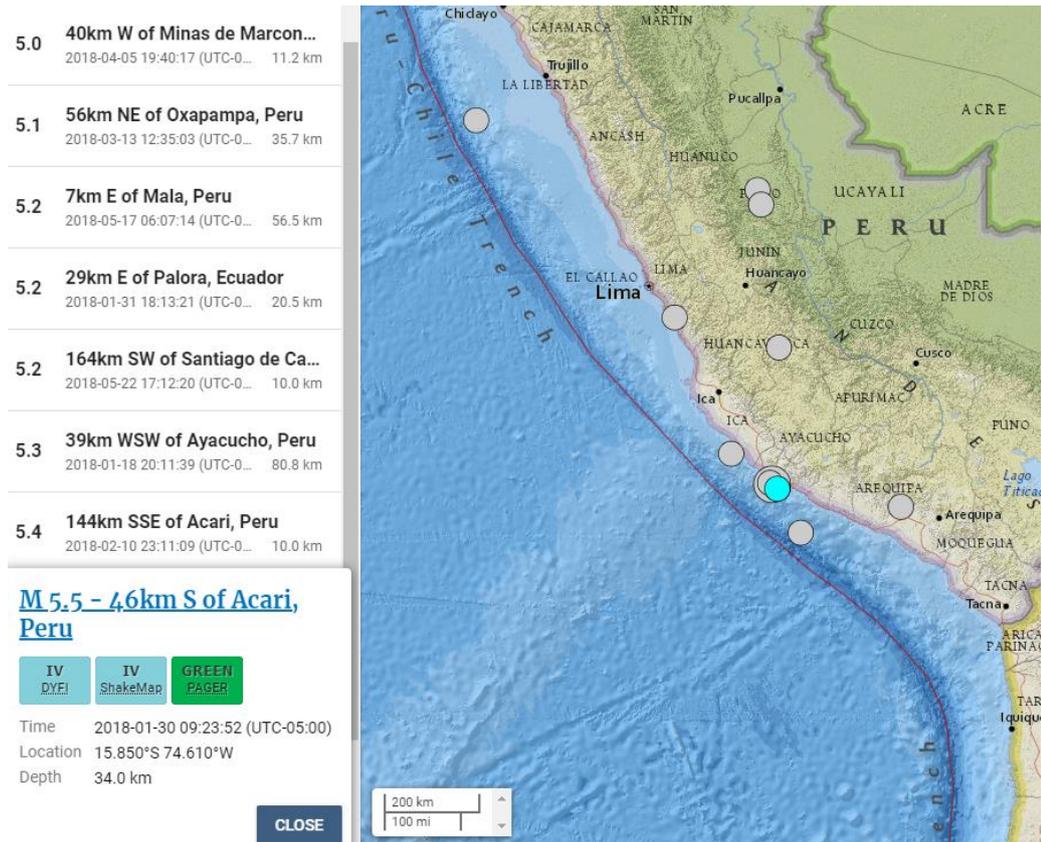


Ilustración 72. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

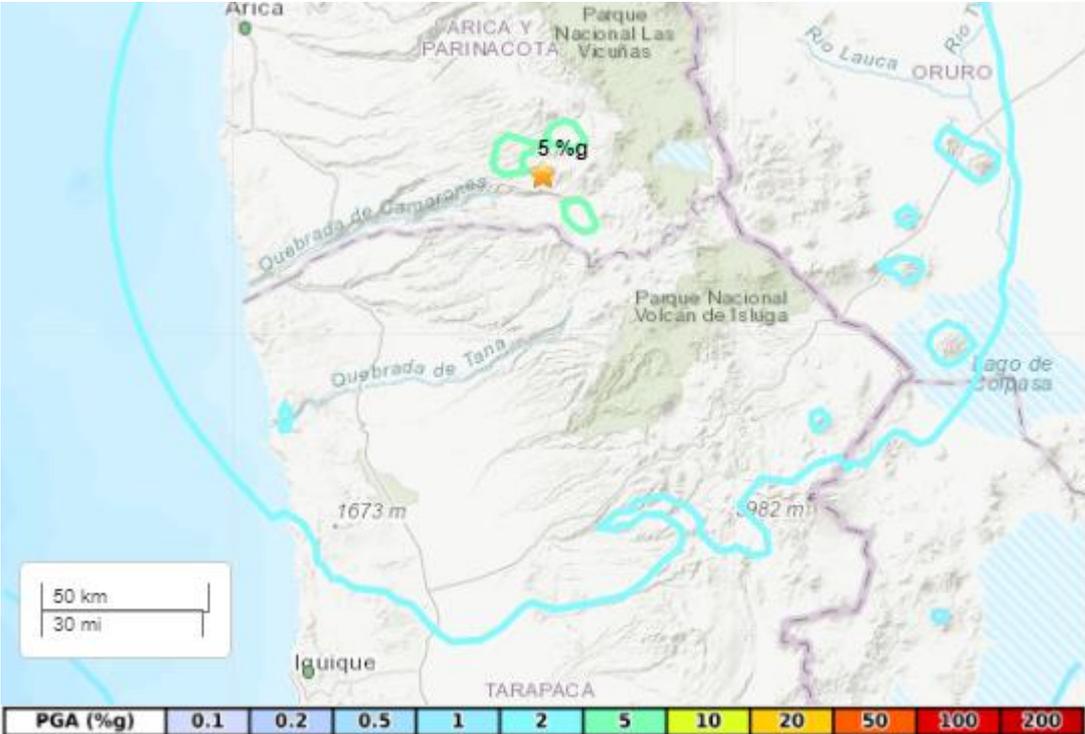


Ilustración 73. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 17. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Perú de 2018-01-14

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2018-01-14 Perú Arequipa | 20%g (7,1 Mw) | 5%g (5,5Mw) | 5%g (6,3Mw) |

Nota: Elaborado por el Autor

3.1.19 Sismo Perú 26 de mayo 2019

El evento principal comenzó en el horario 07:41:15 (UTC), en la ciudad de Loreto tuvo lugar un terremoto de 8.0 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona entre Loreto y Yurimaguas, el epicentro del terremoto se localizó en el Parque Nacional Pacaya-Samiria, con una profundidad de 112.6 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 74** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 75**. La duración del evento fue de 3.5 minutos aproximadamente, se registró 2 personas fallecidas, más de 31 personas heridas y 400 viviendas afectadas.

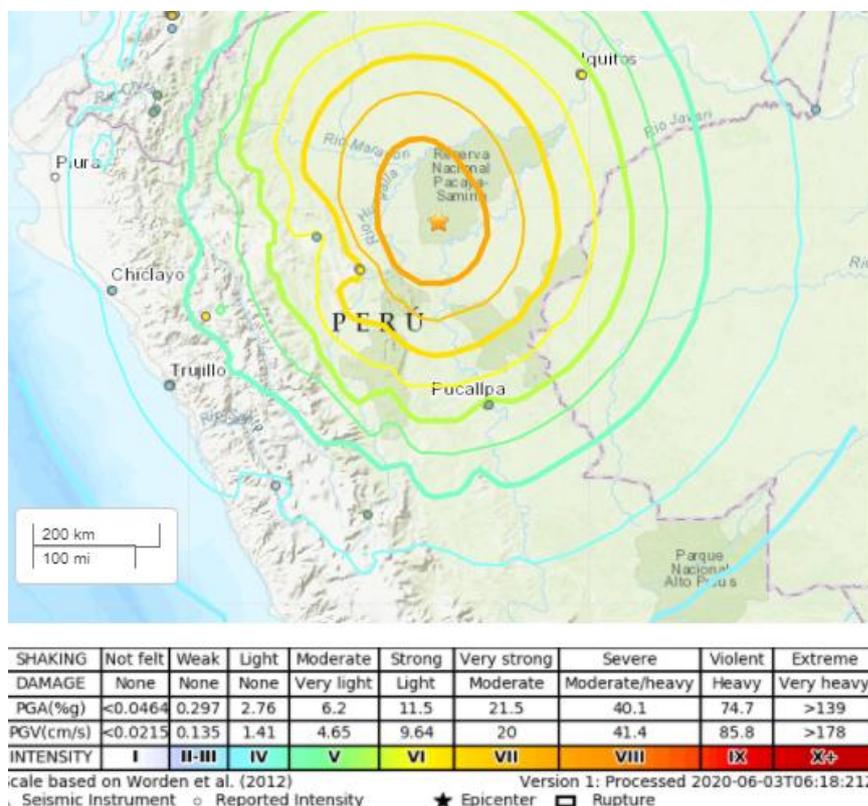


Ilustración 74. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

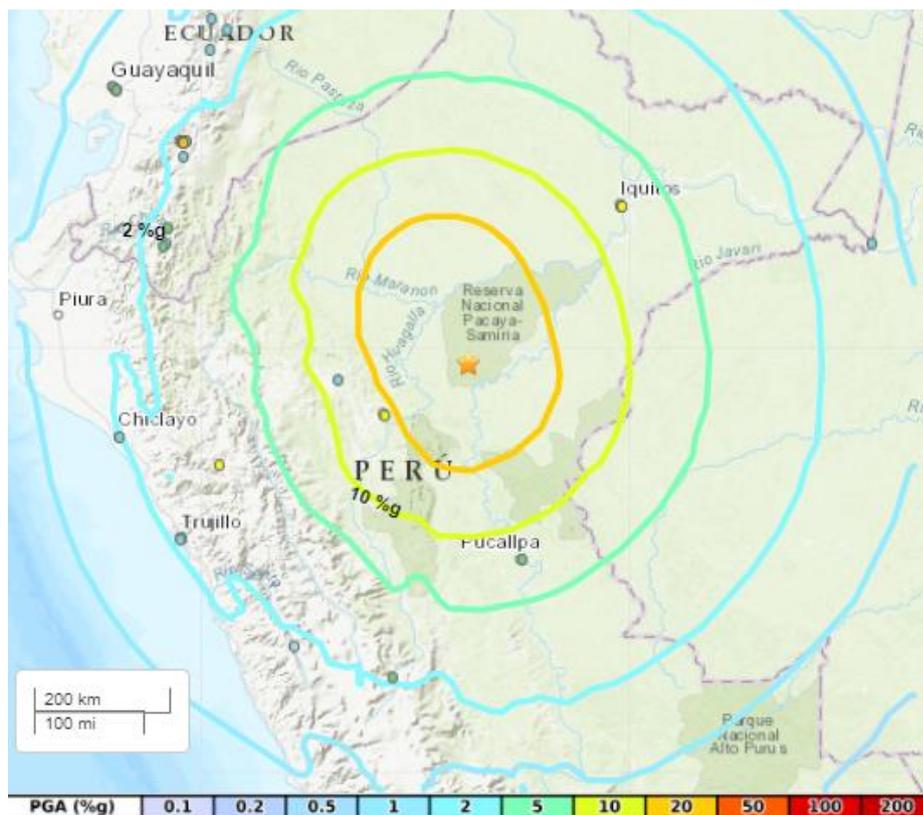


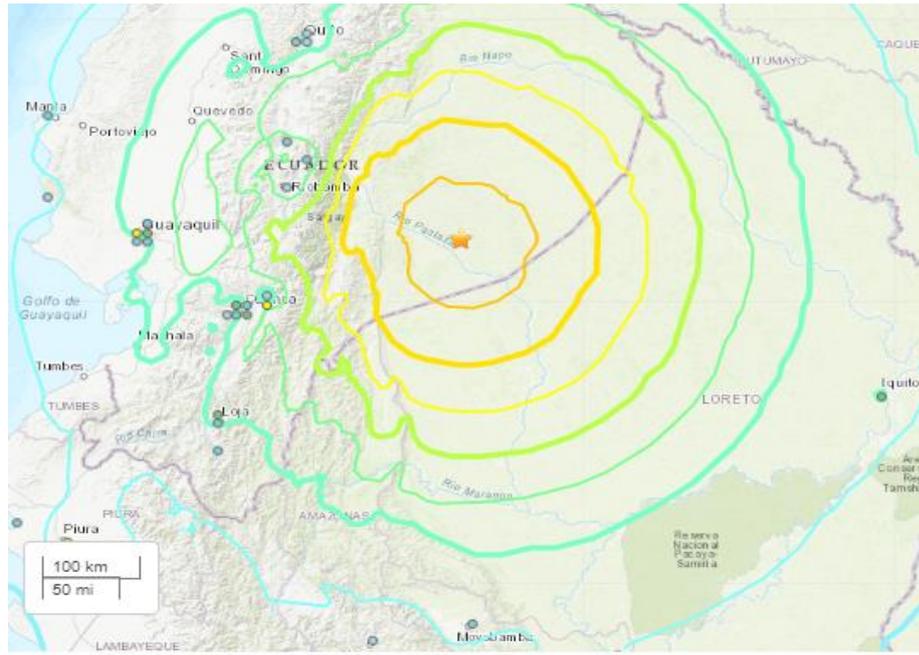
Ilustración 75. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Perú 26 de mayo 2019

No existe evidencia de réplicas de este sismo.

3.1.20 Sismo Ecuador 22 de febrero 2019

El evento principal comenzó en el horario 10:17:23 (UTC), en la ciudad de Palora tuvo lugar un terremoto de 7,5 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la provincia de Morona Santiago, el epicentro del terremoto se localizó en Puyo, con una profundidad de 145.0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 76** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 77**. La duración del evento fue de 1.5 minutos aproximadamente.



| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Scale based on Worden et al. (2012) Version 1: Processed 2020-06-03T06:16:03Z
 △ Seismic Instrument ○ Reported Intensity ★ Epicenter □ Rupture

Ilustración 76. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

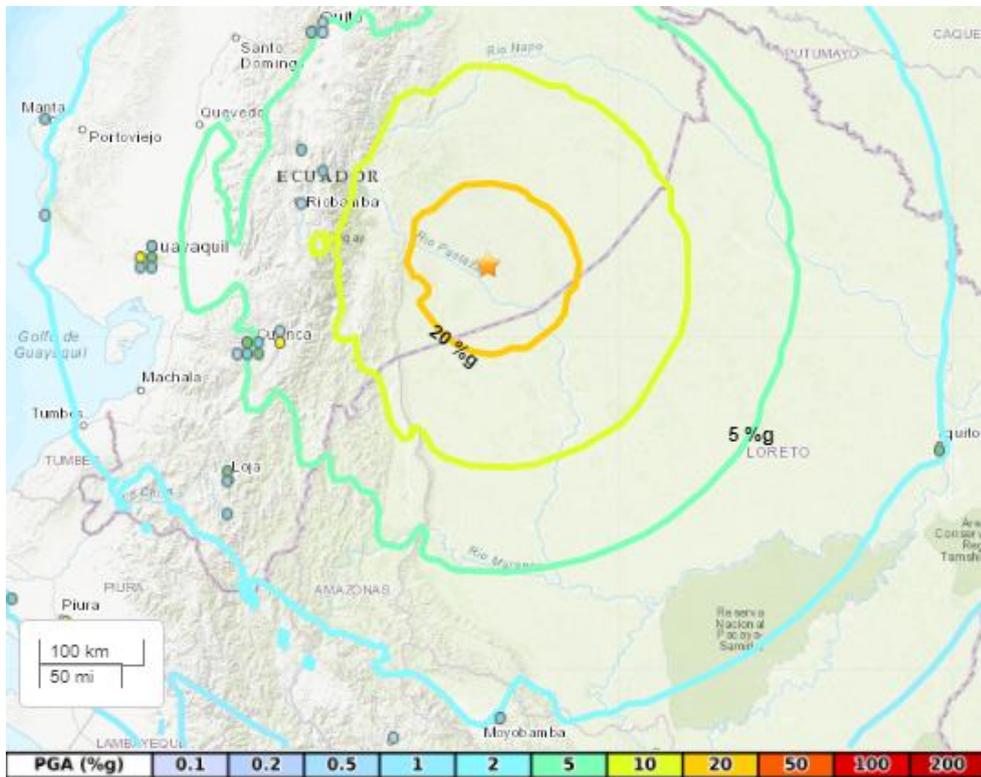


Ilustración 77. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Ecuador 22 de febrero 2019

Luego del evento principal se registró 1 réplica, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 5.1 de magnitud ubicado en la ciudad de Duran, situado en la fecha 2019-02-22 en el horario 10:40:40 (UTC), con la profundidad 116.0 km, además se obtuvo un valor de V en Intensidad y un valor de aceleración en 2% g (Pga).



Ilustración 78. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

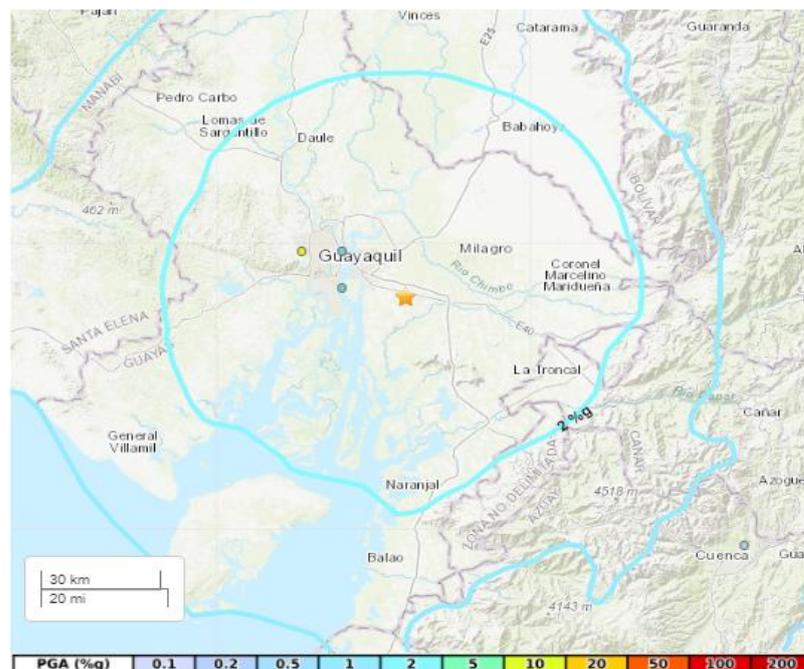


Ilustración 79. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

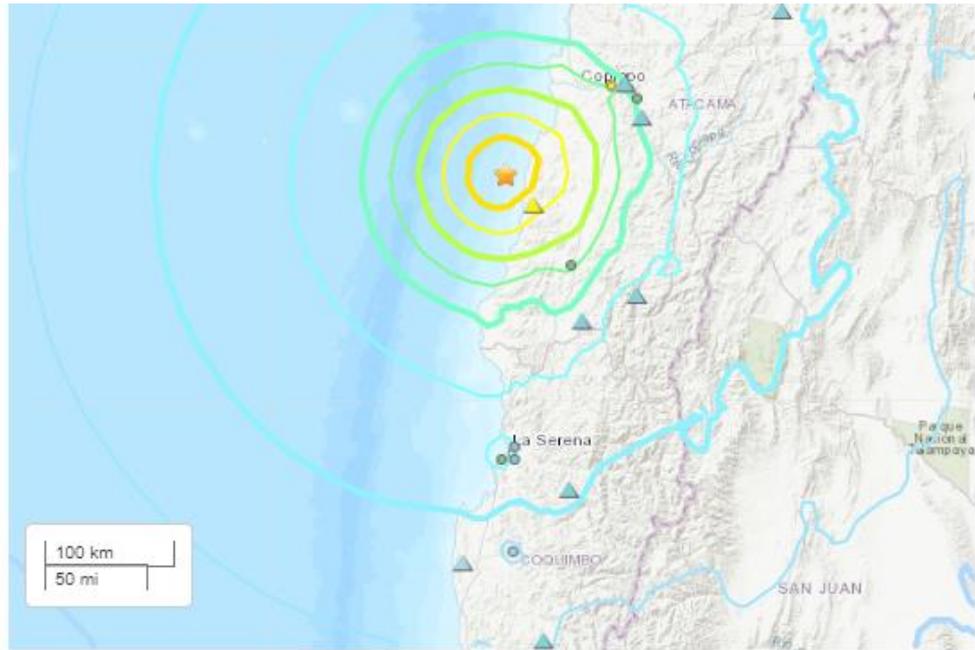
Tabla 18. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Ecuador de 2019-02-22

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) Aceleración máxima (PGA %g) |
|---|--|--|
| 2019-02-22 Ecuador Morona Santiago | 20%g (7,5 Mw) | 2%g (5,5Mw) |

Nota: Elaborado por el autor.

3.1.21 Sismo Chile 01 de septiembre 2020

El evento principal comenzó en el horario 04:09:28 (UTC), en la ciudad de Vallenar tuvo lugar un terremoto de 7,0 grados en la escala de Richter, este evento tuvo más impacto en la zona costera de Chile, el epicentro del terremoto se localizó entre Vallenar y Copiapó, con una profundidad de 21,0 km, se registró un valor de Intensidad VII como se observa en la **Ilustración 80** y un valor de aceleración de 20%g (Pga) como se muestra en la **Ilustración 81** La duración del evento fue de 1 minuto aproximadamente.



| | | | | | | | | | |
|-----------|----------|--------|-------|------------|--------|-------------|----------------|---------|------------|
| SHAKING | Not felt | Weak | Light | Moderate | Strong | Very strong | Severe | Violent | Extreme |
| DAMAGE | None | None | None | Very light | Light | Moderate | Moderate/heavy | Heavy | Very heavy |
| PGA(%g) | <0.0464 | 0.297 | 2.76 | 6.2 | 11.5 | 21.5 | 40.1 | 74.7 | >139 |
| PGV(cm/s) | <0.0215 | 0.135 | 1.41 | 4.65 | 9.64 | 20 | 41.4 | 85.8 | >178 |
| INTENSITY | I | II-III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X+ |

Scale based on Worden et al. (2012) Version 11: Processed 2020-11-02T00:39:58Z
 Δ Seismic Instrument ○ Reported intensity ★ Epicenter

Ilustración 80. Mapa Geográfico de la intensidad del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la intensidad del evento - Fuente: USGS.

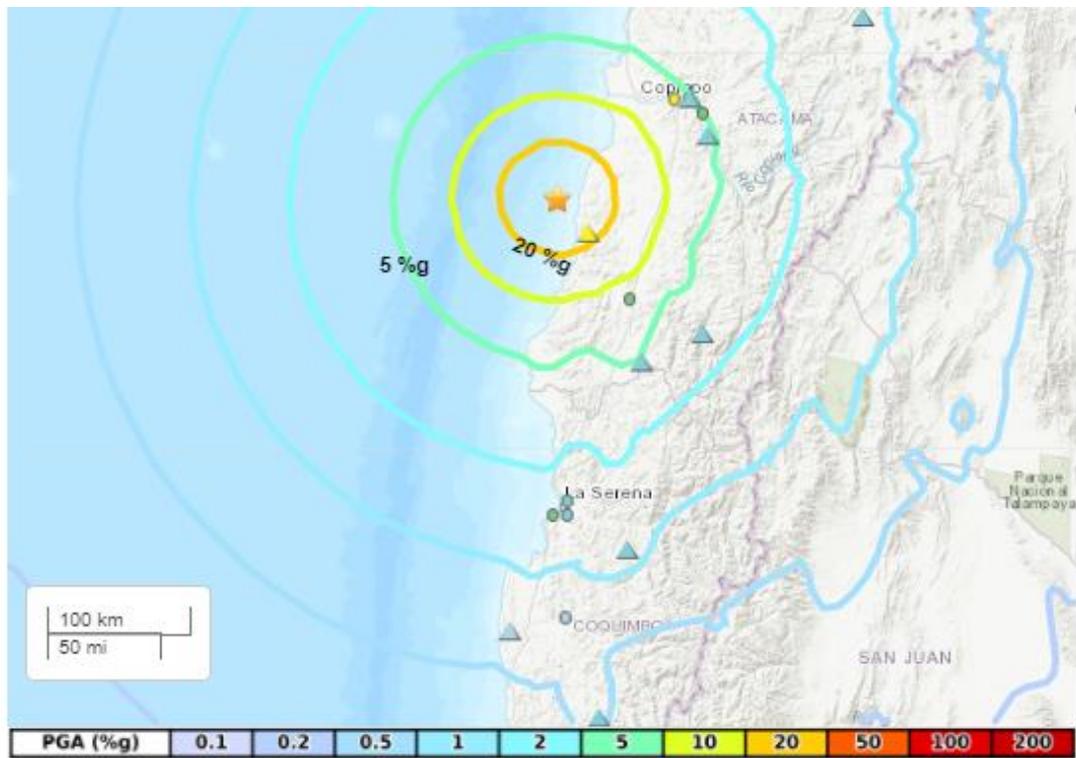


Ilustración 81. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Réplicas del Sismo Chile 01 de septiembre 2020

Luego del evento principal se registró 31 réplicas, transcurrido los 5 meses la réplica de mayor magnitud registrada es de 6.5 de magnitud ubicado en la playa de Vallenar, situado en la fecha 2020-09-01 en el horario 21:09:17 (UTC), con la profundidad 16.0 km, además se obtuvo un valor de VII en Intensidad y un valor de aceleración en 20% g (Pga).



Ilustración 82. Mapa Geográfico de las réplicas ocurridas dentro de los primeros meses de haber transcurrido el evento principal, se destaca la réplica de mayor aceleración - Fuente: USGS.

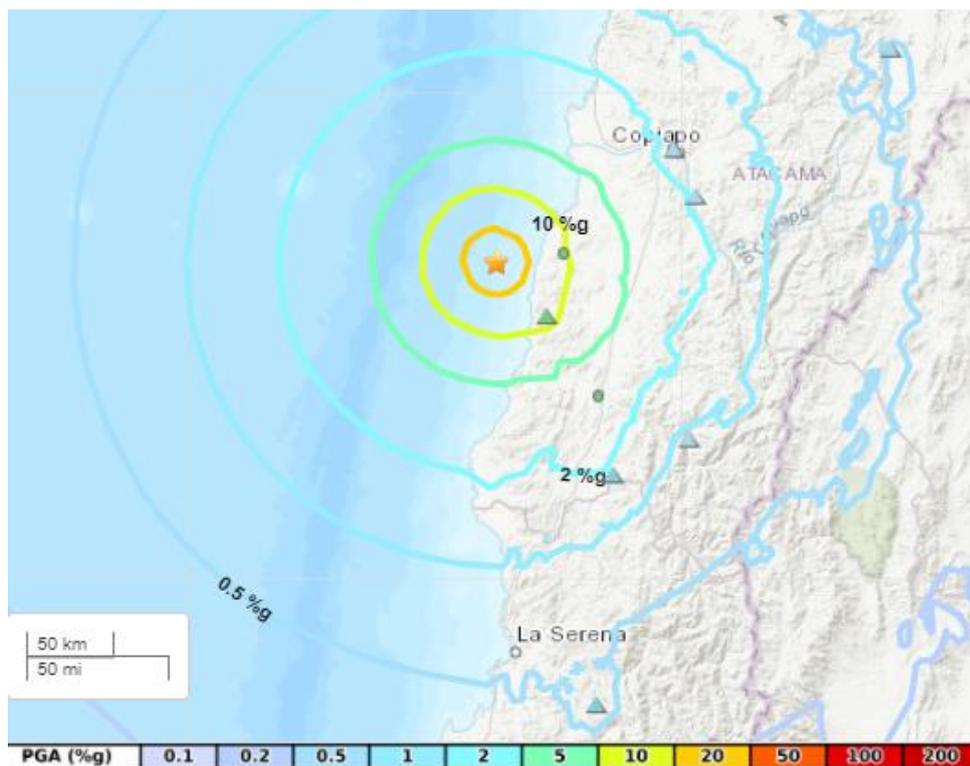


Ilustración 83. Mapa Geográfico de la aceleración del sismo donde se representa el epicentro con una estrella y las ondas de color muestran la propagación de la aceleración del evento - Fuente: USGS.

Tabla 19. Porcentaje de Aceleraciones registradas en las réplicas a causa del evento principal en Chile de 2020-09-01

| Evento principal | Aceleración máxima (PGA %g) | Réplicas (5.0Mw>5.9Mw) | Réplicas (6.0Mw>6.9Mw) |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Aceleración máxima (PGA %g) | Aceleración máxima (PGA %g) |
| 2020-09-01 Chile Vallenar | 20%g (7,0 Mw) | 5%g (5,5Mw) | 20%g (6,5 Mw) |

Nota: Elaborado por el autor

CAPÍTULO IV

4.1 Esquemas de Magnitud en escala de Richter (Mw) vs el número de réplicas de cada evento sísmico

Se comienza agrupando los datos obtenidos (**Ver sección 3.1**), magnitud del evento principal y el total de réplicas que tuvieron cada una de los sismos registrados en la **Tabla 2** con el objetivo de realizar una tabla que permita a graficar los esquemas probabilísticos de recurrencia de cada evento; en el eje de las abscisas se ubican las magnitudes del sismo principal y en el eje de las ordenadas se ubican el número de réplicas obtenido después del evento. De forma que se obtiene la línea de tendencia y por consiguiente una ecuación polinómica, sin embargo, el grado de la ecuación dependerá exclusivamente del criterio propio para obtener el esquema de recurrencia. Se fueron descartando los eventos que poseen bajo número de réplicas.

Tabla 20. Listado de magnitudes y cantidad de réplicas de los sismos en América del Sur de los últimos 25 años.

| Evento principal | Mw evento principal | # RÉPLICAS > 5Mw |
|---|---------------------|------------------|
| 1995-10-03 Ecuador, Borde con Perú | 7,0 | 15 |
| 2020-09-01 Chile, 55 km al norte de Huasco | 7,0 | 31 |
| 1997-10-14 Chile, Coquimbo | 7,1 | 14 |
| 1998-01-30 Chile, Antofagasta | 7,1 | 2 |
| 2018-01-14 Perú, Arequipa | 7,1 | 10 |
| 1998-08-04 Ecuador, Bahía de Caráquez | 7,2 | 0 |
| 2010-08-12 Ecuador, Pastaza | 7,2 | 1 |
| 2012-09-30 Colombia San Agustín | 7,3 | 1 |
| 2005-09-25 Perú, Moyobamba | 7,5 | 0 |
| 2019-02-22 Ecuador, Morona Santiago | 7,5 | 1 |
| 2016-12-25 Chile, 28 km al suroeste de Quellón | 7,6 | 45 |
| 2007-11-14 Chile, 40 km al suroeste de Tocopilla | 7,7 | 50 |
| 2005-06-13 Chile Iquique | 7,8 | 4 |
| 2016-04-16 Ecuador, Pedernales | 7,8 | 17 |
| 2007-08-15 Perú, Oeste de Pisco | 7,9 | 41 |
| 1995-07-30 Chile, Antofagasta | 8,0 | 31 |
| 2019-05-26 Perú, Departamento de Loreto | 8,0 | 0 |
| 2014-04-01 Chile, Iquique | 8,2 | 89 |
| 2001-06-23 Perú, Arequipa | 8,4 | 64 |
| 2015-09-16 Chile, Canela Baja | 8,4 | 129 |
| 2010-02-27 Chile, Maule | 8,8 | 270 |

Nota: Elaborado por el autor

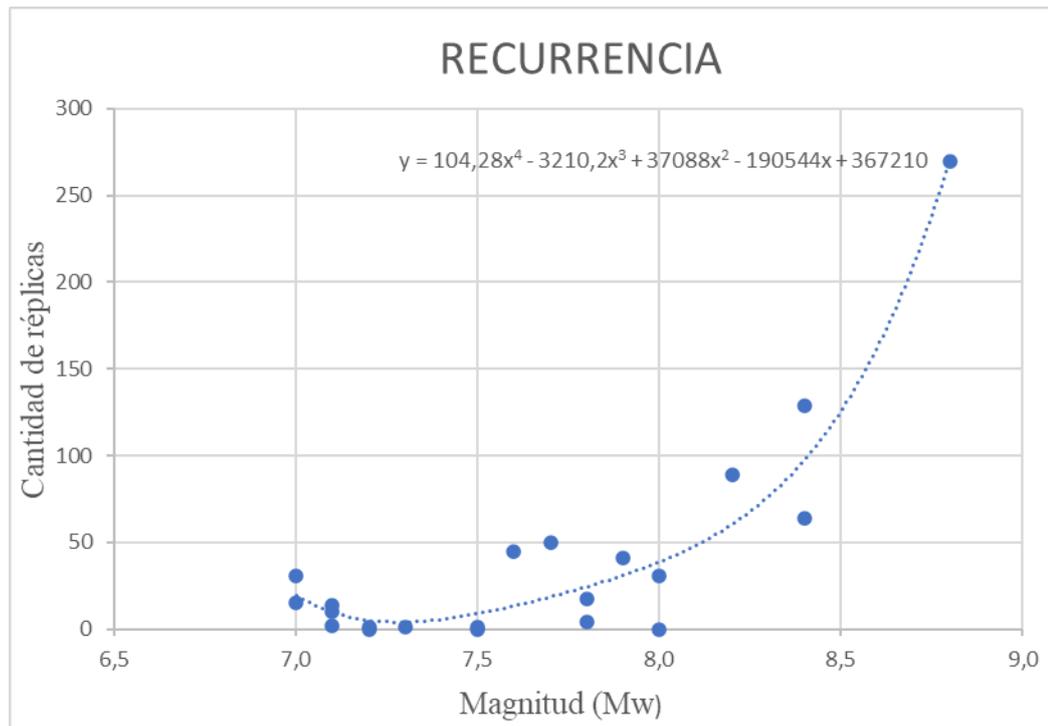


Ilustración 84. Primer resultado obtenido de las recurrencias de magnitudes vs cantidades de réplicas.

A continuación, se descarta los datos de sismos con pocas o sin réplicas (**datos subrayados de amarillo**) para que así los resultados se ajusten a la tendencia que se espera en los esquemas; se asume que estos sismos fueron de profundidades intermedias o superiores (**Ver Capítulo 2 sección 2.1.1**), por ende, no van a tener gran cantidad de réplicas mayores a Mw 5 como es el caso del sismo de Chile 2005 Mw 7.8 que su profundidad fue de 115.6 km, tal vez, faltan datos o el evento no fue causa de la subducción de la placa nazca con la sudamericana.

Tabla 21. Listado de magnitudes y cantidad de réplicas de los sismos en América del Sur de los últimos 25 años descartando datos subrayados en la tabla 23.

| Evento principal | Mw evento principal | # RÉPLICAS > 5Mw |
|---|---------------------|------------------|
| 1995-10-03 Ecuador, Borde con Perú | 7,0 | 15 |
| 2020-09-01 Chile, 55 km al norte de Huasco | 7,0 | 31 |
| 1997-10-14 Chile, Coquimbo | 7,1 | 14 |
| 2018-01-14 Perú, Arequipa | 7,1 | 10 |
| 2016-12-25 Chile, 28 km al suroeste de Quellón | 7,6 | 45 |
| 2007-11-14 Chile, 40 km al suroeste de Tocopilla | 7,7 | 50 |
| 2016-04-16 Ecuador, Pedernales | 7,8 | 17 |
| 2007-08-15 Perú, Oeste de Pisco | 7,9 | 41 |
| 1995-07-30 Chile, Antofagasta | 8,0 | 31 |

| | | |
|--------------------------------------|-----|-----|
| 2014-04-01 Chile, Iquique | 8,2 | 89 |
| 2001-06-23 Perú, Arequipa | 8,4 | 64 |
| 2015-09-16 Chile, Canela Baja | 8,4 | 129 |
| 2010-02-27 Chile, Maule | 8,8 | 270 |

Nota: Elaborado por el autor

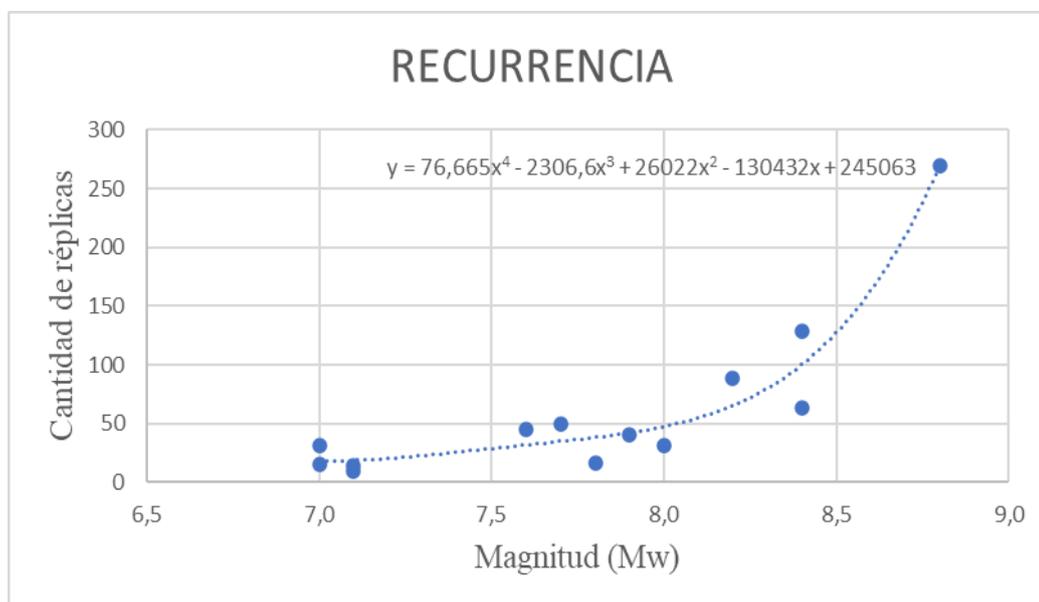


Ilustración 85. Segundo resultado obtenido de las recurrencias de magnitudes vs cantidades de réplicas descartando datos.

Como se puede observar en la **Ilustración 85** da un resultado más satisfactorio que el anterior pero aún hay inconsistencias así que se eliminan datos de los sismos que tengan cantidad de réplicas menores a 15.

Tabla 22. Listado de magnitudes y cantidad de réplicas de los sismos en América del Sur de los últimos 25 años descartando datos subrayados en la tabla 24.

| Evento principal | Mw evento principal | # RÉPLICAS > 5Mw |
|---|----------------------------|----------------------------|
| 2020-09-01 Chile, 55 km al norte de Huasco | 7,0 | 31 |
| 2016-12-25 Chile, 28 km al suroeste de Quellón | 7,6 | 45 |
| 2007-11-14 Chile, 40 km al suroeste de Tocopilla | 7,7 | 50 |
| 2016-04-16 Ecuador, Pedernales | 7,8 | 17 |
| 2007-08-15 Perú, Oeste de Pisco | 7,9 | 41 |
| 1995-07-30 Chile, Antofagasta | 8,0 | 31 |
| 2014-04-01 Chile, Iquique | 8,2 | 89 |
| 2001-06-23 Perú, Arequipa | 8,4 | 64 |
| 2015-09-16 Chile, Canela Baja | 8,4 | 129 |
| 2010-02-27 Chile, Maule | 8,8 | 270 |

Nota: Elaborado por el autor

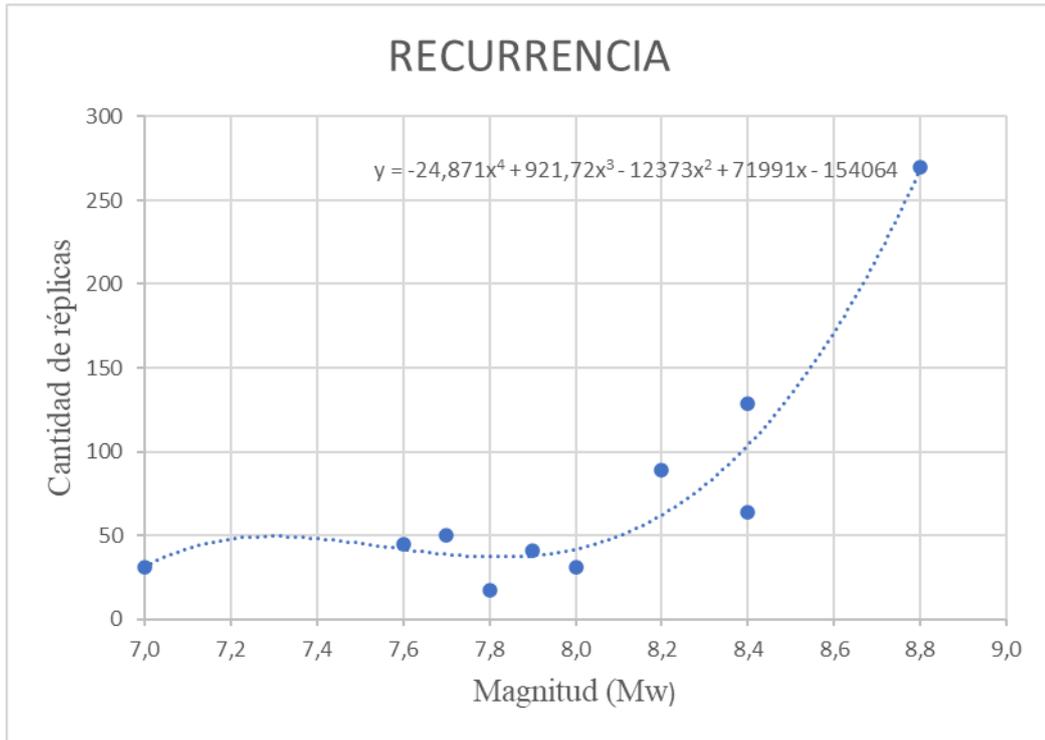


Ilustración 86. Tercer resultado obtenido de las recurrencias de magnitudes vs cantidades de réplicas descartando datos.

Entonces en base a los resultados la ecuación propuesta.

$$N = -24,871Mw^4 + 921,72Mw^3 - 12373Mw^2 + 71991Mw - 154064$$

Donde:

N= número de réplicas de acuerdo a la magnitud Mw del evento principal.

4.2 Esquemas de Magnitud en escala Mw vs La diferencia de tiempo en horas de cada réplica transcurridas luego del evento principal.

Con los sismos seleccionados en la **Tabla 22**, se procedió a revisar en cada sismo las réplicas mayores de magnitud 5.5 (Mw) para obtener la información detallada de la réplica, el objetivo de revisar esta información es poder obtener la hora exacta en que ocurrió este evento, para luego obtener la diferencia en hora con respecto al sismo principal.

Para realizar el esquema de recurrencia en términos de hora, se procedió a realizar una tabla de cada sismo seleccionado, donde se mostrará la diferencia de hora transcurridas después del evento principal.

Tabla 23. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 1995-07-30 Chile, Antofagasta.

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | Días | Hora | ΔHora |
|------------------|----------------------------|------------------|----------------|----------|----------|---------|
| Réplicas | 9/8/1995 | 8:23:01 | 5,5 | 10 | 3:11:38 | 243,18 |
| | 30/7/1995 | 10:56:13 | 5,6 | 0 | 5:44:50 | 5,73 |
| | 12/10/1995 | 22:57:09 | 5,6 | 74 | 17:45:46 | 1793,75 |
| | 3/8/1995 | 14:19:14 | 5,7 | 4 | 9:07:51 | 105,12 |
| | 16/10/1995 | 16:36:19 | 5,7 | 78 | 11:24:56 | 1883,40 |
| | 30/7/1995 | 5:25:06 | 5,8 | 0 | 0:13:43 | 0,22 |
| | 30/7/1995 | 10:35:39 | 5,8 | 0 | 5:24:16 | 5,40 |
| | 2/8/1995 | 11:05:38 | 5,8 | 3 | 5:54:15 | 77,09 |
| | 2/8/1995 | 16:27:32 | 5,8 | 3 | 11:16:09 | 83,27 |
| | 30/7/1995 | 5:47:02 | 5,9 | 0 | 0:35:39 | 0,58 |
| | 30/7/1995 | 8:17:18 | 6,0 | 0 | 3:05:55 | 3,08 |
| | 2/8/1995 | 0:14:09 | 6,0 | 3 | 0:14:09 | 72,23 |
| | 30/7/1995 | 21:05:47 | 6,2 | 0 | 15:54:24 | 15,90 |
| | 3/8/1995 | 1:57:19 | 6,4 | 4 | 1:57:19 | 97,95 |
| | Chile (Antofagasta) | 30/7/1995 | 5:11:23 | 8 | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

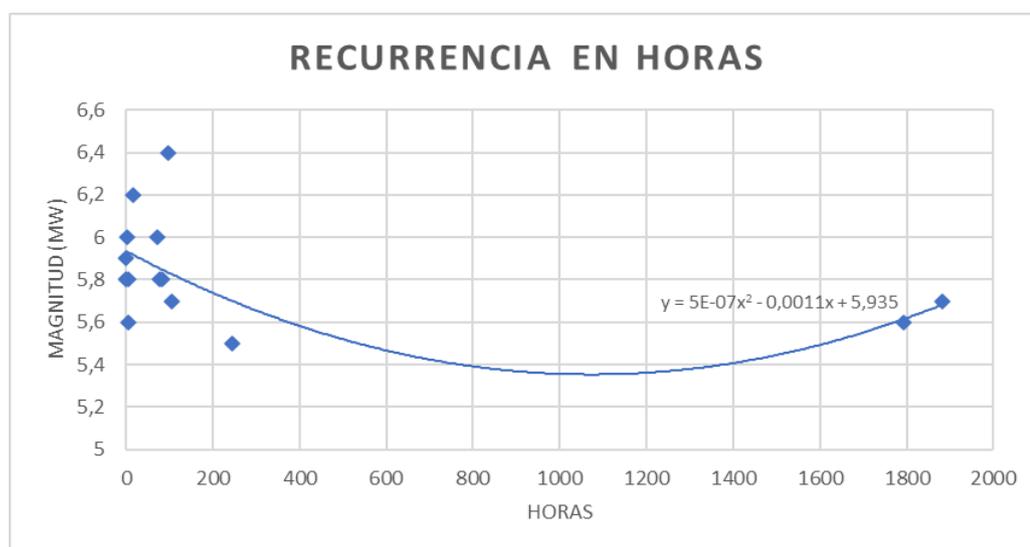


Ilustración 87. Esquema de recurrencia del Sismo 1995-07-30 Chile, Antofagasta

Tabla 24. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2001-06-23 Perú, Arequipa

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | Días | Hora | ΔHora |
|----------------------|------------------|-----------------|------------|------|----------|--------|
| | 24/6/2001 | 1:22:53 | 5,5 | 1 | 1:22:53 | 25,40 |
| | 23/6/2001 | 22:32:37 | 5,5 | 0 | 1:59:23 | 1,98 |
| | 3/7/2001 | 12:57:42 | 5,6 | 10 | 12:57:42 | 252,95 |
| | 25/6/2001 | 6:38:47 | 5,7 | 2 | 6:38:47 | 54,63 |
| | 23/6/2001 | 22:24:39 | 5,7 | 0 | 1:51:25 | 1,85 |
| Réplica | 9/8/2001 | 2:06:59 | 5,8 | 47 | 2:06:59 | 2,10 |
| | 23/6/2001 | 20:56:07 | 5,8 | 0 | 0:22:53 | 0,37 |
| | 23/6/2001 | 23:10:00 | 5,9 | 0 | 2:36:46 | 2,60 |
| | 23/6/2001 | 21:27:35 | 6,1 | 0 | 0:54:21 | 0,90 |
| | 5/7/2001 | 13:53:48 | 6,6 | 12 | 13:53:48 | 301,88 |
| | 7/7/2001 | 9:38:43 | 7,6 | 14 | 9:38:43 | 345,63 |
| Perú Arequipa | 23/6/2001 | 20:33:14 | 8,4 | - | - | - |

Nota: Elaborado por el autor



Ilustración 88. Esquema de recurrencia del Sismo 2001-06-23 Perú, Arequipa

Tabla 25. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2007-08-15 Perú, Oeste de Pisco

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora |
|----------------------------|------------------|-----------------|----------|------|----------|---------|
| | 17/8/2007 | 0:31:43 | 5,5 | 2 | 0:31:43 | 48,51 |
| | 7/12/2007 | 1:41:01 | 5,6 | 114 | 1:41:01 | 2737,68 |
| | 19/8/2007 | 20:11:44 | 5,6 | 4 | 20:11:44 | 110,18 |
| | 17/8/2007 | 6:18:04 | 5,6 | 2 | 6:18:04 | 54,30 |
| | 16/8/2007 | 4:04:09 | 5,6 | 1 | 4:04:09 | 28,06 |
| | 16/8/2007 | 0:02:41 | 5,6 | 1 | 0:02:41 | 24,03 |
| Réplica | 19/8/2007 | 1:22:38 | 5,8 | 4 | 1:22:38 | 97,37 |
| | 19/8/2007 | 1:02:23 | 5,8 | 4 | 1:02:23 | 97,03 |
| | 16/8/2007 | 0:19:13 | 5,8 | 1 | 0:19:13 | 24,31 |
| | 17/8/2007 | 13:18:13 | 5,9 | 2 | 13:18:13 | 61,30 |
| | 18/8/2007 | 2:52:35 | 6 | 3 | 2:52:35 | 74,87 |
| | 16/8/2007 | 11:35:41 | 6 | 1 | 11:35:41 | 35,58 |
| | 16/8/2007 | 5:16:56 | 6,4 | 1 | 5:16:56 | 29,27 |
| Perú Oeste de Pisco | 15/8/2007 | 23:40:57 | 8 | - | - | - |

Nota: Elaborado por el autor



Ilustración 89: Esquema de recurrencia del Sismo 2007-08-15 Perú, Pisco

Tabla 26. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2007-11-14 Chile, 40 km al suroeste de Tocopilla

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | dios | horas | ΔHora |
|------------------|------------------------|-------------------|-----------------|------------|----------|---------|
| Réplicas | 26/12/2007 | 23:40:53 | 5,5 | 42 | 8:00:03 | 1016,00 |
| | 17/11/2007 | 3:07:32 | 5,5 | 3 | 3:07:32 | 75,11 |
| | 16/11/2007 | 8:42:39 | 5,5 | 2 | 8:42:39 | 56,70 |
| | 24/11/2007 | 5:02:06 | 5,6 | 10 | 5:02:06 | 245,03 |
| | 15/11/2007 | 15:15:48 | 5,6 | 1 | 15:15:48 | 39,25 |
| | 1/3/2008 | 19:51:59 | 5,7 | 108 | 4:11:09 | 2596,18 |
| | 5/1/2008 | 7:29:33 | 5,7 | 52 | 7:29:33 | 1256,48 |
| | 18/11/2007 | 12:15:40 | 5,7 | 4 | 12:15:40 | 108,25 |
| | 14/11/2007 | 17:44:04 | 5,7 | 0 | 2:03:14 | 2,05 |
| | 19/11/2007 | 23:30:28 | 5,9 | 5 | 7:49:38 | 127,49 |
| | 17/11/2007 | 17:54:32 | 5,9 | 3 | 2:13:42 | 74,22 |
| | 13/12/2007 | 5:20:21 | 6 | 29 | 5:20:21 | 701,33 |
| | 16/2/2008 | 14:45:11 | 6,1 | 94 | 14:45:11 | 2270,75 |
| | 20/11/2007 | 17:55:51 | 6,1 | 6 | 2:15:01 | 146,25 |
| | 13/12/2007 | 7:23:39 | 6,2 | 29 | 7:23:39 | 703,38 |
| | 4/2/2008 | 17:01:29 | 6,3 | 82 | 1:20:39 | 1969,33 |
| | 15/11/2007 | 15:03:08 | 6,3 | 1 | 15:03:08 | 39,05 |
| | 16/12/2007 | 8:09:17 | 6,7 | 32 | 8:09:17 | 776,15 |
| | 15/11/2007 | 15:05:58 | 6,8 | 1 | 15:05:58 | 39,08 |
| | Chile Tocopilla | 14/11/2007 | 15:40:50 | 7,7 | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

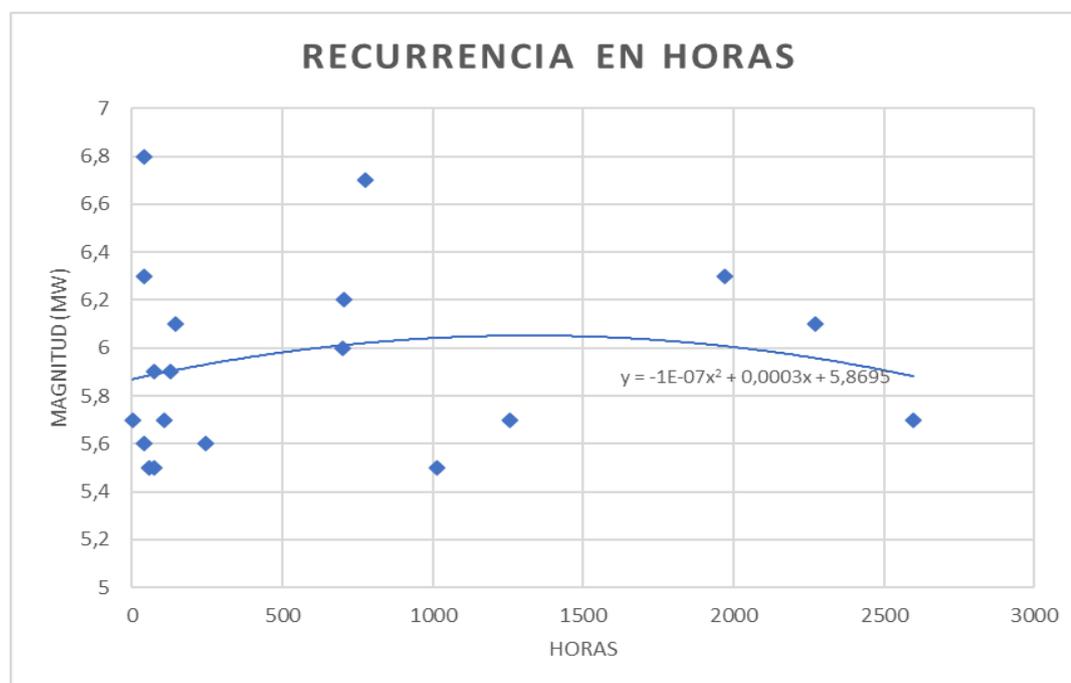


Ilustración 90. Esquema de recurrencia del Sismo 2007-11-14 Chile, Tocopilla

Tabla 27. Información detallada de cada réplica mayor a 6 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2010-02-27 Chile, Maule

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora |
|--------------------|------------------|----------------|------------|------|----------|---------|
| Réplica | 27/2/2010 | 23:12:24 | 6 | 0 | 16:38:13 | 16,63 |
| | 27/2/2010 | 10:30:10 | 6 | 0 | 3:55:59 | 3,92 |
| | 27/2/2010 | 7:37:17 | 6 | 0 | 1:03:06 | 1,05 |
| | 11/3/2010 | 15:06:02 | 6 | 12 | 8:31:51 | 296,52 |
| | 28/3/2010 | 21:38:28 | 6 | 29 | 15:04:17 | 711,06 |
| | 2/4/2010 | 10:03:06 | 6 | 34 | 3:28:55 | 819,46 |
| | 23/4/2010 | 22:58:07 | 6 | 55 | 16:23:56 | 1336,38 |
| | 27/2/2010 | 17:24:30 | 6,1 | 0 | 10:50:19 | 10,83 |
| | 27/2/2010 | 8:25:29 | 6,1 | 0 | 1:51:18 | 1,85 |
| | 3/3/2010 | 17:44:25 | 6,1 | 4 | 11:10:14 | 107,17 |
| | 5/3/2010 | 9:19:36 | 6,1 | 6 | 2:45:25 | 146,75 |
| | 27/2/2010 | 6:52:34 | 6,2 | 0 | 0:18:23 | 0,30 |
| | 28/2/2010 | 11:25:35 | 6,2 | 1 | 4:51:24 | 28,85 |
| | 15/3/2010 | 11:08:28 | 6,2 | 16 | 4:34:17 | 388,57 |
| | 3/5/2010 | 23:09:44 | 6,3 | 65 | 16:35:33 | 1576,58 |
| | 5/3/2010 | 11:47:06 | 6,6 | 6 | 5:12:55 | 149,20 |
| | 14/7/2010 | 8:32:21 | 6,6 | 137 | 1:58:10 | 3289,97 |
| | 16/3/2010 | 2:21:57 | 6,7 | 17 | 2:21:57 | 410,35 |
| | 11/3/2010 | 14:39:43 | 6,9 | 12 | 8:05:32 | 296,08 |
| | 11/3/2010 | 14:55:27 | 7 | 12 | 8:21:16 | 296,35 |
| Chile Maule | 27/2/2010 | 6:34:11 | 8,8 | - | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

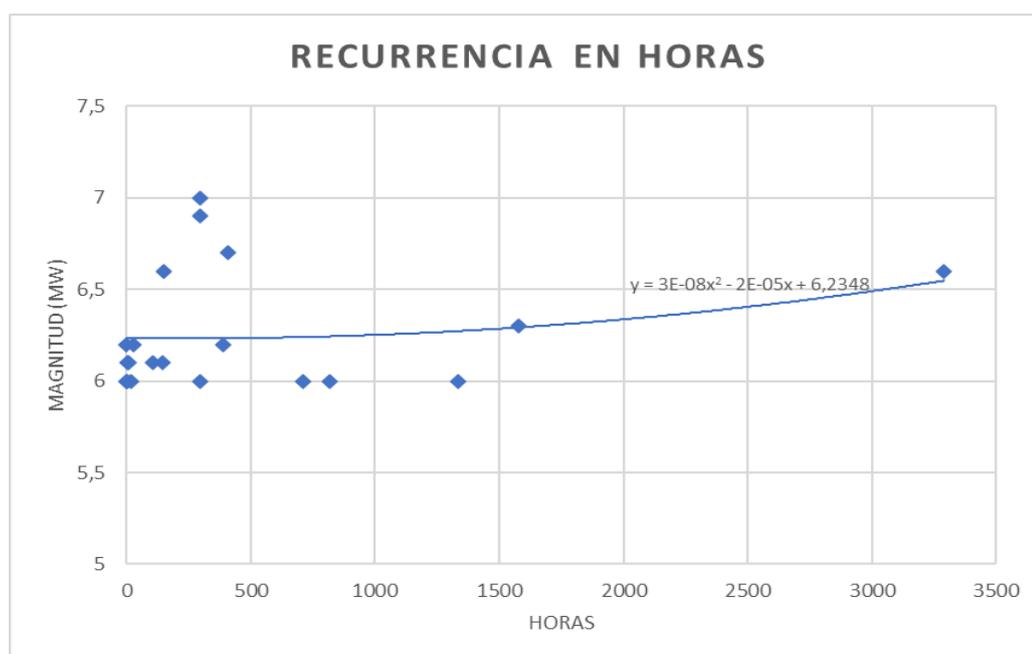


Ilustración 91. Esquema de recurrencia del Sismo 2010-02-27 Chile, Maule

Tabla 28. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2014-04-01 Chile, Iquique

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora | |
|------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------|----------|---------|---|
| Réplica | 2/4/2014 | 0:03:13 | 5,7 | 1 | 0:03:13 | 24,05 | |
| | 7/4/2014 | 13:43:21 | 5,7 | 6 | 13:43:21 | 157,72 | |
| | 19/6/2014 | 9:38:36 | 5,7 | 79 | 9:38:36 | 1905,63 | |
| | 1/4/2014 | 23:59:57 | 5,8 | 0 | 23:59:57 | 0,22 | |
| | 19/4/2014 | 20:54:42 | 5,8 | 18 | 20:54:42 | 452,90 | |
| | 19/6/2014 | 19:54:04 | 5,8 | 79 | 19:54:04 | 1915,90 | |
| | 20/6/2014 | 20:22:27 | 5,8 | 80 | 20:22:27 | 1940,37 | |
| | 11/4/2014 | 0:01:45 | 6,2 | 10 | 0:01:45 | 240,02 | |
| | 4/4/2014 | 1:37:50 | 6,3 | 3 | 1:37:50 | 73,62 | |
| | 3/4/2014 | 5:26:15 | 6,4 | 2 | 5:26:15 | 53,43 | |
| | 3/4/2014 | 1:58:30 | 6,5 | 2 | 1:58:30 | 49,97 | |
| | 1/4/2014 | 23:57:58 | 6,9 | 0 | 23:57:58 | 0,18 | |
| | 3/4/2014 | 2:43:13 | 7,7 | 2 | 2:43:13 | 50,72 | |
| | Chile Iquique | 1/4/2014 | 23:46:47 | 8,2 | - | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

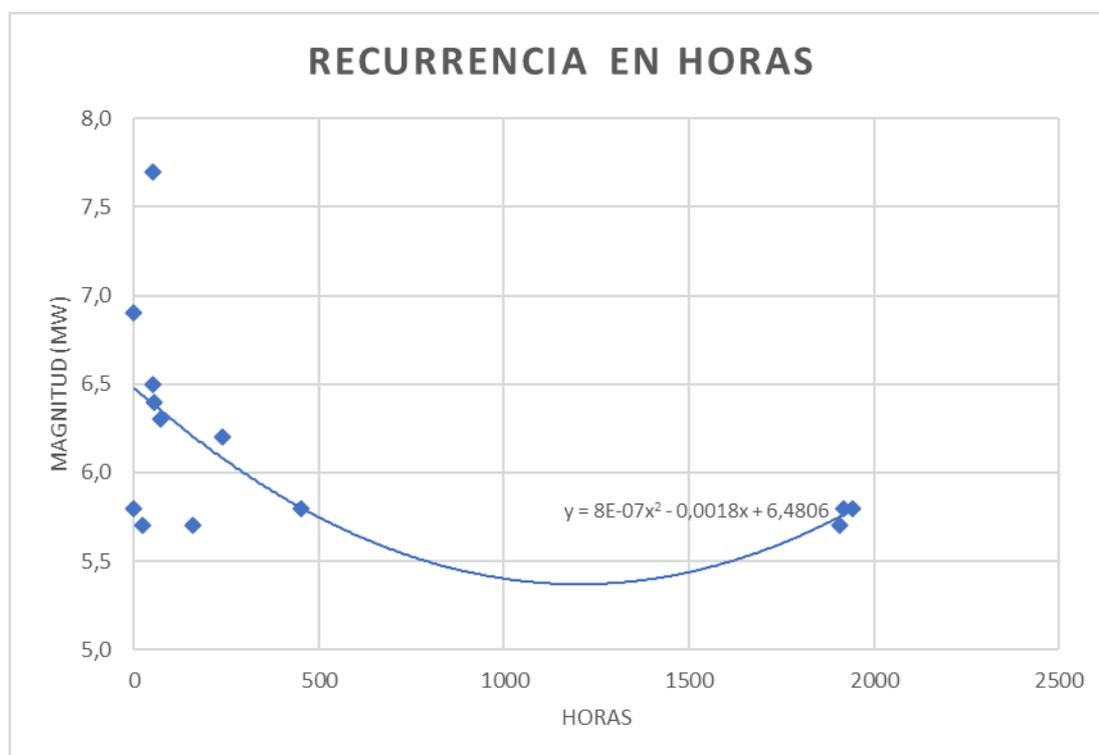


Ilustración 92. Esquema de recurrencia del Sismo 2014-04-01 Chile, Iquique

Tabla 29. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2015-09-16 Chile, Canela Baja

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora |
|------------------|--------------------------|------------------|-----------------|------------|----------|---------|
| Réplica | 22/9/2015 | 7:13:00 | 6,0 | 6 | 7:13:00 | 151,22 |
| | 16/9/2015 | 23:16:09 | 6,1 | 0 | 23:16:09 | 0,35 |
| | 16/9/2015 | 23:03:56 | 6,1 | 0 | 23:03:56 | 0,15 |
| | 19/9/2015 | 5:06:47 | 6,1 | 3 | 5:06:47 | 77,10 |
| | 21/9/2015 | 5:39:34 | 6,1 | 5 | 5:39:34 | 125,65 |
| | 18/9/2015 | 9:10:44 | 6,2 | 2 | 9:10:44 | 57,17 |
| | 19/9/2015 | 12:52:20 | 6,2 | 3 | 12:52:20 | 84,87 |
| | 7/11/2015 | 7:04:31 | 6,2 | 52 | 7:04:31 | 1255,07 |
| | 26/9/2015 | 2:51:18 | 6,3 | 10 | 2:51:18 | 242,85 |
| | 10/2/2016 | 0:33:05 | 6,3 | 147 | 0:33:05 | 3528,55 |
| | 16/9/2015 | 22:59:15 | 6,4 | 0 | 22:59:15 | 0,07 |
| | 17/9/2015 | 1:41:05 | 6,4 | 1 | 1:41:05 | 25,68 |
| | 17/9/2015 | 3:55:15 | 6,5 | 1 | 3:55:15 | 27,92 |
| | 21/9/2015 | 17:40:00 | 6,6 | 5 | 17:40:00 | 137,67 |
| | 17/9/2015 | 4:10:27 | 6,7 | 1 | 4:10:27 | 28,17 |
| | 7/11/2015 | 7:31:43 | 6,8 | 52 | 7:31:43 | 1255,52 |
| | 11/11/2015 | 2:46:19 | 6,9 | 56 | 2:46:19 | 1346,77 |
| | 11/11/2015 | 1:54:38 | 6,9 | 56 | 1:54:38 | 1345,90 |
| | 16/9/2015 | 23:18:41 | 7 | 0 | 23:18:41 | 0,40 |
| | Chile Canela Baja | 16/9/2015 | 22:54:32 | 8,4 | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

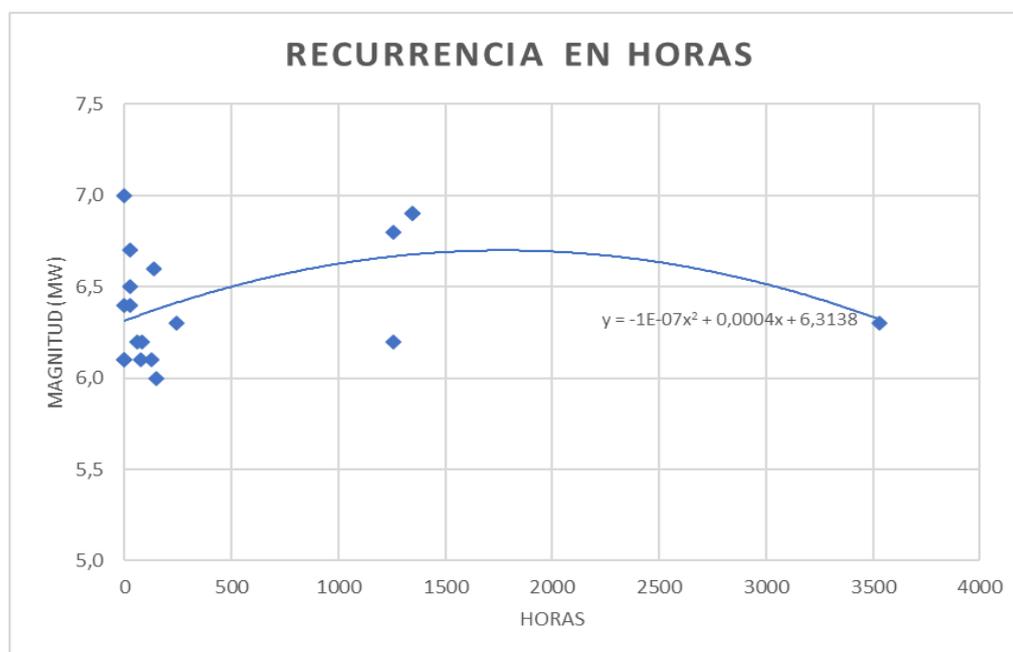


Ilustración 93. Esquema de recurrencia del Sismo 2015-09-16 Chile, Canela Baja.

Tabla 30. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2016-04-16 Ecuador, Pedernales

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora |
|------------------|---------------------------|------------------|-----------------|------------|----------|---------|
| Réplica | 17/4/2016 | 0:29:31 | 5,5 | 1 | 0:29:31 | 24,48 |
| | 8/7/2016 | 4:28:43 | 5,5 | 83 | 4:28:43 | 1996,47 |
| | 17/4/2016 | 9:23:41 | 5,6 | 1 | 9:23:41 | 33,38 |
| | 19/4/2016 | 22:22:25 | 5,6 | 3 | 22:22:25 | 94,37 |
| | 23/4/2016 | 1:24:33 | 5,7 | 7 | 1:24:33 | 169,40 |
| | 17/4/2016 | 7:14:00 | 5,8 | 1 | 7:14:00 | 31,23 |
| | 22/4/2016 | 3:20:13 | 5,9 | 6 | 3:20:13 | 147,33 |
| | 11/7/2016 | 2:01:09 | 5,9 | 86 | 2:01:09 | 2066,02 |
| | 20/4/2016 | 8:35:10 | 6 | 4 | 8:35:10 | 104,58 |
| | 22/4/2016 | 3:03:41 | 6 | 6 | 3:03:41 | 147,05 |
| | 20/4/2016 | 8:33:47 | 6,2 | 4 | 8:33:47 | 104,55 |
| | 11/7/2016 | 2:11:04 | 6,3 | 86 | 2:11:04 | 2066,18 |
| | 18/5/2016 | 7:57:02 | 6,7 | 32 | 7:57:02 | 775,95 |
| | 18/5/2016 | 16:46:43 | 6,9 | 32 | 16:46:43 | 784,77 |
| | Ecuador Pedernales | 16/4/2016 | 23:58:36 | 7,8 | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

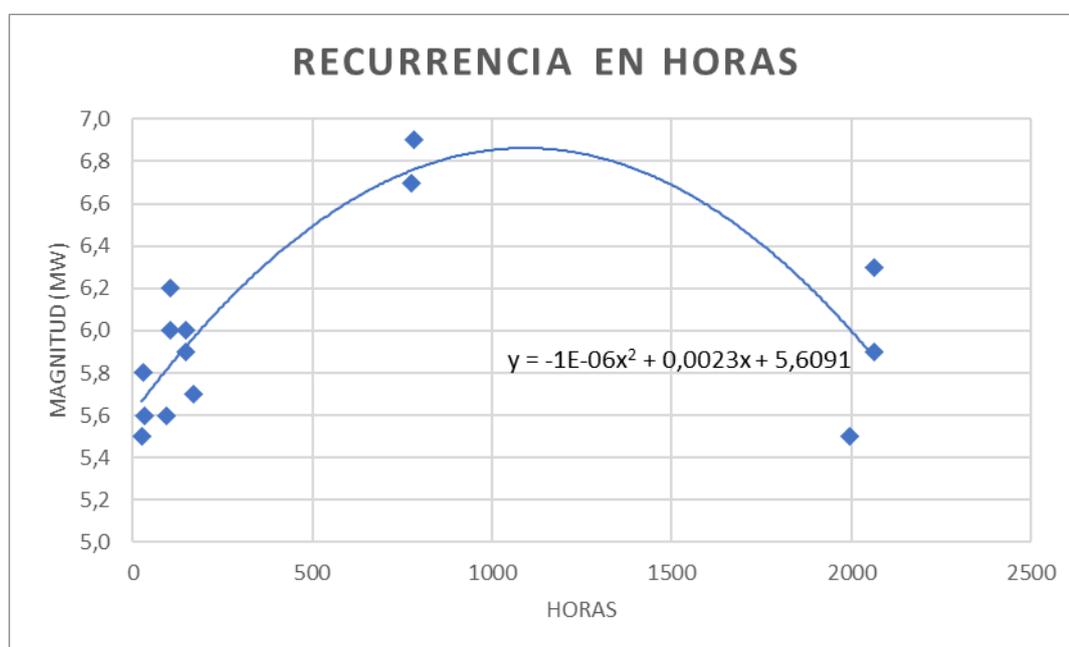


Ilustración 94. Esquema de recurrencia del Sismo 2016-04-16 Ecuador, Pedernales

Tabla 31. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2016-12-25 Chile, 28 km al suroeste de Quellón

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora |
|----------------------|-------------------|-----------------|------------|------|----------|---------|
| | 3/1/2017 | 16:19:07 | 5,5 | 9 | 1:56:40 | 217,93 |
| | 23/4/2017 | 14:40:10 | 5,6 | 119 | 0:17:43 | 2856,28 |
| | 25/12/2016 | 9:03:13 | 5,6 | 0 | 5:19:14 | 5,52 |
| | 14/5/2017 | 14:44:25 | 5,7 | 140 | 0:21:58 | 3360,35 |
| | 28/4/2017 | 11:05:57 | 5,8 | 124 | 11:05:57 | 2987,08 |
| Réplica | 11/1/2017 | 16:58:18 | 5,8 | 17 | 16:58:18 | 408,96 |
| | 6/1/2017 | 1:30:35 | 5,8 | 12 | 1:30:35 | 288,50 |
| | 28/4/2017 | 10:30:06 | 5,9 | 124 | 10:30:06 | 2986,5 |
| | 22/4/2017 | 21:36:07 | 6 | 118 | 21:36:07 | 2853,6 |
| | 15/4/2017 | 3:19:43 | 6,3 | 111 | 3:19:43 | 2667,32 |
| | 24/4/2017 | 16:38:30 | 6,9 | 120 | 2:16:03 | 2882,26 |
| Chile Quellón | 25/12/2016 | 14:22:27 | 7,6 | - | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

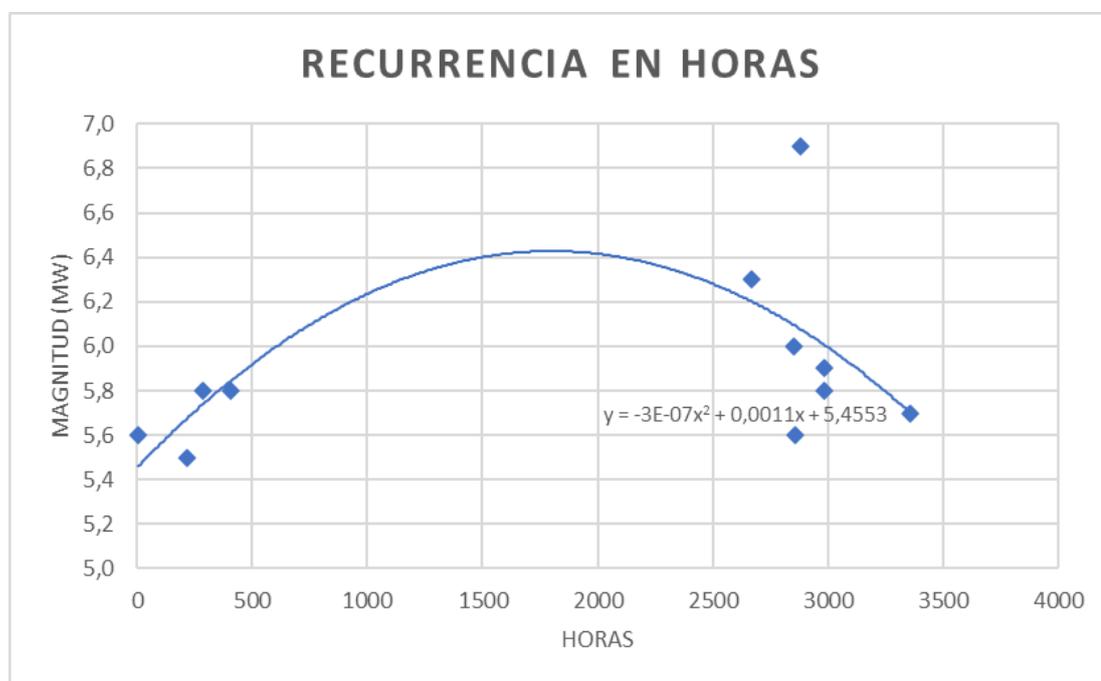


Ilustración 95. Esquema de recurrencia del Sismo 2016-12-25 Chile, Quellón

Tabla 32. Información detallada de cada réplica mayor a 5.5 para obtener la diferencia en horas con respecto al Sismo 2020-09-01 Chile, 55 km al norte de Huasco

| Eventos sísmicos | Fecha | Hora | Mw | días | horas | ΔHora | |
|------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------|----------|---------|---|
| Réplicas | 21/11/2020 | 2:11:48 | 5,5 | 81 | 2:11:48 | 1996,18 | |
| | 28/10/2020 | 4:52:32 | 5,5 | 57 | 4:52:32 | 1372,86 | |
| | 24/1/2021 | 0:07:45 | 5,7 | 145 | 0:07:45 | 3480,11 | |
| | 21/10/2020 | 9:13:06 | 5,7 | 50 | 9:13:06 | 1209,21 | |
| | 1/9/2020 | 10:31:52 | 5,7 | 0 | 10:31:52 | 10,51 | |
| | 28/10/2020 | 14:53:11 | 5,8 | 57 | 14:53:11 | 1382,88 | |
| | 1/9/2020 | 7:01:25 | 5,8 | 0 | 7:01:25 | 7,01 | |
| | 14/12/2020 | 15:20:49 | 6 | 104 | 15:20:49 | 2611,33 | |
| | 6/12/2020 | 16:47:42 | 6,1 | 96 | 16:47:42 | 2320,78 | |
| | 22/11/2020 | 0:54:56 | 6,1 | 82 | 0:54:56 | 1968,90 | |
| | 11/9/2020 | 7:35:57 | 6,2 | 10 | 7:35:57 | 247,58 | |
| | 30/11/2020 | 22:55:03 | 6,3 | 90 | 22:55:03 | 2182,91 | |
| | 6/9/2020 | 1:16:58 | 6,3 | 5 | 1:16:58 | 121,26 | |
| | 1/9/2020 | 4:30:02 | 6,3 | 0 | 4:30:02 | 4,50 | |
| | 19/1/2021 | 2:46:21 | 6,4 | 140 | 2:46:21 | 3362,76 | |
| | 1/9/2020 | 21:39:14 | 6,5 | 0 | 21:39:14 | 21,65 | |
| | 27/12/2020 | 4:09:28 | 6,7 | 117 | 4:09:28 | 2812,15 | |
| | Chile Huasco | 1/9/2020 | 4:09:28 | 7 | - | - | - |

Nota: Elaborado por el autor

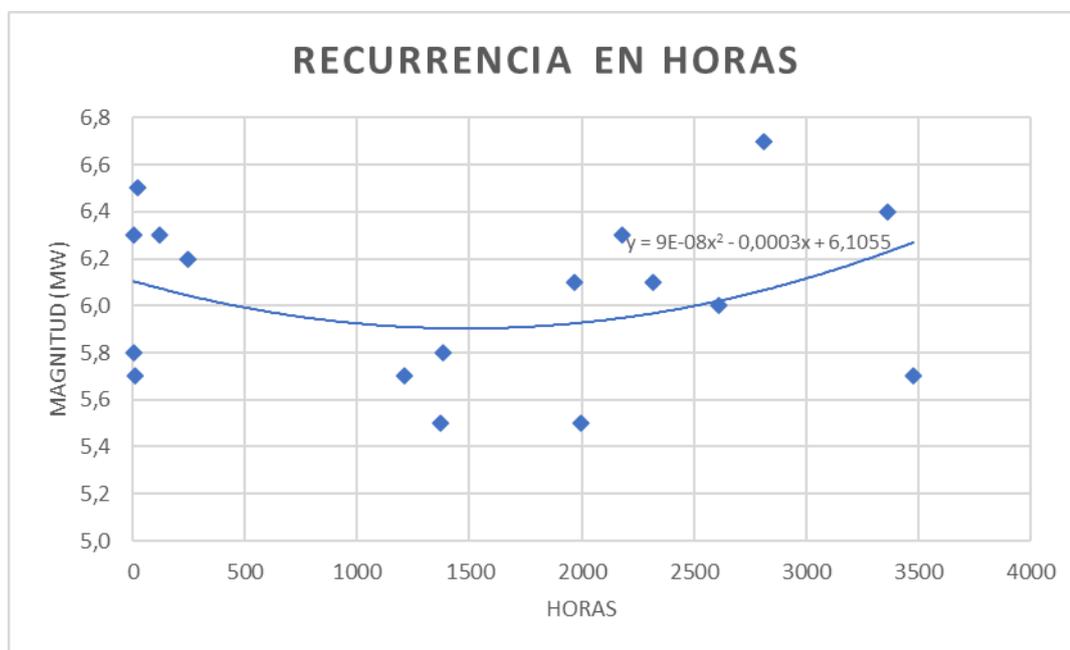


Ilustración 96. Esquema de recurrencia del Sismo 2020-09-01 Chile, Huasco

4.2.1 Esquemas de recurrencia en sismos de magnitud Mw 7,0 a 7,9

Para realizar este esquema se filtró y se agrupó los datos obtenidos en la (sección 4.2), de manera que se utilizó las réplicas ocurridas en el transcurso de 168 horas y sismos principales de 7,0 a 7,9 en magnitud, con el objetivo de reducir datos que excedan dicho limite y para que existan concordancia con el demás sismo principales. En el esquema se utilizó la línea de tendencia de forma polinómica con su respectiva ecuación para relacionar el número de réplicas que existen en cada sismo.

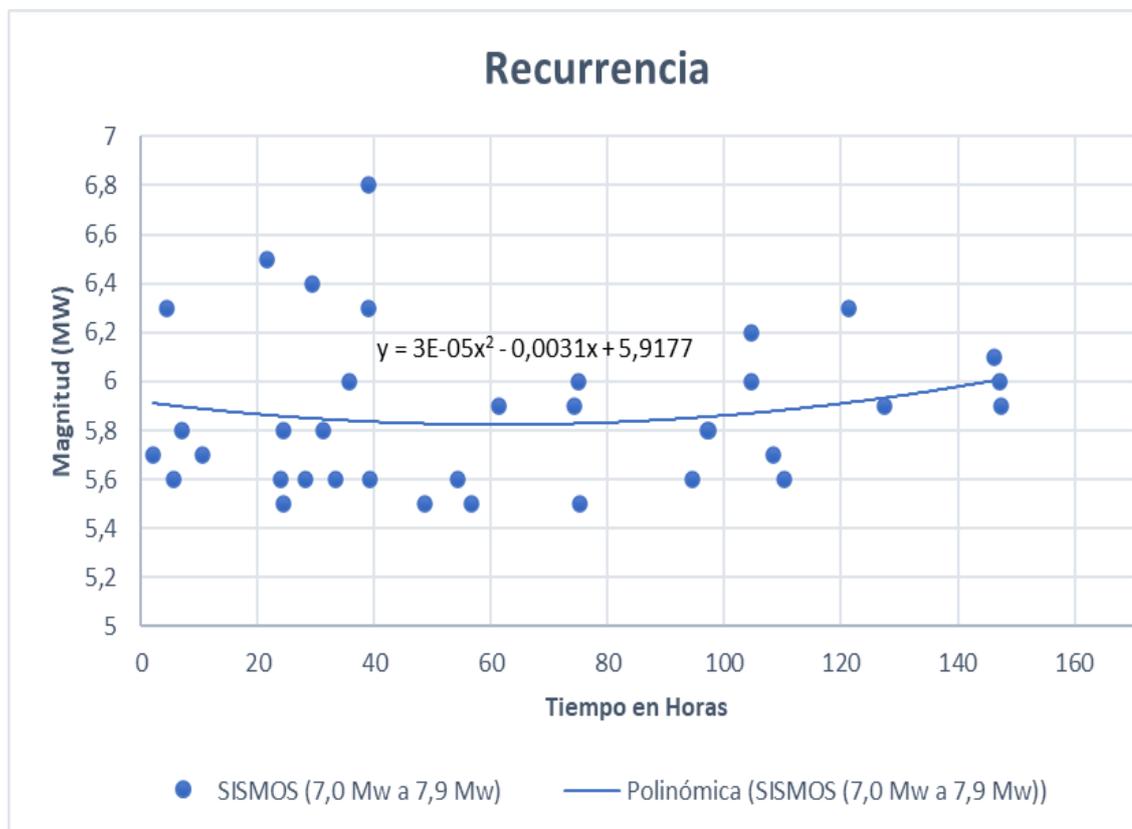


Ilustración 97. Esquema de recurrencia de sismos en intervalo de 7,0 a 7,9 magnitud

Entonces en base a los resultados la ecuación propuesta.

$$Mw = 3 \times 10^{-5} t^2 - 0,0031t + 5,9177$$

Donde:

Mw= Intervalo de tiempo en horas transcurrido de cada réplica luego de su evento principal de acuerdo a su respectiva magnitud Mw.

Tabla 33. Datos utilizados para elaborar el esquema de recurrencia de sismos entre 7,0 a 7,9 de magnitud

| Magnitud | Tiempo |
|-----------------|---------------|
| 5,5 | 48,51 |
| 5,5 | 75,11 |
| 5,5 | 56,7 |
| 5,5 | 24,48 |
| 5,6 | 110,18 |
| 5,6 | 54,3 |
| 5,6 | 28,06 |
| 5,6 | 24,03 |
| 5,6 | 39,25 |
| 5,6 | 33,38 |
| 5,6 | 94,37 |
| 5,6 | 5,52 |
| 5,7 | 108,25 |
| 5,7 | 2,05 |
| 5,7 | 10,51 |
| 5,8 | 97,37 |
| 5,8 | 97,03 |
| 5,8 | 24,31 |
| 5,8 | 31,23 |
| 5,8 | 7,01 |
| 5,9 | 61,3 |
| 5,9 | 127,49 |
| 5,9 | 74,22 |
| 5,9 | 147,33 |
| 6 | 74,87 |
| 6 | 35,58 |
| 6 | 104,58 |
| 6 | 147,05 |
| 6,1 | 146,25 |
| 6,2 | 104,55 |
| 6,3 | 39,05 |
| 6,3 | 121,26 |
| 6,3 | 4,5 |
| 6,4 | 29,27 |
| 6,5 | 21,65 |
| 6,8 | 39,08 |

Nota: Elaborado por el autor

4.2.2 Esquemas de recurrencia en sismos de magnitud Mw 8,0 a 8,9

Para realizar este esquema se filtró y se agrupó los datos obtenidos en la (sección 4.2), de manera que se utilizó las réplicas ocurridas en el transcurso de 168 horas y sismos principales de 8,0 a 8,9 en magnitud, con el objetivo de reducir datos que excedan dicho limite y para que existan concordancia con el demás sismo principales. En el esquema se utilizó la línea de tendencia de forma polinómica con su respectiva ecuación para relacionar el número de réplicas que existen en cada sismo.

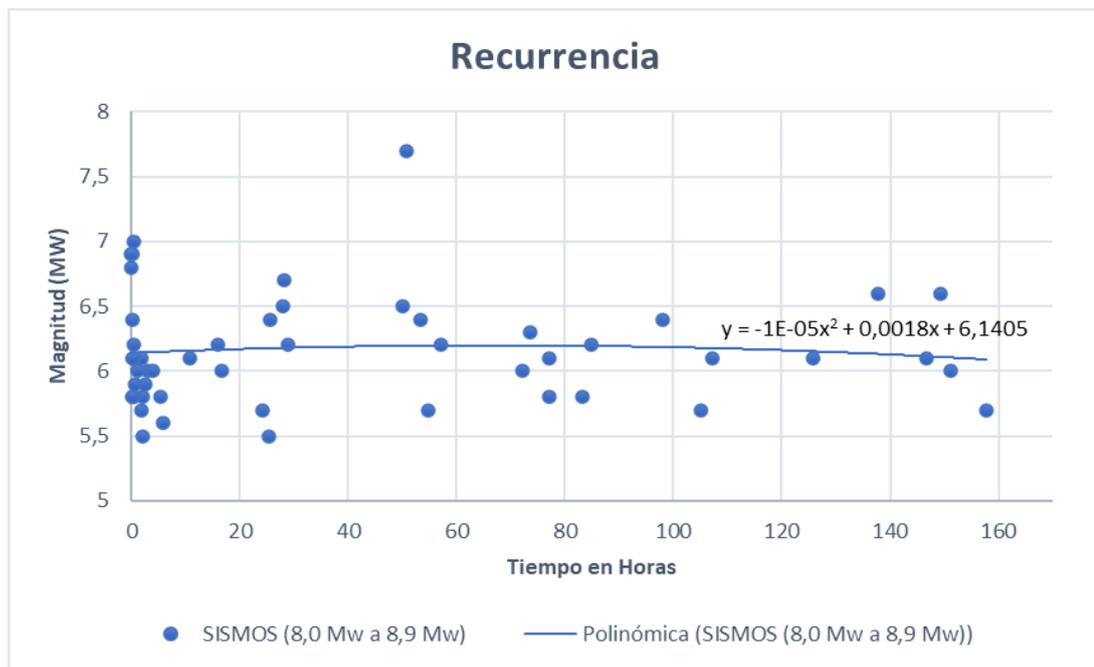


Ilustración 98. Esquema de recurrencia de sismos en intervalo de 8,0 a 8,9 magnitud

Entonces en base a los resultados la ecuación propuesta.

$$M_w = -1x10^{-5}t^2 + 0,0018t + 6,1405$$

Donde:

Mw= Intervalo de tiempo en horas transcurrido de cada réplica luego de su evento principal de acuerdo a su respectiva magnitud Mw.

Tabla 34. Datos utilizados para elaborar el esquema de recurrencia de sismos entre 7,0 a 7,9 de magnitud

| Magnitud | Tiempo |
|-----------------|---------------|
| 5,5 | 25,4 |
| 5,5 | 1,98 |
| 5,6 | 5,73 |
| 5,7 | 105,12 |
| 5,7 | 54,63 |
| 5,7 | 1,85 |
| 5,7 | 24,05 |
| 5,7 | 157,72 |
| 5,8 | 0,2166 |
| 5,8 | 5,4 |
| 5,8 | 77,09 |
| 5,8 | 83,27 |
| 5,8 | 2,1 |
| 5,8 | 0,37 |
| 5,8 | 0,22 |
| 5,9 | 0,583 |
| 5,9 | 2,6 |
| 6,0 | 3,08 |
| 6,0 | 72,23 |
| 6 | 16,63 |
| 6 | 3,92 |
| 6 | 1,05 |
| 6,0 | 151,22 |
| 6,1 | 0,9 |
| 6,1 | 10,83 |
| 6,1 | 1,85 |
| 6,1 | 107,17 |
| 6,1 | 146,75 |
| 6,1 | 0,35 |
| 6,1 | 0,15 |
| 6,1 | 77,1 |
| 6,1 | 125,65 |
| 6,2 | 15,9 |
| 6,2 | 0,3 |
| 6,2 | 28,85 |
| 6,2 | 57,17 |
| 6,2 | 84,87 |
| 6,3 | 73,62 |
| 6,4 | 97,95 |
| 6,4 | 53,43 |
| 6,4 | 0,07 |

| | |
|-----|--------|
| 6,4 | 25,68 |
| 6,5 | 49,97 |
| 6,5 | 27,92 |
| 6,6 | 149,2 |
| 6,6 | 137,67 |
| 6,7 | 28,17 |
| 6,8 | 0 |
| 6,9 | 0,18 |
| 6,9 | 0 |
| 6,9 | 0 |
| 7 | 0,4 |
| 7,7 | 50,72 |

Nota: Elaborado por el autor

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

En el presente trabajo de titulación se analizaron los eventos más cercanos al sismo principal ocurridos en América del sur en los últimos 25 años, donde se destaca eventos significativos en los países que bordean la costa del Océano Pacífico como: Ecuador, Colombia, Perú y Chile. Para entender el comportamiento sísmico se procedió obtener un esquema de recurrencia de los sismos con respecto al número de réplicas y un esquema de recurrencia de los sismos con respecto al tiempo en horas que transcurrieron después del evento principal. Se utilizaron datos proporcionados por las diferentes instituciones sismológicas que ofrece cada país, de forma que se elaboraron tablas que contienen el número de réplicas y la diferencia en horas con respecto al sismo principal.

Estos datos se relacionaron con la magnitud de cada evento para dar origen al esquema de ocurrencia donde se puede visualizar los puntos obtenidos de cada esquema, con el objetivo de generar la línea de tendencia que tiene como ecuación una función polinómica.

$$\underline{N = -24,871M_w^4 + 921,72M_w^3 - 12373M_w^2 + 71991M_w - 154064}$$

Esta función nos demuestra que el número de réplica dependerá de la magnitud del evento sísmico, sin embargo, se generarán varias réplicas de magnitud mayor a 5 en un período de 5 meses.

Así mismo, posteriormente se agruparon los datos de los intervalos tiempo en horas de cada réplica transcurrido luego del evento principal de los sismos de magnitud 7,0 a 7,9 Mw y se obtuvo la ecuación polinómica $\underline{M_w = 3 \times 10^{-5} t^2 - 0,0031t + 5,9177}$

Y los datos de sismos de magnitud 8,0 Mw en adelante resultando la ecuación polinómica $\underline{M_w = -1 \times 10^{-5} t^2 + 0,0018t + 6,1405}$ estas funciones nos demuestran el Intervalo de tiempo en horas transcurrido de cada réplica luego de su evento principal de acuerdo a su respectiva magnitud Mw.

La importancia de obtener dichas ecuaciones es entender el nivel de daño que podría presentarse en las estructuras luego de un lapso de horas o meses transcurridas después del evento sísmico.

Con respecto a los datos obtenidos de las aceleraciones no se pudo sacar un esquema o relación de recurrencia ya que no se encontró la suficiente información necesaria para ello.

5.2 RECOMENDACIONES

En este trabajo de titulación se descartaron varios eventos sísmicos ocurridos en los 25 años en América del sur por el motivo de no obtener datos concluyentes o que simplemente no se le dio la importancia requerida. De forma que recomendamos a las instituciones encargadas de obtener todos los datos sísmicos darle el seguimiento debido a todos los eventos que ocurran con respecto a la subducción de la placa de Nazca con la placa sudamericana para así obtener resultados que se ajusten a la realidad.

6 BIBLIOGRAFÍA

- CSN. (2021). *Centro Sismológico Nacional Universidad de Chile*. Obtenido de <https://www.csn.uchile.cl/centro-sismologico-nacional/quienes-somos/>
- gob.pe. (Enero de 2020). *gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/4142-instituto-geofisico-del-peru-que-hacemos>
- Hayes, G. P., Smoczyk, H. M., Benz, H. M., Furlong, K. P., & Villaseñor, A. (2015). *Sismicidad de la Tierra 1900-2013, Seismecónica de América del Sur (Región de Placas de Nazca)*. Obtenido de USGS: <https://pubs.usgs.gov/of/2015/1031/e/>
- IG-EPN. (2021). *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/nosotros>
- Ochoa. (2019). *humanitarian response*. Obtenido de https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/20191202-ocha-desastres_naturales2.pdf
- PERÚ21. (MAYO de 2019). *PERU21*. Obtenido de <https://peru21.pe/ciencia/mercalli-modificada-escala-sismica-mide-intensidad-dano-sismo-480588-noticia/>
- Sicre, L. (Julio de 2020). *TELECINCO*. Obtenido de https://www.telecinco.es/eltiempohoy/enana-blanca-mas-rapida-galaxia_18_2979120287.html
- USGS. (October de 2001). *United States Geological Survey*. Obtenido de <https://pubs.usgs.gov/fs/2001/0107/report.pdf>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Endara Molina, Samantha Pamela**, con C.C: # **050349172-2** autor/a del trabajo de titulación: **Evaluación de la sismicidad asociada a los eventos sísmicos mayores a Mw 7.0 en los últimos 25 años en América del Sur**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **15 de marzo de 2021**

f. _____

Nombre: **Endara Molina, Samantha Pamela**

C.C: **050349172-2**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|---|---|--|-----|
| TEMA Y SUBTEMA: | Evaluación de la sismicidad asociada a los eventos sísmicos mayores a Mw 7.0 en los últimos 25 años en América del Sur. | | |
| AUTOR(ES) | Samantha Pamela, Endara Molina | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Guillermo Alfonso, Ponce Vásquez | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Ingeniería | | |
| CARRERA: | Ingeniería Civil | | |
| TÍTULO OBTENIDO: | Ingeniero Civil | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 15 de marzo de 2021 | No. DE PÁGINAS: | 114 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Ingeniería sísmica, Geología, Sísmología | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | (Evento principal, réplica, magnitud, intensidad, recurrencia, Sudamérica) | | |
| RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): | <p>La costa occidental de América del Sur es una de las zonas más sismogénicas del mundo ya que se encuentra dentro del 'Anillo de Fuego', situado a lo largo del Océano Pacífico caracterizándose por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una intensa actividad sísmica y volcánica registrando más de la cuarta parte (25%) de los terremotos de magnitud 8,0 o mayor del mundo, y ha sido testigo de enormes pérdidas a lo largo de la historia registrada. La mayoría de los grandes terremotos en América del Sur están limitados a profundidades poco profundas de 0 a 70 km resultantes al deslizamiento a lo largo de la interfaz de inmersión entre las placas de Nazca y Sudamericana, este proceso de subducción es responsable de la elevación de la cordillera de los Andes, y de la cadena volcánica activa. Estudios sísmológicos identificaron grandes zonas a lo largo de la costa de Ecuador, Perú y el norte de Chile, donde existe la posibilidad de ocurrir terremotos de gran magnitud que puedan alcanzar hasta 9,0Mw o mayores. La recurrencia de un sismo importante está acompañada de varios eventos, algunos premonitores y una serie de réplicas, estas pueden extenderse varios años, mientras siga liberando energía el área sísmica, aunque esta se irá disminuyendo de forma paulatina. Las pérdidas humanas y financieras futuras pueden mitigarse mediante la toma de decisiones informadas basadas en dónde pueden ocurrir futuros terremotos, con qué frecuencia podrían ocurrir, su magnitud y eventos asociados. En el presente trabajo primero se creará una base de datos según registros de los sismos ocurridos en los países de Chile, Ecuador, Colombia y Perú en los últimos 25 años y todas sus réplicas mayores a 5 Mw posteriores a 5 meses del evento principal y se realizarán los esquemas probabilísticos de recurrencia de réplicas.</p> | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593-983018859 | E-mail: samantha.endara@cu.ucsg.edu.ec | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE): | Nombre: Glas Cevallos, Clara | | |
| | Teléfono: +593-42206956 | | |
| | E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |