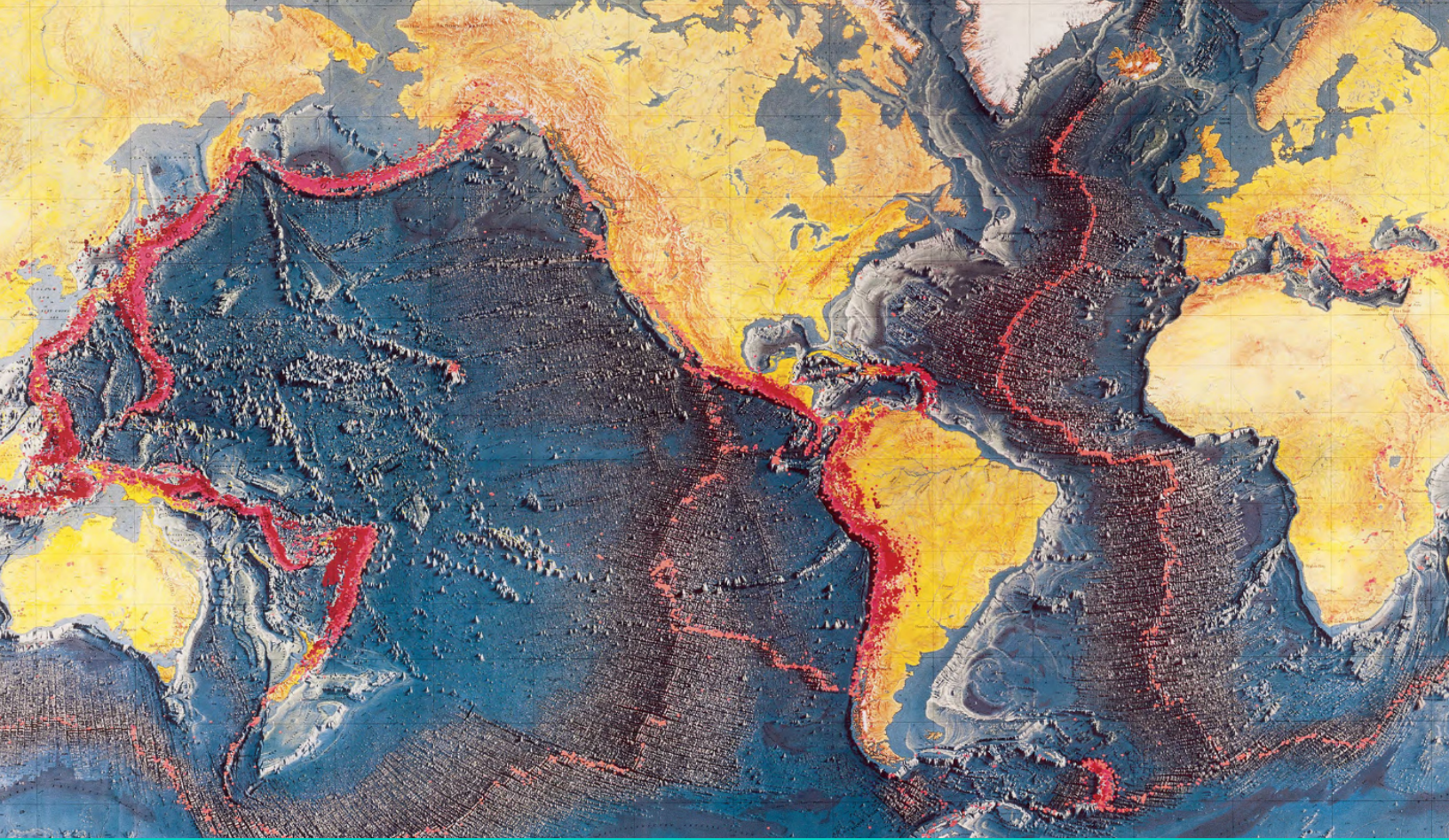




PRE - INFORME ASESORÍA I

ANÁLISIS GLOBAL DE GRANDES TERREMOTOS:

distribución espacial y
temporal de eventos extremos

INSTITUCIÓN

Universidad de Santiago de Chile



Tetrametric
ESTADÍSTICA CONSULTORA

FECHA

22 de junio de 2026

PRESENTADO POR

María José Valderrama Nuñez
Tamar Isai Rojas Castillo

PRESENTADO PARA

Dr. Luis Felipe Figueroa
Dr. Francisco Plaza Vega

Tabla de contenidos

1	Resumen ejecutivo	3
2	Formulación pregunta estadística	3
3	Antecedentes	3
3.1	Distribución global de la sismicidad	4
3.2	Categorización de los eventos según magnitud	4
4	Objetivo general	5
4.1	Objetivos específicos	5
5	Alcance del informe	5
6	Descripción de datos y parámetros de descarga	6
6.1	Fuente de datos y parámetros de descarga	6
6.1.1	Datos originales	6
7	Metodología y justificación estadística	7
7.1	Depuración y control de calidad	7
7.2	Caracterización descriptiva	7
7.3	Caracterización temporal	8
7.4	Caracterización espacial	8
7.5	Criterios de interpretación estadística	8
8	Resultados y discusión	9
8.1	Depuración y control de calidad	9
8.2	Caracterización descriptiva	9
8.3	Caracterización temporal	10
8.4	Caracterización espacial	12
8.5	Supuestos, limitaciones y sensibilidad	13
9	Conclusiones y recomendaciones	14
10	Referencias	15
11	Anexos reproducibles	16

1. Resumen ejecutivo

El presente pre-informe aborda el encargo *Análisis global de grandes terremotos: distribución espacial y temporal de eventos extremos*, desarrollando una caracterización estadística descriptiva y exploratoria a partir del catálogo público de la United States Geological Survey (USGS). El estudio considera 1.186 eventos de magnitud $M \geq 6,5$ registrados a nivel mundial entre 2000 y 2025, sobre los cuales se aplicó un control de calidad de la base, la construcción de variables derivadas y la definición de categorías de magnitud y profundidad sustentadas en la literatura especializada, junto con una comparación entre zonas sísmicas delimitadas de forma explícita y reproducible. Los resultados evidencian una marcada concentración espacial; el Cinturón de Fuego del Pacífico agrupa el 75,21 % de los eventos del período, con una tasa de 34,3 eventos por año, muy por sobre las demás zonas evaluadas. La comparación indica que la diferencia principal entre zonas radica en la frecuencia de ocurrencia, mientras que las medias de magnitud observadas son similares y se sitúan en torno a 6,9. En la dimensión temporal, para los eventos $M \geq 7,0$ (387 en total) no se observa un patrón claro y sostenido de aumento o disminución en el análisis descriptivo; la década de 2010 registra la mayor actividad relativa, con 16,0 eventos por año. El informe documenta, además, las limitaciones del análisis, principalmente la heterogeneidad de las escalas de magnitud y el carácter global del catálogo, que impiden atribuir los hallazgos a una falla o región específica y, sobre esta base descriptiva, deja planteada la continuidad hacia una etapa de análisis inferencial que permita contrastar formalmente las diferencias observadas.

2. Formulación pregunta estadística

El estudio se articula en torno a la siguiente pregunta estadística:

¿Existen otras zonas o regiones sísmicas de tipo cinturón que puedan ser comparadas con el Cinturón de Fuego en términos estadísticos de magnitud y profundidad?

Esta pregunta surge de la pregunta orientadora del encargo, que solicita comparar la actividad del Cinturón de Fuego del Pacífico con el resto del mundo bajo una definición explícita y reproducible. No obstante, el “resto del mundo” constituye un conjunto heterogéneo que agrupa eventos de orígenes tectónicos diversos, por lo que su uso directo como término de comparación limita la interpretabilidad de las diferencias observadas. Por esta razón, la pregunta se orienta a identificar otras zonas sísmicas de tipo cinturón, con características comparables a las del Cinturón de Fuego, que permitan una comparación más estándar y equilibrada de la magnitud y la profundidad entre regiones sísmicamente análogas.

3. Antecedentes

La actividad sísmica constituye un fenómeno geofísico que ocurre a escala mundial. En este contexto, los catálogos abiertos de terremotos permiten acceder a registros sistemáticos de estos eventos sísmicos. Su relevancia radica en su utilidad para la caracterización territorial, la gestión institucional y la comprensión de patrones espaciales y temporales asociados a zonas tectónicamente activas.

La fuente principal de información del presente informe corresponde al catálogo de terremotos de la United States Geological Survey (USGS), que se utiliza por su cobertura global, disponibilidad pública y trazabilidad de consulta.

3.1. Distribución global de la sismicidad

La sismicidad de mayor magnitud no se distribuye de forma homogénea sobre el planeta: históricamente se concentra en tres grandes cinturones asociados a los límites entre placas tectónicas (USGS, s. f.). El cinturón circumpacífico o “Cinturón de Fuego” concentra cerca del 81 % de los grandes terremotos; el cinturón Alpino-Himalayo, aproximadamente el 17%; y la Dorsal Meso-Atlántica corresponde a un límite divergente de menor frecuencia. El resto de los eventos ocurre de manera dispersa fuera de estas franjas (USGS, s. f.).

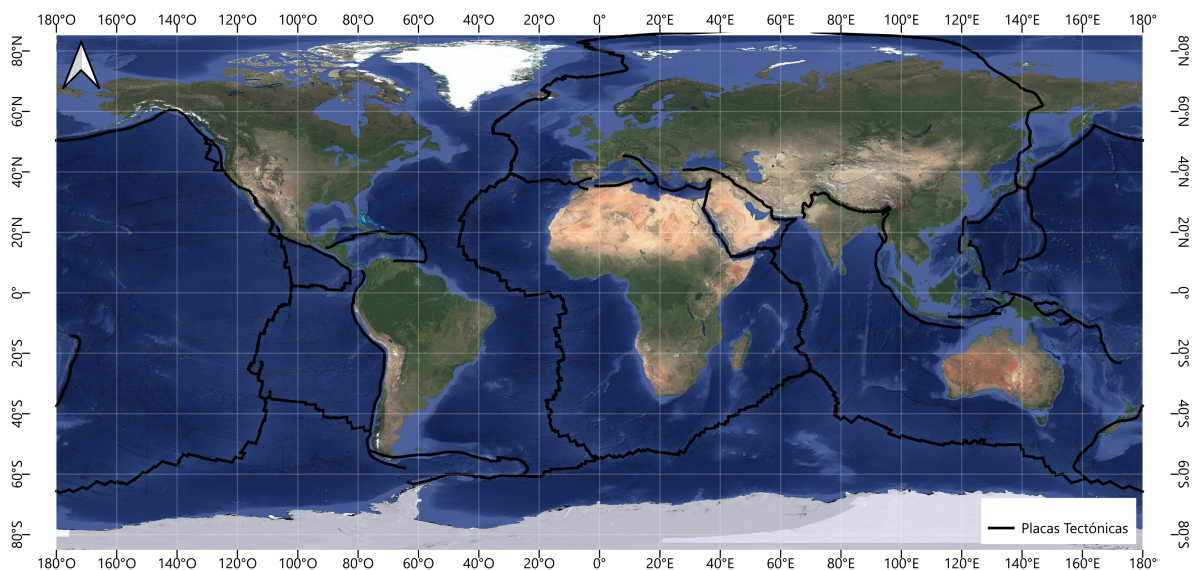


Figura 1. División de las placas tectónicas a escala global.

Los límites entre placas coinciden con los principales cinturones sísmicos del planeta y sirven de referencia para la comparación espacial desarrollada en el informe. La descripción detallada de cada cinturón se documenta en el anexo correspondiente. (véase *anexo de zonas sísmicas*).

3.2. Categorización de los eventos según magnitud

La bibliografía revisada entrega distintos aportes para interpretar la magnitud sísmica. Gutenberg y Richter (1944) proporcionan una base clásica para distinguir terremotos mayores, asociados a magnitudes cercanas o superiores a $M \geq 7,0$, y grandes terremotos, próximos a $M \geq 7,8$. Kagan y Jackson (2016) refuerzan la utilidad de trabajar con catálogos globales y umbrales altos de magnitud para estudiar la ocurrencia de grandes terremotos. Ammon et al. (2010) destacan la relevancia instrumental y científica de los eventos $M \geq 8,0$ dentro del registro global. Estos antecedentes sirven como referencia conceptual para la posterior definición metodológica de categorías de magnitud dentro del catálogo analizado.

4. Objetivo general

Caracterizar, de manera descriptiva, documentada y reproducible, la distribución espacial y temporal de los grandes terremotos ($M \geq 6,5$) registrados a nivel mundial en el catálogo de la USGS durante el período 2000–2025, comparando zonas sísmicas definidas de forma explícita, con el fin de entregar resultados interpretables sobre dónde, cuándo y con qué frecuencia ocurren estos eventos, y de establecer una base metodológica sólida para una eventual etapa de análisis inferencial. El umbral $M \geq 6,5$ delimita el foco en terremotos de relevancia según el interés del encargo.

4.1. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. **OE1. Documentar** la fuente de datos, los parámetros de descarga y los criterios de selección del catálogo.
2. **OE2. Consolidar** la base `sismos` a partir de `sismos_raw`, incorporando depuración, control de calidad y variables derivadas para el análisis.
3. **OE3. Describir** el comportamiento de `mag` y `depth` mediante estadísticos, distribuciones y categorías de análisis.
4. **OE4. Analizar** la ocurrencia temporal mediante conteos, tasas, series y recurrencia para distintos umbrales de magnitud.
5. **OE5. Comparar** la distribución espacial de los eventos entre zonas sísmicas, considerando frecuencia, magnitud y profundidad.

5. Alcance del informe

Este pre-informe corresponde a una primera etapa del análisis estadístico descriptivo y exploratorio, centrada en la distribución espacial y temporal de eventos sísmicos de gran magnitud a nivel global. La unidad de análisis es cada evento registrado en el catálogo de la USGS durante el período 2000–2025 con magnitud $M \geq 6,5$, por lo que las conclusiones se derivan exclusivamente de dicha fuente y deben interpretarse dentro de sus límites, cobertura y características.

El estudio no incluye predicción de terremotos, alerta temprana, estimación probabilística de amenaza sísmica ni modelación física del proceso tectónico. Asimismo, no se establece distinción entre los tipos de magnitud (`magType`) reportados por la fuente; estos se tratan de manera homogénea pese a poder provenir de escalas o procedimientos de estimación diferentes, lo que constituye una limitación a considerar al comparar eventos.

El desarrollo se realiza en Positron, como entorno de trabajo para R y en QGIS, para la manipulación y visualización de datos georreferenciados. El flujo computacional se organiza mediante un script principal que ejecuta scripts específicos por etapa, con el fin de favorecer la trazabilidad, reproducibilidad y trabajo colaborativo del equipo. (*véase anexo de flujo de trabajo e implementación computacional*).

Respecto del uso de inteligencia artificial, el equipo acuerda emplear NotebookLM solo como apoyo para la lectura en español de bibliografía en inglés, y una extensión de ChatGPT en Positron únicamente como soporte de programación; estructura del código, simplificación de procedimientos y resolución de errores puntuales, priorizando funciones nativas de R. Ninguna herramienta de inteligencia artificial puede generar redacción, interpretación, análisis, conclusiones ni contenido final del informe.

6. Descripción de datos y parámetros de descarga

6.1. Fuente de datos y parámetros de descarga

La fuente principal de información corresponde al catálogo público de terremotos de la USGS, específicamente el sitio USGS Earthquake Catalog Search. La configuración utilizada se documenta en la siguiente bitácora de descarga.

Parámetro	Valor registrado
Fuente	USGS Earthquake Catalog Search
Formato de descarga	CSV
Archivo crudo conservado	BBDD/query.csv
Fecha de descarga	15/06/2026
Hora de descarga	22:05
Encargo asociado	Análisis global de grandes terremotos
Cobertura geográfica	Mundial (World / Worldwide)
Inicio del período	2000-01-01 00:00:00 UTC
Fin del período	2025-12-31 23:59:59 UTC
Magnitud mínima	$M \geq 6,5$
Magnitud máxima	Sin filtro
Profundidad mínima	Sin filtro
Profundidad máxima	Sin filtro
Estado de revisión	Any
Tipo de evento	Sin filtro específico
Ordenamiento	Time - Oldest First

Tabla 1. Parámetros de descarga registrados para la base principal de análisis.

El formato .CSV se utiliza como base principal del procesamiento estadístico, aunque paralelamente se utiliza un formato .GeoJSON con las mismas características en el software QGIS.

6.1.1. Datos originales

Una vez que los datos se descargan desde USGS según los parámetros indicados en la Tabla 1, el archivo crudo BBDD/query.csv se importa en R y se almacena inicialmente como el objeto **sismos_raw**. Esta base conserva las variables originales entregadas por USGS, sin modificaciones previas, y constituye el punto de partida del proceso de depuración, selección y construcción de variables derivadas.

Las variables originales del catálogo pueden organizarse en distintos grupos según su función:

- Variables de identificación y trazabilidad del evento, como **id**, **net**, **status**, **locationSource** y **magSource**.
- Variables temporales, principalmente **time**, a partir de la cual se construyen fechas, años, meses y décadas.

- Variables espaciales, como `latitude`, `longitude` y `place`, que se utilizan para ubicar los eventos y construir comparaciones geográficas.
- Variables correspondientes a características sísmicas del evento, como `mag`, `magType`, `depth` y `type`.

Además, la base original contiene variables asociadas a la medición instrumental, incertidumbre o calidad del procesamiento, tales como `nst`, `gap`, `dmin`, `rms`, `horizontalError`, `depthError`, `magError` y `magNst`. Estas variables se revisan durante el control de calidad, pero no se seleccionan como variables centrales del presente análisis, ya que el objetivo del pre-informe se enfoca en caracterizar la frecuencia de eventos y el comportamiento de `mag`, `depth`, `time`, `latitude` y `longitude`.

7. Metodología y justificación estadística

7.1. Depuración y control de calidad

La depuración de la base tiene como propósito evaluar si los registros provenientes de USGS son adecuados para el análisis descriptivo, temporal y espacial del encargo. El control de calidad considera valores faltantes, duplicados, tipo de evento, estado de revisión, consistencia temporal, consistencia espacial, unidades de medida y cumplimiento del umbral definido sobre `mag`.

El diagnóstico distingue entre variables centrales del análisis y variables auxiliares de `sismos_raw`. Las variables auxiliares, asociadas a incertidumbre o procesamiento instrumental, presentan la mayoría de los valores faltantes y no se incorporan en los análisis principales. Por ello, se conservan en la base cruda y se reportan como una limitación para análisis posteriores.

Las revisiones que se aplican y sus resultados se documentan en el anexo reproducible. (*véase anexo de control de calidad*).

A partir de esta etapa, el análisis se consolida en el objeto `sismos`, que funciona como base depurada para las etapas posteriores. Este objeto reúne las variables solicitadas en el encargo que superan el control de calidad e incorpora las variables derivadas necesarias para la preparación temporal, la categorización de magnitud y profundidad, y la zonificación espacial. El detalle de su composición, origen y propósito analítico se presenta en la Tabla 2.

7.2. Caracterización descriptiva

Se define primero el período de análisis entre 2000 y 2025, equivalente a 26 años o 312 meses de observación, y establece el total de eventos sobre el cual se calculan las tasas de ocurrencia. Sobre la base `sismos`, se resumen `mag` y `depth` mediante estadísticos de tendencia central, dispersión y posición, junto con histogramas y categorías de análisis. Esta etapa permite describir la severidad y profundidad típica de los eventos, reconocer asimetrías y evaluar la concentración de terremotos según rangos de magnitud y profundidad.

Para `mag`, se calcula además la magnitud máxima anual y la distribución por `magnitud_cat`; para `depth`, se estima la distribución por `profundidad_cat`. Ambas lecturas entregan una base descriptiva para interpretar la comparación temporal y espacial.

7.3. Caracterización temporal

El análisis temporal organiza la ocurrencia sísmica en escalas mensual, anual y decadal mediante las variables `fecha_mes` y `decada`, e incorpora indicadores para eventos $M \geq 7,0$, $M \geq 7,5$ y $M \geq 8,0$. La escala mensual permite observar fluctuaciones de corto plazo, la anual facilita la comparación entre años calendario y la decadal entrega una lectura agregada de largo plazo. Para evitar distorsiones en la década incompleta 2020–2025, los conteos decadales se expresan como tasas anuales promedio.

Los conteos se organizan como series temporales regulares y los meses sin eventos se completan con valor cero cuando forman parte del período observado. Además, se calcula la recurrencia global de eventos $M \geq 7,0$ mediante los días transcurridos entre eventos consecutivos. Dado que el catálogo es mundial, esta medida describe intervalos dentro del conjunto analizado y no la recurrencia física de una falla o región específica. La composición por `magnitud_cat` complementa esta lectura mediante categorías sustentadas en los antecedentes bibliográficos (véase Sección 3.2).

7.4. Caracterización espacial

La caracterización espacial responde al requerimiento de comparar grandes terremotos entre zonas geográficas de interés. Los antecedentes muestran que la sismicidad de mayor magnitud se concentra en grandes cinturones tectónicos; por ello, las coordenadas `latitude` y `longitude` no se analizan solo como ubicaciones puntuales, sino que se utilizan para construir la variable `zona`.

La delimitación considera el Cinturón de Fuego, el Cinturón Alpino-Himalayo y la Dorsal Meso-Atlántica. Estas zonas se definen a partir de los antecedentes revisados y se verifican cartográficamente en QGIS mediante la importación de la base en formato `.GeoJSON` (USGS, s. f.). Cada evento se transforma en punto espacial y se asigna a una zona por intersección con polígonos geográficos; los eventos sin coincidencia con los polígonos principales se clasifican como “Resto del mundo”. (véanse antecedentes de distribución global, anexo de zonas sísmicas, anexo de flujo de trabajo e implementación computacional y figura 8).

Sobre `zona` se estiman conteos, porcentajes, tasas anuales y estadísticos de `mag` y `depth`. También se resume la distribución de `profundidad_cat` por zona, lo que permite comparar no solo la frecuencia de eventos, sino también su estructura de magnitud y profundidad.

7.5. Criterios de interpretación estadística

El análisis se plantea como descriptivo y exploratorio. Por ello, los resultados se interpretan como resúmenes del catálogo analizado y no como estimaciones causales, predictivas o probabilísticas de amenaza sísmica.

Las variables asociadas a incertidumbre, error instrumental o calidad del procesamiento se revisan durante la depuración, pero no se incorporan como variables centrales debido a su alta proporción de valores faltantes. En consecuencia, no se aplican imputaciones sobre `magError`, `depthError`, `horizontalError`, `gap`, `rms` o `nst`. Esta decisión evita introducir valores artificiales en variables cuyo patrón de ausencia puede depender de la red de monitoreo, el método de estimación o las condiciones instrumentales del registro.

Las comparaciones temporales y espaciales se interpretan bajo el mismo criterio descriptivo. Las tasas permiten comparar períodos o zonas dentro del catálogo, pero no sustituyen modelos de

ocurrencia ni ajustes por exposición espacial. Del mismo modo, la asignación de **zona** transforma coordenadas puntuales en categorías comparables, aunque no representa toda la complejidad tectónica, instrumental o territorial de cada región.

8. Resultados y discusión

Esta sección presenta los principales resultados del análisis y los discute en relación con los objetivos del pre-informe. La lectura se organiza según las etapas metodológicas desarrolladas previamente: depuración y control de calidad, caracterización descriptiva, caracterización temporal y caracterización espacial. Las tablas y figuras extensas se remiten al anexo, mientras que el cuerpo del informe conserva los hallazgos principales, su interpretación estadística y las limitaciones relevantes para su lectura.

8.1. Depuración y control de calidad

El control de calidad no identifica valores faltantes, duplicados, eventos no tectónicos ni registros fuera del período de estudio en las variables centrales del análisis. Por ello, la base depurada **sismos** conserva los 1.186 eventos descargados e incorpora variables derivadas para la caracterización temporal, descriptiva y espacial. Las variables auxiliares asociadas a incertidumbre o error instrumental se mantienen en **sismos_raw** por su alta proporción de valores faltantes y se reportan como limitación. (*véanse anexo de control de calidad y tabla 2*).

8.2. Caracterización descriptiva

La caracterización descriptiva muestra que el catálogo contiene 1.186 eventos entre 2000 y 2025, equivalentes a 26 años o 312 meses de observación. (*véase tabla 3*).

La distribución de la magnitud se concentra en valores cercanos al umbral de inclusión: la media es 6,90 y la mediana 6,80. El cuantil 75 alcanza 7,10, mientras que los cuantiles 90 y 95 alcanzan 7,50 y 7,70, respectivamente. Esto indica que la mayor parte de los eventos corresponde a magnitudes fuertes o mayores, mientras que los eventos extremos representan una fracción menor del catálogo. (*véase tabla 4*).

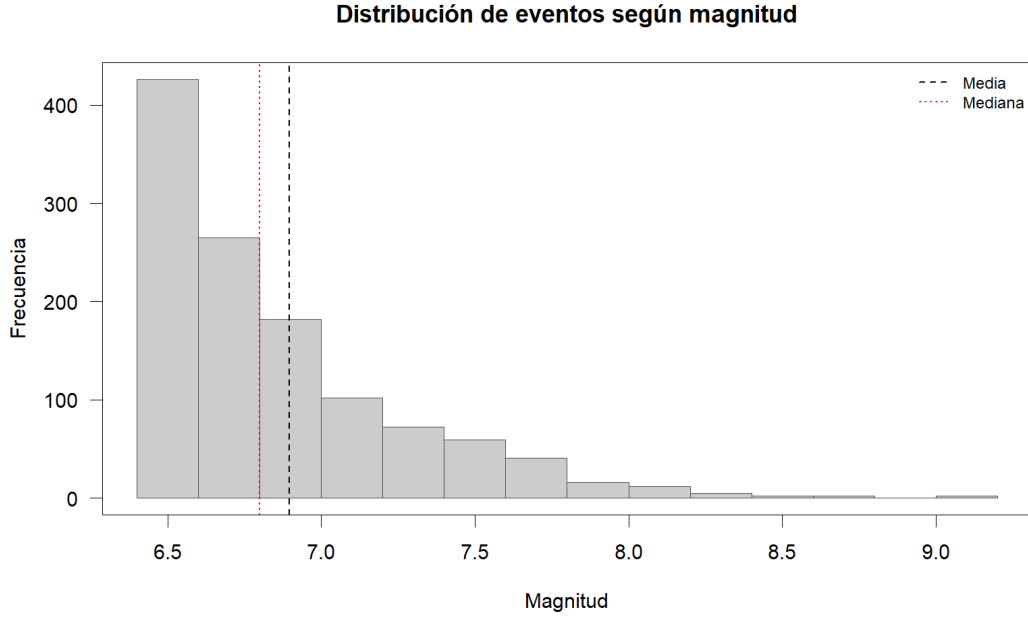


Figura 2. Distribución de eventos según magnitud para el catálogo analizado.

El histograma muestra una concentración marcada de eventos en los tramos inferiores del rango analizado, especialmente entre $M = 6,5$ y valores cercanos a $M = 7,0$. A medida que aumenta la magnitud, la frecuencia de eventos disminuye progresivamente, generando una distribución asimétrica hacia la derecha. Esta forma indica que los eventos de mayor magnitud existen dentro del catálogo, pero ocurren con menor frecuencia relativa.

La clasificación por categorías de magnitud complementa esta interpretación: el 67,37 % de los eventos corresponde a la categoría “Fuerte”; el 27,66 %, a “Mayor”; y el 4,97 %, a “Grande o extremo”. (véase tabla 5).

La magnitud máxima anual muestra que todos los años del período presentan al menos un evento de alta magnitud, con máximos destacados de 9,10 en 2004 y 2011, y 8,80 en 2010 y 2025. (véase tabla 6).

La profundidad presenta una distribución más asimétrica que la magnitud. La mediana es 26,0 km, mientras que la media alcanza 93,1 km, diferencia que se explica por la presencia de eventos intermedios y profundos. Según las categorías de profundidad, predominan los eventos superficiales, con un 76,98 % del catálogo, seguidos por los eventos intermedios (12,65 %) y profundos (10,37 %). El histograma de profundidad refuerza esta lectura al mostrar una alta concentración de eventos a baja profundidad y una cola hacia valores mayores. Esta estructura indica que la profundidad típica del catálogo es baja, aunque existe un conjunto de eventos de gran profundidad que eleva el promedio. (véanse tabla 7, tabla 8 y figura 9).

8.3. Caracterización temporal

Entre 2000 y 2025 se registran 1.186 eventos, equivalentes a un promedio de 45,6 eventos por año. La frecuencia anual alcanza su valor máximo en 2010, con 61 eventos, y su valor mínimo en 2024,

con 28 eventos. En términos descriptivos, la serie presenta oscilaciones interanuales alrededor de la media y no se observa un patrón claro y sostenido de aumento o disminución durante el período completo. (véase tabla 9).

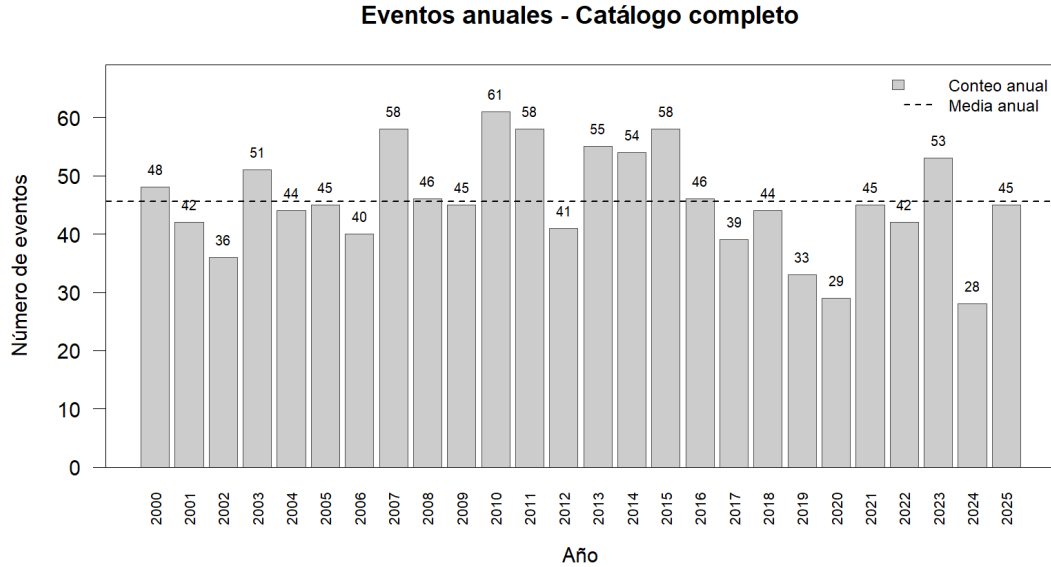


Figura 3. Eventos anuales del catálogo completo entre 2000 y 2025.

La visualización anual refuerza esta lectura: algunos años se ubican por sobre el nivel típico del período, especialmente 2007, 2010, 2011, 2013, 2014 y 2015, mientras que 2019, 2020 y 2024 presentan conteos más bajos. Por ello, la comparación decadal permite una lectura más estable que la revisión año a año.

En el subconjunto $M \geq 7,0$ se registran 387 eventos, con una tasa media de 14,9 eventos por año. Al comparar por décadas, el mayor nivel se observa en la década de 2010, con 16,0 eventos por año, seguida por la década de 2000 con 14,3 y por el período 2020–2025 con 14,0. Como 2020–2025 corresponde a una década incompleta, la comparación se realiza mediante tasas anuales promedio y no solo con conteos absolutos. (véase tabla 10).

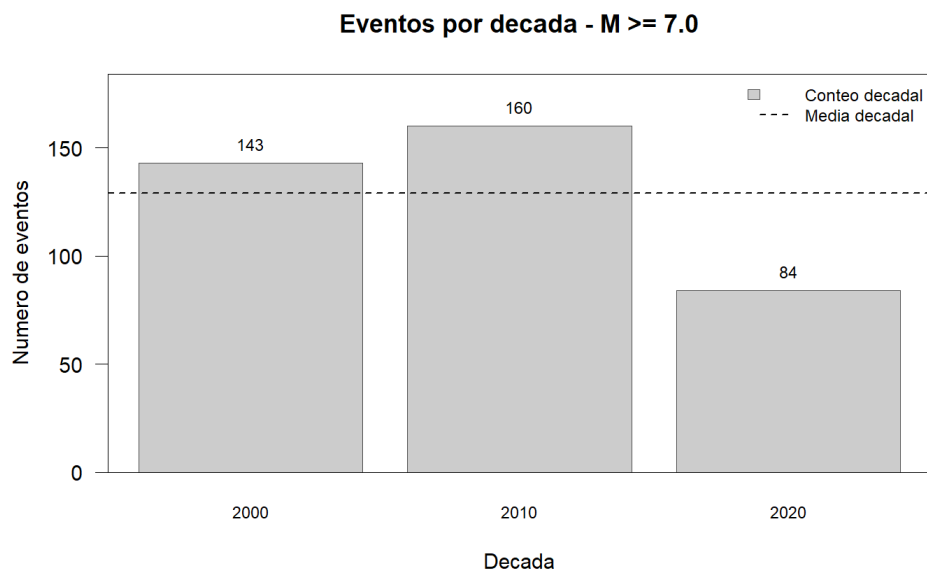


Figura 4. Tasa anual promedio por década para eventos con $M \geq 7.0$.

La tasa decadal muestra que 2020–2025 queda en un nivel cercano a la década de 2000 y por debajo de la década de 2010. Por lo tanto, la diferencia descriptiva más clara se concentra en la década de 2010, que presenta la mayor ocurrencia relativa de eventos $M \geq 7.0$ dentro del período analizado.

La recurrencia temporal global se resume a partir de los días transcurridos entre eventos consecutivos $M \geq 7.0$. La media del intervalo es 24,5 días y la mediana es 15,6 días, lo que indica una distribución asimétrica: la mayoría de los intervalos se ubica bajo el promedio, mientras que algunos períodos más extensos sin eventos elevan la media. El intervalo máximo alcanza 176,8 días y el mínimo es cercano a cero días, asociado a registros con muy poca separación temporal. (véase tabla 11).

El anexo temporal conserva el respaldo detallado de las series mensuales y anuales, la recurrencia por década y la composición decadal por categoría de magnitud. (véanse figura 10, figura 11, figura 12 y figura 13).

8.4. Caracterización espacial

La asignación espacial mediante la variable **zona** muestra una concentración marcada de eventos en el Cinturón de Fuego, con 892 registros, equivalentes al 75,21 % del catálogo. En segundo lugar se ubica el resto del mundo, con 203 eventos (17,12 %), seguido por el Cinturón Alpino-Himalayo, con 63 eventos (5,31 %), y la Dorsal Meso-Atlántica, con 28 eventos (2,36 %). Esta distribución confirma que la mayor parte de los grandes terremotos del período se localiza en torno al principal cinturón sísmico del Pacífico. (véase tabla 12).

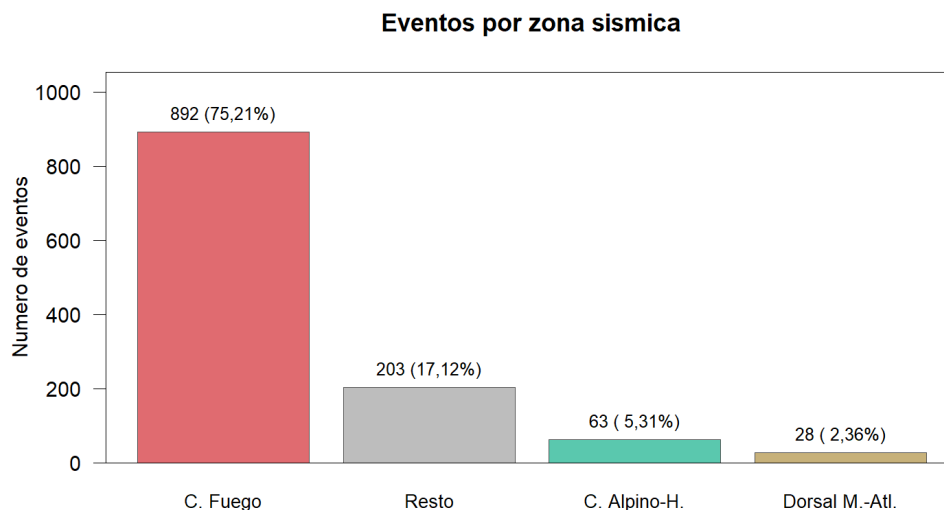


Figura 5. Distribución de eventos según zona sísmica asignada.

La comparación por tasas mantiene la misma estructura: el Cinturón de Fuego registra, en promedio, 34,3 eventos por año, mientras que el resto del mundo alcanza 7,8. Las demás zonas presentan frecuencias considerablemente menores, con 2,4 eventos anuales en el Cinturón Alpino-Himalayo y 1,1 en la Dorsal Meso-Atlántica. Por tanto, la diferencia espacial más relevante se observa en la frecuencia de ocurrencia, más que en la magnitud central de los eventos.

En términos de magnitud, las medias por zona son cercanas entre sí: al restringir la comparación a las zonas de tipo cinturón, el Cinturón de Fuego, el Cinturón Alpino-Himalayo y la Dorsal Meso-Atlántica presentan medias entre 6,69 y 6,92, lo que las hace comparables en esta variable. La profundidad, en cambio, introduce una diferenciación más clara entre cinturones: la Dorsal Meso-Atlántica registra eventos exclusivamente superficiales, el Cinturón Alpino-Himalayo no presenta eventos profundos y el Cinturón de Fuego concentra la mayor proporción de eventos profundos entre los cinturones. El resto del mundo, pese a reunir la mayor proporción relativa de eventos profundos del catálogo (19,7%), corresponde a un conjunto heterogéneo y, por lo tanto, a un término de comparación menos estándar. La estructura espacial conjunta de magnitud y profundidad, y su correspondencia con los límites de placas, se aprecia en el mapa global de epicentros. (*véase figura 14*). El detalle de los estadísticos por zona, la distribución anual y la clasificación por categoría de profundidad se mantiene en el anexo espacial. (*véanse tabla 13, tabla 14 y tabla 15*).

La interpretación espacial debe considerar que **Resto del mundo** no representa ausencia de actividad tectónica, sino eventos que no intersectan los polígonos definidos para las tres zonas principales. En consecuencia, los resultados dependen de la delimitación geográfica usada para construir **zona**, cuya verificación cartográfica se documenta en el anexo. (*véase figura 8*).

8.5. Supuestos, limitaciones y sensibilidad

La interpretación de la magnitud y la profundidad se realiza a partir de los valores reportados por USGS en **mag** y **depth**. Sin embargo, estos resultados deben leerse con cautela, ya que el

análisis no incorpora explícitamente la incertidumbre instrumental, los errores de estimación ni una homogeneización por `magType`. Si bien `sismos_raw` contiene variables asociadas a error o calidad del procesamiento, como `magError`, `depthError`, `horizontalError`, `gap`, `rms` y `nst`, estas presentan una alta proporción de valores faltantes y no se utilizan como variables centrales. Por ello, los resultados sobre magnitud y profundidad corresponden a una caracterización descriptiva del catálogo depurado, no a una estimación corregida por incertidumbre instrumental. (*véase anexo de control de calidad*).

Del mismo modo, las comparaciones entre zonas sísmicas se interpretan como comparaciones descriptivas condicionadas por la fuente de datos y por la delimitación espacial utilizada. El análisis no ajusta por diferencias entre redes de monitoreo, criterios de reporte, umbrales de detección ni tipo de magnitud reportada. Además, las tasas anuales por zona no se normalizan por superficie, longitud de límites tectónicos ni densidad de estaciones de monitoreo. En consecuencia, las diferencias observadas permiten describir la distribución de eventos dentro del catálogo analizado, pero no deben interpretarse como medidas directas de peligrosidad sísmica ni como comparaciones completamente equivalentes entre regiones.

El 75,21 % observado para el Cinturón de Fuego es cualitativamente compatible con el valor cercano al 81 % señalado en los antecedentes. No obstante, esta proximidad no debe interpretarse como una confirmación directa, ya que ambos porcentajes corresponden a períodos, umbrales de magnitud y delimitaciones espaciales diferentes. Una comparación formal requeriría, además, evaluar los supuestos de independencia entre eventos, considerando su posible agrupación temporal y espacial.

La sensibilidad de los resultados depende principalmente del umbral de inclusión ($M \geq 6,5$), de los cortes usados para eventos $M \geq 7,0$, $M \geq 7,5$ y $M \geq 8,0$, y de la delimitación cartográfica de la variable `zona`. Estas decisiones son coherentes con el alcance exploratorio del pre-informe; una etapa posterior podría incorporar análisis por `magType`, filtros según disponibilidad de errores instrumentales, normalización espacial de tasas y evaluación diferenciada por redes o fuentes de reporte.

9. Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio caracterizó los grandes terremotos ocurridos en el mundo entre los años 2000 y 2025, a partir del catálogo público de la USGS, considerando 1.186 eventos de magnitud igual o superior a 6,5 (*véase tabla 3*). El análisis confirma que estos terremotos no se distribuyen de manera uniforme sobre el planeta, sino que se concentran de forma muy marcada en determinadas regiones, siguiendo el patrón geográfico descrito en los antecedentes del informe (*véase sección 3.1*).

En términos de distribución espacial, el Cinturón de Fuego del Pacífico aparece como la región que concentra, por amplio margen, la mayor frecuencia de grandes terremotos: en él se registraron 892 eventos, equivalentes al 75,21 % del total mundial del período, con un promedio de 34,3 eventos por año. Las demás zonas analizadas presentan una actividad considerablemente menor: el resto del mundo reúne el 17,12 % de los eventos (203), el Cinturón Alpino-Himalayo el 5,31 % (63) y la Dorsal Meso-Atlántica solo el 2,36 % (28) (*véanse tabla 12 y figura 5*). Este resultado es cualitativamente compatible con lo reportado por la literatura especializada (USGS, s. f.), pero no constituye una confirmación directa debido a las diferencias de período, umbral de magnitud y delimitación espacial.

Respecto de la evolución en el tiempo, la ocurrencia de grandes terremotos muestra variaciones de un año a otro y, en el marco de este análisis descriptivo, no se observa un patrón claro y sostenido de aumento o disminución (*véase figura 3*). Al observar los eventos de magnitud igual o superior a 7,0 (387 en total, con un promedio de 14,9 por año) se aprecia que la década de 2010 fue la de mayor actividad relativa (16,0 eventos por año), por encima de la década de 2000 (14,3) y del período 2020–2025 (14,0) (*véanse tabla 10 y figura 4*). Habitualmente transcurrieron cerca de dos semanas entre un gran terremoto y el siguiente a nivel global (mediana de 15,6 días), aunque con tramos de calma de hasta 176,8 días (*véase tabla 11*). En conjunto, estos resultados describen fluctuaciones temporales, pero no permiten establecer por sí solos la existencia o ausencia de una tendencia estadística.

En respuesta a la pregunta planteada, el Cinturón Alpino-Himalayo y la Dorsal Meso-Atlántica constituyen zonas de tipo cinturón susceptibles de comparación con el Cinturón de Fuego. En magnitud media resultan cercanas entre sí, con valores entre 6,69 y 6,92, mientras que en profundidad presentan diferencias marcadas: la Dorsal Meso-Atlántica registra eventos exclusivamente superficiales (100 %), el Cinturón Alpino-Himalayo no presenta eventos profundos y el Cinturón de Fuego combina ambos comportamientos, con predominio superficial (77,1 %). De este modo, una comparación entre cinturones resulta más informativa que el contraste frente al heterogéneo “resto del mundo”, y sugiere que el principal eje de diferenciación entre cinturones es la profundidad más que la magnitud (*véanse tabla 13, tabla 15 y figura 14*).

Es importante señalar que estas conclusiones deben interpretarse dentro de los límites propios de la fuente de datos. El catálogo combina distintos métodos de medición de la magnitud (**magType**), lo que introduce cierta incertidumbre al comparar eventos; la categoría “resto del mundo” agrupa terremotos que quedan fuera de las tres zonas definidas y, por lo tanto, depende de la cartografía utilizada; y los intervalos de tiempo entre eventos describen el conjunto global analizado, no la recurrencia de una falla o región en particular (*véanse anexo de control de calidad y figura 8*). Asimismo, el período 2020–2025 corresponde a una etapa aún incompleta, por lo que se comparó en términos de eventos por año observado y no de totales.

Finalmente, de cara a una eventual etapa posterior, se recomienda profundizar el análisis incorporando las variables del catálogo original asociadas a la medición instrumental, la incertidumbre y el error, que en este pre-informe se dejan fuera por presentar datos faltantes (*véase sección 6.1.1*); homogeneizar las escalas de magnitud hacia un criterio común (Cabello et al. 2025); complementar las comparaciones con mapas globales de densidad sísmica; y aplicar modelos que permitan contrastar formalmente las diferencias de frecuencia entre zonas y la regularidad temporal de la ocurrencia (Ogata 1988; Siegel et al. 2024). En conjunto, estas líneas corresponden al análisis inferencial, que debiera abordarse en la siguiente etapa del estudio (Informe 1) y no en este pre-informe.

10. Referencias

- Ammon, Charles J., Thorne Lay, y David W. Simpson. 2010. «Great Earthquakes and Global Seismic Networks». *Seismological Research Letters* 81 (6): 965-71. <https://doi.org/10.1785/gssrl.81.6.965>.
- Cabello, Catalina, Gonzalo Montalva, y Felipe Leyton. 2025. «Integrated Seismic Catalog for Chile from 1513 to 2022». *Journal of South American Earth Sciences* 164: 105639. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2025.105639>.

- Gutenberg, B., y C. F. Richter. 1944. «Frequency of Earthquakes in California». *Bulletin of the Seismological Society of America* 34 (4): 185-88.
- Kagan, Yan Y., y David D. Jackson. 2016. «Earthquake Rate and Magnitude Distributions of Great Earthquakes for Use in Global Forecasts». *Geophysical Journal International* 206 (1): 630-43. <https://doi.org/10.1093/gji/ggw161>.
- Ogata, Yoshihiko. 1988. «Statistical Models for Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes». *Journal of the American Statistical Association* 83 (401): 9-27. <https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478560>.
- Siegel, Cristián E., Patricio A. Toledo, Raúl Madariaga, y Jaime Campos. 2024. «Scaling of Earthquake Waiting Time Distributions in Northern Chile». *Geophysical Journal International* 236 (3): 1513-25. <https://doi.org/10.1093/gji/ggad481>.
- USGS. s. f. *Where do earthquakes occur?* Earthquake Hazards Program, Frequently Asked Questions. Accedido 21 de junio de 2026. <https://www.usgs.gov/faqs/where-do-earthquakes-occur>.

11. Anexos reproducibles

11.1. Flujo de trabajo e implementación computacional

El análisis se organiza en torno al script principal `Código.R`, que centraliza la carga de paquetes, la importación de la base cruda `sismos_raw`, la preparación de la base analítica `sismos` y la ejecución secuencial de los scripts complementarios.

La separación del código responde a una decisión operativa del equipo: cada script aborda una etapa específica del análisis, lo que permite revisar, depurar y modificar componentes particulares sin alterar todo el flujo de trabajo. Esta estructura también facilita el trabajo colaborativo, ya que distintos integrantes pueden avanzar sobre módulos distintos manteniendo un punto común de ejecución.

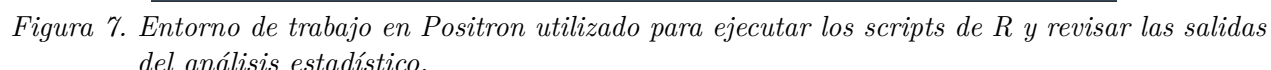
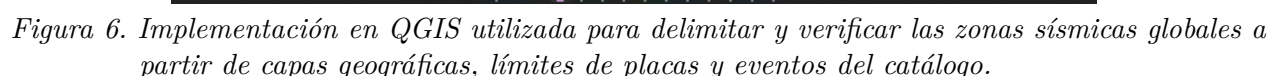
La organización principal del flujo reproducible es la siguiente:

Script	Propósito principal
<code>Código.R</code>	Ejecuta el flujo principal del análisis.
<code>01_analisis_descriptivo.R</code>	Desarrolla la caracterización descriptiva y espacial inicial.
<code>04_analisis_temporal.R</code>	Desarrolla el análisis temporal del catálogo.

Los archivos `02_visualizaciones.R` y `03_tablas_informe.R` se reservan como espacios de prueba para código complementario, pero no constituyen módulos centrales del flujo reproducible presentado en este informe.

Este anexo documenta el entorno operativo utilizado para construir y verificar el análisis. En QGIS se trabaja con la base georreferenciada y las capas de referencia tectónica para delimitar visualmente los

El procesamiento estadístico se desarrolla en Positron mediante scripts de R organizados dentro del proyecto `USGS-earthquake-analysis`. Este entorno permite ejecutar de forma secuencial la importación de datos, depuración, construcción de variables derivadas y análisis descriptivo, temporal y espacial, manteniendo visibles los objetos generados y las salidas de consola para su revisión.



11.2. Zonas sísmicas globales

Este anexo amplía el marco conceptual presentado en la Sección 3.1 y documenta la descripción de los tres grandes cinturones sísmicos que sustentan la comparación espacial del informe, según la USGS (USGS, s. f.).

El primer cinturón, y el más importante, es el **cinturón sísmico circumpacífico**, que se extiende a lo largo del borde del océano Pacífico y concentra cerca del 81 % de los terremotos más grandes del planeta, razón por la cual se le conoce como “Cinturón de Fuego”. Su actividad se asocia a los límites de placas tectónicas, donde placas de corteza mayoritariamente oceánica se hunden o subducen bajo otra placa; en estas zonas de subducción los sismos se originan por el deslizamiento entre placas y por la ruptura en su interior. Entre sus eventos se cuentan el terremoto de Valdivia de 1960 ($M 9,5$) y el terremoto de Alaska de 1964 ($M 9,2$) (USGS, s. f.).

El segundo es el **cinturón Alpino** o Alpino-Himalayo, que se prolonga desde Java y Sumatra a través del Himalaya y el Mediterráneo hasta el Atlántico, y reúne aproximadamente el 17 % de los grandes terremotos del mundo, incluidos algunos de los más destructivos, como el sismo de Pakistán de 2005 ($M 7,6$), que provocó más de 80.000 víctimas, y el terremoto de Indonesia de 2004 ($M 9,1$), cuyo tsunami causó más de 230.000 muertes (USGS, s. f.).

El tercer cinturón sigue el trazado sumergido de la **Dorsal Meso-Atlántica**, donde dos placas tectónicas se separan, configurando un límite divergente. Gran parte de esta dorsal se encuentra a gran profundidad bajo el océano y alejada de los centros poblados; no obstante, Islandia, situada directamente sobre ella, ha registrado sismos de hasta $M 6,9$ (USGS, s. f.).

El resto de los eventos se distribuye de manera dispersa en distintas regiones del planeta. Aunque la sismicidad relevante se concentra en los cinturones descritos, también pueden ocurrir terremotos dañinos fuera de ellos, habitualmente separados por largos períodos de tiempo (USGS, s. f.). Esta condición justifica la categoría residual “Resto del mundo” empleada en la comparación espacial.

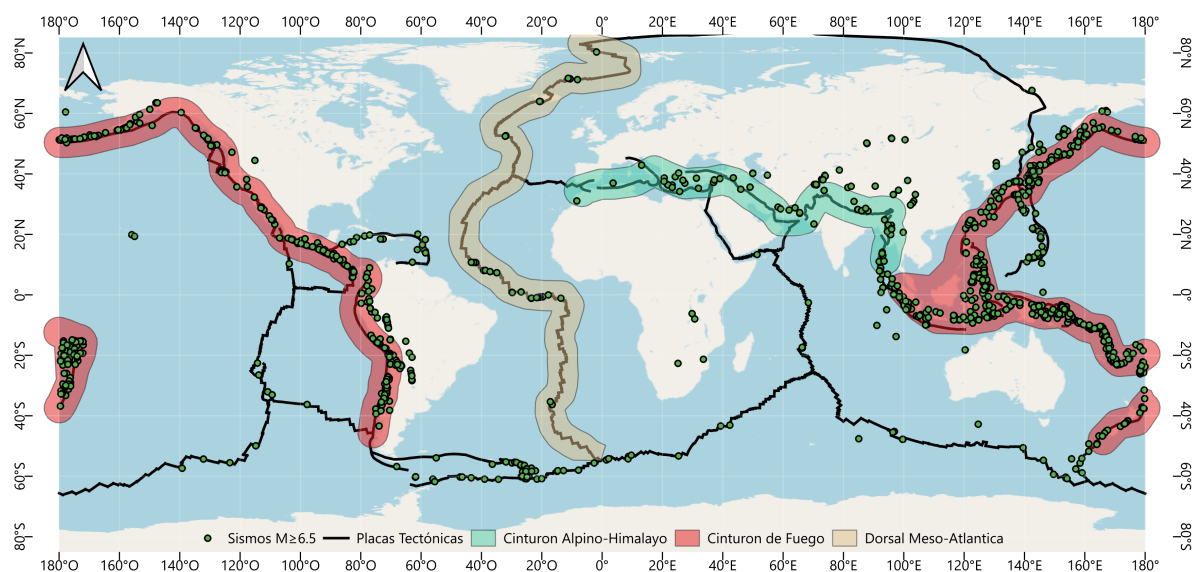


Figura 8. Visualización QGIS: eventos sísmicos y las zonas utilizadas para la comparación espacial.

11.3. Control de calidad de la base USGS

La depuración de la base tiene como propósito evaluar si los registros provenientes de USGS son adecuados para el análisis descriptivo, temporal y espacial del encargo. El control de calidad considera valores faltantes, duplicados, tipo de evento, estado de revisión, consistencia temporal, consistencia espacial, unidades de medida y cumplimiento del umbral definido sobre `mag`.

11.3.1. Valores faltantes

Se revisa la presencia de valores faltantes en las variables centrales del análisis: `id`, `time`, `latitude`, `longitude`, `depth`, `mag`, `magType`, `place`, `type`, `status`, `net`, `locationSource` y `magSource`. Estas variables no presentan valores faltantes, por lo que no se requiere aplicar imputación, interpolación ni exclusión de registros para el análisis principal.

Las variables auxiliares de `sismos_raw`, como `nst`, `gap`, `dmin`, `rms`, `horizontalError`, `depthError`, `magError` y `magNst`, sí presentan valores faltantes. Dado que estas variables describen aspectos instrumentales, incertidumbre o métricas de procesamiento, no se utilizan como eje del presente análisis. Se conservan en la base cruda y se reportan como una limitación para análisis posteriores.

11.3.2. Duplicados

Se evalúa la presencia de registros duplicados mediante dos criterios. Primero, se revisa `id`, sin detectar repeticiones. Segundo, se revisa la coincidencia conjunta de `fecha_hora_utc`, `latitude`, `longitude`, `depth` y `mag`, como criterio operativo para detectar eventos posiblemente repetidos. Tampoco se identifican duplicados bajo esta definición. En consecuencia, no se requiere aplicar consolidación de registros ni criterios de selección entre eventos equivalentes.

11.3.3. Tipo de evento y estado de revisión

Se verifican `type` y `status`. Todos los registros corresponden a `earthquake` y todos presentan estado `reviewed`. Por esta razón, no se requiere aplicar filtros adicionales por tipo de evento ni por estado de revisión.

11.3.4. Consistencia temporal

La variable `time` se convierte a `fecha_hora_utc`. A partir de esta conversión se construyen `fecha`, `año`, `mes`, `fecha_mes` y `decada`. Se verifica que todas las observaciones tienen una fecha válida y que se encuentran dentro del período definido para la descarga, entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2025. No se detectan eventos fuera del período de análisis.

11.3.5. Consistencia espacial

Se revisan los rangos de `latitude` y `longitude`, verificando que se encuentran dentro de valores geográficamente posibles. `latitude` se encuentra entre -61,8098 y 80,324, mientras que `longitude` se encuentra entre -179,971 y 179,9981. Estos rangos son consistentes con una búsqueda mundial. También se revisa `depth`, observándose valores entre 2,7 km y 676,4 km, sin profundidades negativas ni valores incompatibles con el análisis.

11.3.6. Magnitud y unidades de medida

Se verifica que `mag` cumple el umbral de descarga definido. La magnitud mínima observada es $M = 6,5$, por lo que la base cumple el criterio de inclusión del estudio. `depth` se interpreta en kilómetros y `time` en UTC, manteniendo las unidades reportadas por USGS. `magType` muestra distintos tipos de magnitud, lo que se considera una limitación metodológica al comparar eventos, ya que no todos los registros provienen necesariamente de una misma escala o procedimiento de estimación.

A partir de estas revisiones, la base procesada conserva los 1.186 eventos de la descarga. No se aplican imputaciones, interpolaciones, correcciones espaciales, correcciones temporales ni consolidación de duplicados sobre las variables centrales, debido a que el diagnóstico no evidencia problemas que justifiquen estos tratamientos. Las decisiones del proceso permiten mantener la trazabilidad entre la base cruda y la base de análisis.

En consecuencia, la base depurada queda consolidada en el objeto `sismos`, que constituye el insumo único de los análisis descriptivo, temporal y espacial. A diferencia de `sismos_raw`, este objeto conserva exclusivamente las variables relevantes para el encargo e incorpora de manera progresiva las variables derivadas que requiere cada etapa. Su composición distingue:

- Variables originales solicitadas que superaron el control de calidad: `id`, `latitude`, `longitude`, `depth`, `mag`, `magType`, `place`, `type`, `status`, `net`, `locationSource` y `magSource`, además de la marca temporal `time` transformada a `fecha_hora_utc`.
- Variables derivadas temporales y de calendario: `fecha`, `año`, `mes`, `fecha_mes` y `decada`.
- Variables derivadas de categorización: `profundidad_cat` y `magnitud_cat`.
- Variables derivadas de comparación espacial e indicadores de magnitud: `zona`, `evento_m70`, `evento_m75` y `evento_m80`.

De este modo, `sismos` reúne todas las variables solicitadas en el encargo que pasaron la depuración junto con las derivadas que se construyen conforme avanza la investigación. La composición completa, con el origen y el propósito analítico de cada variable, se detalla en la Tabla 2.

Variable	Origen	Descripción breve	Análisis
<code>id</code>	Original	Identificador único	Duplicados y trazabilidad
<code>time</code>	Original	Fecha y hora original	Consistencia temporal
<code>latitude</code>	Original	Latitud del epicentro	Consistencia espacial
<code>longitude</code>	Original	Longitud del epicentro	Consistencia espacial
<code>depth</code>	Original	Profundidad en km	Descriptiva
<code>mag</code>	Original	Magnitud reportada	Umbral de magnitud
<code>magType</code>	Original	Tipo de magnitud	Escala de medida
<code>place</code>	Original	Localización textual	Interpretación espacial
<code>type</code>	Original	Tipo de evento	Eventos no tectónicos

Variable	Origen	Descripción breve	Análisis
status	Original	Estado de revisión	Control de calidad
net	Original	Red de reporte	Trazabilidad de fuente
locationSource	Original	Fuente de localización	Trazabilidad espacial
magSource	Original	Fuente de magnitud	Trazabilidad de magnitud
fecha_hora_utc	Derivada	Fecha-hora en UTC	Consistencia temporal
fecha	Derivada	Fecha calendario	Agrupación temporal
año	Derivada	Año del evento	Conteos anuales
mes	Derivada	Mes del evento	Conteos mensuales
fecha_mes	Derivada	Mes calendario	Conteos mensuales
decada	Derivada	Década del evento	Conteos decadales
profundidad_cat	Derivada	Categoría de profundidad	Clasificación por profundidad
magnitud_cat	Derivada	Categoría de magnitud	Clasificación por magnitud
zona	Derivada	Zona de comparación	Comparación espacial
evento_m70	Derivada	Indicador $M \geq 7,0$	Grandes terremotos
evento_m75	Derivada	Indicador $M \geq 7,5$	Sensibilidad por magnitud
evento_m80	Derivada	Indicador $M \geq 8,0$	Eventos extremos

Tabla 2. Variables consideradas en la depuración, control de calidad y análisis estadístico.

11.4. Caracterización descriptiva

Indicador	Valor
Año de inicio	2000
Año de término	2025
Años analizados	26
Meses analizados	312
Eventos con $M \geq 6,5$	1.186

Tabla 3. Síntesis del período y tamaño del catálogo analizado.

Indicador	Valor
Media	6,90
Mediana	6,80
Desviación estándar	0,42
Máximo	9,10
Cuantil 25	6,60
Cuantil 50	6,80
Cuantil 75	7,10
Cuantil 90	7,50
Cuantil 95	7,70

Tabla 4. Resumen descriptivo de la magnitud de los eventos.

magnitud_cat	Eventos	%
Fuerte	799	67,37
Mayor	328	27,66
Grande o extremo	59	4,97

Tabla 5. Número y porcentaje de eventos por categoría de magnitud.

Año	Máx.	Año	Máx.	Año	Máx.
2000	8,00	2009	8,10	2018	8,20
2001	8,40	2010	8,80	2019	8,00
2002	7,90	2011	9,10	2020	7,80
2003	8,16	2012	8,60	2021	8,20
2004	9,10	2013	8,30	2022	7,60
2005	8,60	2014	8,20	2023	7,80
2006	8,30	2015	8,30	2024	7,50
2007	8,40	2016	7,90	2025	8,80
2008	7,90	2017	8,20		

Tabla 6. Magnitud máxima anual observada.

Indicador	Valor
Media	93,10 km
Mediana	26,00 km
Desviación estándar	164,10 km
Máximo	676,40 km
Cuantil 25	13,00 km
Cuantil 50	26,00 km
Cuantil 75	57,98 km
Cuantil 90	354,75 km
Cuantil 95	576,60 km

profundidad_cat	Eventos	%
Superficial	913	76,98
Intermedio	150	12,65
Profundo	123	10,37

Tabla 8. Número y porcentaje de eventos por categoría de profundidad.

Tabla 7. Resumen descriptivo de la profundidad de los

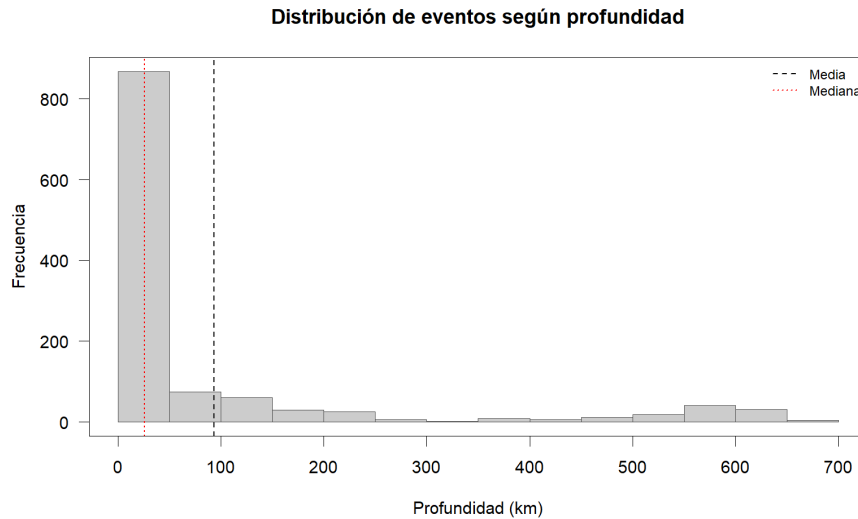


Figura 9. Distribución de eventos según profundidad para el catálogo analizado.

11.5. Caracterización temporal

Año	Catálogo	$M \geq 7,0$	$M \geq 7,5$	$M \geq 8,0$
2000	48	15	7	1
2001	42	15	7	1
2002	36	13	6	0
2003	51	15	5	1
2004	44	16	3	2
2005	45	11	5	1
2006	40	11	5	2
2007	58	18	10	4
2008	46	12	2	0
2009	45	17	8	1
2010	61	24	6	1
2011	58	20	4	1
2012	41	16	6	2
2013	55	19	6	2
2014	54	12	5	1
2015	58	19	8	1
2016	46	16	7	0
2017	39	7	3	1
2018	44	17	7	1
2019	33	10	3	1
2020	29	9	4	0
2021	45	19	6	3
2022	42	11	2	0
2023	53	19	6	0
2024	28	10	1	0
2025	45	16	7	1

Tabla 9. Conteo anual de eventos del catálogo completo y por umbrales de magnitud.

Década	Años obs.	Catálogo	$M \geq 7,0$	Tasa catálogo	Tasa $M \geq 7,0$
2000	10	455	143	45,5	14,3
2010	10	489	160	48,9	16,0
2020	6	242	84	40,3	14,0

Tabla 10. Conteo y tasa anual promedio por década para el catálogo completo y eventos con $M \geq 7,0$.

Indicador	Valor
Eventos con $M \geq 7,0$	387
Intervalos calculados	386
Media del intervalo (días)	24,5
Mediana del intervalo (días)	15,6
Cuartil 25 (días)	5,2
Cuartil 75 (días)	32,8
Mínimo (días)	0,0
Máximo (días)	176,8

Tabla 11. Resumen de recurrencia entre eventos consecutivos con $M \geq 7,0$.

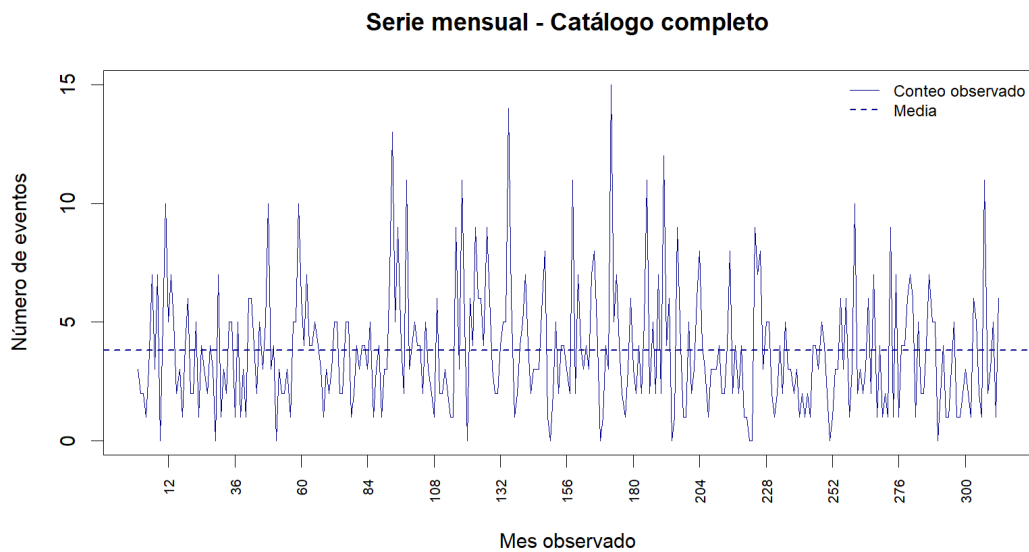


Figura 10. Serie mensual del catálogo completo entre 2000 y 2025.

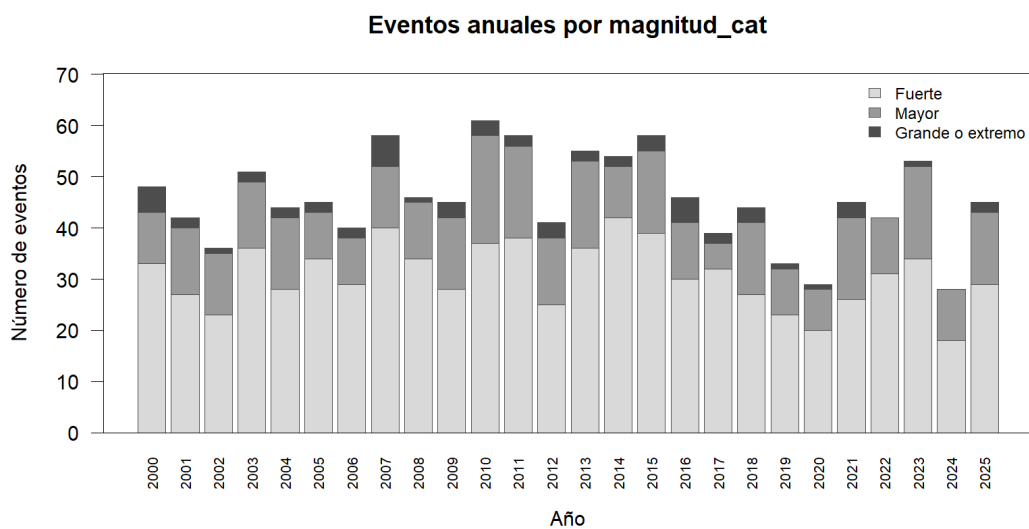


Figura 11. Serie anual de eventos con $M \geq 7,0$.

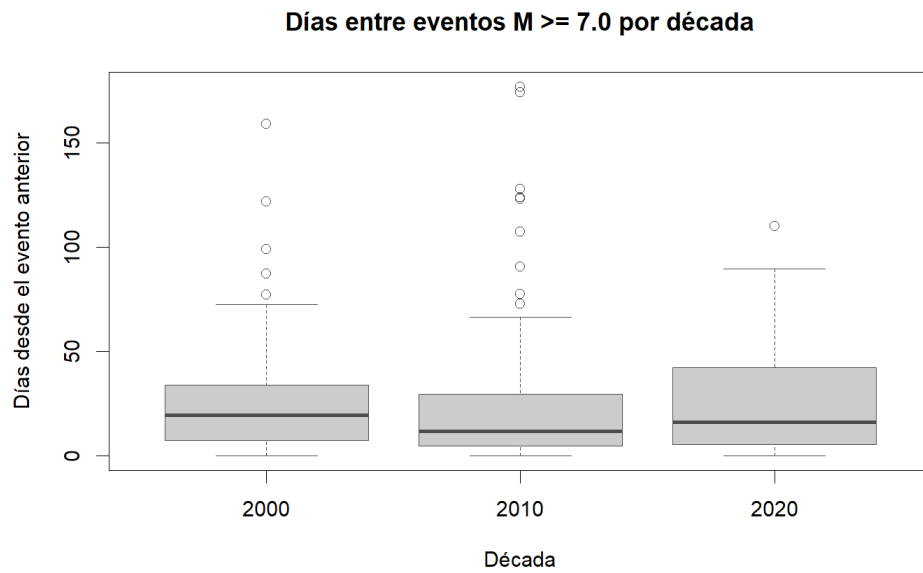


Figura 12. Distribución de días entre eventos consecutivos con $M \geq 7,0$ por década.

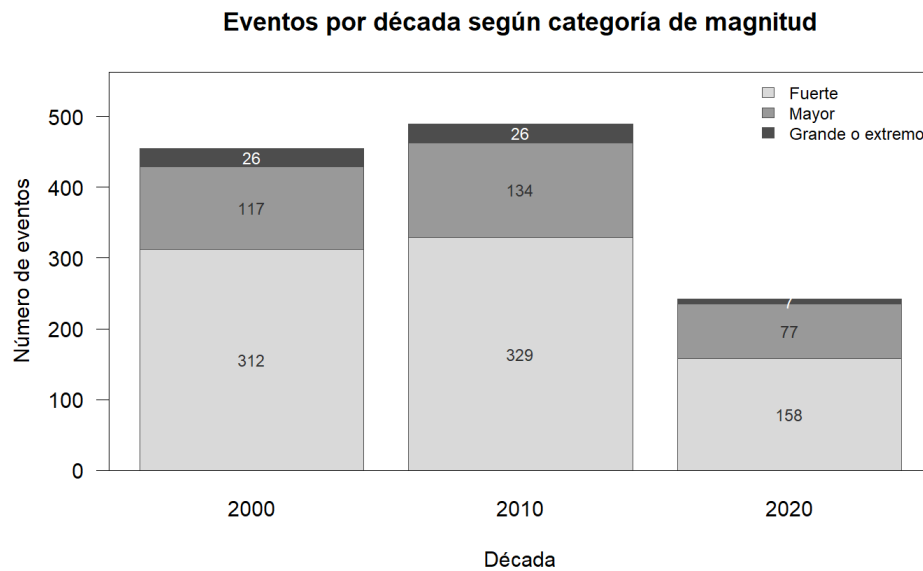


Figura 13. Composición decadal de eventos según *magnitud_cat*.

11.6. Caracterización espacial

Zona	Eventos	Porcentaje	Tasa anual
Cinturon de Fuego	892	75,21 %	34,3
Resto del mundo	203	17,12 %	7,8
Cinturon Alpino-Himalayo	63	5,31 %	2,4
Dorsal Meso-Atlantica	28	2,36 %	1,1

Tabla 12. Número, porcentaje y tasa anual promedio de eventos por zona.

Zona	Eventos	%	Media mag	Mediana mag	Máx. mag	Mediana depth	Máx. depth
Cinturon de Fuego	892	75,21	6,90	6,80	9,10	29,4	676,4
Resto del mundo	203	17,12	6,92	6,80	8,60	16,0	664,0
Cinturon Alpino-Himalayo	63	5,31	6,91	6,70	7,80	16,1	231,0
Dorsal Meso-Atlantica	28	2,36	6,69	6,60	7,10	10,0	35,0

Tabla 13. Estadísticos principales de magnitud y profundidad por zona.

Año	C. Fuego	Resto	C. Alpino-Himalayo	Dorsal Meso-Atlántica
2000	35	11	0	2
2001	35	5	2	0
2002	25	7	4	0
2003	38	8	3	2
2004	37	4	3	0
2005	32	8	3	2
2006	30	9	1	0
2007	49	8	0	1
2008	26	12	4	4
2009	40	2	2	1
2010	46	11	4	0
2011	48	6	4	0
2012	30	9	1	1
2013	39	11	4	1
2014	43	10	1	0
2015	40	9	7	2
2016	34	6	5	1
2017	29	6	2	2
2018	34	8	1	1
2019	27	6	0	0
2020	20	3	3	3
2021	30	15	0	0
2022	33	6	1	2
2023	43	5	5	0
2024	19	9	0	0
2025	30	9	3	3

Tabla 14. Conteo anual de eventos por zona asignada.

Zona	Superficial	Intermedio	Profundo
Cinturon de Fuego	688 (77,1 %)	121 (13,6 %)	83 (9,3 %)
Resto del mundo	145 (71,4 %)	18 (8,9 %)	40 (19,7 %)
Cinturon Alpino-Himalayo	52 (82,5 %)	11 (17,5 %)	0 (0,0 %)
Dorsal Meso-Atlantica	28 (100,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)

Tabla 15. Distribución de eventos por categoría de profundidad y zona.

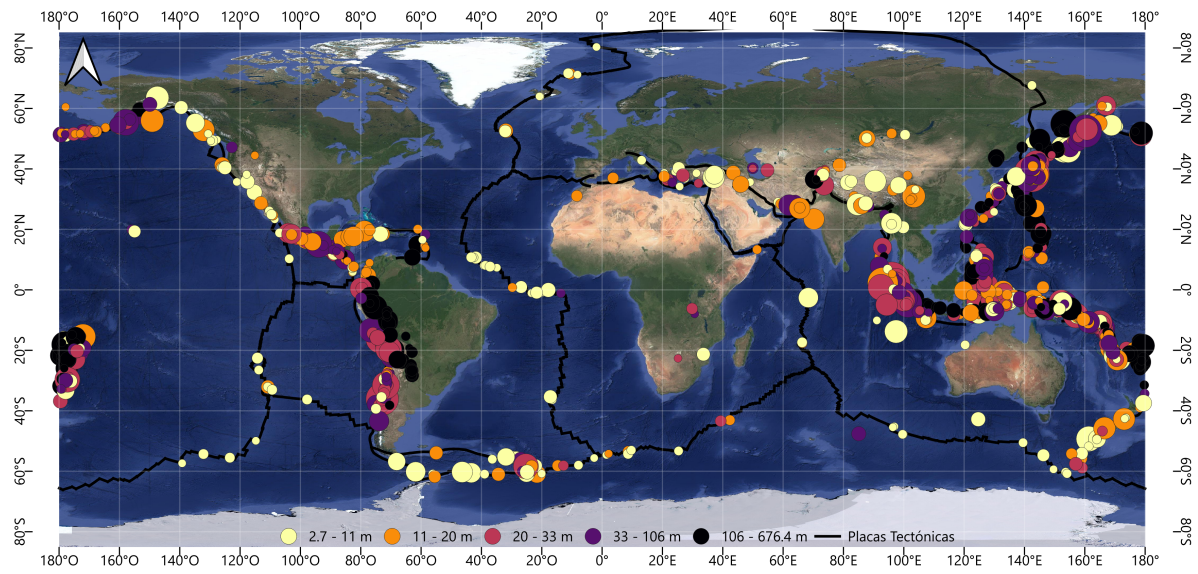


Figura 14. Distribución global de epicentros de grandes terremotos ($M \geq 6,5$, 2000-2025).

El tamaño del punto representa la magnitud y el color, la profundidad (km); las líneas corresponden a los límites de placas tectónicas.