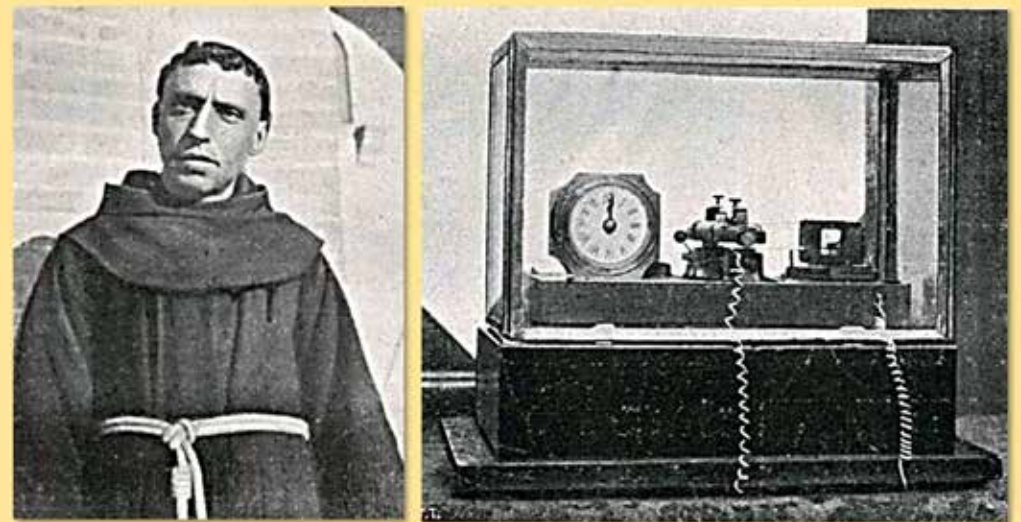


Introducción

Desde el punto de vista de la física, un "precursor" es un fenómeno físico extremadamente diferente, que puede anunciar un determinado acontecimiento. En el caso de los terremotos, ciertos fenómenos previos detectables no pueden correlacionarse individualmente con un sismo, pero sí se los puede analizar relacionados en conjunto. Esto conlleva a que el estudio del Precursor Sísmico es un estudio multidisciplinario y multiparamétrico de series temporales de diversos tipos de datos, que analiza las coincidencias de las variaciones ocurridas respecto de valores promedios de períodos anteriores. No es un pronóstico porque ello obligaría a anticipar el lugar, la fecha, la hora y sobre todo la magnitud del sismo a producirse. Pero las magnitudes individuales (indicadores) pueden proporcionar información sobre la aproximación de fenómenos potencialmente peligrosos en el área donde se detectan los cambios. Y el conjunto de medidas disponibles insertadas en un modelo multiparamétrico, puede empezar a construir un sistema precursor en sí mismo, que podría convertirse en una herramienta importante para la seguridad del territorio y la reducción del número de víctimas.

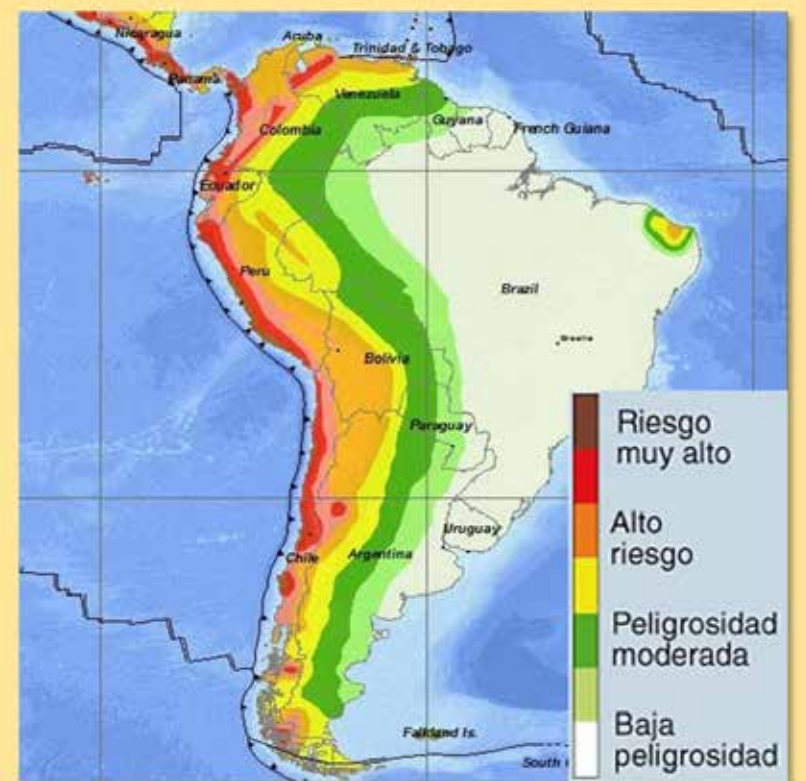
El fraile Atto Maccioni y su máquina «L'Avvisatore»



Historia

El detector de terremotos que utilizaban los chinos hace 2.000 años se lo reconoce como el primer sismógrafo del mundo. Fue inventado por Zhang Heng y consistía en una vasija de bronce de donde caían bolas del mismo material, hacia la boca abierta de sapos. Era un sistema sensible e indicaba también hacia dónde se estaba produciendo el terremoto. En cambio, está comprobado que el estudio de precursores sísmicos sucedió hace poco más de 100 años, y se remonta a las primeras investigaciones realizadas por el fraile franciscano Atto Maccioni. Nombrado en 1908 director del Observatorio del Convento de los Frailes Menores de la Observancia (Siena - Italia), fue allí donde asoció ondas electromagnéticas a futuros terremotos. Su intuición se basó en la hipótesis discutible de que la premonición sísmica demostrada por los animales podría ser causada por su sensibilidad a las corrientes telúricas generadas previas a un sismo. También desarrolló un aparato para detectar señales electromagnéticas, muchos minutos antes de que un sismógrafo detectara las ondas elásticas propias de un terremoto. Con el tiempo se comprobó que la teoría seguida por Maccioni no es correcta, pero fue importante su iniciativa de vincular a la prevención de terremotos, fenómenos naturales medibles, que hasta ese momento habían sido estudiados tan solo por su naturaleza eléctrica o magnética.

RIESGO SÍSMICO EN LATINOAMÉRICA



Fuente: USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos)

Intentando prever el futuro

Tema: Arte / Ciencia

Magnitudes indicadoras

Las principales magnitudes que vienen siendo objeto de estudio durante años, analizadas en forma independiente son:

LAS EMISIONES DE GASES DEL SUBSUELO: La corteza terrestre está permeada por fluidos gaseosos, tanto autoproducidos como atrapados en su interior. Uno de los más conocidos es el radón, un gas radiactivo presente en las rocas volcánicas. Este es un excelente trazador de rupturas de la corteza terrestre generadas por movimientos sísmicos. Se mide con detectores colocados en sitios adecuados.

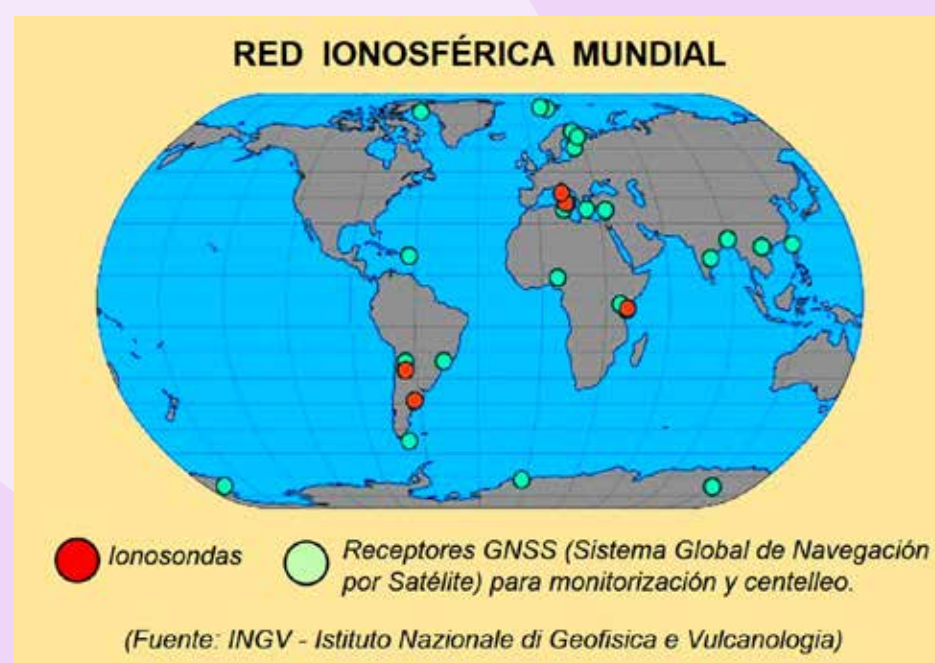
LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL SUELO: El intercambio de energía entre rocas que se fragmentan debido a un evento sísmico, produce un aumento de la temperatura superficial del suelo en los días previos al sismo.

Estas variaciones de temperaturas son analizadas vía satélite, en base a mediciones nocturnas.

EL POTENCIAL GEOMAGNÉTICO DEL SUELO: El Campo Magnético Terrestre puede variar debido a corrientes eléctricas generadas en la superficie, por el movimiento de masas internas a raíz de un terremoto. Este fenómeno se estudia mediante redes de sensores geomagnéticos instalados en todo el Planeta.

EL POTENCIAL IONOSFÉRICO: La ionósfera, como sabemos, rodea nuestro planeta. Su potencial, la carga eléctrica producida por el viento solar, se estudia esencialmente por su influencia en las transmisiones de radio y las perturbaciones de las señales GPS. Sin embargo, en las últimas décadas hemos comenzado a notar una variación en áreas del Planeta que más tarde serían afectadas por terremotos. Por lo tanto, el estudio sistemático de esta magnitud puede ser un indicador de la proximidad de un evento sísmico. Este tipo de indicador se estudia mediante radiosondas ubicadas en todo el planeta.

LAS EMISIONES ACÚSTICAS: Los movimientos de las fallas y la consiguiente ruptura de los enlaces atómicos en las rocas, producen ondas elásticas en la frecuencia de los ultrasonidos (>20 kHz). A medida que las rocas se descomponen, se producen cavidades cada vez más grandes, que producen ultrasonidos a frecuencias más bajas. Cuando las dimensiones son tales que la resistencia de las rocas no las soporta, se produce un sismo con emisión de ondas elásticas a frecuencias audibles, produciendo el conocido estruendo de un sismo. Este tipo de emisiones se estudian con redes de micrófonos piezoeléctricos instalados en contacto con la roca.



Conclusiones

Se han explicado brevemente los indicadores individuales que proporcionan información sobre la aproximación de un terremoto. Sin embargo, esta información es parcial y puede provocar “falsos positivos” debido a perturbaciones intrínsecas a la naturaleza de las señales. Pero la construcción de un algoritmo matemático multiparamétrico que conecte las tendencias temporales de las diversas series históricas, es la forma de identificar el precursor sísmico. La utilización de la Inteligencia Artificial puede aportar apoyo a esta técnica para obtener los mejores resultados

CIENCIA A GOTAS

“Lo que sabemos es una gota, lo que no sabemos es un océano”. Isaac Newton

Esta publicación es editada por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado - AÑO 2025

**CLAUDIO RAFANELLI**

Nato a Roma, Italia, nel Marzo 1950
Laureato in Ingegneria Nucleare nel Novembre 1973
Dal 1976 è stato Ricercatore nel CNR
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dal 2008 è stato direttore del CNR
Istituto di Acustica e Sensoristica "O. M. Corbino" (IDASC) di Roma.
Dal 2015 in quiescenza.
Ha collaborato con CADIC, UNDeC, CNEA e ICES argentini.
È Ricercatore Associato del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) e dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).
È stato responsabile di ricerche del Programma Nazionale Ricerche in Antartide (PNRA). È autore di oltre 100 pubblicazioni.