

**Manual para la estimación cuantitativa  
de riesgos asociados a diversas amenazas**

# **Manual para la estimación cuantitativa de riesgos asociados a diversas amenazas**

© Acción contra el Hambre es una organización de ayuda humanitaria de ámbito internacional, apolítica y aconfesional, que interviene en 40 países de los cinco continentes. Desde 1997 está presente en Centroamérica llevando a cabo proyectos de seguridad alimentaria, agua, saneamiento, nutrición, salud y gestión de riesgos.

Oficinas de Acción contra el Hambre en Guatemala

20 calle A 32-90 zona 7 Bosques de Linda Villa

Ciudad de Guatemala

Tel / Fax: (502) 439 41 17

<http://www.accioncontraelhambre.org>



La Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) fue fundada en 1992 para proporcionar ayuda rápida y eficaz a las víctimas de crisis humanitarias fuera de la Unión Europea. Aunque la mayoría de sus intervenciones implican salvar y preservar la vida durante las catástrofes e inmediatamente después, la preparación ante desastres es una preocupación principal. ECHO estableció su programa de preparación ante desastres (DPECHO) en 1996 para ayudar a las comunidades vulnerables a prepararse contra los riesgos naturales.

ECHO-Oficina de Ayuda Humanitaria

de la Comisión Europea

B-1049 Bruselas, Bélgica

Tel.: (+32 2) 295 44 00 Fax (+32 2) 295 45 72

<http://europa.eu.int/comm/echo>



VILLATEK es una empresa de consultoría que se dedica a promover la gestión para la reducción de riesgos respecto a desastres naturales como eje transversal en el fomento del desarrollo sostenible. En tal sentido, enfoca sus esfuerzos en la identificación de riesgos para concretar medidas que tiendan a reducirlos. Como ejemplo, la empresa ha implementado diversos sistemas de alerta temprana en el área centroamericana. De manera similar, apoya a instituciones públicas, así como a Organizaciones No Gubernamentales en diferentes proyectos asociados con la reducción de desastres en la región.

VILLATEK S.A.

15 Avenida "A" 20-01 zona 13

Ciudad de Guatemala

Tel./Fax: (502) 360-3495

<http://www.villatek.com.gt>



La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Naturales o Provocados, tiene como propósito, prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción por los daños derivados de los efectos de los desastres.

CONRED es la entidad técnica científica encargada de coordinar esfuerzos para prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de los desastres. La principal función de CONRED es establecer mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en el ámbito nacional.

Entre los objetivos según la ley de creación de CONRED están:

- Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres, a través de la coordinación interinstitucional en todo el territorio nacional;
- Organizar, capacitar y supervisar a nivel nacional, regional, departamental, municipal y local a las comunidades, para establecer una cultura de reducción de desastres, con acciones claras antes, durante y después de su ocurrencia, a través de la implementación de programas de organización, capacitación, educación, información, divulgación y otros que se consideren necesarios;
- Implementar en las instituciones públicas su organización, políticas y acciones para mejorar la capacidad de su coordinación interinstitucional en las áreas afines a la reducción de desastres de su conocimiento y competencia e instar a las privadas a perseguir idénticos fines;
- Elaborar planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el territorio nacional;
- Elaborar planes y estrategias en forma coordinada con las instituciones responsables para garantizar el restablecimiento y la calidad de los servicios públicos y líneas vitales en casos de desastres;
- Impulsar y coadyuvar al desarrollo de los estudios multidisciplinarios, científicos, técnicos y operativos sobre la amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la reducción de los efectos de los desastres, con la participación de las universidades, instituciones y personas de reconocido prestigio;
- La Junta Ejecutiva podrá declarar de Alto Riesgo cualquier región o sector del país con base en estudios y evaluación científica y técnica de vulnerabilidad y riesgo para el bienestar de vida individual o colectiva. No podrá desarrollarse ni apoyarse ningún tipo de proyecto público ni privado en el sector, hasta que la declaratoria sea emitida con base en dictámenes técnicos y científicos de que la amenaza u ocurrencia ha desaparecido.



El contenido de la presente publicación es responsabilidad del autor y no compromete a la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO) y a CONRED.

# Índice

Presentación	7
Introducción	9
1. Los riesgos y el modelo conceptual propuesto	13
2. Los riesgos y sus componentes	16
2.1 Las amenazas	16
2.2 Indicadores de vulnerabilidad	19
2.3 Deficiencias en las medidas de preparación	22
2.4 Factores que propician la generación de riesgos	22
2.5 Integrando amenazas e indicadores de vulnerabilidad para estimar indicadores de riesgo	24
2.6 Medición del riesgo	24
2.7 Cómo comparar el nivel de riesgo de distintas poblaciones: la normalización del riesgo	28
3. Riesgos asociados con diversas amenazas	31
3.1 Información en torno a vulnerabilidades	31
3.1.1 Indicador de vulnerabilidad estructural	32
3.1.2 Indicador de vulnerabilidad habitacional demográfica	32
3.2 Riesgos asociados con sismos	33
3.2.1 La amenaza sísmica	33
3.2.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados a sismos	36
3.2.3 Indicadores de vulnerabilidad habitacional	39
3.3 Inundaciones	41
3.3.1 La amenaza asociada con inundaciones	42
3.3.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con inundaciones	42
3.4 Sequía	43
3.4.1 La amenaza por sequía	43
3.4.2 La vulnerabilidad asociada con la sequía	44
3.5 Deslizamientos	44
3.5.1 Amenaza asociada a deslizamientos	44
3.5.2 Indicadores de vulnerabilidad asociados a deslizamientos	45
3.6 Caída de ceniza en caso de erupciones	46
3.6.1 Amenaza	46
3.6.2 Indicadores de vulnerabilidad estructural asociados con caída de ceniza en caso de erupciones	47
3.7 Fuertes vientos	48
3.7.1 La amenaza asociada con los fuertes vientos	48
3.7.2 Indicadores de vulnerabilidad física-estructural asociados con fuertes vientos	48

4. Ejemplos de evaluación de riesgos asociados con diversas amenazas	51
4.1 Sismos en Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula	51
4.1.1 Vulnerabilidad estructural con respecto a sismos	51
4.1.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a sismos	52
4.1.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a sismos	54
4.1.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a sismos	54
4.2 Deslizamientos en Camotán y San Juan Ermita	55
4.2.1 Vulnerabilidad estructural respecto a deslizamientos	55
4.2.2 Cuantificación del riesgo estructural respecto a deslizamientos	56
4.2.3 Vulnerabilidad estructural normalizada respecto a deslizamientos	58
4.2.4 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a deslizamientos	58
4.3 Riesgo por sequía	59
4.3.1 Amenaza por sequía	59
4.3.2 Vulnerabilidad social habitacional	59
4.3.3 Cuantificación del riesgo de tipo social	60
4.3.4 Cuantificación del riesgo normalizado de tipo social	60
4.4 Amenaza por fuertes vientos	61
4.4.1 Vulnerabilidad estructural respecto a fuertes vientos	61
4.4.2 Cuantificación de riesgo normalizado de tipo estructural respecto a fuertes vientos	61
4.5 Estimación de riesgos por inundación en Escuintla	62
4.6 Estimación de riesgo por erupción en Sacatepéquez	65
5. Conclusiones	67
Bibliografía	69

# Presentación

El presente documento se enmarca en el proyecto “Gestión Local de Desastres”, que Acción contra el Hambre implementó en Guatemala entre 2003 y 2004, financiado por la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO). Dicho proyecto ha tenido como principales destinatarios los 90,000 habitantes de los municipios de Camotán, San Juan Ermita y Jocotán, integrantes de la llamada región ch’orti’ del oriente guatemalteco, así como sus diferentes instituciones; Municipalidades, Consejos Comunitarios de Desarrollo, centros de salud, servicios de emergencia, escuelas, supervisiones de educación, etcétera.

Con el propósito de compartir la experiencia acumulada en dicho proyecto, se ha elaborado este manual, en el que se presenta una herramienta para conocer mejor los procesos generadores de riesgos. Su lectura será, por tanto, de especial utilidad a gestores y técnicos municipales, así como a todos aquellos profesionales que deben priorizar inversiones, ordenar el territorio o, en suma, planificar actuaciones de desarrollo que permitan reducir vulnerabilidades y mitigar riesgos.

El autor, Juan Carlos Villagrán, doctor en física y profesional de dilatada experiencia en gestión de riesgos, tras un breve repaso del marco conceptual empleado, nos presenta una metodología sencilla para determinar niveles de riesgo en cualquier tipo de asentamiento humano, de acuerdo con el tipo de amenaza a la que éste se expone y a sus propias debilidades en el ámbito estructural, funcional o socioeconómico. Por último, se presentan ejemplos concretos de evaluaciones de riesgo llevadas a cabo para los municipios de Camotán y San Juan Ermita en el departamento de Chiquimula, así como estimaciones de riesgo por inundación en Escuintla y por erupción volcánica en Sacatepéquez.

Ésta es también una buena oportunidad para recordar que aunque las condiciones geológicas y climáticas de Centroamérica predisponen la región a fenómenos naturales extremos, el factor que más contribuye al desencadenamiento de desastres es la alta vulnerabilidad en la que vive la mayoría de la población centroamericana. En el caso de Guatemala, los índices actuales de pobreza total y pobreza extrema en el área urbana son de 28% y 5% respectivamente, y en el área rural la situación se agrava con un 72% de la población en pobreza y un 31% en pobreza extrema.<sup>1</sup> Esta realidad socioeconómica, al igual que se traduce en elevados porcentajes de desnutrición, analfabetismo, mortalidad y morbilidad infantil, también tiene su equivalente en el alto número de damnificados que acompaña a episodios naturales. Será, por tanto, el conjunto de actuaciones que se acometan para disminuir de forma sostenible la pobreza, nuestro mejor aliado para prevenir desastres y reducir así los daños que estos producen.

---

<sup>1</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe de Desarrollo Humano 2000*. Guatemala: PNUD, noviembre de 2002.

# Introducción

Los recientes desastres que han ocurrido en Guatemala y en el resto del mundo han puesto de manifiesto que muchas sociedades están utilizando procesos de desarrollo que subestiman la capacidad destructiva de fenómenos naturales de diversa índole, tales como los terremotos, los huracanes o los deslizamientos. El cuadro 1 muestra datos sobre algunos de los eventos más destructivos de América Latina y sus impactos.<sup>2</sup> Los datos reportados en el mismo son indicativos de que buena parte de la población en estos países no está adecuadamente adaptada y preparada para la presencia de un evento de tal magnitud.



Por ejemplo, en los terremotos de 1917/18 y de 1976 en Guatemala, así como en los de 2001 en El Salvador se constató claramente como colapsaron miles de viviendas de adobe con techo de teja, indicando su vulnerabilidad ante tales sismos. De manera similar, los frecuentes desbordamientos de ríos en las planicies costeras provocan inundaciones en comunidades y zonas agrícolas, forzando la evacuación masiva de familias hacia refugios y provocando pérdidas millonarias en el sector agrícola, algo que es indicativo de que dichas comunidades han sido edificadas en sitios no adecuados dada su propensión a ser inundadas por tales desbordamientos.

**Cuadro 1**  
**Impacto de los desastres naturales**  
**en América Latina y el Caribe**

Año	País	Tipo de evento	Muertes	Daños estimados (US\$ millones) 1972
1972	Nicaragua	Terremoto	6,000	2.968
1976	Guatemala	Terremoto	23,000	2.147
1985	México	Terremoto	8,000	6.216
1998	América Central	Huracán Mitch	9,214	6.008
1998	República Dominicana	Huracán Georges	235	2.193
1999	Colombia	Terremoto	1,185	1.580
1999	Venezuela	Deslizamientos, inundaciones	25,000	3.267
2001	El Salvador	Terremotos	967	1.604

<sup>2</sup> Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). *El desafío de los desastres naturales en América Latina*. Plan de acción del BID, 2000; y Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) *Memoria, lecciones aprendidas de los terremotos de 2001 en El Salvador*. El Salvador: OPS/OMS, 2001.

Estos hechos nos llevan a considerar que el desarrollo cotidiano en múltiples comunidades no ha tomado en cuenta los diversos fenómenos naturales que se manifiestan en Guatemala, así como la escasa memoria colectiva de nuestras sociedades, que no suele extenderse más allá de unas pocas décadas. Un análisis más técnico de los desastres históricos nos permite concluir lo siguiente:



1. En numerosas zonas de Guatemala se manifiestan diversos tipos de fenómenos, cuyas intensidades varían desde leves hasta catastróficas.
2. La población de Guatemala ha basado su desarrollo social en modelos que son vulnerables a tales fenómenos.
3. La población de Guatemala no está adecuadamente preparada para responder ante la ocurrencia de fenómenos de intensidades catastróficas.

Tomando como base estos argumentos, se concluye que los desastres deben ser entendidos como eventos sociales desencadenados por fenómenos naturales, sicionaturales o antrópicos, y se manifiestan mediante la destrucción de infraestructura, el entorpecimiento de procesos de índoles variadas, así como la afectación severa de las líneas vitales, servicios y actividades que realiza la sociedad. Asumiendo que los fenómenos naturales o los antrópicos son los desencadenantes de los desastres, se puede hablar de tres intervalos temporales:



El **antes** del desastre, que abarca todo el periodo de tiempo que antecede al desastre y que culmina cuando se empieza a manifestar el evento natural desencadenante.

El **durante**, que abarca el intervalo de tiempo en el cual transcurre el evento.

El **después**, que abarca el intervalo de tiempo que sucede al evento.

El **durante** es aquel intervalo de tiempo en el cual se presenta el fenómeno desencadenante; el **antes** abarca los momentos, días, meses y años que anteceden al fenómeno, y el **después** representa el intervalo de tiempo que sigue una vez acontecido el evento causante de los daños.

Una vez comprendido este marco temporal de los desastres, es fácil concluir que para que exista un desastre debe haber un fenómeno desencadenante, por ejemplo, una erupción volcánica, pero también viviendas, líneas vitales y procesos que se construyeron antes de la erupción, los cuales son afectados de manera drástica durante el evento. Esta discusión nos lleva a pensar en dos aspectos:

- **¿Cómo se diferencia conceptualmente aquellos casos en los cuales los fenómenos son de pequeña magnitud y causan daños leves o muy leves, de aquellos otros eventos que son de tal magnitud que ocasionan enormes y muy severos daños?**
- **¿Cómo se puede definir un modelo conceptual que ayude a comprender y modelar por qué ocurren los desastres?**

El análisis de la primera pregunta brinda como resultado un modelo conceptual que presenta dos escenarios: el de emergencias y el de desastres. Asociamos un evento de pequeña intensidad con una emergencia, que puede ser atendida con recursos propios sin tener que recurrir a un nivel superior o externo para cubrirla, y asociamos un desastre con aquellos eventos que provocan cuantiosos daños, más allá de los que pueden ser atendidos con los recursos locales, lo que implica la necesidad de solicitar asistencia a un nivel superior o externo para atenderlos.

En este sentido, la diferencia entre una emergencia y un desastre radica en dos factores que están ligados: la magnitud del fenómeno desencadenante y la propensión de la infraestructura, procesos, líneas vitales y actividades a ser afectadas por el fenómeno. Por ejemplo, un sismo puede ser tan leve que casi no se siente o tan sólo hace que se caigan objetos al suelo, lo que se puede resolver sin recurrir a ningún agente externo. En contraste, un terremoto es un sismo de magnitud tan severa que derrumba viviendas, destruye líneas vitales como puentes, carreteras o tuberías de agua, e interrumpe múltiples tipos de procesos y servicios, lo que amerita asistencia externa para resolver estos problemas. ¡Eso es un desastre!

Acá es importante entender y dimensionar claramente la relación que existe entre la magnitud del fenómeno y la fragilidad de viviendas, de la infraestructura, y de los procesos con relación a dichos fenómenos. La figura muestra de manera gráfica estos conceptos.

Aunque este modelo conceptual ayuda a entender y dimensionar el impacto que causa un fenómeno, no explica cuáles son

## ¿Cómo diferenciamos una emergencia de un desastre?



las condiciones que generan un desastre y aquellas otras que conducen solamente hacia una emergencia. Este razonamiento nos lleva a formular una respuesta a la segunda pregunta que se planteó anteriormente, y de esta forma proponer, en la siguiente sección, un modelo conceptual que explique el por qué de los desastres.

# 1. Los riesgos y el modelo conceptual propuesto

Reconociendo que un desastre o una emergencia son desencadenados por un fenómeno natural, socionatural o antrópico, se plantea como premisa la necesidad de comprender el desastre como un evento de carácter social, al poner de manifiesto cómo ese entorno social ha sido afectado drásticamente. Por lo tanto, se puede concluir que para que suceda un desastre se requieren tres factores:

- La presencia de un fenómeno natural o antrópico desencadenante.
- La existencia de infraestructuras, líneas vitales, procesos, servicios, etcétera, construidos o establecidos de cierta manera que los hace muy propensos a ser afectados por el fenómeno desencadenante.
- La incapacidad de la población y sus instituciones a reaccionar de manera eficiente, eficaz y coordinada para responder si se manifiesta el fenómeno.

## Ejemplo: inundaciones en San Sebastián, Retalhuleu

En el año 1997, la ciudad de San Sebastián experimentó inundaciones que provocaron la destrucción de varias viviendas, así como segmentos de la carretera que conduce hacia su centro urbano.

El río Ixpatz, que atraviesa toda la ciudad de norte a sur, se desbordó a causa de fuertes precipitaciones, pero también porque durante varias décadas el cauce fue reducido por la construcción de viviendas en sus riberas y porque la gente lo tomó como basurero para muchos tipos de objetos. El episodio se repitió en el año 2000.



Cuando se combinan estos tres factores se habla entonces de riesgos. De esta manera, los riesgos se conciben como el conjunto de factores que hacen proclive a una sociedad de ser afectada de manera severa por un fenómeno. Conceptualmente se pueden definir los riesgos con base a tres componentes: *amenazas*, *vulnerabilidades* y *deficiencias en las medidas de preparación*. Gráficamente es posible representar el riesgo como el área dentro de un triángulo que tiene como lados las amenazas, las vulnerabilidades y las deficiencias en las medidas de preparación. Si un lado aumenta, entonces aumenta el área y, por lo tanto, el riesgo.

Las amenazas representan la posibilidad de que se manifieste un fenómeno natural, socionatural o antrópico capaz de ocasionar daños severos. En este sentido, las amenazas son factores externos al entorno social.



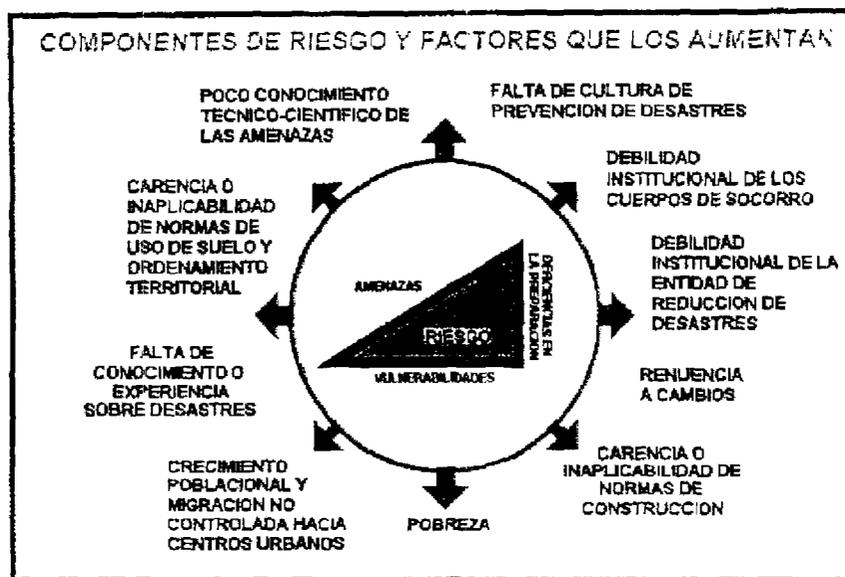
Las vulnerabilidades representan la propensión del tejido social (infraestructura, líneas vitales, procesos, etcétera) a ser afectados por el fenómeno natural, socionatural o social. La vulnerabilidad se considera como un factor interno o intrínseco del entorno social.

Las deficiencias en las medidas de preparación representan aquellas condicionantes que impiden a la población y a sus instituciones responder eficazmente para minimizar la pérdida de vidas humanas, la destrucción o el deterioro del tejido social, así como la incapacidad de contar con recursos suficientes y en un intervalo de tiempo corto, para reemplazar o reparar aquellos aspectos que han sido dañados por el fenómeno.

Matemáticamente, los riesgos se representan mediante la ecuación:

$$\text{Indicador de riesgo} = \text{amenaza} \times \text{indicador de vulnerabilidad} \times \text{deficiencias en las medidas de preparación}$$

Para completar el modelo conceptual, se debe reconocer que las sociedades son entes dinámicos, que evolucionan en el tiempo y en el espacio. En el contexto de los riesgos esto implica que los mismos se generan o construyen a lo largo del tiempo y que hay factores que propician o permiten que se generen tales riesgos. Por ejemplo, entre estos factores se mencionan el crecimiento poblacional, las migraciones desorganizadas de zonas rurales a zonas urbanas, la pobreza, la falta de experiencia, entre otros. Gráficamente se puede representar a los riesgos y a los factores generadores de riesgos de la siguiente manera:



En esta última gráfica, las flechas del círculo representan aquellos factores que propician el aumento de las vulnerabilidades, de las deficiencias en las medidas de preparación, o que incrementen algunos tipos de amenazas como las socionaturales y las antrópicas.

Regresando al caso de las erupciones volcánicas, el modelo integral se concibe de la siguiente manera: los riesgos se generan en la medida en la que un segmento de la población de un país crea comunidades en las faldas del volcán, el cual es activo. Conforme evolucionan las comunidades, aumenta el número de viviendas, el número de personas y, por ende, se requiere cada vez de una mayor cantidad de líneas vitales como carreteras, drenajes, fuentes de agua potable, centros de salud, servicios, etcétera. Entre los factores que generan los riesgos, el principal es la capacidad que tiene la población para asentarse en esta zona de amenaza. De igual manera, la carencia de normas de construcción permiten a la población edificar por su cuenta y de forma no necesariamente adecuada con respecto a la actividad volcánica. A lo largo de muchos años, los riesgos van creciendo y, cuando finalmente el volcán hace erupción, se genera el desastre.

A diferencia de las sociedades norteamericanas o europeas, donde existen estrictas normas sobre dónde y cómo se puede construir, en América Latina prácticamente éstas no existen, lo que se suma a un crecimiento poblacional vertiginoso, dificultando aún más los procesos de ordenamiento territorial. Como resultado, los riesgos crecen drásticamente cada década, y con ellos las posibles pérdidas materiales y humanas, una vez que las amenazas se tornan en eventos reales como los terremotos, el huracán Mitch y los deslizamientos.

En tal sentido, desde la dinámica de procesos se debe concebir que en la actualidad las sociedades en Guatemala y en América Latina están en un proceso permanente de generación de riesgos, que puede culminar en un resultado que llamamos desastre al ser desencadenado por un evento natural o siconatural.

## ¿Cómo serían nuestras ciudades si se construyera donde y como se debe?



*Un claro ejemplo de situaciones generadoras de riesgo son los asentamientos humanos existentes en los barrancos de los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva y Chínautla, ya que a la gran precariedad de las viviendas se une la alta pendiente del terreno, haciéndolas muy propensas a deslizamientos, que a su vez pueden desencadenarse por fuertes lluvias o sismos.*

