



## **ESTUDIO PRELIMINAR DE CORRELACIONES ENTRE FACTORES HELIOGEOMAGNÉTICOS Y PATOLOGÍAS CARDIOVASCULARES EN URUGUAY.**

Virginia Feldman<sup>1,2</sup>, Raquel Correa-Luna<sup>3</sup> Pablo Núñez<sup>1,2</sup>, Leda Sánchez Bettucci<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Area Geofísica-Geotectónica, Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de la República (leda@fcien.edu.uy)

<sup>2</sup> Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá

<sup>3</sup> Area Bioestadística, Departamento de Bioestadística e Informática, Facultad de Veterinaria

### **Resumen:**

Gran parte de los efectos de la actividad solar a nivel terrestre ya son bien conocidos, y es de esperar que los organismos, entre ellos el ser humano, respondan a los cambios en la actividad solar y geomagnética. Esta idea ha llevado a la realización de numerosos estudios interdisciplinarios, la mayor parte desarrollados en latitudes altas y en el Hemisferio Norte, buscando relacionar problemas de la salud, como lo son las enfermedades cardíacas, respiratorias, circulatorias, los diferentes tipos de cáncer, con factores heliofísicos.

En Uruguay, las afecciones cardiovasculares aparecen como primera causa de muerte, superando la mortalidad por cáncer o por patologías respiratorias. Esto pone en primer plano el estudio de cualquier factor que pueda influir en el desarrollo o evolución de este tipo de enfermedades.

Las condiciones particulares del campo geomagnético en la región: Uruguay se encuentra en el centro de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur, región donde los valores del campo magnético son menores a la mitad de la media planetaria, convirtiéndola en una zona más vulnerable a los cambios en la actividad solar, revelan la necesidad de estudiar los efectos biológicos debidos a factores heliogeomagnéticos en la región.

En este trabajo, se presenta un estudio preliminar de análisis exploratorio de la relación entre tasa de mortalidad para la enfermedad isquémica cardíaca y número de manchas solares, y también de la relación entre tasa de mortalidad para enfermedades del aparato circulatorio y número de manchas solares, en Uruguay. A través del análisis, se pretende exponer un primer acercamiento a las correlaciones entre actividad solar y geomagnética y salud humana en parte de la región de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur.

### **Abstract**

Many effects of solar activity at a terrestrial level are already well known, and it is to expect that organisms, among them humans, respond to changes in solar and geomagnetic activity. This idea has led to the undertaking of numerous interdisciplinary studies, most of them developed in high latitudes and in the Northern Hemisphere. They seek to relate health issues, such as heart, lung and circulatory diseases, different kinds of cancers, with heliogeophysical factors.

In Uruguay, cardiovascular conditions are the first cause of death. They exceed cancer mortality and death by respiratory pathologies. Thus, the study of any factor influential to the development or evolution of these diseases is of the utmost importance.

Particular conditions of the region's geomagnetic field: Uruguay is in the centre of the South Atlantic Magnetic Anomaly, a region where magnetic field values are lesser than the planetary average. Thus, the region is particularly vulnerable to changes in the solar activity. There is a need to study the biological effects that result of heliogeomagnetic factors.

In this work, we present a preliminary study of exploratory analysis in the relationship between mortality by ischemic heart disease and the number of solar sunspots, in Uruguay. Through this analysis, we make a first attempt to correlate solar and geomagnetic activity and human health in part of the South Atlantic Magnetic Anomaly.



## **Introducción:**

Los cambios cíclicos en el comportamiento solar conllevan cambios en los niveles de radiación electromagnética, de partículas energéticas y de viento solar que alcanzan la Tierra. La actividad solar da lugar a numerosos fenómenos a nivel terrestre, entre ellos se encuentran efectos geomagnéticos, variaciones en la atmósfera y la ionización de la ionósfera debido a protones solares muy energéticos.

La fuerte interconexión entre la vida y el Sol, nos impulsa a cuestionarnos cuáles y qué tan importantes son los efectos de la actividad heliogeomagnética sobre nuestra salud.

Los estudios enmarcados en este tipo de problemáticas se conocen como estudios heliobiogeomagnéticos, heliobiológicos o heliogeobiológicos. (Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009).

Todos los organismos vivientes nos encontramos continuamente expuestos a variaciones del campo geomagnético, cuando se perturba el entorno geomagnético, también puede dar lugar a un efecto directo o indirecto sobre la fisiología humana, incluso si se trata de una perturbación de poca magnitud (Palmer et al., 2006, Dimitrova et al., 2009; Dimitrova 2008). Ciertas patologías, particularmente las cardiovasculares, se encuentran asociadas a muchos factores, tanto externos como internos, por lo tanto no es sencillo revelar la influencia de un solo factor como desencadenante o agravante de la enfermedad (Dimitrova et al., 2009). Sin embargo, se han desarrollado numerosos estudios intentando hallar correlaciones entre este tipo de patologías, su tasa de mortalidad y la actividad solar y geomagnética. La mayoría de éstos se llevaron a cabo en latitudes altas y en el hemisferio norte. Ya que en varios casos se encontraron relaciones entre ambos fenómenos, es necesario continuar con estas investigaciones, ampliando las regiones y por lo tanto, las condiciones de observación.

En Uruguay, la mortalidad por afecciones cardiovasculares corresponde al 30% del total de defunciones, lo cual las coloca como primera causa de muerte, superando otras enfermedades como lo son el cáncer y las patologías respiratorias (Curto, 2011). Este hecho le da relevancia al estudio de cualquier factor que aparezca como influyente en la evolución de enfermedades de esta índole, a lo cual se le adicionan las condiciones especiales del campo geomagnético en la región: Uruguay se encuentra en el centro de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur, región donde los valores del campo magnético son muy bajos, lo que la convierte en una zona más vulnerable a los cambios en la actividad solar. Por lo que se puede considerar como un aporte valioso, el estudio del tipo de correlaciones antes mencionadas, tanto en el país como en la región.

## **Antecedentes:**

En la última década, se ha realizado un número creciente de estudios sobre los efectos de las variaciones en la actividad solar y geomagnética en la salud humana (Melnikov, 2010; Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009; Dimitrova et al., 2009; Papailiou et al., 2008; Stoilova y Dimitrova, 2008; Babayev y Allahverdiyeva, 2007; Breus et al., 2007; Cherry, 2002a,b). Se trata de un tema que genera mucha controversia, aún se enfrentan opiniones a favor y contra la existencia de correlaciones, y resultados que, incluso muchas veces, se contradicen de un trabajo a otro.

Feinleib et al. (1975) y Lipa et al. (1976), en Estados Unidos, no hallaron correlación entre actividad geomagnética y muertes debido enfermedades coronarias, y Knox et al. (1979), en Inglaterra, tampoco encontró una relación significativa entre actividad geomagnética y admisiones diarias en hospitales por infarto de miocardio (Apailiou et al., 2008). Sin embargo, en contraposición a lo recién mencionado, existe una amplia cantidad de investigaciones que arrojaron resultados positivos con respecto a la existencia de una relación entre actividad solar y geomagnética y la salud humana.

Düll y Dey (1935), hallaron correlaciones entre perturbaciones geomagnéticas y tasas crudas de mortalidad. (Düll y Düll, 1935; Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009). Novikova (1968), en Rusia y Kolodchenko (1969), en Ucrania, presentaron reportes de la aparición de una mayor cantidad de infartos de miocardio en días durante los cuales hubiera perturbaciones geomagnéticas importantes.

Así también, Malin y Srivastava (1979) encontraron, en India, una alta correlación entre el número de admisiones por emergencias cardíacas en hospitales y la intensidad de actividad geomagnética.

Otros análisis mostraron que el sistema cardiovascular, circulatorio y nervioso reaccionan a cambios en factores geofísicos (Kay 1994, Watanabe et al., 1994; Persinger y Richards, 1995; Gurfinkel et al., 1995;



Zhadin, 2001; Cornelissen et al., 2002, Papailiou et al., 2008), así como la existencia de una correlación entre la actividad geomagnética y la muerte súbita debido a infartos de miocardio (Breus et al., 2002). Estudios realizados entre los años 1992 y 2000, en La Habana, arrojaron como resultados que el aumento de la actividad geomagnética se acompaña por un aumento de infartos de miocardio, una baja en la variación de la frecuencia cardíaca, un aumento de la presión sanguínea, y aumento de arritmias cardíacas (Sierra et al., 1999; Rodríguez Taboada et al., 2004; Sierra Figueredo et al., 2005; Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009).

Por otro lado, un grupo de 30 personas fue estudiado, en el período del 4 a 24 de diciembre de 2006, en Atenas, encontrándose una correlación significativa entre el nivel de actividad de rayos cósmicos y variaciones en el ritmo cardíaco (Papailiou et al., 2008).

Una gran dificultad es la determinación de las características de la actividad solar y geomagnética que mayor incidencia tienen en la salud humana (Papailiou et al., 2008). Ejemplos de estos parámetros pueden ser el decaimiento de Forbush (el rápido decaimiento en la intensidad de los rayos cósmicos, que sigue una eyección de masa coronal), el número de manchas solares o los índices de tormentas geomagnéticas (índice K –que cuantifica las perturbaciones de la componente horizontal del campo magnético terrestre en un rango de 0 a 9; índice G: tormenta geomagnética de 1 a 5, índice Ap asociado a las tormentas solares, se obtiene de sacar la media de los ocho valores de ap para cada uno de los días).

En Villoresi et al. (1994, 1998); Ptitsyna et al., 1996 y Dorman et al. (1999, 2001) se señala que la decaimiento de Forbush constituye el indicador más sensible en la conexión entre perturbaciones geomagnéticas y parámetros de la salud, como la incidencia de enfermedades isquémicas del corazón.

Mendoza y Díaz Sandoval (2000, 2004) estudiaron los efectos de actividad solar y la incidencia en mortalidad por infarto de miocardio en México, en el periodo comprendido entre los años 1992 y 1996. Estos autores observaron la existencia de un aumento de la cantidad de infartos de miocardio luego de tener índice geomagnético Ap alto o durante días de decaimiento de Forbush.

Por otra parte, Cherry (2002a), encontró correlaciones lineales significativas, en un estudio realizado en Tailandia, entre tasas de mortalidad (en un período de diecinueve años) por cáncer de mama, suicidio, hipertensión y enfermedades cerebrovasculares, y cantidad de manchas solares.

### **Posibles mecanismos:**

Una de las claves que puede llegar a explicar cómo el número de manchas solares y los índices de actividad geomagnética se relacionan con efectos sobre la salud humana es el rol de la resonancia de Schumann, la que se encuentra fuertemente correlacionada con la actividad solar y la concentración de electrones en las capas más bajas de la ionósfera (Cherry, 2002a, b). La cavidad formada entre la superficie terrestre y la ionósfera se comporta como una guía cerrada de ondas, es decir que actúa como una cavidad resonante de ondas electromagnéticas para frecuencias extremadamente bajas (de 3 a 300 Hz). Esta cavidad es naturalmente excitada por las descargas eléctricas en la atmósfera. La frecuencia fundamental para la Resonancia de Schumann es 10.6 Hz., mientras que los primeros cuatro armónicos son 18.4, 26, 33.5 y 41.1 Hz. (Balser y Wagner, 1960; Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009).

Diferentes estudios mostraron una correlación entre la reducción de melatonina y el aumento de la actividad geomagnética (Bardasano et al., 1989; Rapoport et al., 1997, 1998, 2001; Weydahl et al., 2001; Cherry, 2002a).

El número de manchas solares (Cherry 2002a) es el factor con mayor correlación con la intensidad de la Resonancia de Schumann, entre varios otros (ej. índices geomagnéticos, anomalías en la temperatura media global, índice de oscilación del sur).

En Mikhailova y Mikhailov (2004), se señala que la intensidad del campo geomagnético es mayor en el rango de frecuencias de la Resonancia de Schumann, en comparación con otros rangos de frecuencia, durante períodos de actividad geomagnética alta (Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009).

La actividad solar y geomagnética induce cambios en la intensidad de la Resonancia de Schumann alterando los niveles de melatonina en humanos; lo cual ocurre debido a que la señal de Resonancia de Schumann se sincroniza con los patrones de frecuencias extremadamente bajas del cerebro y contribuye a la sincronización diaria del ritmo circadiano (Cherry, 2002a). El ritmo circadiano se encuentra asociado



con la secreción de melatonina, la cual, en caso de disminuir, puede ser asociada con numerosas enfermedades, entre otras las patologías cardiovasculares y el cáncer. De este modo queda planteada una relación entre actividad solar y geomagnética y enfermedades asociadas a variaciones en los niveles de melatonina en nuestros organismos.

Las variaciones en el campo geomagnético, y especialmente aquellas de baja frecuencias (menos de 100 Hz.) penetran fácilmente el tejido humano, influyendo los organismos vivos (Sotilova y Dimitrova 2007)

Kolsnik et al. (2005) propone que existe también otro resonador, entre la baja ionósfera y el máximo de concentración electrónica ionosférica, que comparte frecuencias con el sistema cardiovascular, el cual tiene una frecuencia fundamental entre 0.8 y 2.5 Hz. Estos autores hallaron una correlación significativa entre parámetros humanos y los resonadores naturales, durante el monitoreo de electrocardiogramas y encefalogramas (Mendoza y Sánchez de la Peña, 2009).

Además, existe un tipo pulsaciones geomagnéticas, denominadas de tipo pc1, que se encuentran en el rango de frecuencias que va de 0.2 a 5 Hz y surgen de la interacción entre el viento solar y la magnetósfera terrestre. El estudio de las pulsaciones pc1 es importante ya que se trata de un fenómeno regular del campo electromagnético terrestre y su rango de frecuencias y sus armónicos coinciden con los principales bioritmos humanos, lo que puede dar lugar a un efecto de resonancia entre los sistemas interactuantes. (Matveyeva E. T., Shchepetnov, 2007). Estos autores señalan que la generación de ondas electromagnéticas entre 0.2 y 5 Hz. es más favorable durante la fase de recuperación lenta de una tormenta geomagnética.

Según Breus et al. (2006), es probable que la ocurrencia de pulsaciones pc1 genere una reacción de stress en el estado del sistema cardiovascular.

Por lo tanto, podrían ser éstos otros eslabones en el relacionamiento entre factores heliogeomagnéticos y salud humana. De todas formas, se hace necesario estudiar con mayor profundidad estas conexiones antes de apresurar conclusiones.

### **Metodología:**

Se realizó un análisis exploratorio de la relación entre tasa de mortalidad para enfermedad isquémica cardíaca y número de manchas solares, y entre tasa de mortalidad para enfermedades del aparato circulatorio y número de manchas solares, en Uruguay.

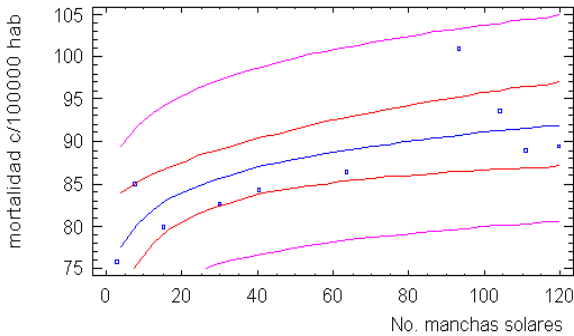
Los datos para las tasas de mortalidad, cada 100.000 habitantes, se obtuvieron de [www.cardiosalud.org](http://www.cardiosalud.org) (ver Curto, 2011). Estos datos corresponden a un período de 10 años, que va desde 1999 a 2008, abarcando prácticamente un ciclo completo de actividad solar.

Por otro lado, los promedios anuales de manchas solares se obtuvieron de <http://www.swpc.noaa.gov/>.

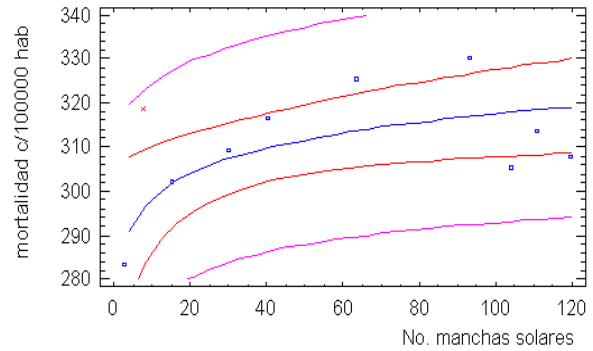
Para el análisis estadístico se aplicó un modelo potencial del tipo  $Y=aX^b$  (ver figuras 1 y 2), teniendo en cuenta que muchos modelos biológicos tienen este compartimiento, se halló el coeficiente de correlación para la función linealizada y el p-valor correspondiente, siempre trabajando a un nivel de significación del 5%.

### **Resultados y discusión:**

En las figuras 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos para relaciones entre mortalidad debida a enfermedades del aparato circulatorio (caso 1) y mortalidad por enfermedad isquémica del corazón (caso 2), y número de manchas solares, respectivamente.



**Figura 1** – Tasa de mortalidad cada 100 mil habitantes por enfermedad isquémica del corazón en función del número de manchas solares.



**Figura 2** – Tasa de mortalidad cada 100 mil habitantes por enfermedades del aparato circulatorio en función del número de manchas solares.

Para ambos estudios (caso 1 y caso 2) se obtuvo un buen ajuste para el modelo potencial (ANOVA p-valor=0.006 y 0.02 respectivamente).

En el caso de la mortalidad por enfermedad isquémica del corazón y su relación con el número de manchas solares se obtiene, para el modelo linealizado, un coeficiente de correlación de 0.79, y un p-valor igual a 0.018.

En el caso de la mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio y su relación con el número de manchas solares, se obtiene, para el modelo linealizado, un coeficiente de correlación de 0.75, y un p-valor igual a 0.01.

Del ajuste aplicado se observa una relación creciente entre muertes por enfermedad isquémica del corazón y número de manchas solares, y muertes por patologías del aparato circulatorio y cantidad de manchas solares. La pendiente es más pronunciada (la tasa de mortalidad aumenta más rápidamente) para valores menores de número de manchas solares y se vuelve menor para valores mayores.

### Conclusiones:

De los datos analizados se desprende, para relaciones entre mortalidad debida a enfermedades del aparato circulatorio y mortalidad por enfermedad isquémica del corazón, y número de manchas solares un buen ajuste para el modelo potencial (p-valor=0.006 y 0.02 respectivamente). En el caso de la mortalidad por enfermedad isquémica del corazón y su relación con el número de manchas solares se obtiene, un coeficiente de correlación de 0.79, y un p-valor igual a 0.018, para el modelo linealizado. En el caso de la mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio y su relación con el número de manchas solares, se obtiene, para el modelo linealizado, un coeficiente de correlación de 0.75, y un p-valor igual a 0.01.

Si bien los resultados obtenidos indican una asociación positiva entre la tasa de mortalidad para ambas patologías y el número de manchas solares, es evidente que no se puede atribuir este tipo de enfermedades solamente a factores relacionados con la actividad solar: existen numerosos factores que juegan un rol importante en el estudio de estos fenómenos, lo que no hace fácil poder aislar el efecto de una sola causa sobre ciertos aspectos de la salud humana. En el caso de las afecciones cardíacas se debería realizar un monitoreo diario paralelo a la observación de la actividad geomagnética.

Para ahondar más en la correlación entre efectos biológicos y factores heliogeofísicos es necesario desarrollar más este tipo de estudios, abarcando otras áreas de la salud, y estudiando las relaciones en diferentes lapsos.

### Referencias:

Babayev, E.S., Allahverdiyeva, A.A. 2007. Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies. *Advances in Space Research* 40: 1941-1951.



- Breus T. K., Ozheredov, V.A., Syutkina, E.V., Rogoza, A.N. 2007. Some aspects of the biological effects of space weather. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 70: 436-441.
- Cherry N., 2002a, Schumann Resonance and sunspot relations to human health effects in Thailand, Human Science Department, Lincoln University, Canterbury, New Zeland.
- Cherry, N.J., 2002b Schumann Resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of Solar/Geomagnetic Activity. *Natural Hazards* 26: 279-331.
- Cornelissen, G., Halberg, F., Breus, T. 2002. Non-photoc solar associations of heart rate variability and myocardial infraction. *J. Atmos. Solar Terr. Phys.* 64, 707–720.
- Curto S., 2011, Datos resumidos sobre Mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Uruguay, año 2008, Comisión honoraria para la salud cardiovascular 1(1) [www.cardiosalud.org](http://www.cardiosalud.org).
- Dimitrova, S., 2008. Different geomagnetic indices as an indicator for geo-effective solar storms and human physiological state. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 70(2-4), 420-427.
- Dimitrova, S., Mustafa, F.R., Stoilova, I., Babayev, E.S. and Kazimov, E.A. 2009. Possible influence of solar extreme events and related geomagnetic disturbances on human cardio-vascular state: results of collaborative Bulgarian-Azerbaijani studies. *Adv. Space Res.* 43, 641 – 648.
- Dorman, L.I., Iucci, N., Ptitsyna, N.G., et al. 1999. Cosmic ray Forbush decreases as indicators of space dangerous phenomena and possible use of cosmic ray data for their prediction. *Proc. 26th ICRC (Salt Lake)* 6, 476–479.
- Dorman, L.I, Iucci, N., Ptitsyna, N.G. and Villoresi, G. 2001. Cosmic ray as indicator of space weather influence on frequency of infract myocardial, brain strokes, car and train accidents. *Proc. 27th ICRC (Hamburg)* 3511 – 3514.
- Düll, T., Düll, B. Zusammenhänge zwischen Störungen des Erdmagnetismus und Häufungen von Todesfällen (relationship between perturbations of the geomagnetic field and death frequency). *Deutsch Med Wschr* 61, 95–97, 1935. Gurfinkel et al., 1995;
- Kay, R.W. 1994. Geomagnetic storm: associations with incidence of depression as measured by hospital admission. *Br. J. Psychiatry* 164(3): 403-409.
- Kolodchenko, V.P. 1969. The number of myocardial infarctions in Kiev and geomagnetic perturbations. *Solnechni Danni, Leningrad*, p. 107, 1969.,
- Malin, S.R.C., Srivastava, B.J. 1979. Correlation between heart attacks and magnetic activity. *Nature* 277, 646–648.
- Matveyeva E. T., Shchepetnov R. V., 2007. Temporal characteristics and medical aspects of Pc1 geomagnetic pulsations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 69: 1747-1752.
- Melnikov V. N., 2010, Heliogeophysical factors at time of death determine lifespan for people who die of cardiovascular diseases. *Advances in Space Research*, 46: 787-796.
- Mendoza B. & Sánchez de la Peña S. 2009. Solar activity and human health at middle and low geomagnetic latitudes in Central America. *Advances in Space Research*, 46: 449-459.
- Mendoza, B., Díaz-Sandoval, R. 2000. Relationship between solar activity and myocardial infarctions in Mexico City. *Geofisica Internacional* 39, 53–56.



Mendoza, B., Díaz-Sandoval, R. 2004. Effects of solar activity on myocardial infarction deaths in low geomagnetic latitude regions. *Nat. Hazards* 32, 25–36.

Mikhailovich S. et al., 2004, Magnetic storm effect on the circulation of rabbits, Elsevier SAS.

NOAA/NGDC & CIRES en <http://ngdc.noaa.gov>.

Novikova, K.F. 1968. The effect of solar activity on the development of myocardial infarction and mortality resulting therefrom. *Kardiologia* 4, 109.

Palmer, S.J., Rycroft, M.J., Cermack, M. 2006. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surv. Geophys.* 27: 557-595.

Papailiou, M., Mavromichalaki, H., Vassilaki, A., Kelesidis, K.M., Mertzanos, G.A., Petropoulos, B. 2008, Cosmic ray variations of solar origin in relation to human physiological state during the December 2006 solar extreme events. *Advances in Space Research*, 43: 523-529.

Persinger, M.A., Richards, P.M. 1995. Vestibular experiences of humans during brief periods of partial sensory deprivation are enhanced when daily geomagnetic activity exceeds 15–20 nT. *Neurosci. Lett.* 194 (1–2), 69–72.

Ptitsyna, N.G., Villorosi, G., Kopytenko, Y.A. 1996. Coronary heart diseases: an assessment of risk associated with work exposure to ultra low frequency magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 17, 436–444,

Rodríguez-Taboada, R.E., Sierra-Figueroa, P., Sierra-Figueroa, S. 2004. Geomagnetic activity related to acute myocardial infarctions: relationships in a reduced population and time interval. *Geofísica Internacional* 43, 265–270.

Sierra-Figueroa, P., Rodríguez-Taboada, R., Sierra-Figueroa, S., Agramonte-Pereira, S., Pérez-Assef, A., Remuñan-Boue, C., Alcalde-Mustelier, G., Morejón-Chávez, J., Rivero-Martín, H.B. 2005. Frecuencia de morbilidad por infarto agudo del miocardio y su relación con las tormentas solares y geomagnéticas (frequency of the morbidity of acute myocardial infarctions and its relation with solar and geomagnetic storms). *Primera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias la Habana*, 5–8 April, 2005.

Stoilova I., Dimitrova S., 2007. Geophysical and human health and behavior. *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 70, 428–435.

Villorosi, G., Kopytenko, Y.A., Ptitsyana, N.G., et al. 1994. The influence of geomagnetic storms and man-made magnetic field disturbances on the incidence of myocardial infarction in St. Petersburg (Russia). *Phys. Med.* 10, 107–117.

Villorosi, G., Ptitsyana, N.G., Tyasto, M.I., et al. 1998. Myocardial infarct and geomagnetic disturbances: analyses of data on morbidity and mortality. *Biofizika* 43, 623–631.

Watanabe, Y., Hillman, D.C., Otsuka, K., et al. 1994. Cross-spectral coherence between geomagnetic disturbance and human cardiovascular variables at non-societal frequencies. *Chronobiologia* 21 (3–4), 265–272.

Zhadin, M.N. 2001. Review of Russian literature on biological action of DC and low-frequency AC magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 22, 27–45.