

Estudio de influencia de las mareas en las placas tectónicas para la predicción de eventos sísmicos



Por E.A.Z.

<http://lurrikara.blogspot.com>

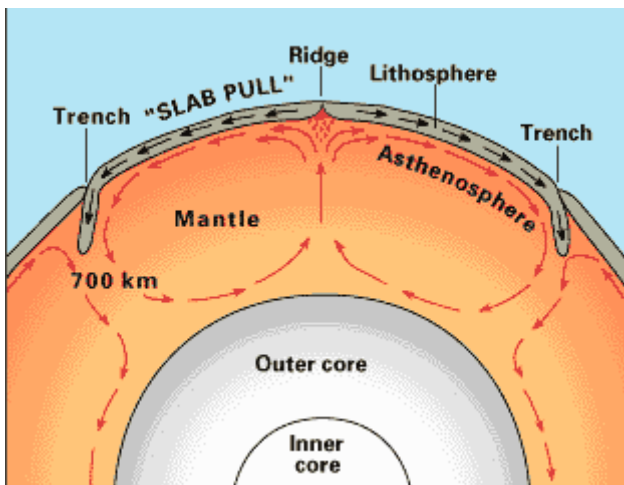
Novedades en la dinámica de las placas tectónicas

Los terremotos son un efecto de la dinámica de las placas tectónicas, y el pronóstico sísmico debería ser consecuencia de una correcta identificación de todas las fuerzas que actúan sobre estas placas y de una exacta cuantificación de las mismas.

Hoy en día, parece ser que todas las corrientes científicas están de acuerdo en que el desplazamiento de las placas tectónicas es causado por diversas fuerzas.

Las diferencias surgen cuando se pretenden determinar cuáles son esas fuerzas y su cuantificación relativa.

La teoría más aceptada considera como la principal fuerza a las grandes corrientes de convección en el manto superior, que se transmiten a través de la astenosfera.



Defiende que las diferentes densidades y temperatura de la astenosfera provocan movimientos internos convectivos que se traducen en una fuerza de fricción lateral sublitosférica, generadora de más litosfera en las dorsales divergentes, y destructora de litosfera por subducción en los límites de placa convergentes. Esta misma teoría incorpora la fuerza de gravedad terrestre como uno de sus componentes en los límites de subducción.

Así, la moderna tectónica de placas explica que la fuerza de gravedad (terrestre) tiene la misión de tirar de la litosfera y hundirla en la astenosfera en los límites de subducción. La energía para el funcionamiento del sistema la aporta el interior de la Tierra, transmitiéndola a través de la astenosfera con los movimientos de convección del magma y la consiguiente generación de masa litosférica en las dorsales divergentes. Se produce así un efecto como de "cinta transportadora".

Así creen explicar el origen de la tectónica y cinemática de placas.

Algunos otros efectos y fuerzas que se han propuesto son:

1.- Deformación Norte Sur del globo terrestre relacionado con las variaciones de velocidad de rotación de la tierra.

2.- Efecto Coriolis.

3.- Pole flight force (Wegener y Epstein).

4.- Efecto de arrastre de marea.

Por el que la totalidad de la litosfera se desplaza hacia el oeste respecto al manto (1973 George W. Moore y R. C. Bostrom) consecuencia de la fuerza de atracción gravitatoria lunar.

"In 1973 George W. Moore of the USGS and R. C. Bostrom presented evidence for a general westward drift of the Earth's lithosphere with respect to the mantle, and, therefore, tidal forces or tidal lag or "friction" due to the Earth's rotation and the forces acting upon it by the Moon being a driving force for plate tectonics: as the Earth spins eastward beneath the moon, the moon's gravity ever so slightly pulls the Earth's surface layer back westward, just like proposed by Alfred Wegener (see above). In a more recent 2006 study, scientists reviewed and advocated these earlier proposed ideas. It has also been suggested recently in Lovett (2006) that this observation may also explain why Venus and Mars have no plate tectonics, since Venus has no moon and Mars' moons are too small to have significant tidal effects on Mars. In a recent paper it was suggested that, on the other hand, it can easily be observed that many plates are moving north and eastward, and that the dominantly westward motion of the Pacific ocean basins derives simply from the eastward bias of the Pacific spreading center (which is not a predicted manifestation of such lunar forces). In the same paper the authors admit, however, that relative to the lower mantle, there is a slight westward component in the motions of all the plates. They demonstrated though that the westward drift, seen only for the past 30 Ma, is attributed to the increased dominance of the steadily growing and accelerating Pacific plate. The debate is still open." (Wikipedia)

La importancia de este punto 4 estriba en que atribuye a fuerzas ajenas a la Tierra un efecto relevante.

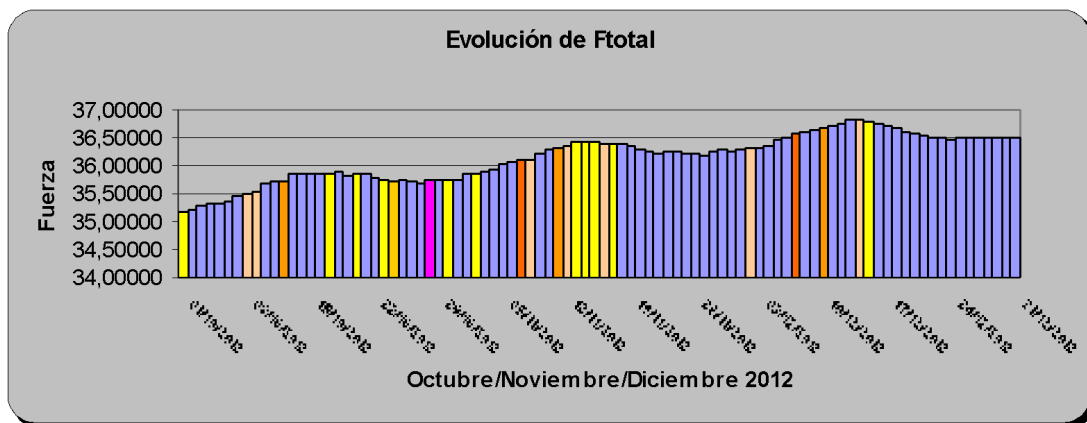
Estas fuerzas soportadas por la Tierra son las gravitatorias de algunos astros del Sistema Solar (sobre todo Sol y Luna) de forma similar a como ocurre con las mareas.

En este contexto, próximo al punto 4 (Efecto de arrastre de marea) y directamente relacionado con él, es donde pretendo aportar algo nuevo al debate, con el siguiente punto:

5.- Variación de la fricción entre placas en los puntos de subducción por el efecto de marea.

Habiendo demostrado ya ([véase archivo excel](#)) que [las mareas](#) influyen de forma determinante en la sismicidad terrestre, se trata ahora de enfocar el estudio a conocer de qué manera lo hacen.

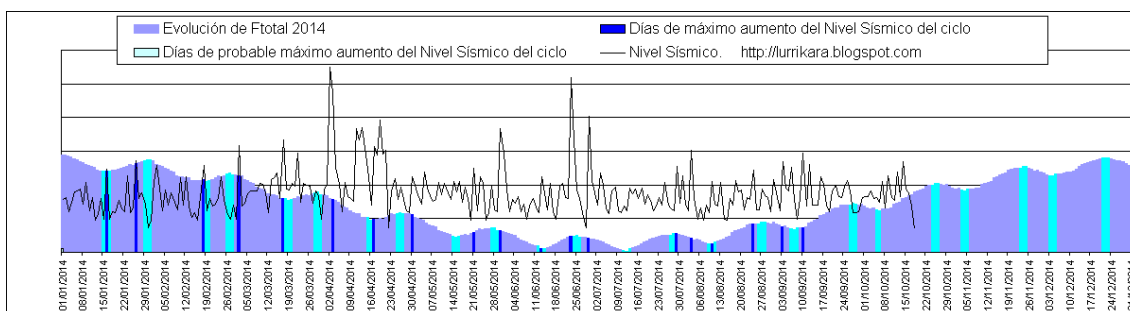
El aumento de sismicidad parece corresponder generalmente con los períodos en que la cíclica resultante de fuerza del vector gravitatorio ([Ftotal](#)) es máxima y mínima (posiciones de la Luna próximas a sizigia) en los que son máximas no solo las mareas oceánicas si no también las tensiones en la corteza terrestre.



En el gráfico de fuerza del vector gravitatorio del último trimestre de 2012, del Sistema Solar referido a la Tierra, se puede apreciar cómo el terremoto de [Masset en Canadá \(28/10/2012\)](#) sucede en la proximidad a un mínimo del gráfico.

Así mismo se puede comprobar también, que la serie atípica de terremotos de magnitud mayor de 6, sucedidos en torno al 14/11/2012, corresponden a un período de máximo pico gravitatorio (proximidad de luna nueva).

Observaciones posteriores están permitiendo comprobar esta elevada correlación ([véase gráfico 2014](#)).



Con el siguiente cálculo pueden hallar las coordenadas del punto geográfico **PG** y la fuerza del vector gravitatorio total (**Ftotal**) del conjunto de los astros del Sistema Solar sobre la tierra. También se puede utilizar para un solo astro o algunos de ellos:

1) Para cada astro:

$$\vec{F}_y = I F I \cdot (\cos(\text{declinación})) \cdot \cos(AR)$$

$$\vec{F}_x = I F I \cdot (\cos(\text{declinación})) \cdot \sin(AR)$$

$$\vec{F}_z = I F I \cdot \sin(\text{declinación})$$

2) Suma de vectores de los astros

a $\sum \vec{F}_x$ denominamos F_1 , a $\sum \vec{F}_y$ denominamos F_2 , a $\sum \vec{F}_z$ denominamos F_3

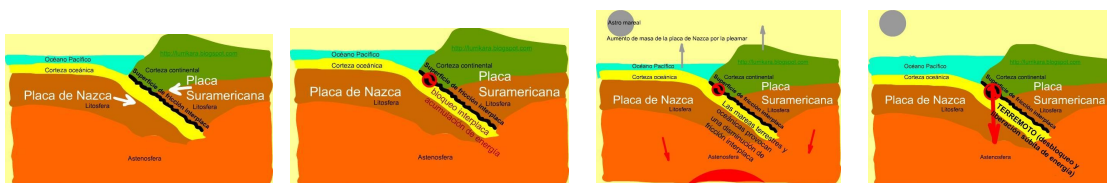
$$I F_{\text{total}} I = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2 + F_3^2)}$$

3) La declinación y la Ascensión Recta de la resultante

$$\text{declinación} = \arcsin (F_3 / \sqrt{(F_1^2 + F_2^2)})$$

$$AR = \arctan F_y / F_x$$

Pero la posición de los vectores de las fuerzas gravitatorias no indican (aunque lo determinen en gran parte) el lugar del evento. El efecto tractor vertical de los vectores gravitatorios debe de ser integrado dentro de una compleja dinámica, en la que deben de ser incluidos también los cambios de masa en algunas placas parcialmente cubiertas de océano, provocados por las mareas y su interactividad dinámica con las placas continentales adyacentes bajo las que subducen (resulta significativo que la mayoría de los terremotos en Chile corresponden con una determinada posición del PG lunar).



[Puede pulsar en cada una de las imágenes, para ver el esquema animado de la secuencia del probable mecanismo que desencadena terremotos en la falla de Nazca / Suramérica.](#)

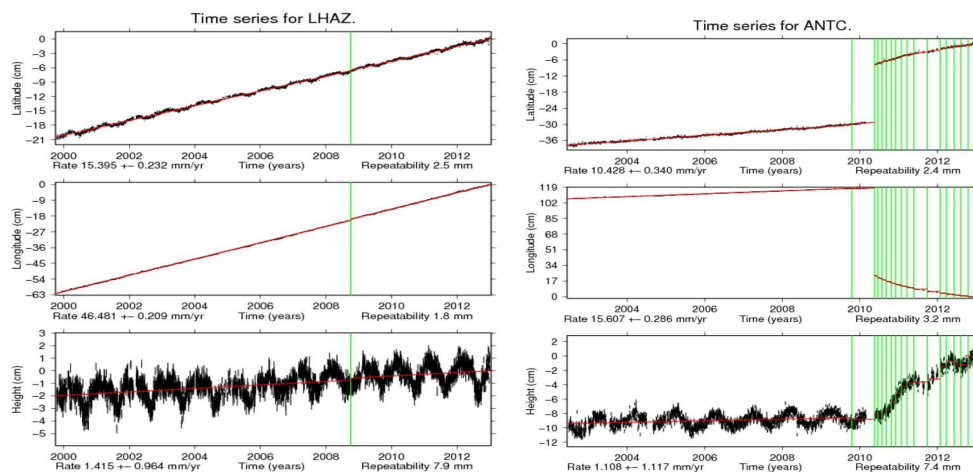
Variaciones cíclicas de elevación de las placas tectónicas.-

Se considera que el movimiento de las placas tectónicas es un hecho bidimensional y que "las piezas" se desplazan lateralmente interactuando unas con otras, solo en las zonas de subducción o en las dorsales se da cabida a la dimensión vertical.

Pero en realidad parece ser un hecho tridimensional, en el que el eje vertical es determinante para la comprensión de las causas del "disparo sísmico" y de la propia cinemática horizontal.

Se conoce desde hace años que puntos del planeta varían su altitud. El aumento de altura de zonas del Himalaya o Los Andes, consecuencia en el primer caso de la subducción de la placa de la India bajo la placa Euroasiática, y en el segundo de la placa de Nazca bajo la Suramericana, son ejemplos conocidos.

En [los datos de la red geodésica publicados por NASA](#) se pueden apreciar los movimientos tridimensionales de estos puntos de medida.

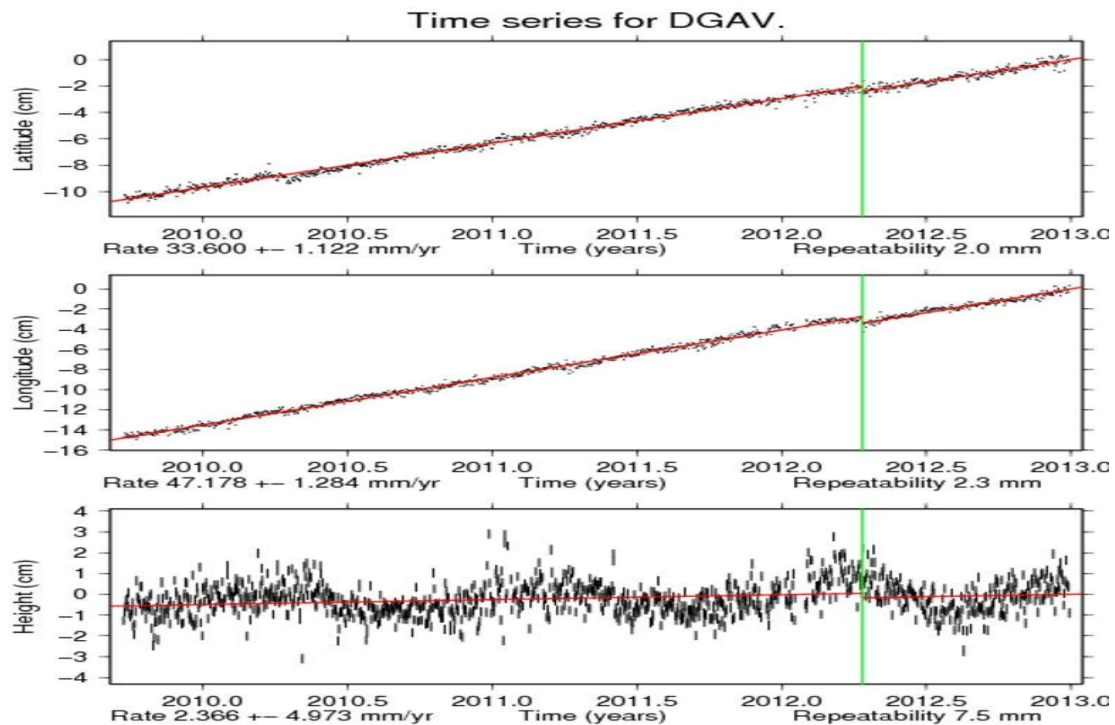


En el primer gráfico, correspondiente al punto (LHAZ) situado en Lhasa en Tíbet, se aprecia el desplazamiento regular progresivo de su latitud, longitud y altitud.

En el segundo gráfico, correspondiente al punto (ANTC) situado en Chile (El Abanico), se puede ver el desplazamiento regular progresivo hasta [Febrero de 2010 \(sismo de Bio-Bio\)](#), cuando se produce un cambio de tendencia y gradiente en el desplazamiento del punto.

Sin embargo, hay detalles a los que parece que no se presta atención, son las variaciones cíclicas en altura de los puntos de medida geodésica. Es una evidencia que coinciden los máximos con el perihelio y los mínimos con el afelio, como si **la Tierra pulsase coincidiendo con los ciclos de translación.**

Esto es posible comprobarlo en los [gráficos publicados por NASA](#) obtenidos gracias al GPS.



En el gráfico del punto DGAV (en el océano Indico) como en los gráficos anteriores por ejemplo, se puede ver cómo varía cíclicamente su elevación coincidiendo con el ciclo de traslación solar, siendo máxima en invierno, (en **perihelio** cuando el sol está más cerca y la **fuerza de atracción es máxima**) y mínima en verano cuando pasa lo contrario.

Fundamento, bases y cálculo de predicciones sísmicas.-

Más que verificar la hipótesis, de que la fuerza de gravedad de algunos astros (efecto de marea) influye de forma determinante en la dinámica de las placas tectónicas, se trata de determinar las formas con que lo hace.

Porque la evidencia de esa influencia ya está constatada, véase:

([Variaciones cíclicas de elevación de las placas tectónicas](#))

([¿Sabe usted qué es la Marea Terrestre?](#))

([¿Y qué nos cuenta Lorenzo?](#))

La influencia solar se demuestra fácilmente ([¿Y qué nos cuenta Lorenzo?](#)).

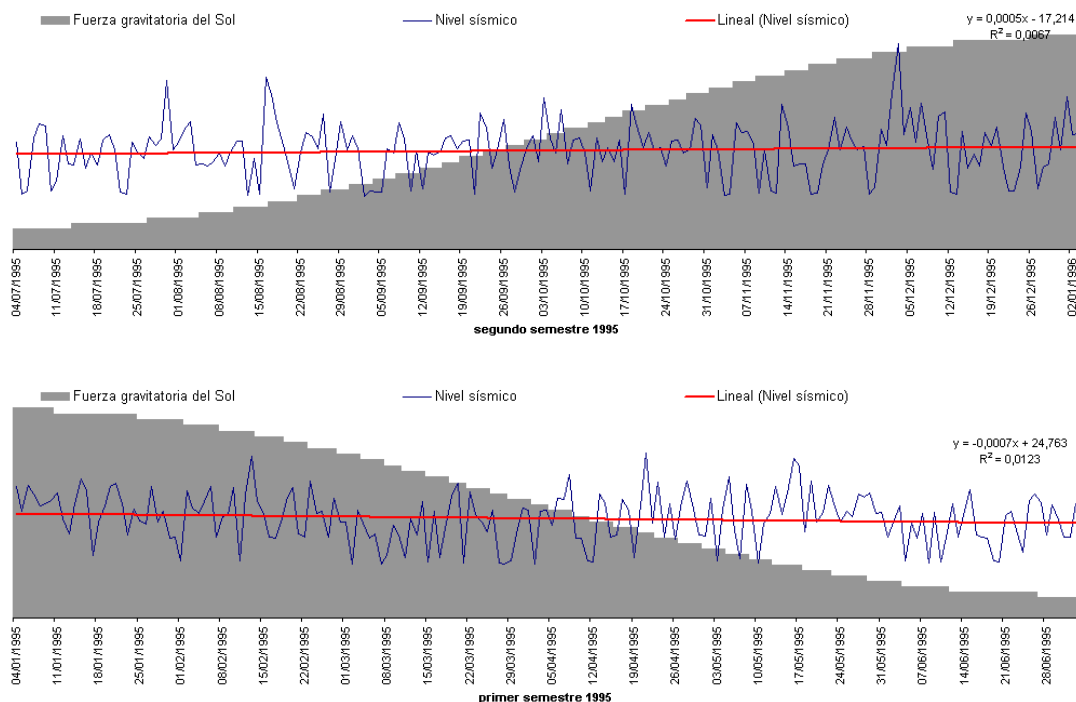
Recurriendo al registro histórico de terremotos ([catálogo publicado por el gobierno de USA](#)), del cual solo son suficientemente precisos globalmente los datos suministrados desde el año 1964.

También extrayendo sólo los terremotos de $M_w \geq 5$:

- Los datos diarios del número de terremotos de magnitud igual o mayor de 5.
- La máxima magnitud de entre todos los eventos del día.

Con la suma de los logaritmos de estos dos datos obtenemos el “nivel sísmico”.

[Comparando la tendencia del nivel sísmico con la tendencia gravitatoria del Sol resulta que es coincidente en la gran mayoría de los casos \(65%\).](#)



Es decir, cuando la Tierra en su movimiento de translación se desplaza desde el afelio hasta el perihelio (desde el 4 de julio al 4 de enero aproximadamente) en que la tendencia de la fuerza de gravedad del Sol es ascendente, también resulta que es ascendente la tendencia de nivel sísmico.

En cambio, cuando la Tierra en su movimiento de translación se desplaza desde el perihelio hasta el afelio (desde el 4 de enero al 4 de julio aproximadamente) en que la tendencia de la fuerza de gravedad del Sol es descendente, también resulta que es descendente la tendencia de nivel sísmico.

Si realizamos el mismo estudio con terremotos iguales o mayores de 4,5 Mw el resultado es más evidente. Hay una correlación del 74%.

[Comparison of seismic trend on Earth with the Solar gravitational trend \(excel file\)](#)

[Aquí puede ver el resumen actualizado de los resultados para todos los terremotos iguales o mayores 4 Mw desde el año 1976 hasta la actualidad.](#)

Parece ser que algunos astros del sistema solar tiran y deforman el geoide de nuestro planeta, tirando verticalmente de las placas tectónicas, provocando que colisionen, rocen o se apoyen unas sobre otras, en una compleja interacción tridimensional, consecuencia también de su tamaño, forma, composición geológica, posición y cinética.

En función de la posición de los astros en relación a cada placa, éstos hacen que aumente o disminuya la fricción en las zonas de subducción de las placas afectadas, ([Variaciones de fricción entre placas en las zonas de subducción por el efecto gravitacional de los astros](#)).

La fuerza con que lo hacen es función de la posición que ocupan en sus órbitas relativas a la Tierra y de sus masas.

Pero resultaría inútil pretender explicar la causa de los terremotos basándonos en un criterio exclusivamente astronómico, al igual que resultaría absurdo pretenderlo hacer desde un punto de vista exclusivamente geológico. Los dos caminos por separado están condenados al fracaso.

Pero la negativa a incorporar en la cinemática de placas tectónicas, al efecto de la influencia gravitatoria solar y lunar, las mareas, solo permitirá aproximarse lejanamente al objetivo: predicción exacta de sismos con tiempo suficiente para poder paliar sus efectos.

Identificación de precursores sísmicos. La búsqueda de las claves para la predicción de terremotos.-

Adelantarse al futuro es uno de los propósitos a los que los seres humanos dedicamos más tiempo y atención. Conocer cómo acontecerá la realidad nos permite situarnos en una posición más favorable para nuestros propósitos y es fuente de poder.

Muchos fenómenos naturales podrían ser predecibles si conociéramos las claves que los provocan, si nos aproximásemos a saber las causas que los determinan, pero los sistemas dinámicos en la naturaleza suelen tener [comportamientos caóticos](#) y resultan muy difíciles de prever.

La naturaleza también caótica del comportamiento de la atmósfera no ha impedido sin embargo realizar predicciones cada vez más exactas en meteorología.

Entonces, si se puede predecir el tiempo, ¿Por que no se pueden predecir los terremotos? ¿Por qué no se hace lo mismo en la sismología?

La mayor parte de los parámetros meteorológicos están a la vista en nuestra transparente atmósfera. En cambio la mayor parte de los parámetros del mecanismo litosférico que desencadenan los terremotos (masa, dimensiones, morfología de las placas litosféricas) permanece oculto en las profundidades de la tierra.

Pero que la mecánica sísmica y la complejidad de su dinámica permanezca oculta a nuestros ojos, no nos debe hacer suponer la ausencia de una mecánica determinista con parecidos parámetros que la atmosférica.



Si pudiéramos ver las placas litosféricas como translúcidos icebergs o más transparentes aún, podríamos comprobar sus irregulares bordes rozando, colisionando o subduciendo unos bajo otros, todo ello sobre un denso océano de lava. Podríamos ver como interactúan en una permanente colisión, podríamos identificar los puntos de contacto de sus irregulares aristas y límites, y veríamos los puntos exactos en los que se apoyan, rozan, chocan e interactúan, haciendo transparente también su dinámica a nuestra observación.

<http://www.ecoscope.com/>

Pero el problema puede resultar irresoluble, si además nos negamos a incorporar todas las fuerzas implicadas en su dinámica, como son las mayores fuerzas de gravedad de los astros del Sistema Solar.

La demostración de **la elevada correlación estadística entre la tendencia del nivel de sismicidad terrestre con la tendencia de la fuerza de gravedad solar** no se puede ya ignorar.

Por sí solo no pretende ser un sistema de predicción, no obstante implica la identificación de un precursor sísmico global extremadamente temprano, y que supone en combinación con otros precursores válidos, la posibilidad de acercarnos a un pronóstico más exacto, en ausencia de un modelo que pueda reproducir fielmente la mecánica litosférica.

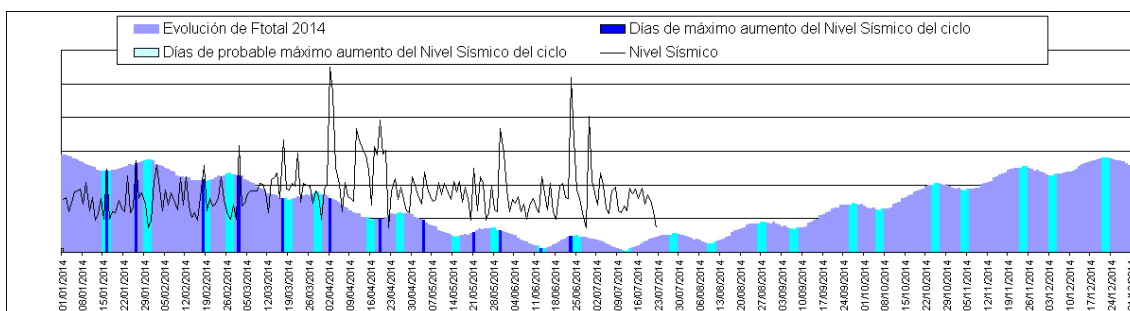


Figura 1

La metodología utilizada para comparar la correlación estadística entre la tendencia del nivel de sismicidad terrestre con la tendencia de la fuerza de gravedad solar fue doble.

En el primer método recopilé los terremotos de magnitud igual o mayor de 4,5 Mw desde el 4 de enero de 1998 hasta el 3 de enero del 2014 (98741 eventos). La fuente utilizada fue el catálogo de ANSS (Advanced National Seismic System).

Mediante hojas de cálculo del programa Excel de Microsoft, fui listando los eventos por semestres desde perihelio a afelio (tendencia de la fuerza gravitatoria del sol descendente) y de afelio a perihelio (tendencia de la fuerza gravitatoria del sol ascendente). Se trataba de comparar mediante la herramienta de línea de tendencia de los gráficos del programa Excel, si había coincidencia con el signo (+ o -) del valor de la ecuación de la tendencia cronológica de la serie de eventos, como en la Figura 2, en la que coincide la tendencia negativa de la fuerza de gravedad solar (período de perihelio a afelio) con la tendencia negativa de la ocurrencia de terremotos (disminución cronológica en la cantidad y/o magnitud de eventos).

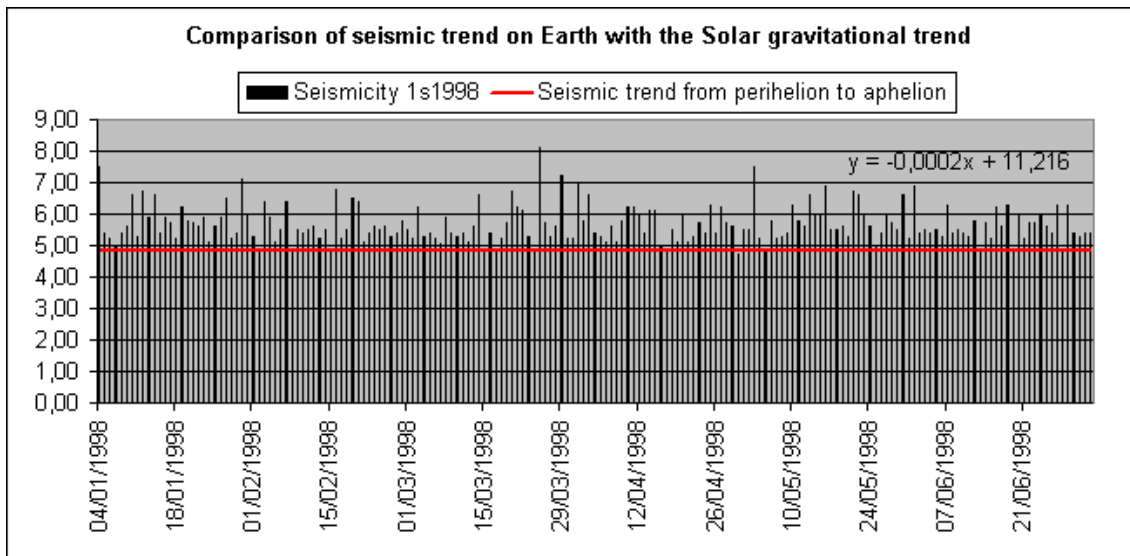


Figura 2

<https://drive.google.com/file/d/14wDvJswonm1nc4KzzFD6rBUdOd7Vrlb1/view?usp=sharing>

Resultando que el signo de la tendencia de sismicidad en cada uno de los períodos de seis meses analizados, es coincidente con el signo de la tendencia de la fuerza de gravedad solar en el **71,88 %** de las veces.

El segundo método utilizado demostró similar correlación por otro camino diferente.

Para ello extraje los datos sísmicos (cantidad de terremotos $\Rightarrow$ 5 Mw de cada día y la máxima magnitud registrada en el día) de la misma fuente (ANSS Advanced National Seismic System).

Los datos astronómicos para calcular los puntos geográficos y la fuerza de los vectores gravitatorios ([descargar archivo excel con ejemplo de cálculo](#)) los tomo del U.S. Naval Observatory website y de Fourmilab Switzerland website.

<http://aa.usno.navy.mil/data/docs/celnavtable.php>
<http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/Solar>

La herramienta de cálculo utilizada fue la misma que la anterior, Excel de Microsoft, esta vez en hojas de cálculo del programa listé diariamente desde el 4 de enero de 1995 hasta el 3 de enero del 2014 la fuerza del vector gravitatorio solar (a las 12-00 UTC) calculado previamente, y en otra columna el Nivel Sísmico diario.

Para una mejor visualización del gráfico defino Nivel Sísmico como la suma de los logaritmos del N° de terremotos diarios de magnitud igual o superior a 5 Mw. y de la magnitud máxima registrada en el día.

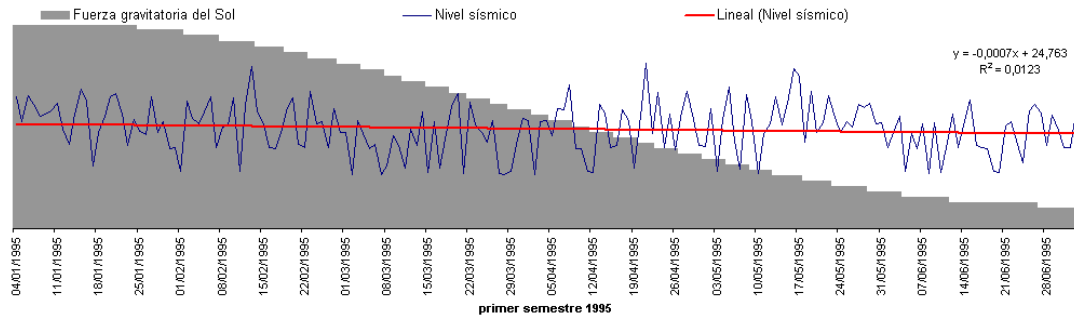


Figura 3

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/0ByCMEtMuRMomUINyUVNaSVREYIU/edit?usp=sharing&ouid=102973561644752293775&resourcekey=0-4T8mxuybzSOFT7q6oJtixQ&rtpof=true&sd=true>

Se trataba de comparar mediante la herramienta de línea de tendencia de los gráficos del programa Excel, si había también coincidencia con el signo (+ o -) del valor de la ecuación de la tendencia cronológica del Nivel Sísmico, como en la Figura 3, en la que coincide la tendencia negativa de la fuerza del vector de gravedad solar (período de perihelio a afelio) con la tendencia negativa del Nivel Sísmico.

Resultando que el signo de la tendencia del Nivel Sísmico en cada uno de los períodos de seis meses analizados, es coincidente con el signo de la tendencia de la fuerza del vector de gravedad solar en el **65,79 %** de las veces.

La conclusión que se extrae es que la fuerza de gravedad de los astros más influyentes del sistema solar, y los efectos de marea derivados deben de tenerse en cuenta en el pronóstico sísmico, que supone además la identificación del precursor más extremadamente temprano.

Actualmente la predicción científica de terremotos debemos entenderla como un pronóstico extremadamente exacto de los mismos.

Para ello, la búsqueda de precursores válidos no se debe limitar exclusivamente a encontrar uno solo. El pronóstico más exacto será fruto de la combinación y análisis de los datos proporcionados por varios sistemas precursores (extremadamente tempranos, muy tempranos y tempranos), que no siendo exactos al 100% cada uno de ellos por separado, su combinación nos permita acercarnos lo máximo posible al objetivo.

La investigación, el extraer del aparente caos de la naturaleza sus claves, ecuaciones y leyes, es una de las tareas más apasionantes y prácticas a las que los seres humanos nos podemos dedicar.

Correlación de tendencias desde el año 1976 hasta la actualidad.-

Coincidencia de la tendencia sísmica con la tendencia gravitatoria solar 66,27%					
fases de perihelio a afelio y de afelio a perihelio					
http://lurrikara.blogspot.com		verde (coincide)			
Terremotos Mw >=4.0	Año	Semestre	Terremotos Mw >=4.0	Año	Semestre
2156	1976	1S	4389	1997	1S
2087		2S	4800		2S
2035	1977	1S	4095	1998	1S
2076		2S	4155		2S
2276	1978	1S	4283	1999	1S
1929		2S	3910		2S
2204	1979	1S	4272	2000	1S
2189		2S	5211		2S
2652	1980	1S	4618	2001	1S
2101		2S	4674		2S
2177	1981	1S	4800	2002	1S
2244		2S	5062		2S
2295	1982	1S	4444	2003	1S
2354		2S	5516		2S
2841	1983	1S	5558	2004	1S
2457		2S	6850		2S
2386	1984	1S	9207	2005	1S
2886		2S	6684		2S
2857	1985	1S	6974	2006	1S
3129		2S	7681		2S
3285	1986	1S	7275	2007	1S
2943		2S	7067		2S
2866	1987	1S	7464	2008	1S
2771		2S	6931		2S
2766	1988	1S	4305	2009	1S
2695		2S	4432		2S
2836	1989	1S	6247	2010	1S
2752		2S	6357		2S
3132	1990	1S	9632	2011	1S
3059		2S	6191		2S
2964	1991	1S	6588	2012	1S
2908		2S	5947		2S
3300	1992	1S	6517	2013	1S
3504		2S	7079		2S
3203	1993	1S	9072	2014	1S
3262		2S	8454		2S
2922	1994	1S	7350	2015	1S
3294		2S	7913		2S
4561	1995	1S	7292	2016	1S
5041		2S	8226		2S
5055	1996	1S	6051	2017	1S
4889		2S			2S

[Ver gráfico actualizado](#)

Al contrario de lo que se cree, ahora no hay más terremotos que antes. Ahora hay menos terremotos, pero se registran mejor. Previsiblemente habrá cada vez menos terremotos, porque las mareas tendrán paulatinamente menor amplitud. Y los terremotos están relacionados con la amplitud de las mareas.

La correlación entre la tendencia sísmica (para terremotos de magnitud $\geq 4,0$) y la tendencia de la marea solar entre afelios y perihelios es del 66,27%, desde el año 1976 hasta la actualidad (hasta el afelio de julio de 2017 son 374912 terremotos).

En los próximos miles de años, es previsible que haya épocas puntuales de aumento/disminución (fases de calentamiento/glaciación) de la masa de agua

en estado líquido, debido a alteraciones climáticas, y que consecuentemente modificarán la distribución de masas sobre las placas del planeta, alterando la sismicidad, pero siempre dentro de una tendencia general sísmica descendente. Esto se debe a que la Luna (el cuerpo celeste con mayor responsabilidad en el efecto mareal) está cada vez más lejos.

Para este estudio se ha utilizado el catálogo de USGS:

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

Las fechas de los perihelios y afelios se han tomado de aquí (Arizona State University):

http://cococubed.asu.edu/data/perihelion_earth_1900-2100.dat

http://cococubed.asu.edu/data/aphelion_earth_1900-2100.dat

Los datos se han depurado de [colapsos de minas, explosiones varias y test nucleares](#), ya que están registrados y el catálogo lo especifica.