



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



IBERO-AMERICAN PROGRAMME FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT  
IBERO-AMERICAN NETWORK OF BIOECONOMICS AND CLMATE CHANGE



### 3.3 Solar Activity Solar, Agricultural Activity and Climate. Possible links.

Pablo Sierra Figueredo, Ing. \*, Marcio Baca, Ing. †

#### Abstract

In brief resume we show some background and the actual estate of the knowledge about the cosmic influence and particular the solar activity (SA) with the land climate. It shows a panoramic and complex for this controverted theme, we analyses some characteristic of major impact, so we make a selection of national and international results published or presented in events.

**Jel Classification:** Q:40; Q:54; Q:50; Q:57;

**Keywords:** Solar Activity, Spacial Climate, Heliobiology, Climate and Biosphere, Schumann Resonances.

\* Instituto de Geofísica y Astronomía, AMA, CITMA. Email: sierrafp@gmail.com Teléfono: 00 (537)2714331.

† Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER. Email: marcio.baca@met.ineter.gob.ni Teléfono: 505 22492755.





**PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO  
RED IBEROAMERICANA DE BIOECONOMÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO**



### **3.3 Actividad Solar, Clima y Productividad Agrícola. Posibles Vínculos**

Pablo Sierra Figueredo, Ing. <sup>‡</sup>, Marcio Baca, Ing. <sup>§</sup>

#### **Resumen**

En apretada síntesis presentamos algunos antecedentes y el estado actual del conocimiento en cuanto a la influencia cósmica y en particular la Actividad Solar (AS) en el clima terrestre. Mostramos una panorámica de este controvertido y complejo tema, analizando algunos de los aspectos que consideramos de mayor impacto, así como una selección de resultados nacionales y foráneos publicados y/o presentados en eventos.

**Jel Classification:** Q:40; Q:54; Q:50; Q:57;

**Palabras claves:** Actividad Solar, Clima Espacial, Heliobiología, Clima y Biosfera, Resonancia Schumann.

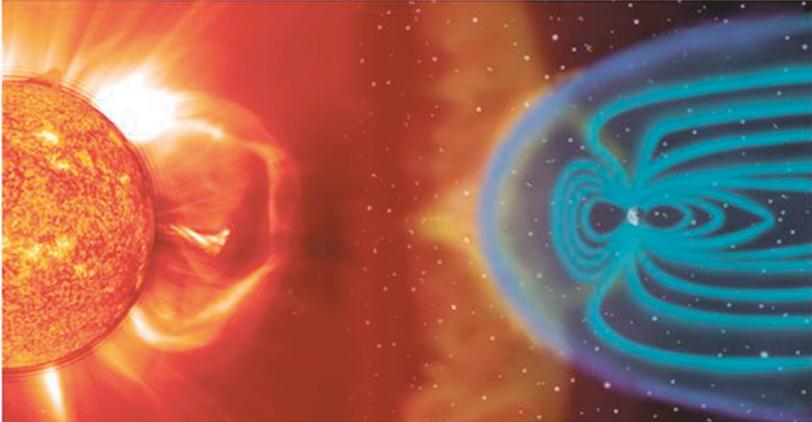
<sup>‡</sup> Instituto de Geofísica y Astronomía, AMA, CITMA. Email: sierrafp@gmail.com Teléfono: 00 (537)2714331.

<sup>§</sup> Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER. Email: marcio.baca@met.ineter.gob.ni Teléfono: 505 22492755.



### Antecedentes y estado actual.

Generalmente, cuando es tratado el tema del Clima y el Medio Ambienteterrestre, se obvia tener en cuenta la importante influencia del Clima Espacial en que se desplaza el planeta en su órbita alrededor del Sol y cuando más, se cita el fenómeno obvio de los ciclos estacionales (conocidos desde la antigüedad) y los efectos de la radiación UV e IR.



### RELACIÓN SOL - TIERRA

Nuestro planeta se encuentra constantemente sometido a diferentes factores físicos del medio interplanetario, en primer lugar tenemos las tensiones (deformaciones) mecánicas cíclicas imprimidas por la cambiante fuerza gravitacional como consecuencia de su movimiento elíptico alrededor del Sol, así como por la atracción gravitacional de la Luna, nuestro satélite natural. Como consecuencia de ello presenciamos diariamente el fenómeno de las mareas (dos mareas altas y dos mareas bajas cada día) (Fig. 1). Es de esperar, y así está comprobado (Hernández B. et al 1989; Alexander Lopeztegui et al 2011), que dicho fenómeno tiene un impacto importante en numerosas especies tanto costeras como marinas, las cuales viven sometidas a ese interminable ciclo que les impone hábitos y comportamientos desde los albores de su existencia, lo cual, entre otros factores, ha creado los actuales ecosistemas tal como los conocemos (Cook, E.R et al, 1997). No solamente en la vida marina y costera es perceptible este fenómeno, también lo es en lagos y mares interiores, y aún más, lo es también en la vida de tierra firme, en la flora y la fauna, todo lo cual trae como consecuencia una serie de fenómenos que en la mayoría de los

casos son ignorados o al menos poco tenidos en cuenta por la Ciencia y sólo se conocen anecdóticamente como parte de la cultura y costumbres, sobre todo de las comunidades no urbanas, donde la vida de las mismas depende mucho de la observación y de las tradiciones heredadas de sus antepasados. Son buenos ejemplos de ello las “creencias” en cuanto a los buenos y malos momentos para la pesca, la poda, tala de árboles maderables, siembra y cosechas.

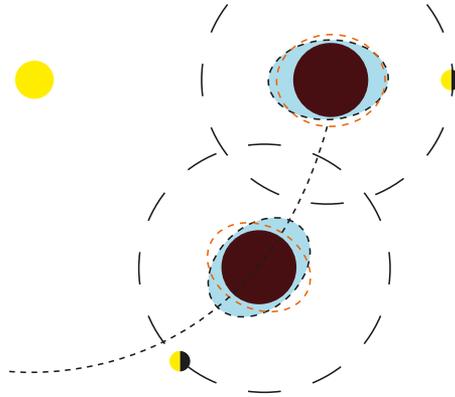


Fig. 1 Ilustración del efecto de las mareas.

El más conocido, evidente y de gran impacto agente físico proveniente del cosmos es la luz y el calor (ambos también componentes del espectro electromagnético) (Fig. 2) que nos llega del Sol, todo con un ritmo diario (circadiano) y estacional muy exacto y que a modo de reloj regula el curso de la vida en el planeta. El metabolismo, en muchos aspectos y en todas sus formas, se rige rigurosamente por dichos ritmos, que por lo demás dependen de la latitud geográfica. Los mecanismos involucrados en estos fenómenos son ya bastante conocidos por la ciencia, sin embargo aún hay detalles en ellos que requieren profundas investigaciones, sobre todo el papel de la glándula pineal en los mamíferos y la melatonina como agentes de regulación no sólo de los niveles de “luz y oscuridad” sino también de los niveles de señales de frecuencias electromagnéticas extremadamente bajas (ELF) (Piccardi G. 1971; Mikhailova G.A 2011). Este es un tema de mucha actualidad y sobre el que se están publicando numerosos resultados de gran novedad (Cherry N., 2002).

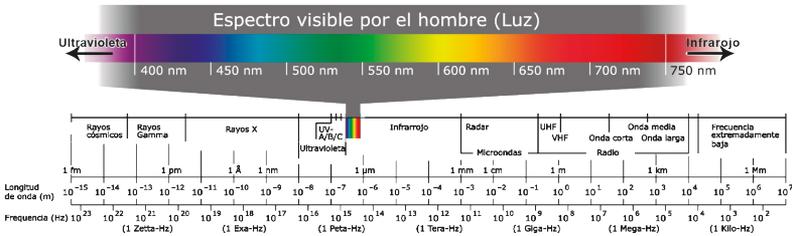


Fig. 2 Espectro electromagnético en toda su amplitud.

Hasta hace algunas décadas se tenía como cierto de que la “constante solar” era constante, sin embargo, a partir de investigaciones llevadas a cabo con instrumentos de mayor precisión y luego de detallada elaboración de los datos de la irradiancia solar, se encontró que realmente la llamada “constante solar” oscilaba según el ciclo undecenal de la actividad solar en el orden de fracciones de por ciento, todo lo cual implicó cambio en las hipótesis existentes hasta entonces en cuanto a la variabilidad del clima y su relación con la “constante solar” (Lean J. Beer J., Bradley R. 1995; A WorkshopReport, 2012). En la Fig. 3 se muestra un resultado donde se evidencia la variabilidad de la irradiancia total en el tiempo, siguiendo el ciclo de 11 años de la Actividad Solar.

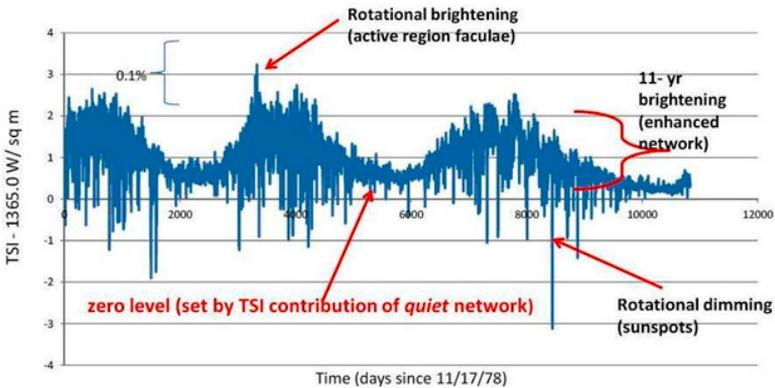


Fig. 3. Variabilidad de la Irradiancia Solar Total medida radiométricamente.

La ciclicidad de la Actividad Solar no sólo se evidencia en el Número de Wolf (W), índice que refleja el número de manchas y su área total diariamente, sino también en numerosas variables solares, siguiendo

todas ellas un comportamiento semejante. Cuando el Sol está en calma, en sentido general hay pocas manchas, pocas fáculas, escasa eyección de masa coronal y la velocidad del viento solar es baja, lo cual no significa que no se produzcan eventualmente esporádicos y súbitos eventos aún en las temporadas de menor actividad. Otros ciclos de la AS se evidencian también aunque con menor grado que el de 10-12 años, lo cual se puede observar en la serie histórica mostrada en la Fig. 4, en la que es posible también observar el llamado “Mínimo de Maunder” (1650-1710) cuando más de medio siglo el Sol estuvo en perfecta calma, sin manchas y a lo que algunos autores asocian la pequeña glaciación ocurrida en ese entorno histórico (A Workshop Report, 2012).

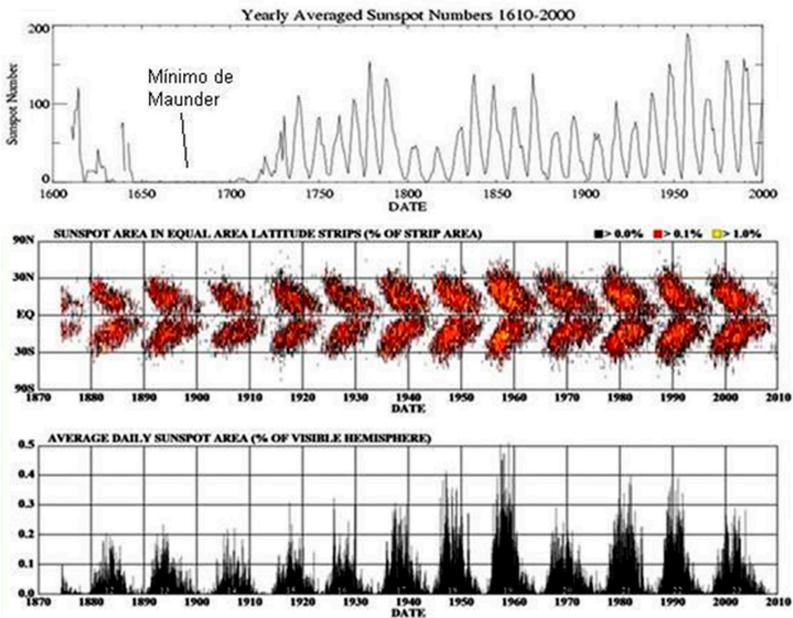


Fig. 4.Ciclicidad de la Actividad Solar: Gráfico superior. Serie histórica del Número de Manchas solares. Gráfico medio: Gráfico de “Mariposa”, muestra el comportamiento de la abundancia de manchas por su distribución en la latitud solar y en el tiempo.Gráfico inferior: Promedio diario del área total de manchas en el disco visible del Sol desde 1870.

Otro factor físico del medio ambiente en que navega nuestro planeta es el electromagnético en todo su espectro, incluyendo la radiación X y Gamma, todos ellos provenientes principalmente del Sol, pero también

del fondo cósmico galáctico y extra-galáctico. Este aspecto del medio ambiente cósmico rara vez es mencionado ni reconocido cuando son tratados estos temas, y todo porque no son agentes perceptibles por nuestros sentidos, por lo cual pasan inadvertidos, a pesar de publicarse anualmente numerosos trabajos que ofrecen los resultados de importantes investigaciones realizadas por prestigiosos científicos de numerosos países (Fiedhelm Steinhilber et al, 2012; Rhawn Joseph, 2010; Chizhevski A.L, 1940)). Los campos geomagnéticos (tanto el campo magnético terrestre permanente, como los generados en la magnetosfera como consecuencia del impacto de la Actividad Solar) dentro de los cuales hemos evolucionado y en los que vivimos son otro agente de enorme importancia para la vida, su sostenibilidad y desarrollo, como lo muestran numerosos trabajos que pueden ser consultados en la extensa bibliografía disponible (DimitraAtri, 2012; T. Sloan 2013; Taboada R. et al 2004)

El permanente y variable flujo de partículas cargadas de alta y baja energía proveniente del fondo cósmico y del Sol es otro factor físico al que está sometido nuestro planeta, en primer lugar su alta atmósfera y también todos los seres vivos. T. Sloan (2013) presenta en sus resultados una interesante hipótesis del intercambio energético entre los rayos cósmicos y la atmósfera terrestre, lo cual pudiera explicar al menos una parte del fenómeno que nos ocupa. Su impacto en el curso de la vida es obviamente de importancia, jugando un papel preponderante en la evolución de las especies, sobre todo en lo referente a las mutaciones responsables de dicha evolución. Variaciones súbitas de este flujo como consecuencia de la explosión de Supernovas (estrellas nuevas) en las cercanías cósmicas de la Tierra, así como mega explosiones en el Sol, sin duda que han jugado un papel importante en la aparición y desarrollo de la vida en el planeta. En un interesante trabajo, S.V. Avakyan y otros (2010), presentan un cuadro donde proponen un modelo donde muestran los posibles vínculos comprometidos en la relación Actividad Solar y el clima terrestre (Fig. 5)

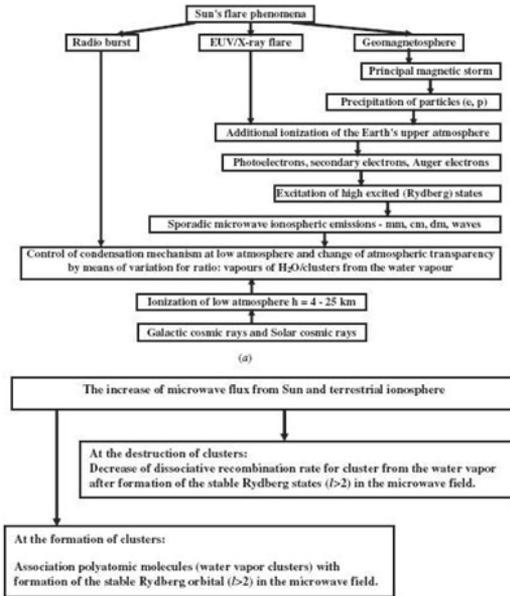


Fig. 5 Diagrama propuesto por Avakyan y otros para explicar la hipótesis sobre intercambio energético Sol-Tierra.

De manera que consideramos importante, cuando vamos a tratar el aspecto de la sobrevivencia de nuestro planeta, tener muy en cuenta el medio en que el mismo viaja, ya que sin dudas éste impone sus rigurosas leyes y ritmos a todo cuanto ocurre por debajo de la magnetósfera y de la atmósfera que lo protegen. Dicha atmósfera está sometida al impacto de todos estos elementos y en consecuencia reacciona a los mismos produciéndose seguramente cambios en su comportamiento, esto es, se producen fenómenos atmosféricos inesperados a diferentes escalas en el planeta y para los cuales en muchas ocasiones no se encuentran explicaciones convincentes basados en los modelos existentes.

Numerosos autores han publicado resultados que muestran el ya indiscutible impacto de la Actividad Solar en el clima terrestre (E. Friis-Christensen y K. Lassen, 1991; Sofia S. 1985; Silvia Duhau, 2011; S.V. Avakyan et al 2010; Andreas Prokoph et al. 2012), lo cual si bien en algunos casos no es aún clara la forma en que ello ocurre ni la magnitud de los mismos, si existen hipótesis que explican al menos algunos de los efectos

encontrados. En el interesante trabajo titulado “Actividad Solar y Cambio Climático” su autora plantea que: “La actividad solar afecta la temperatura atmosférica. Lo que está en disputa en algunos círculos científicos es la magnitud del impacto” (Duhau S. 2011), con lo cual estamos plenamente de acuerdo. A esto habría que agregar que dichos efectos son diferentes según la latitud geográfica y localidades, en lo cual, sin dudas tiene mucho que ver las anomalías geomagnéticas regionales y otros fenómenos climáticos globales.

Virtualmente vivimos en la atmósfera solar, por lo que, cuando en las inmediaciones del Sol ocurren los fenómenos eruptivos y la eyección de masa coronal (CME por sus siglas en inglés Coronal Mass Ejection), entre otros muchos, es lanzado hacia dicha atmósfera (la Corona solar y su extensión), siguiendo rutas trazadas por el campo magnético propio de nuestra estrella, enormes cantidades de partículas ionizadas de alta energía (plasma solar, viento solar), que viajan a velocidades tales que, de cruzarse con la órbita terrestre nos alcanzan en un período que puede ir entre uno a tres y cuatro días y que al impactar a la Magnetósfera terrestre, coraza magnética que envuelve a nuestro planeta, se crea en ella una cadena de fenómenos que repercuten rápidamente en todo el planeta, apareciendo las conocidas auroras polares, las tormentas geomagnéticas e ionosféricas y las micropulsaciones, entre otros fenómenos, todo lo cual se refleja tanto en la tecnología electrónica, las comunicaciones, la transmisión de energía eléctrica y en numerosos procesos de la biosfera, así como en diferentes parámetros climáticos. La intensidad y duración de estos fenómenos es, en general, proporcional a la intensidad del viento solar, su densidad y otros parámetros relacionados.

E. Friis-Christensen y K. Lassen (1991), muestran en los resultados de su trabajo, realizado con las series históricas de manchas solares, cómo la anomalía de temperatura correlaciona con la duración de los ciclos de actividad solar (Fig.6).

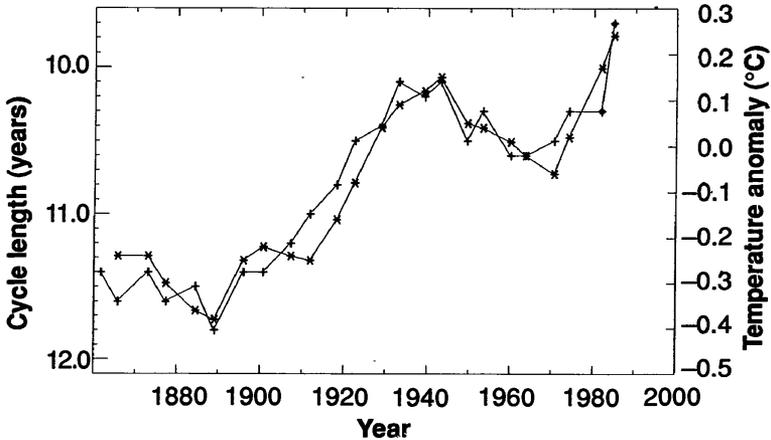


Fig.6 Correlación entre la duración de los ciclos undecenales de la AS (+) y la Anomalía de Temperatura del hemisferio norte (\*).

Una muestra de la literatura actual consultada es suficiente para convencernos de los nexos existentes y comentados más arriba, entre el Clima Cósmico (que incluye también el arribo a la Tierra de rayos cósmicos galácticos y el efecto Marea producido por la Luna) y el Clima terrestre, el cual rige además el rendimiento de las cosechas, la productividad agrícola en general y otra serie de factores relacionados con esto último.

Entre los trabajos presentados en el Workshop “The Effects of Solar Variability on Earth’s Climate” (2012)) se muestra el resultado de una interesante investigación histórica del comportamiento de la temperatura en el hemisferio norte en relación con la Actividad Solar (Fig. 7). Consideramos que es importante la revisión completa de los trabajos presentados en el citado encuentro.

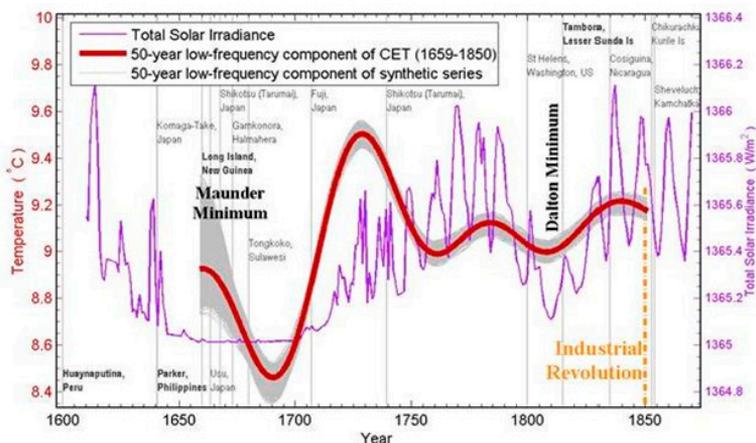


Fig.7 Resultado del análisis de series históricas de Irradiancia Total y temperatura en el hemisferio norte del planeta. Se observa el impacto que al parecer provocó el Mínimo de Maunder en el clima.

Hay un importante aspecto en todo este complejo de fenómenos Sol-Tierra que no podemos dejar de mencionar aunque sea muy brevemente; se trata de la no muy conocida Resonancia Schumann (RS), íntimamente vinculada con la AS, el Clima y la Biota en general (Colin Price 2008; Robert C., Balling JrI, Mark, Hildebrandt, 2000) y por tanto con todo lo relacionado con la calidad de vida humana.

La cavidad física formada entre la superficie terrestre y la Ionosfera del planeta constituye una “cavidad resonante”, cuyas propiedades están definidas por su geometría y por los elementos distribuidos en sus fronteras y su seno, esto es, la atmósfera terrestre. El Físico alemán Otto Schumann en el año 1952 planteó la hipótesis y realizó los cálculos correspondientes que afirmaban que en dicha cavidad debía propagarse una señal de frecuencia extremadamente baja ELF (por sus siglas en inglés “extremely low frequency) del orden de los 10 Hz y sus armónicos. Seguidamente otros investigadores se dieron a la tarea de comprobar dicha hipótesis, encontrando que efectivamente esa señal estaba siempre presente, y que la frecuencia típica del modo principal resultó ser de 7,8 Hz y un ancho de banda de unos 0,6Hz. Desde los inicios de este descubrimiento se planteó y comprobó que dicha señal se originaba por la excitación provocada por las descargas eléctricas atmosféricas (rayos), las que como es sabido

ocurren alrededor de todo el planeta según una distribución espacial y temporal. Dichas descargas generan oscilaciones electromagnéticas en un amplio espectro de frecuencias, pero perduran sólo las que “resuenan” con la cavidad descrita arriba, las demás se atenúan rápidamente. La intensidad y abundancia de dichas descargas está en dependencia de las condiciones atmosféricas en cada localidad, por lo cual, al medir la RS estamos presenciando en tiempo real dicho estado, por lo que la misma viene a constituir como un termómetro global del planeta (Williams E.E, 1992; M. Sekiguchil, M. Hayakawa, A.P. Nickolaenko, Y. Hobara, 2006). Todo esto se obtiene con el registro constante de dicha señal y con el análisis de la misma y con su espectro detallado se miden las variaciones de sus parámetros (amplitud, frecuencia, factor Q, polarización, entre otras) con lo que se infiere el estado global del clima (A.V Shvets et al, 2010; Earle Williams and Eugene Mareev 2013). Ahora bien, numerosas investigaciones también muestran cómo la AS modifica los parámetros de la RS a partir de su impacto en la atmósfera terrestre, de modo que esta señal también permite medir la magnitud de dicho impacto. Como es posible deducir, es un fenómeno muy complejo y de difícil medición. Hay ya numerosas estaciones de monitoreo de esta señal, sobre todo en Europa, Asia y Norteamérica y ya hay una instalada recientemente y funcionando en México con nuestra colaboración; en Cuba tendremos una funcionando en los próximos meses. Con el empleo de dichas estaciones, sobre todo trabajando en redes regionales se puede tener un control en tiempo real del comportamiento del clima (Colin Price, 2008; NickolaenkoA, Rabinowicz 1995). Numerosos reportes de recientes investigaciones que muestran la relación entre la Resonancia Schumann y diferentes procesos climáticos pueden ser consultados (Heng Yang and Victor P. Pasko 2007; D.K. Haldar and S.S. De. 2011). Hay otros aspectos de gran interés de aplicación en este tema pero que se salen de lo tratado en el presente trabajo.

El carácter global de este fenómeno es la base de su amplia aplicabilidad, lo cual se muestra en el siguiente gráfico (Fig. 8) (D. K. Haldar, and S. S. De, 2011)

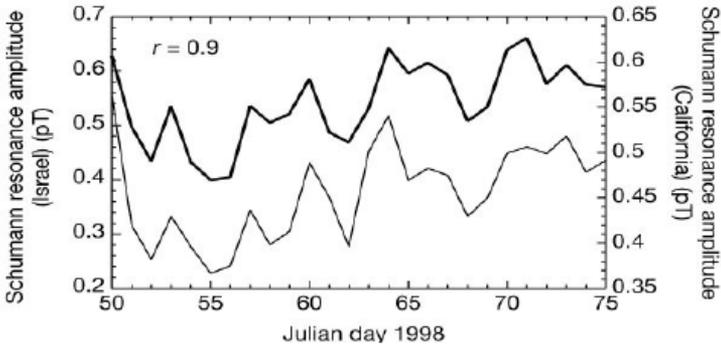


Fig.8 Muestra de la variabilidad de la RS en puntos geográficamente distantes y su correlación.

En un interesante trabajo referido más debajo de Cahit Canbay (2013) se puede apreciar el alcance de este fenómeno.

Desde hace varias décadas venimos insistiendo en que se tome en cuenta estos fenómenos con el fin de llevarlos a la práctica con una mejor planificación de los esfuerzos productivos, acorde con los bien conocidos Ciclos de Actividad Solar, sobre todo el ciclo undecenal (fluctúa entre los 10 y 12 años), y el ciclo magnético propio del Sol que es de 22 años aproximadamente, los cuales se pronostican con bastante certeza en cuanto a su duración e intensidad.

En numerosos procesos de la biosfera, incluyendo el comportamiento en el tiempo de importantes rubros productivos, aparece reflejado el ciclo llamado undecenal de la AS. En primer lugar el grueso de los anillos de crecimiento de los árboles, lo cual ha servido para investigaciones de tipo paleo climática y que a la vez fue el primer indicio que mostraba el reflejo de dichos ciclos naturales en la biosfera terrestre. No está de más señalar que la ciclicidad de la AS fue descubierta en asociación con las fluctuaciones de largo período que se detectó en el siglo IXX en la Bolsa de Londres. Estudiosos del tema detectaron que el precio del trigo fluctuaba con períodos de 10 a 11 años en promedio, para lo cual no se encontraba ninguna razón natural o social que lo explicara, hasta que se encontró su sincronismo con la AS. De modo que desde sus inicios, la hoy muy conocida Actividad Solar estuvo asociada con la producción de alimentos (Lev Pustilnik, Gregory Yom Din, 2013). Como ejemplos de fenómenos cíclicos en

la biosfera quizás asociados al ritmo impuesto por el Sol, presentamos dos ejemplos. La Fig. 9 muestra el comportamiento de la población ganadera de los EEUU durante casi 100 años, en la misma podemos observar un ciclo de aproximadamente 10,5 años, mientras que en la Fig. 10 se muestra el comportamiento cíclico sincrónico de la abundancia de linces y liebres en Canadá. En este caso se infiere la dependencia ecológica entre estas especies, que son eslabones de una cadena biológica, pero se presenta la interrogante de ¿Qué factor externo impone a esa cadena la ciclicidad de 11 años?

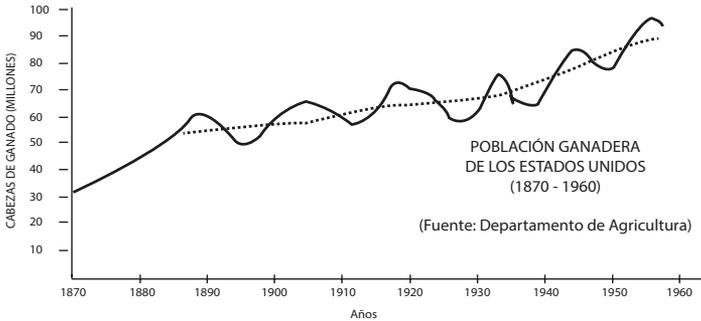


Fig. 9 Población ganadera de los EEUU entre 1870 y 1968.

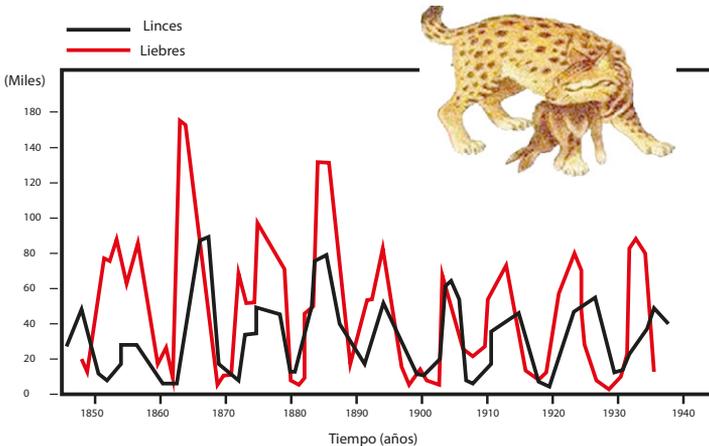


Fig. 10 Comportamiento de la abundancia de liebres y linces de las nieves en el norte de Canadá.

En Cuba, desde la década de los años 70 se han realizado algunas investigaciones exploratorias con el propósito de corroborar la medida en que los efectos de la Actividad Solar y Geomagnética se hacen patentes, ya que hasta esos momentos todas las investigaciones, realizadas y reportadas en la literatura, habían sido llevadas a cabo en altas latitudes geográficas, donde es conocido que dichos efectos se presentan con mayor intensidad y frecuencia.

Entre otros, se realizó un primer trabajo retrospectivo dirigido a explorar si la Actividad Solar incidía en la morbilidad por infarto agudo del miocardio. Se encontró que dos días después de un incremento de la Actividad Geomagnética (consecuencia de la Actividad Solar) ocurría un aumento en la morbilidad por infarto agudo del miocardio. Posteriormente y hasta la fecha de hoy se han llevado a cabo varios trabajos de esta índole, cuyos resultados han sido publicados (Sierra F.P., Sierra S., Rodríguez R., Pérez A. 1999) pero que no mostramos en el presente trabajo por no estar relacionados directamente con la temática aquí abordada.

En esa misma época se llevó a cabo una investigación que pretendía encontrar el posible vínculo de la AS con la producción de azúcar de caña en Cuba. Los resultados de esta última exploración fueron presentados en diferentes eventos científicos pero al no ser concluyentes no se continuó dicha línea de trabajo. Años más tarde, en colaboración con el Instituto de Investigaciones Apícolas, del MinAgri, llevamos a cabo una investigación sobre el comportamiento de la producción de miel de abejas en todo el país (sector estatal y privado de forma independiente) para un período de más de 20 años. En este caso pudimos mostrar que dicha producción correlaciona con la AS, (a un aumento de las tormentas solares o geomagnéticas le sigue un incrementonotable de la producción melífera y viceversa) representada en este caso por la Actividad Geomagnética. Los resultados fueron expuestos en varios eventos científicos en Cuba y en el extranjero. La principal conclusión del mismo que si se tiene en cuenta estos resultados y se planifican los esfuerzos productivos acorde con las fluctuaciones (pronosticables) de la producción, vinculada a los ciclos de la AS, se debe obtener un incremento sensible en el rendimiento productivo (Pérez A., Sierra P., 1993). La Fig. 11 muestra el gráfico más representativo de los resultados obtenidos en dicha investigación y en la Fig. 12 se muestra una propuesta de las posibles vías de la influencia investigada.

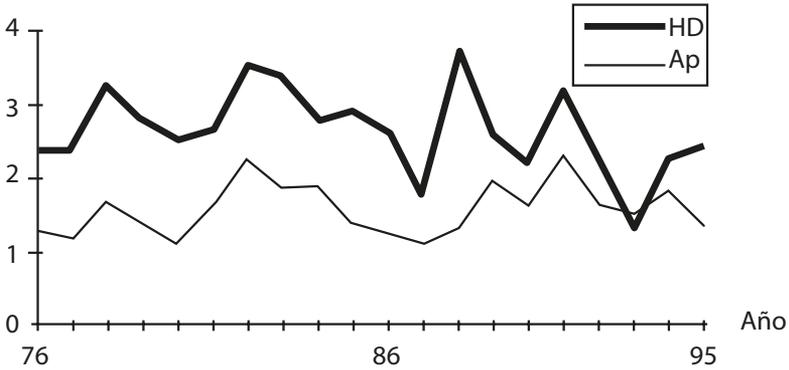


Fig.11 Comportamiento de la producción melífera en Cuba para el período mostrado, en relación con el comportamiento geomagnético.

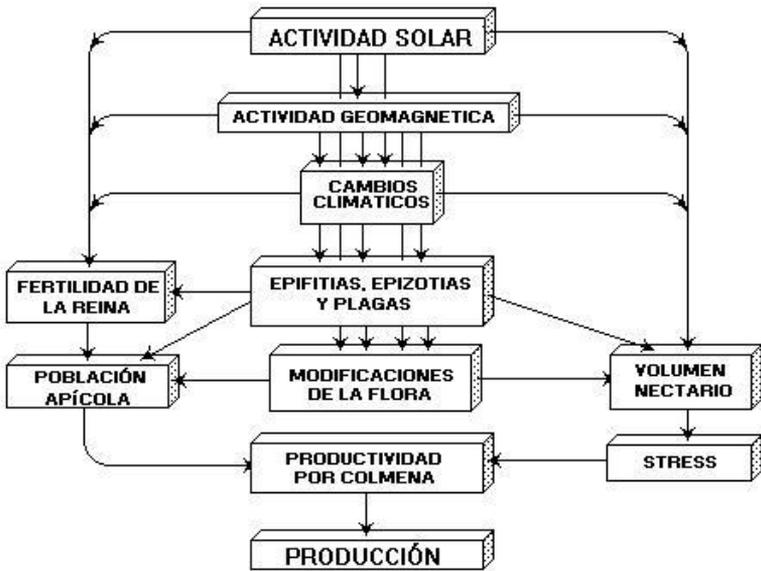


Fig. 12 Hipótesis de las posibles vías o mecanismos mediante los cuales se relacionan los parámetros estudiados.

Otros investigadores de nuestro Dpto. de Astronomía, en colaboración con investigadores de Meteorología, llevaron a cabo, como parte de proyectos de investigación vinculados a Meteorología y Clima, investigaciones dirigidas a explorar el impacto de la AS en variables meteorológicas y climáticas en Cuba y su vecindad (temperatura, humedad, presencia de huracanes, la aparición del Niño), trabajos estos que pueden ser consultados a partir de los informes finales de dichos proyectos y las publicaciones originadas en los mismos (Pérez Doval J. et al).

Un aporte, de carácter exploratorio fue llevado a cabo con el fin de investigar el comportamiento del régimen de lluvias en regiones del país relacionadas con la explotación industrial de los recursos pesqueros (Hernández B., Usatorres R., Sierra P. 1991). Los resultados de esta exploración muestran una correlación significativa (0,67) entre la actividad solar y los volúmenes de lluvias en algunas regiones, mientras que en otra dicha correlación no resultó significativa. Obviamente que dichos resultados requieren su confirmación utilizando un volumen mayor de datos.

En cuanto a lo relacionado con la “actividad microbiana” en general (plagas, epidemias, epizootias, epifitas), tema muy relacionado con la agricultura y la producción de alimentos, sobre el cual existen numerosas publicaciones a nivel mundial, pero en altas latitudes geográficas, nos propusimos llevar a cabo una investigación dirigida a esclarecer en algo los mecanismos responsables de estos vínculos que ya se ha demostrado que existen (Lev Pustilnik, Gregory YomDin; 2013, Gumarova, G. et al 2013). La Fig. 13 muestra el resultado de una investigación de autores rusos en la que se encontró una interesante asociación entre el índice de Wolf y el número de casos de Tifus reportados en Moscú durante 40 años.

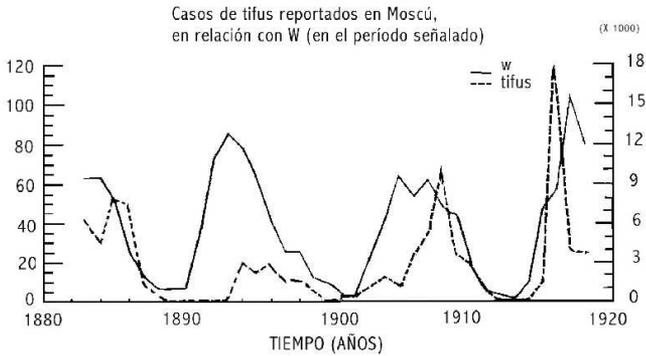


Fig. 13 Asociación entre el número de Wolf y los casos de Tifus reportados en Moscú durante 40 años.

Cuando se hacen estas investigaciones, tomando como base a organismos vivos (plantas, animales o humanos), queda la incertidumbre de si el efecto ocurre por incremento en la actividad microbiana o por un debilitamiento de los sistemas de defensa de los portadores que resultan infectados, o por ambos. Para ello llevamos a cabo una investigación utilizando los datos de más de dos décadas de producción de dos establecimientos fabriles de la industria farmacéutica de Cuba, donde se produce, entre otros renglones, las Soluciones Parenterales de Gran Volumen (sueros fisiológicos) (Sierra F.P et al. 1999) La investigación arrojó un resultado de gran interés ya que como norma de buenas prácticas, en dichos establecimientos se toman las extremas medidas de esterilización y control para evitar contaminación de los productos durante el proceso de producción, de modo que, estadísticamente hablando, si se observan fluctuaciones notables en la tasa de lotes contaminados, es de esperar que algún agente externo esté influyendo para que ello ocurra, y se descartan variables como la temperatura y humedad, por estar las mismas controladas en el proceso. De modo que encontramos que las fluctuaciones del % de lotes contaminados, del orden de semanas y meses, sincronizó muy bien con las variaciones registradas de la Actividad Geomagnética (Fig. 14). O sea, que de alguna manera, las variables electromagnéticas naturales modulan la actividad microbiana, cuyas manifestaciones naturales las observamos como brotes de enfermedades y sus síntomas, tanto en el mundo vegetal como en el animal. Obviamente que no se descarta que ocurran otros efectos coadyuvantes dentro de este complejo mundo de la relación del electromagnetismo con los procesos de la microbiana.

	WOLF	DESTELLOS	Ap
ESTABLECIMIENTO 1	0.79	0.82	0.53
ESTABLECIMIENTO 2	0.70	0.64	0.57

Fig. 14 Coeficientes de correlación entre varias variables helio-geomagnéticas y la tasa de contaminación de sueros fisiológicos (Ap es un índice geomagnético que caracteriza el grado de perturbación geomagnética cada tres horas).

En colaboración con el Instituto de Investigaciones Pesqueras, del Ministerio de la Pesca, llevamos a cabo un voluminoso trabajo exploratorio donde se analizó estadísticamente el rendimiento pesquero de varias especies (de plataforma y del alto) para un período superior a los 20 años (Sierra F.P. et al 1999). Los resultados mostraron un sincronismo entre la productividad para varias especies con los ciclos de la Actividad Solar, utilizando variables solares y geomagnéticas. Se encontró diferente comportamiento entre las especies del alto y las de plataforma en cuanto a su relación con la AS, lo cual no sorprende si tenemos en cuenta las grandes diferencias entre estos medios marinos y su respuesta a factores externos (Fig. 15 y 16). Este trabajo muestra cómo es posible aprovechar estos resultados dirigiendo el esfuerzo pesquero hacia las temporadas en que ocurre un incremento del volumen de pesca, con lo cual la eficiencia será mayor que si se dirige a períodos que se pueden pronosticar como de baja productividad.

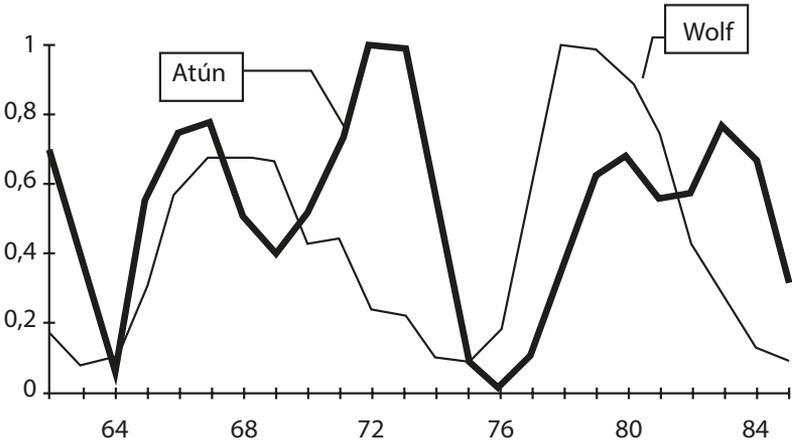


Fig. 15 Comportamiento en el volumen de captura del Atún en Cuba para el período mostrado, en relación con el número de Wolf.

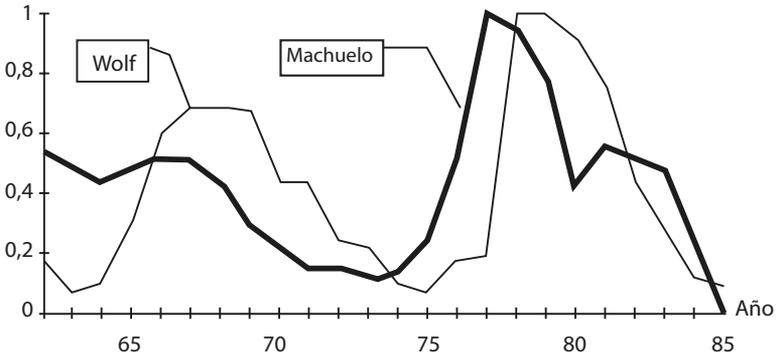


Fig. 16 Comportamiento en el volumen de captura del Machuelo en Cuba para el período mostrado, en relación con el número de Wolf.

Como se puede inferir de ambos resultados, la diferencia en los volúmenes de captura según esta asociación, son considerables y de gran importancia económica. Sería recomendable realizar una investigación de este tipo para un número mayor de años y para diferentes localidades en la región.

En la Fig. 17 pretendemos mostrar un simple modelo que pudiera explicar, al menos en parte las asociaciones encontradas entre la AS y la productividad pesquera. Queremos recordar que en el caso que ahora incursionamos hay que pensar en procesos más bien acumulativos, ya sea a través del Clima (temperatura del océano, corrientes marinas, entre otras) o directamente la influencia sobre las especies.

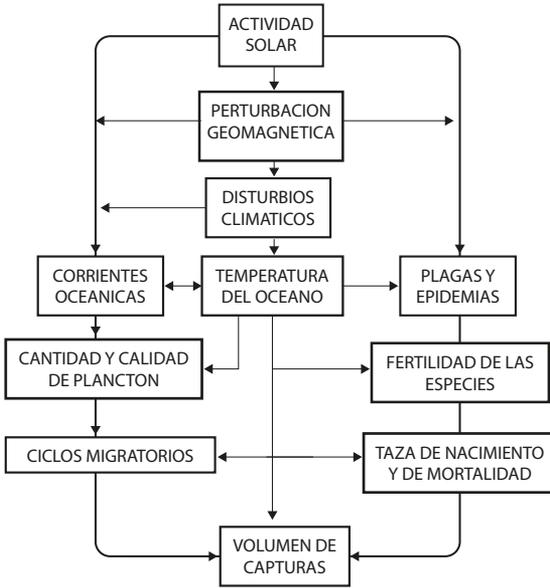


Fig. 17. Esquema simplificado de algunos de los principales mecanismos involucrados en la Relación Sol-Volumenes de captura de especies marinas.

En colaboración con la misma institución científica llevamos a cabo una investigación exploratoria para confirmar científicamente el conocimiento popular en cuanto a la influencia de la Luna en los volúmenes de pesca. En este caso lo hicimos con la langosta (*panulirusargus*), crustáceo que constituye un importante rubro de la economía en muchos países. La data elaborada comprendió 6 años (78 eventos), para los cuales se clasificó la información de producción en consonancia con las fases lunares utilizando el método de Superposición de Épocas, encontrando que para los períodos de Luna Nueva y Luna Llena, los volúmenes de pesca de este crustáceo se ven incrementados sensiblemente (20 a 25%) en relación con los días en que nos encontramos en Cuarto Creciente y Cuarto Menguante, todo lo cual, al igual que en el resultado anterior, permitiría planificar los esfuerzos pesqueros para esas fases en que ya se conoce que “por naturaleza” hay mayor disponibilidad de langosta para ser capturadas (Hernández B., García C., Sierra P. 1989). Solamente no se cumplió para dos de los casos analizados. No se tuvo en cuenta otros eventos naturales ni sociales. Fig. 18.

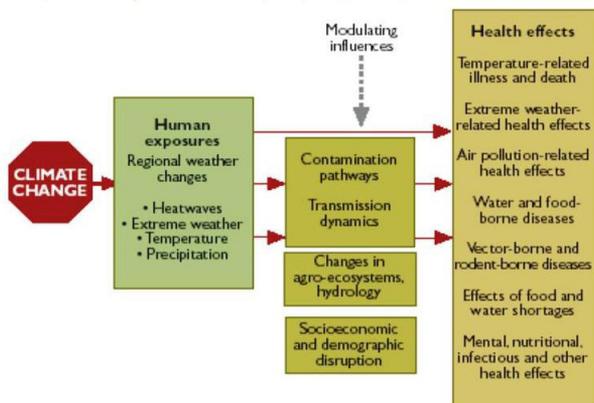
AÑO	Luna Nueva 	Cuarto Creciente 	Luna Llena 	Cuarto Menguante 
1982	532,6	506,7	635,8	284,4
1983	403,1	309,9	202,2	586,8
1984	650,8	612,8	713,7	497,6
1985	696,1	383,9	845,1	542,9
1986	1025,6	428,8	723,7	528,3
1987	805,7	896,4	696,9	634,1
$\sum x$	4113,9	3138,5	3817,4	3074,1
$\bar{x}$	685,7	523,1	636,2	512,4
Valor Normalizado	1,0	0,76	0,93	0,75

Fig. 18 Resultado de la investigación del volumen de captura de langosta en el Golfo de Batabanó en relación con las fases lunares (Las cifras por año están en TM).

Otros trabajos, de índole médico-biológico y dos más que confirmaron los resultados de la morbilidad por infarto agudo del miocardio, han sido realizados en colaboración con instituciones médicas de La Habana así como con la Facultad de Ciencias Médicas “Salvador Allende” y con el Instituto de Ciencias Médicas “Victoria de Girón”, los cuales no entramos a detallar por no estar directamente relacionados con los propósitos de esta exposición. Más recientemente, en la provincia de Guantánamo fue realizado un trabajo semejante, en el que se mostró como resultado que la mortalidad por infarto agudo del miocardio se ve incrementada uno o dos días después de ocurrir eventos geomagnéticos de importancia, lo que ha corroborado resultados precedentes.

Consideramos que la influencia del Clima Espacial en general, sobre nuestro planeta, es de gran importancia y si se tomara en cuenta los resultados reportados a nivel mundial sobre ello, se podría, de diversas maneras, obtener beneficios económicos y sociales indiscutibles. El Clima y el Medio Ambiente en general son impactados por estos factores externos, siendo las variables climáticas globales los primeros eslabones del planeta en esta compleja cadena de causa-efecto, que si bien no tiene un carácter totalmente determinista, ya que entran en juego otras muchas variables de mayor peso que pueden amortiguar o exacerbar los posibles efectos, es importante llevar a cabo investigaciones complementarias de carácter regional que permitan esclarecer de qué manera estos fenómenos se reflejan en la producción agrícola, incluyendo la pesca y cuál es su alcance a nivel macroeconómico.

En el trabajo, relacionado con el impacto del Clima en la calidad de vida y la salud (Christina Loh, Kunal, Luthra et al. 2011), se presenta el siguiente esquema, en el cual se señala las “Influencias Moduladoras”, en las que obviamente juegan un papel importante las influencias cósmicas y principalmente las provenientes del Sol y la Luna como ya hemos comentado. Es interesante prestar atención a los mecanismos propuestos en este cuadro (Fig. 19).



Pathways by which climate changes affects human health. From WHO Climate change and human health - risks and responses summary [8]

Fig. 19. Esquema ilustrativo de interacción Clima-Salud. El efecto de Influencias Moduladoras obviamente contempla la acción del Cosmos en estos mecanismos y sus consecuencias.

## Conclusiones y Recomendaciones.

En apretada síntesis hemos tratado de exponer algunos antecedentes y actualidad de esta controvertida temática, que dada su complejidad y carácter multidisciplinario se hace difícil abarcar y mostrar todas sus facetas y alcance en cada una de ellas. Consideramos que es responsabilidad científica, política y administrativa dar apoyo y continuidad a los trabajos ya realizados y que han mostrado importantes asociaciones de variables que sin dudas repercuten en la vida económica y social a todos los niveles. Siempre hemos sugerido que se continúen estos trabajos y que a modo de comprobación se realicen pilotajes a pequeña y mediana escala que permitan corroborar las relaciones encontradas, lo cual ya hemos mencionado más arriba, planificando los esfuerzos productivos en los rubros en que esto sea posible (pesca, agricultura, apicultura por ejemplo), ya que de lo contrario seguiremos mostrando resultados, recopilando

información, presentando informes y publicaciones pero la aplicación nunca la veremos. No conocemos aún, por la literatura, ningún reporte de comprobación práctica planificada de ninguno de los resultados de investigaciones retrospectivas. Consideramos que todo cuanto se lleve a cabo en este aspecto del problema contribuirá a la mitigación y adaptación de las condiciones actuales de la sociedad para el mejor aseguramiento de la alimentación en numerosos renglones.

La ciclicidad de la Actividad Solar y Geomagnética ha impuesto sus ritmos a los procesos físicos y biológicos del planeta, todo lo cual es inevitable y al parecer útil y el conocimiento de las leyes que rigen dicha ciclicidad nos permite aprovechar las ventajas que ello nos ofrece. La alteración de los efectos en la Tierra de dichos ciclos, como consecuencia de la actividad humana es lo que podemos abordar como medida de conservación del equilibrio físico y biológico en la misma.

De una breve revisión de la bibliografía se puede concluir que la temática abordada cuenta ya con cerca de un siglo de haber sido explorada por primera vez y su actualidad, lejos de haber disminuido, anualmente son publicados numerosos trabajos con importancia creciente en sus resultados.

## Bibliografía Recomendada

- Andreas Prokoph et al. (2012). Influence of the 11 year solar cycle on annual streamflow maxima in Southern Canada. *Journal of Hydrology*, Volumes 442–443, 6 June 2012, Pages 55–62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.03.038>
- A.V. Shvets, Y. Hobara, and M. Hayakawa (2010). Variations of the global lightning distribution revealed from three-station Schumann resonance measurements *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 115, A12316, doi: 10.1029/2010JA015851, 2010.
- A Workshop Report (2012). Committee on the Effects of Solar Variability on Earth's Climate; Space Studies Board; Division on Engineering and Physical Science; National Research Council. Copyright 2012 by the National Academy of Sciences. All rights reserved. Printed in the United States of America.
- Cook, E.R.; Meko, D.M.; Stockton, C.W. (1997). A new assessment of possible solar and lunar forcing of the biennial drought rhythm in the western United States. *Columbia University, Palisades, NY. Journal of climate* (USA). (Jun. 1997), v. 10(6) p. 143-1356.
- Cahit Canbay. (2013). The Appraisal of the Etiology of the Multiple Sclerosis Disease In the Light of the Impact of the Dielectrophoretic Force. Yeditepe University Department of Electrical and Electronics Engineering, 34755, Istanbul, TURKEY. Contact: canbay@yeditepe.edu.tr. Presented at: The 7th World Congress on Controversies in Neurology (CONy), ISTANBUL, TURKEY • APRIL 11-14, 2013.
- Colin Price. Thunderstorms, Lightning and Climate Change. 29th International Conference on Lightning Protection. June 2008-Uppsala, Sweden. [cprice@flash.tau.ac.il](mailto:cprice@flash.tau.ac.il). Department of Geophysics and Planetary Sciences. Tel Aviv University. Ramat Aviv 69978, Israel.
- Christina Loh, Kunal, Luthra et al. (2011). Ignite Global Health Mentoring Program (GHMP). Module 1: Climate Change 1. Copyright Creative Commons 2011 written over 2010 – 2011 First Edition Designed for Ignite's Global Health Mentoring Program Ignite (Monash University's Global Health Group). Victoria, Australia. W: <http://www.ignitehealth.org.au/ghmp>, e: [ghmp@ignitehealth.org.au](mailto:ghmp@ignitehealth.org.au)
- Cherry Neil. (2002) Schumann Resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of Solar/Geomagnetic Activity. Neil.Cherry@ecan.govt.nz. © Dr Neil Cherry 2002-2005. Human Sciences Department Lincoln University, New Zealand.
- Chizhevski A. L., (1940). *Cosmobiologie et Rythme du Milieu extérieur*. Verhandlungen, Zweiten Konferenz der Internationalen Gesellschaft für Biologische Rhythmusforschung, am 25. und 26. August 1939, Utrecht, Holland, Holmgren HJ, editor. *Acta medicand*; 108 (Suppl): 211–226. 1940.
- D. K. Haldar, and S. S. De. Schumann Resonance: a latest wonder for climate forecast! S. K. Mitra Centre for Research in Space Environment, Institute of Radio Physics & Electronics University of Calcutta, 1, GirishVidyaratna Lane, Kolkata 700 009. ©2011 IEEE. e-mail: [haldar.dilip@yahoo.com](mailto:haldar.dilip@yahoo.com) e-mail: [e\\_syam\\_sundar@yahoo.co.in](mailto:e_syam_sundar@yahoo.co.in)
- Dimitra Atri, Adrian L. Melott. (2012). Cosmic Rays and Terrestrial Life: a Brief Review. *High Energy Astrophysical Phenomena (astro-ph.HE); Atmospheric and Oceanic Physics*. (Submitted on 16 Nov 2012).
- E. Friis –Christensen y K. Lassen. Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate. *Science New Series*, Vol. 254, No. 5032 (Nov. 1, 1991), 698-700.
- Earle Williams and Eugene Mareev. (2013). Recent Progress on the Global Electrical Circuit. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts USA, Institute of Applied Physics Russian Academy of Sciences Nizhny Novgorod, Russian Federation. Revised for the Special Issue on Atmospheric Electricity Atmospheric Research Revised: May 2013. doi: 10.1016/j.atmosres.2013.05.015.

- Friedhelm Steinhilber et al.(2012). 9,400 years of cosmic radiation and solar activity from ice cores and tree rings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.www.pnas.org. Current Issue. vol. 109 no. 16, FriedhelmSteinhilber, 5967–5971.Published online before print April 2, 2012, doi: 10.1073/pnas.1118965109.
- G. A. Mikhailova, S. E. Smirnov. (2011). Effects of geomagnetic disturbances in the near Earth's atmosphere and possible biophysical mechanism of their influence on the human cardiovascular system. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. December 2011, Volume 47, Issue 7, pp 805-818
- Hernández B., García C., Sierra P., (1989). Algunos aspectos de las fases lunares y su relación con las capturas de langostas (panulirus argus) en el golfo de Batabanó., *Rev. Cubana de Investigaciones Pesqueras*, vol.14. No. (1-4) p.72-89.
- Hernández B., Usatorres R., Sierra P. (1991). Ciclos de lluvia y actividad solar: Su relación en algunas regiones pesqueras de Cuba. Instituto de Investigaciones Pesqueras, Min. Pesca. Cuba. 1991 (No publicado).
- Heng Yang and Victor P. Pasko. (2007). Power variations of Schumann resonances related to El Niño and La Niña phenomena. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 34, L11102, doi: 10.1029/2007GL030092, 2007.
- Lean J. Beer J., Bradley R. Reconstruction of solar irradiance since (1610): Implications for climate change. *Geophysical Research Letters*.Volume 22, Issue 23 Pages 3107–3432. 1995
- Lev Pustilnik, Gregory Yom Din. (2013). On Possible Influence of Space Weather on Agricultural Markets: Necessary Conditions and Probable Scenarios. *Atmospheric and Oceanic Physics*.Astrophysical Bulletin, 2013, Vol. 68, No.1, pp.1-18.
- L. Gumarova, G., Cornélissen, D. Hillman and F. Halberg. (2012). geographically selective assortment of cycles in pandemics: metaanalysis of data collected by Chizhevsky. *Epidemiology and Infection* /FirstView Article, pp 1-12.Copyright © Cambridge University Press 2013.DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0950268812002804> (About DOI), Published online: 11 December 2012.
- Lopeztegui A., Baisre J., Capetillo N. (2011) Influencia del ciclo lunar en la captura de langosta espinosa *Panulirusargus* (Decapoda: Palinuridae) en el Golfo de Batabanó, Cuba. *Rev. Biol. Trop.* Vol 59 no. 1 2011.
- M. Sekiguchi1, M. Hayakawa, A. P. Nickolaenko, and Y. Hobara.(2006). Evidence on a link between the intensity of Schumann resonance and global surface temperature. *Ann. Geophys.*, 24, 1809–1817, 2006. [www.ann-geophys.net/24/1809/2006/](http://www.ann-geophys.net/24/1809/2006/). © European Geosciences Union 2006
- Nickolaenko A, Rabinowicz. (1995). LM Study of the annual changes of global lightning distribution and frequency variations of the first Schumann resonance mode. *J AtmosTerrestPhys* 57:1345–1355, (1995).
- Pérez A., Sierra P. (1993). Preliminary Results About Possible Relation Between Heliomagnetic Disturbances and Honey Production in Cuba. APIMONDIA.33rd International Apicultural Congress, Beijing, China, Set. /1993.
- Piccardi G. (1971). Actividad Solar y los test químicos. Influencia de la Actividad Solar en la Atmósfera y la Biosfera de la Tierra. Moscú: 141 – 147. 1971.
- Robert C. Balling Jr1, Mark.Hildebrandt. (2000). Evaluation of the linkage between Schumann Resonance peak frequency values and global and regional temperatures.*CLIMATE RESEARCH*. *Clim Res*. Vol. 16: 31–36, 2000.
- Sierra F.P., F.S. Sierra, R. Rodríguez, A. Pérez. (1999). Impacto Medioambiental de las Perturbaciones Heliogeofísicas. Consideraciones a partir de Resultados Observacionales. México, D.F. *Rev. Geofísica*, No. 50, Enero-Junio: 9-23. 1999.

- Sofia S. (1985). From solar dynamo to terrestrial climate. Fluctuations in the Sun's energy may affect climate. *American Scientist* 1985 Vol. 73, No.4, p. 326, jul-agosto.
- Silvia Duhau. (2011). *Actividad Solar y Cambio Climático*. Departamento de Física Facultad de Ingeniería-UBA. Volumen 21 número 125 octubre - noviembre 2011, 9.
- S V Avakyan et al. (2010). Space Solar Patrol data and changes in weather and climate, including global Warming. *Meas. Sci. Technol.* 21 (2010) 085301 (15pp), doi:10.1088/0957-0233/21/8/085301.
- Rhawn Joseph, Ph.D., Emeritus. Brain Research Laboratory, Northern California. (2010). *Climate Change: The First Four Billion Years. The Biological Cosmology of Global Warming and Global Freezing.* *Journal of Cosmology*, Vol 8, 2000-2020. [JournalofCosmology.com](http://JournalofCosmology.com), June, 2010.
- T. Sloan, Cosmic Rays, (2013). *Solar Activity and the Climate.* Department of Physics, University of Lancaster. *Journal of Physics: Conference Series* 409 (2013) 012020 doi:10.1088/1742-6596/409/1/012020. E-mail: [t.sloan@lancaster.ac.uk](mailto:t.sloan@lancaster.ac.uk).
- Taboada, R.E.R., Sierra P. and Sierra S. (2004). Geomagnetic activity related to acute myocardial infarctions: Relationship in a reduced population and time interval, *Geofísica Internacional*, Vol. 43, No. 2, 2004, pp. 265-269.
- Williams ER. (1992). The Schumann Resonance: a global tropical thermometer. *Science* 256:1184–1187. (1992).