Ciencias de la Tierra y el Espacio, 2001, Vol.2, pp.1--7, ISSN 1729-3790

Posibles relaciones entre factores astronómicos y la ocurrencia de macrosismos

Jorge Pérez Doval [(1)], Ernesto R. Rodríguez Flores [(1)]

[(1)] Instituto de Geofísica y Astronomía. Calle 212 No.2906, La Lisa, C. Habana, CP 11600, Cuba.

Recibido: enero-octubre, 2001	Aceptado: noviembre, 2001

Resumen

Se determinaron las posiciones de la Luna y el Sol en los momentos en que ocurrieron 310 grandes sismos registrados en la Tierra, con el fin de hallar posibles influencias gravitacionales en los mecanismos que desencadenan esos fenómenos.
Se determinó que existe una tendencia a que la ubicación de la Luna y/o el Sol en latitudes alejadas del plano del ecuador terrestre coincidan con la presentación de los grandes sismos.
Se observó una significativa disminución en el número de macrosismos durante las épocas en las que la Luna y sobre todo el Sol se encuentran situados entre las 12 y las 18 horas de ascensión recta. Además, la distribución mensual presenta mínimos en abril y septiembre y máximos en enero y junio, que se pueden asociar a los equinoccios y los solsticios respectivamente.
Estos resultados evidencian la existencia de algún tipo de influencia gravitatoria que merita un estudio más exhaustivo.

Palabras clave: Astronomía

Abstract

An analysis is made about the positions of the Sun and the Moon in moments of 310 mayor earthquakes in order to find some gravitational influence in the triggering mechanism of these phenomena.
In this paper we find a trend that the location of both bodies far away from the plane of terrestrial equator coincide with the occurrence of mayor earthquakes.
Also a significant lessening in the number of this events when the right ascension of the Sun and the Moon are from 12 to 18 hours were observed. The monthly distribution shows a maximum in January and June and a minimum in April and September near the solstices and equinoxes respectively.
These results are evidences of some gravitational effect that recommends a more extensive study.

Key words: Astronomy

Introducción

Las acciones de la Luna y el Sol sobre nuestro planeta se evidencian claramente con el fenómeno de las mareas oceánicas. Pero al no ser la corteza terrestre perfectamente rígida e indeformable, el efecto de las mareas debe notarse también en los continentes e islas aunque más atenuado. A esto se les llama "mareas terrestres" y sus relaciones con los fenómenos sismológicos, el vulcanismo y en general con toda clase de movimientos de la corteza terrestre parece evidente (Torroja J.M. et al, 1975).

Por otra parte, A. Palumbo (1986), plantea que los sismos desencadenados por la acción de las mareas son aquellos cuyas magnitudes son mayores que 5 y que sus efectos en los Montes Appeninos son significativamente más frecuentes.

En Cuba tenemos un antecedente en este tipo de investigación, al exponerse en una Tesis de Grado (Hernández Cárdenas, 1945), que la ocurrencia de grandes sismos en Cuba coincide con determinadas posiciones del Sol, la Luna y Júpiter con respecto al centro de nuestra galaxia.

Sin embargo, como indica P.W. Burton (1986), el problema permanece sin resolver y confuso desde el punto de vista estadístico, aunque apunta que merita estudios más profundos con un mayor desarrollo instrumental.

También se ha estudiado la correlación entre los grandes sismos y la actividad solar, proponiéndose algunos mecanismos para explicar los efectos (Whiteside, 1994).

En otro trabajo (Xanthakis J., 1981), se hace un estudio global de los sismos con magnitudes mayores o iguales que 7,8 durante el período 1898-1977 hallando periodicidades de 180, 25, 12,5 y 4 años, cuya relación con la actividad solar no está clara. Este autor se basó en un estudio previo realizado por Kalinin Y. (1978), donde se plantea cierta evidencia entre las variaciones de la actividad sísmica y los ciclos solares de 11 años. También son conocidos los trabajos de Tamrazyan G.P. (1968) y T.H. Heaton (1982).

La importancia de la acción de las fuerzas de marea ejercidas por unos cuerpos del Sistema Solar sobre otros tuvo una gran repercusión pública en marzo, abril y mayo de 1982, cuando en una revista de los Estados Unidos se publicó que, como consecuencia del agrupamiento de todos los planetas en un sector de unos 105 grados hacia un lado del Sol, se produciría en este último astro una gran actividad.

Sin embargo, en realidad como demostró V.G. Sokolov (1980), la influencia de los planetas en las mareas tanto del Sol como de la Tierra, se pueden despreciar.

Por ejemplo, la altura de la onda de marea alta debido a la atracción de Venus no sobrepasa en la Tierra el valor de 0,02 mm y la debida a los demás planetas es menor. Comparemos esto con la marea alta en la Tierra (en el océano abierto), debida a la atracción de la Luna: (36 ± 6) cm y la provocada por el Sol: (16 ± 1) cm y llegaremos a la conclusión de que sólo la acción de estos dos últimos cuerpos es importante. El efecto combinado de ambos astros colocados en la posición más favorable puede llegar a producir en el océano abierto de nuestro planeta una ola de marea de 60 cm de altura.

De acuerdo a las ideas actuales, la actividad sísmica es provocada por procesos geológicos que tienen lugar en la corteza y litosfera de la Tierra. Acumulándose lentamente, la energía se abre paso periódicamente hacia la superficie en las regiones tectónicamente inestables, en particular las zonas de fallas. Las tensiones interiores en la corteza terrestre provocadas por las mareas lunares y solares son aproximadamente 100 veces más débiles que las que por sí mismas pudieran provocar sismos. Sin embargo, las fuerzas de marea a pesar de su pequeñez, estiran continuamente la corteza y pueden propiciar el surgimiento de dislocaciones y fracturas y en cierto modo contribuir al desencadenamiento de los macrosismos.

Aunque el Sol ejerce una fuerza de gravitación en la Tierra 180 veces mayor que la de la Luna, la variación interna y diferencial en la fuerza que ejerce la Luna sobre nuestro planeta es 2,2 veces mayor que la variación que provoca la atracción solar, y es esta la causa que produce las mareas.

Existen muchos factores astronómicos que influyen en las mareas lunares y solares ejercidas en la Tierra y pueden ser descritos según los períodos que producen. Los períodos de los factores más importantes son:

- Semidiurno (12 horas) provocado por la rotación de la Tierra con respecto al Sol.
- Semidiurno (12 horas 25 minutos como promedio) provocado por la rotación de la Tierra respecto a la Luna.
- Diurno (24 horas 50 minutos). Los cambios de declinación de la Luna y el Sol desvían el par de protuberancias fuera del plano del ecuador terrestre, resultando una componente de un día de período.
- Semimensual (13,66 días) debido a la variación en la declinación de la Luna durante el mes.
- Semimensual (14,77 días) provocado por la variación durante el mes de las diferencias de declinación de la Luna y el Sol.
- Mensual (27,55 días) por la variación mensual perigeo-apogeo.
- Semianual (182,6 días) debido a la variación anual en la declinación del Sol.
- Anual (365,26 días) producto de la variación anual de la distancia Tierra-Sol.
- Período de 8,8 años (período de rotación de la línea de los ápsides).

- Período de 18,6 años (período de rotación de la línea de los nodos).

Como se puede observar por la anterior descripción, los cambios en la declinación de la Luna y el Sol con sus múltiples combinaciones juegan un papel importante en la resultante final.

En resumen, aunque muchos sismólogos, no creen en las influencias sismogénicas extraterrestres, otros opinan que factores de índole astronómico pueden contribuir en alguna medida al desencadenamiento de los sismos, una vez que estén presentes otras condiciones consideradas fundamentales, como son las acumulaciones de tensiones en la zonas de fallas terrestres.

En varios trabajos de este tipo que se han realizado en el pasado se han obtenido resultados contradictorios y además en ellos no se han estudiado todas las variables, por ejemplo las posiciones de la Luna y el Sol con respecto al ecuador terrestre y por todas estas razones se decidió acometer esta investigación.

Materiales y métodos

Para la confección del presente trabajo se tomaron de un catálogo de terremotos (Bath, M., 1978) los siguientes datos:

- Todos los sismos con magnitud mayor o igual que 7,5 en la escala de Richter ocurridos desde 1905 a julio de 1971 en todo el mundo (52 casos, muestra A).
- Todos los sismos con magnitud mayor o igual que 7,0 en la escala de Richter y que ocasionaron graves daños ocurridos en todo el mundo desde el 24 de junio de 1965 hasta el 23 de noviembre de 1977 (258 casos, muestra B), eliminándose las duplicidades con el punto anterior.
- Las posiciones del Sol y la Luna en la fecha de los sismos, así como las fechas del perigeo y el apogeo lunar se tomaron de la colección de las Efemérides Astronómicas (1905-1977) norteamericanas.

Se aplicaron métodos de estadística clásica, en particular las pruebas de c 2 y la dócima no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov y se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS (versión 2.1).

En todos los gráficos las barras blancas corresponden a las frecuencias esperadas o teóricas. Las barras negras representan a las frecuencias observadas o reales.

Las frecuencias esperadas se han calculado tomando en consideración las posiciones diarias del Sol en ascensión recta (a) y declinación (d) en el transcurso de un año y las de la Luna durante el período analizado.

Discusión

En su texto "Earthquake Prediction", T. Rikitake señala que durante un cierto período de 1965 a 1967, él obtuvo experiencias que prueban muy bien la tendencia ya reportada por A. Perrey desde el siglo pasado, de que la ocurrencia de sismos era mayor durante las Lunas llena y nueva.

En nuestro trabajo se analizaron las diferencias angulares (en ascensión recta), entre el Sol y la Luna en las fechas de ocurrencia de los macrosismos, comparándose las frecuencias esperadas con las observadas en intervalos de 6 horas de ascensión recta, centrados en las fases. No se hallaron diferencias significativas según las dócimas de c 2 y Kolmogorov-Smirnov, si bien alrededor de la Luna llena se observa un pequeño mínimo en contradicción con los resultados de Rikitake y Perrey (gráfico 1).

En los alrededores del perigeo y del apogeo de la Luna (± 3 días), no se observó un aumento significativo en el número de los macrosismos sobre los que deben esperarse en una distribución aleatoria (gráfico 2).

Un aspecto novedoso de este trabajo lo constituye el análisis de las dependencias entre las posiciones en declinación Norte o Sur, de la Luna y el Sol y los momentos de los grandes sismos. En primer lugar se nota la tendencia a una mayor ocurrencia de los macrosismos cuando la Luna y el Sol se ubican al Norte del plano del ecuador terrestre: Luna 172 casos vs 138 y Sol 175 casos vs 135 (ambos con un nivel de significación de 0,1 según c 2). Si tomamos en consideración sólo los sismos de magnitud Richter mayor o igual que 7.5, las diferencias son más significativas: Luna 36 vs 16 casos y Sol 32 vs 20 casos (gráficos 3 y 4).

Para un análisis más específico se agruparon las posiciones de la Luna y el Sol en las fechas de los macrosismos en cuatro grandes bandas, dos adyacentes al ecuador terrestre y dos más alejadas.

Considerando el recorrido de ambos astros en la esfera celeste, se fijó para la Luna el límite en ± 20° y para el Sol en ± 15°. Se observa en los gráficos 5 y 6 que los casos registrados en las bandas alejadas del ecuador son superiores a las frecuencias esperadas y sucede lo contrario en las bandas centradas en el ecuador. Se halló que las diferencias son significativas con un nivel de 0.01 en la Kolmogorov-Smirnov para el Sol y un nivel de 0.05 en la c 2 para la Luna.

El análisis de la distribución de las posiciones de la Luna y el Sol en ascensión recta, agrupadas por cuadrantes, revela que con respecto al Sol existe tendencia a que ocurran menos macrosismos cuando la ascensión recta del

Sol está comprendida entre las 12 y las 18 horas. Estas posiciones son las que ocupa dicho astro desde fines de septiembre hasta fines de diciembre. Mientras que cuando el Sol está ubicado entre las 6 y las 12 horas, o sea durante el intervalo de fines de junio a mediados de septiembre, tienden a ocurrir mas macrosismos (c 2 da un nivel de significación de 0,05) (gráficos 7 y 8).

Con respecto a la Luna no se observa una dependencia fuerte ya que el nivel de significación según la c 2 es de 0,25. Sin embargo, también se destaca un mínimo cuando la Luna se halla entre las 12 y las 18 horas de ascensión recta (gráficos 9 y 10).

En la muestra estudiada se observa una diferencia en la distribución de los macrosismos según los diferentes meses del año, con un mínimo muy notable en el mes de septiembre y otro mínimo en abril y los máximos en los meses del verano en el hemisferio Norte. Al agrupar los datos por cuatrimestres se destaca que el último cuatrimestre del año es significativamente menos activo y el segundo es el más activo (nivel de significación de 0.05 según la dócima de Kolmogorov-Smirnov) (gráfico 11).

Resultados

En contradicción con los resultados obtenidos en algunos trabajos realizados con anterioridad por investigadores de esta materia, en las muestras estudiadas el perigeo y el apogeo de la Luna no parecen estar relacionados con la ocurrencia de macrosismos.

También en las muestras analizadas no se halló relación entre las diferencias angulares Sol-Luna (en ascensión recta) y los macrosismos, lo que implica que las diferentes fases de la Luna no influyeron.

Los grandes sismos tienen propensión a ocurrir cuando la Luna y/o el Sol se hallan al Norte del plano del ecuador terrestre. Este comportamiento es más evidente en la muestra referida a los 52 mayores sismos.

Existe la tendencia a que las posiciones más extremas en declinación de la Luna y el Sol, y en particular este último, se relacionen con la ocurrencia de los grandes sismos.

Existen tendencias a que ocurran menos macrosismos cuando la ascensión recta de la Luna y sobre todo la del Sol se hallan entre las 12 y las 18 horas y a que ocurran más cuando el Sol está ubicado entre las 6 y las 12 horas. De esto se deriva que el último cuatrimestre del año sea significativamente el menos activo y el segundo el más activo.

Conclusiones

Sobre la base de los resultados anteriores se plantea como conclusión general lo siguiente: la muestra analizada permitió corroborar las opiniones de muchos sismólogos respecto a que las influencias gravitatorias del Sol y de la Luna en el desencadenamiento de los grandes sismos no parecen ser fuertes. Sin embargo, bajo determinadas condiciones, por ejemplo cuando la Luna y sobre todo el Sol se hallan alejados del plano del ecuador terrestre, la atracción gravitatoria en ángulo con el abultamiento ecuatorial puede influir como un factor no primario.

La disminución de los grandes sismos durante el último cuatrimestre y la distribución por meses observada en la muestra estudiada, constituye también un resultado de interés. El hecho de que los mínimos y los máximos ocurran próximos a los equinoccios y los solsticios respectivamente concuerda con la conclusión anterior.

Los resultados obtenidos evidencian la existencia de algún tipo de relación que merita un estudio más exhaustivo.

Referencias

Bath, M.: 1978, Introduction to seismology, Besel and Stuttgart.

Burton, P.: 1986, Is there coherence between Earth tides and earthquakes?, Nature, Vol. 321, 8 mayo.

Cárdenas, H.: 1945, Estudio de las principales fallas de Cuba y de sus consecuencias más importantes. Influencias sismogénicas extraterrestres, Editorial Lex, la Habana, 66 p.

Eaton, T.: 1982, Tidal triggering of earthquake, Seismological Society of America, Bulletin Vol. 72, Part A, 2181.

Palumbo, A.: 1986, Geophysical J.R. Astr. Soc. 84, 93.

Rodés, R.: 1946, Influencia del Sol en la frecuencia de los terremotos, Boletín del Observatorio del Ebro, Tortosa, España, 10 p.

Sokolov, V.: 1980, Acercamiento de los planetas en 1982, Tierra y Firmamento, Revista rusa de divulgación, U.R.S.S.

Tamrazyan, G.: 1968, Principal regularities in the distribution of mayor earthquakes relative to solar and lunar tides and other cosmic force, Icarus, 9, 574-592.

Torroja, J. et al : 1975, Estudio de mareas terrestres en España, Publicación No. 85, Universidad Complutense, Madrid.

Whiteside, L.: 1994, AGU Fall Meetting, Abstract Suplement, American geophysical union, Dec. 1994, 462.

Xanthakis, J.: 1981, Possible periodicities of the annually released planetary seismic energy (M 7,8) during the period 1898-1977, Práctica, Boletín del Research Center for Astronomy, Academy of Athens, Tomo 56, 243, 256p.

_____: 1905-1977, The american ephemeris and nautical almanac, United States Naval Observatory, Government printing office, Washington.

Anexos.

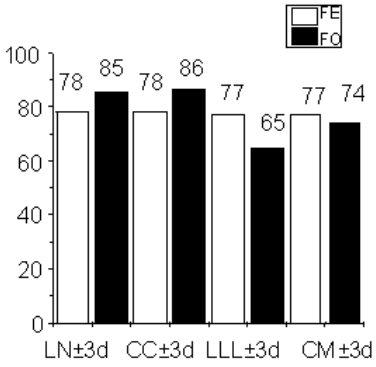


Gráfico 1.- Diferencias angulares entre el Sol y la Luna en ascensión recta (fases). En las abscisas: LN-luna nueva, CC-cuarto creciente, LLL-Luna llena y CM-cuarto menguante. Aquí están sumadas ambas muestras.

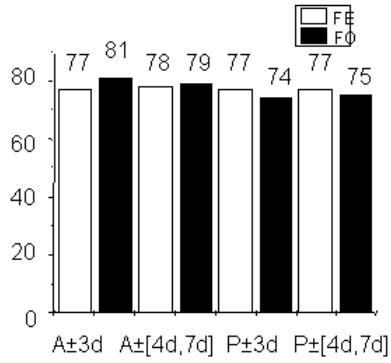


Gráfico 2.- Sismos vs apogeo (A) y perigeo (P) de la Luna. En las abscisas aparecen los intervalos temporales (en días, d), centra dos en A o P. Aquí están sumadas ambas muestras

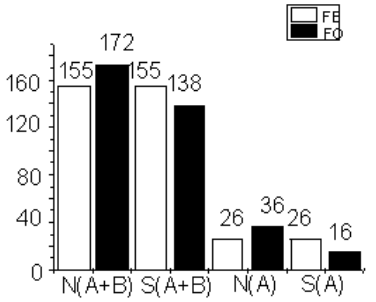


Gráfico 3.- Número de sismos vs posición de la Luna (al Norte, N, y al Sur, S, del ecuador terrestre). En las abscisas: A se refiere a la muestra pequeña y B a la muestra grande

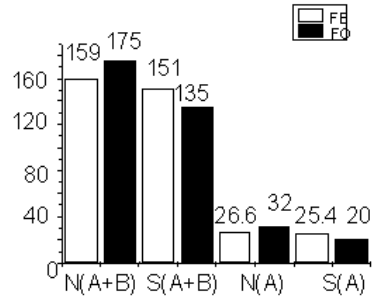


Gráfico 4.- Número de sismos vs posición del Sol (al Norte, N, y al Sur, S, del ecuador terrestre). En las abscisas: A-muestra peque ña y B-muestra grande.

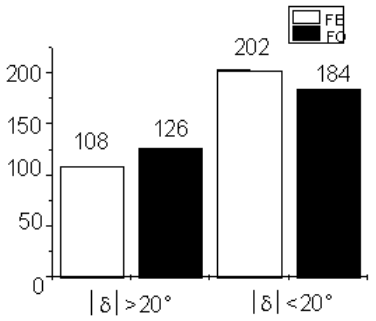


Gráfico 5.- Sismos vs declinación (d) de la Luna, en bandas ecuatoriales (½ d ½ < 20°) y a más de 20° del ecuador (½ d ½ > 20°). Aquí están sumadas ambas muestras.

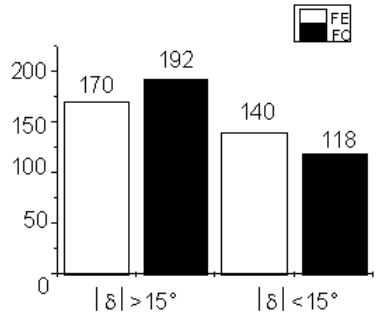


Gráfico 6.- Sismos vs declinación (d) del Sol, en bandas ecuatoriales (½ d ½ < 15°) y a más de 15° del ecuador (½ d ½ > 15°). Aquí están sumadas ambas muestras.

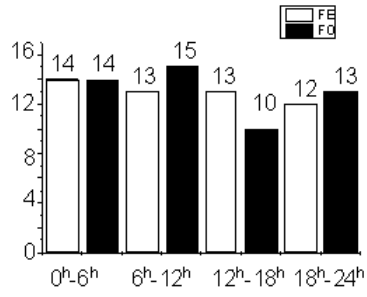


Gráfico 7.- Macrosismos (muestra A) vs ascensión recta del Sol

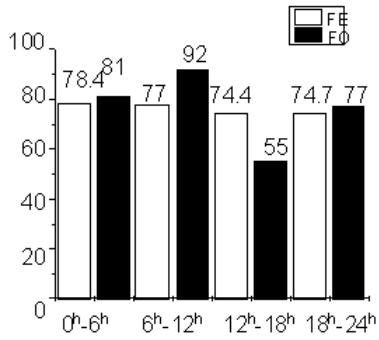


Gráfico 8.- Macrosismos (muestras A y B) vs ascensión recta del Sol

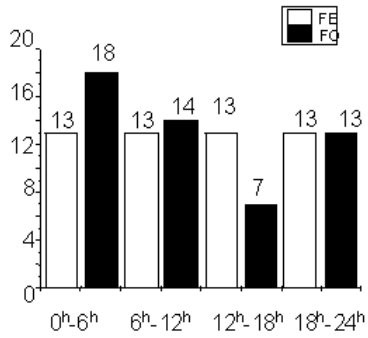


Gráfico 9.- Macrosismos (muestra A) vs ascensión recta de la Luna.

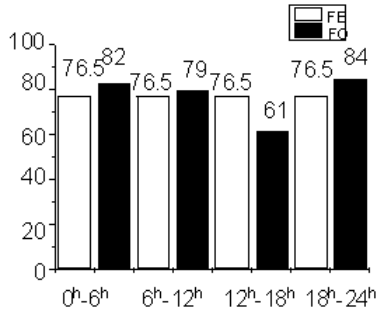


Gráfico 10.- Macrosismos (muestras A y B) vs ascensión recta de la Luna

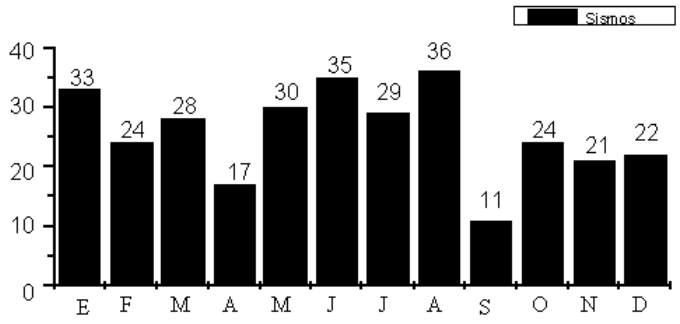


Gráfico 11.- Macrosismos (muestras A y B) vs meses del año.