



## Aspectos a valorar dentro de la bioeconomía y su sendero de eco – intensificación para el buen desempeño de la actividad apícola ante la variabilidad de la Actividad Solar y Geomagnética y los cambios climáticos.

Ing. Pablo Sierra Figueredo<sup>1</sup>, M. Sc. Adolfo M. Pérez Piñeiro<sup>2</sup>, Dra. Odil Durán Zarabozo<sup>3</sup>,  
Doctorando Blanca Castellanos-Potenciano<sup>4</sup>, Dr Juan Manuel Zaldivar Cruz<sup>5</sup>

1. Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA. Email: [sierra@iga.cu](mailto:sierra@iga.cu)
2. Centro de Investigaciones Apícolas, MINAG. Email: [director@eeapi.cu](mailto:director@eeapi.cu)
3. Instituto de Geografía Tropical, CITMA. Email: [oduran@ceniai.inf.cu](mailto:oduran@ceniai.inf.cu)
4. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Email: [bcastellaños@colpos.mx](mailto:bcastellaños@colpos.mx)
5. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Email: [zaldivar@colpos.mx](mailto:zaldivar@colpos.mx)

\*Autor por correspondencia: [director@eeapi.cu](mailto:director@eeapi.cu)

Recibido: 10 Julio 2014

Aceptado: 15 Diciembre 2014

### Resumen

La actividad productiva de las abejas (*Apis mellifera*) es susceptible de ser afectada por numerosos factores naturales, sobre todo los meteorológicos por razones de que su accionar está fuertemente vinculado al estado del tiempo, que impone límites para su labor. La presencia cada año de eventos meteorológicos severos es un factor también a tener en cuenta por su impacto directo en las plantas y en la propia población de abejas. Las plagas y epidemias que sufren las colonias de abejas de cierta forma modulan la producción, haciendo decaer severamente la misma ante la aparición de aquellas. A su vez se ha encontrado y mostrado en numerosos trabajos que el clima, el estado del tiempo y la aparición de plagas y epidemias, muestran una sensible dependencia con la Actividad Solar y geomagnética, provocando esto que el fenómeno sea mucho más complejo por lo multivariado. En el presente trabajo mostramos los resultados de un análisis de la variabilidad de la producción de miel de abejas en el territorio cubano durante 50 años y su posible asociación a largo plazo con la variabilidad de la actividad solar y geomagnética. Se analiza producción de miel, de cera, así como la productividad por colmena para todo el período. Se discuten los resultados y se plantean hipótesis sobre la relación encontrada, que permite establecer una asociación entre el comportamiento de los indicadores productivos y la actividad solar y geomagnética.

**Palabras claves:** producción apícola, actividad solar y geomagnética, cambio climático.

### Summary

Productive activity of honey bees (*Apis mellifera*) is likely to be affected by numerous,



especially for meteorological reasons for their actions is strongly linked to weather conditions, which limit its work to natural factors. The presence each year of severe weather events is also a factor to consider for its plant resources and live in your own bee population impact. Plagues and epidemics suffering bee colonies in some way modulate the production, making it severely wane before the appearance of those. In turn it has been found and shown in numerous studies that the climate, the weather and the occurrence of pests and disease, show a sensitive dependence on the solar and geomagnetic activity, causing this that the phenomenon is much more complex at multivariate . In this paper we present the results of an analysis of the variability in the production of honey in the Cuban territory for 50 years and its possible association with long-term variability of solar and geomagnetic activity. Production of honey, wax, and productivity per hive for the whole period analyzed. Results are discussed and hypotheses about the relationship found, that allows a partnership between the behavior of the productive indicators and solar and geomagnetic activity arise.

**Keywords:** beekeeping, solar and geomagnetic activity, climate change

## Introducción.

El estudio de prácticas agronómicas dirigidas a mejorar el rendimiento de las producciones agrícolas sin sacrificar los niveles de eficiencia /productividad, es la esencia de la Bioeconomía cuando se analiza la Eco Intensificación como sendero productivo.

La producción agropecuaria tiene una alta dependencia de las condiciones ambientales no obstante ser el resultado de la explotación de la flora o los recursos vegetales y de los animales mediante el manejo que de estos haga el hombre.

La Evaluación de las alternativas que ofrecen los recursos específicos y la validación de tecnologías para mejorar los modelos de predicción del cambio climático, en cuanto a la mejora de la productividad y la eficiencia de los sistemas de producción agropecuarios y forestales, es un reto para la comunidad científica.

De ahí que en América Latina los trabajos vinculados con el Cambio Climático generan amplias expectativas, en tanto contribuyen a evaluar los efectos ambientales sobre los recursos naturales en los que se basa la producción agrícola, por lo que es imprescindible promover estudios y evaluaciones multidisciplinarias que integren el análisis de escenarios, impactos y medidas de adaptación en los ecosistemas y sectores socio-económicos vulnerables de la región.

Numerosas investigaciones (Russell y Webb; 1981), (Pérez y Sierra, 1993), (Babayev, et.al; 2006), (Palmer y Rycroft; 2006) y (Gould 2008) han demostrado que no solo los escenarios y la variabilidad climáticos pueden marcar el comportamiento futuro de las producciones y rendimientos en la agricultura. Hay evidencias que algunos indicadores productivos se incrementan debido a la actividad geomagnética de la Tierra que depende de la actividad solar, al margen de la variabilidad climática relacionada con la geomagnética y solar.



La Información que se presenta a continuación, en una abreviada síntesis, demuestra como las relaciones entre los indicadores económicos que permiten expresar la productividad en la apicultura, son un reflejo de las condiciones naturales y en particular de algunas de las variables del clima y la actividad solar, por lo que constituyen elementos a tener en cuenta en la proyección de futuros escenarios para esta actividad.

La apicultura es un sistema de producción relativamente simple, basado en dos elementos básicos, la flora apícola -específicamente las flores que producen néctar y polen- y las abejas que forman las colmenas. Un tercer elemento del sistema para que sea productivo y parte de la economía humana es el apicultor, el que conduce y modula el sistema, en sentido positivo o negativo, para hacerlo productivo.

Se conoce por flora melífera al conjunto de especies de Angiospermas -plantas con flores- que con la secreción del néctar y polen recompensan los insectos polinizadores que contribuyen a su reproducción.

### Revisión de Literatura.

Tomando como base el documento elaborado a partir de la Síntesis Informativa 2<sup>da</sup> Comunicación Nacional se identifican algunas de las principales manifestaciones e impactos esperados del cambio climático en Cuba y en particular en el sector agropecuario, entre las que se pueden mencionar:

- El aumento de la temperatura media del aire.
- La disminución de la precipitación anual.
- La reducción de la disponibilidad potencial del agua.
- El ascenso del nivel medio del mar que, en combinación con la reducción de las precipitaciones, acentuará los procesos de intrusión salina en los acuíferos y con ello se reforzará la disminución de la disponibilidad potencial de agua dulce.
- El ascenso del nivel medio del mar que también será responsable del retroceso de la costa, de la transformación o desaparición de las áreas bajas de la Isla, de las cayerías y de la Ciénaga de Zapata.
- El aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías, la aridización del clima, que junto al déficit hídrico afectará el desempeño de las actividades agrícolas, la producción de alimentos y la cobertura vegetal.
- La combinación de los escenarios climáticos, hidrológicos y marino-costeros influirán negativamente sobre todas las especies de la flora y la fauna, al transformarse significativamente su hábitat y su propia biología.
- La creación de condiciones propicias para la propagación de plagas y vectores, aumentará el peligro de enfermedades en humanos, animales y plantas.
- El futuro clima de Cuba influirá en la calidad de vida de la población y el aumento del riesgo ante determinadas enfermedades y eventos hidrometeorológicos extremos.



UNAN-LEÓN

La incidencia que pueden tener estas manifestaciones en la apicultura debe repercutir directamente en la secreción de néctar y en el comportamiento de la abeja, lo que a su vez determina un efecto directo en la productividad del sistema.

El néctar es una solución compuesta básicamente por azúcares, que depende de la disponibilidad de reservas en el vegetal y la eficiencia de los procesos de fotosíntesis para su secreción, por lo que cualquier variable que influya en los procesos fisiológicos de la planta, la producción de azúcares y las estrategias reproductivas, determinará el volumen y la calidad de las recompensas disponibles para las abejas y en consecuencia sobre la producción de miel.

En lo referente a los nexos existentes y abundantemente mostrados entre la Actividad Solar y las tormentas geomagnéticas, entre otros factores del Clima Espacial, tanto a través de las modificaciones que estos imprimen al Clima terrestre, como de manera directa, la bibliografía existente, publicada durante el pasado siglo, desde los primeros aportes de Verdarsky y Chizhevsky, hasta nuestros días es enorme. Sin embargo, podemos encontrar revisiones muy completas que abarcan un diapasón de fenómenos importante que nos permite comprender mejor sobre estos fenómenos y encausar dichos conocimientos en los temas que nos ocupan. Por ejemplo, Mikhail N. Zhadin (2001) presenta en su trabajo de revisión un panorama extenso en el tiempo y en las temáticas abordadas por autores rusos, y en cuyas conclusiones plantea, entre otros aspectos la incidencia de la actividad solar en el comportamiento y la salud de los seres vivos y de los ecosistemas naturales.

## Metodología

Para evaluar los efectos del clima sobre la flora y la producción de miel, se aplicó un modelo lineal múltiple en el que la regresión matemática resultante permite correlacionar los efectos de los valores máximos, mínimos y medios de la temperatura, precipitaciones e insolación, durante un lapso de 10 años. Se demostró la alta influencia de la insolación (horas sol), en la producción de miel como consecuencia de su efecto sobre la flora melífera.

Los Índices Geomagnéticos, constituyen series de datos que ayudan a describir las variaciones del campo geomagnético o alguna de sus componentes, en lugares determinados o a escala planetaria. Cada valor representa un promedio de las variaciones del campo geomagnético registradas por un magnetómetro durante las últimas 3 horas, de tal manera que en total se calculan 8 valores a lo largo del día."

Para analizar el estado de perturbación geomagnética se establecen intervalos tri-horarios, obteniéndose al final del día 8 mediciones, con las cuales se puede obtener el promedio diario del índice utilizado, que en nuestro caso se trata del Ap. Así mismo, puede ser obtenido el promedio mensual de cualquiera de estos índices, al igual que el promedio anual. Todos ellos darán idea de la evolución del estado del geomagnetismo terrestre en el período evaluado. También se utiliza, para cálculos estadísticos, los valores extremos (máximos y mínimos) del índice durante el período considerado, lo cual nos puede aportar información adicional en cuanto a la variabilidad durante el período.



UNAN-LEÓN

Suyapa M., (2012), en su Tesis de doctorado nos brinda un excelente material en el que entre otros conceptos, nos ofrece los siguientes acerca de las perturbaciones geomagnéticas:

“Son perturbaciones temporales de la magnetosfera terrestre. Pueden asociarse a una eyección de masa coronal (CME), un agujero coronal o una fulguración solar. Es una onda de choque de viento solar que llega entre 24 y 36 horas después del suceso. Esto solamente ocurre si la onda de choque viaja hacia la Tierra. La presión del viento solar sobre la magnetosfera aumentará o disminuirá en función de la actividad solar. La presión del viento solar modifica las corrientes eléctricas en la ionosfera. Las tormentas magnéticas duran de 24 a 48 horas, aunque pueden prolongarse varios días.

En el desarrollo de este trabajo se utilizan el índice Ap promedio anual (a partir de los promedios mensuales), así como los valores máximos anuales registrados, esto es, el mayor valor mensual obtenido para cada año de la serie. Con estos valores anuales se construye la serie de tiempo y se obtuvieron los resultados mostrados.

## Resultados y Discusión

La tabla 1 contiene los resultados de la evaluación de dos períodos productivos en la apicultura Período 1966 – 1970, 1971 – 1975, en la que se aprecia el efecto de la insolación sobre la producción de miel, especialmente en los trimestres II, III y IV; en el caso del primer trimestre se observa cómo las temperaturas manifiestan una influencia mayor, y negativa, dadas las condiciones específicas de ese período del año. Hay una mayor correlación entre los valores medios y máximos de la temperatura y especialmente de la insolación, con la producción de miel.

En el segundo trimestre del año, las temperaturas y la insolación influyen positivamente en la cosecha de miel, mientras que en el tercer trimestre lo hacen de forma negativa. Ello puede ser influido porque en el primero y cuarto trimestres del año, la productividad de la flora melífera depende de las condiciones creadas por las masas de aire frío continental provenientes del Norte, lo que implica poca insolación y bajas temperaturas.

Se definieron dos modelos en el análisis de la información: una parte de la flora es productiva en época de foto-período largo y elevadas temperaturas (segundo y tercer trimestres) y otra parte de la flora florece en una época en que el foto-período es corto y las temperaturas son bajas (primero y cuarto trimestres). Es necesario profundizar y continuar estos estudios más detalladamente.

Otra investigación (Pérez 1992) demostró la relación que existe entre la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y evaporación, y la secreción de néctar de cítricos (naranja `Valencia'). La mayor secreción de néctar se produjo cuando las temperaturas máximas alcanzaron 28°C; ello está relacionado con el hecho de que cuando las temperaturas mínimas aumentan gradualmente la secreción de néctar crece de modo proporcional. Si la temperatura media se sitúa alrededor de los 29°C se detiene la secreción de néctar. Si la humedad relativa se encuentra alrededor del 96 %, la secreción de néctar alcanza su mayor nivel; ello está en relación con el hecho



de que si la humedad relativa mínima aumenta, la secreción de néctar debe crecer linealmente. La variable climatológica que más influyó en la secreción de néctar fue la velocidad máxima del viento; sin embargo, la variable más relacionada con la secreción de néctar resultó la velocidad media del viento.

Los intensos ciclones tropicales tienen fundamentalmente un efecto mecánico devastador sobre la vegetación. Inmediatamente después de su paso la vegetación se encuentra afectada, las ramas y el follaje destruido y en consecuencia no hay floración. No hay fuentes de néctar y la productividad melífera se minimiza. Se inicia un proceso de recuperación que va desde un año para las plantas anuales, hasta 5-10 años para las especies arbóreas.

Los manglares son de las agrupaciones forestales que más lentamente se recuperan o no se recuperan definitivamente, debido a las modificaciones que provoca el mar en la línea costera. Si se destruye el sustrato cenagoso costero se hace inviable la recuperación del manglar.



Tabla 1. Evaluación de períodos productivos de la apicultura en Cuba.

## Valores mínimos

Período 1966 - 1970

Trimestre	Ajuste %	Medias				Coef. Correlación			Desv. Típica				Prueba F	Prueba T		
		Temp	PP	Ins.	Prod.	Temp	PP	Ins.	Temp.	PP	Ins.	Prod.		Temp.	PP	Ins.
I	73.3	16.88	25.63	7.16	28.60	-0.55	0.22	0.30	1.21	12.64	0.4	26.91	4.26*	-3.17**	0.5	2.14
II	44.49	21.07	44.97	6.26	82.06	-0.29	0.09	0.43	0.59	46.06	0.19	79.03	0.9	0.41	0.13	1.19
III	47.53	22.62	135.7	6.83	18.13	-0.13	-0.33	0.23	0.55	34.34	0.18	23.16	1.07	0.44	1.36	0.88
IV	74.05	18.27	18.42	7.32	63.60	-0.69	0.58	0.62	0.65	21.61	0.07	60.21	2.42	-0.66	-0.67	0.72

Período 1971 - 1975

Trimestre	Ajuste %	Medias				Coef. Correlación			Desv. Típica				Prueba F	Prueba T		
		Temp	PP	Ins.	Prod.	Temp	PP	Ins.	Temp.	PP	Ins.	Prod.		Temp.	PP	Ins.
I	28.69	18.29	16.58	7.07	60.20	0.04	0.25	0.11	1.32	8.82	0.44	62.16	0.33	-0.36	0.91	0.41
II	43.07	21.13	36.94	6.36	127.39	-0.22	0.04	0.12	1.42	34.57	0.4	92.62	0.83	-1.49	0.06	-1.32
III	72.86	22.67	139.49	6.83	25.33	-0.08	-0.06	0.26	0.77	31.98	0.17	29.38	4.14*	1.56	1.99**	1.86*
IV	93.45	19.17	26.44	7.32	124.80	-0.67	-0.45	0.92	1	16.06	0.17	51.28	13.77**	-1	0.51	4.37**

## Valores medios

Período 1966 - 1970

Trimestre	Ajuste %	Medias				Coef. Correlación			Desv. Típica				Prueba F	Prueba T		
		Temp	PP	Ins.	Prod.	Temp	PP	Ins.	Temp.	PP	Ins.	Prod.		Temp.	PP	Ins.
I	84.45	23.27	96.14	7.76	28.60	-0.78	-0.62	-0.06	2.34	74.67	0.12	26.91	9.12**	3.29**	0.12	1.63
II	83.55	26.54	182.11	7.45	84.00	-0.53	-0.27	0.83	0.86	47.62	0.25	76.95	8.48**	0.60	-0.18	3.56**
III	79.87	26.3	167.21	7.52	16.66	0.41	0.08	-0.66	1.55	71.63	0.28	23.93	6.46**	-1.44	-1.05	-3.43**
IV	65.55	23.4	89.5	7.47	63.60	-0.11	-0.04	-0.64	0.35	44.82	0.05	60.21	1.5	0.47	-0.11	-2.09*

Período 1971 - 1975

Trimestre	Ajuste %	Medias				Coef. Correlación			Desv. Típica				Prueba F	Prueba T		
		Temp	PP	Ins.	Prod.	Temp	PP	Ins.	Temp.	PP	Ins.	Prod.		Temp.	PP	Ins.
I	58.56	24.17	70.66	7.66	59.66	-0.38	-0.37	0.22	1.86	82.6	0.12	48.04	1.92	-1.11	-0.97	1.68
II	87.21	26.62	169.96	7.45	129.60	-0.79	-0.21	0.82	0.77	79.22	0.25	98.04	11.64**	-1.95	-0.49	2.08*
III	90.26	26.37	157.83	7.52	26.26	0.42	0.00	-0.73	1.25	63.33	0.28	28.77	16.11**	-3.74**	0.31	-6.00**



IV	96.43	24.07	78.45	7.45	124.8	-0.11	-0.22	-0.95	0.57	42.72	0.05	51.28	26.52**	-0.57	-1.06	-8.66**
----	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	-------	---------	-------	-------	---------

**Valores máximos**

Período 1966 - 1970

Trimestre	Ajuste %	Medias				Coef. Correlación			Desv. Típica				Prueba F	Prueba T		
		Temp	PP	Ins.	Prod.	Temp	PP	Ins.	Temp.	PP	Ins.	Prod.		Temp.	PP	Ins.
I	86.91	28.37	170.78	8.68	28.6	-0.86	-0.59	-0.82	1.89	150.84	0.45	26.9	11.32**	-1.83*	0.66	-0.56**
II	84.06	31.43	307.86	8.36	84	-0.32	0.05	0.81	0.76	102.77	8.36	84	9.51**	1.66	0.11	4.94**
III	78.1	30.97	268.63	7.86	16.66	0.34	-0.16	-0.66	2.1	103.75	0.34	23.93	5.73*	-1.85*	-0.83	-3.49**
IV	80.45	28.54	184.85	7.65	63.6	0.63	0.23	-0.62	0.44	109.08	0.16	60.21	3.66	2.02*	1.63	-0.31

Período 1971 - 1975

Trimestre	Ajuste %	Medias				Coef. Correlación			Desv. Típica				Prueba F	Prueba T		
		Temp	PP	Ins.	Prod.	Temp	PP	Ins.	Temp.	PP	Ins.	Prod.		Temp.	PP	Ins.
I	81.74	29.43	125.01	8.68	59.66	-0.45	-0.34	-0.70	1.16	172.79	0.45	48.04	7.37**	2.40*	0.81	-3.84**
II	85.54	31.36	230.35	8.36	129.6	-0.03	-0.13	0.76	0.68	109.58	0.64	98.04	9.99**	2.37*	0.13	5.39**
III	93.09	30.85	222.92	7.86	26.26	0.29	-0.06	-0.72	1.93	130.01	0.34	28.77	23.82**	-5.35**	-0.24	-8.02**
IV	93.2	29.17	128.62	7.65	124.8	0.28	0.03	-0.93	0.56	64.21	0.16	51.21	13.23**	0.27	-0.73	-6.00**

Fuente: Pérez (1979).



De igual manera, las sequías provocan un estrés intenso, por falta de agua que limita el desarrollo vegetativo y en consecuencia la fotosíntesis y la producción de los azúcares que se encuentran en el néctar. La baja disponibilidad de reservas es una limitante en cuanto a calidad y cantidad de néctar a ofrecer a los polinizadores y en consecuencia provoca una baja productividad melífera de la vegetación, lo que afecta los polinizadores naturales y las abejas.

La sequía limita regeneración de la flora y de la reposición de los individuos muertos, lo que en consecuencia provoca una afectación a las poblaciones de las diferentes especies. La sequía crónica provocada por el represamiento de los ríos, especialmente en el delta o la desembocadura en el mar, influye en el desarrollo de los manglares, afecta su crecimiento, dado que de las especies que conforman el manglar, solo el mangle rojo (*Rizophora mangle*), es capaz de crecer y vivir directamente en agua salada, las restantes especies requieren de un medio salobre, con aportes de agua dulce desde tierra o proveniente de las lluvias, lo que reduce la salinidad del suelo y propicia su desarrollo y crecimiento. Los individuos mejor desarrollados del manglar, se encuentran en la desembocadura de ríos o corrientes fluviales, que aportan agua dulce. En esas condiciones combinadas con las lluvias del verano, hay una abundante secreción de néctar y producción de miel.

Las abejas por su parte, también se estresan como resultado de las manifestaciones del cambio climático, el fuerte viento induce cansancio, desorientación en el campo, las altas temperaturas, provocan estrés térmico que conduce a un mayor consumo energético para el acarreo de agua y el enfriamiento de la colmena, lo que reduce su productividad y es un factor de debilitamiento de las colmenas. Todos estos factores que influyen en su comportamiento de modo negativo, influyen en los rendimientos productivos.

La actividad solar está definida por un conjunto de ciclos y sus armónicos en sus diferentes manifestaciones (ciclos de manchas, actividad destellante, actividad geomagnética, entre otros), hay evidencias de ciclos seculares y otros más breves como el de 22 años que representa el cambio de polaridad magnética del sol, el ciclo de 11 años y sus armónicos que se ajustan al número de manchas y otras manifestaciones ópticas, de radio y destellantes, **Tabla 2.**

La tabla 2 representa las variables de la actividad solar y geomagnética, el flujo de radioemisión solar y el Índice Geomagnético (Ap), el que representa el grado de perturbación del campo magnético terrestre como consecuencia de la actividad solar geo efectiva y es el resultado de una medición promedio a nivel de todo el planeta, utilizando en nuestro caso el promedio anual de dicho índice. Las unidades de medición en que se expresa este índice son en nanoTeslas ( $10^{-9}$  Tesla).

**Tabla 2.** Relación de períodos encontrados mediante FFT (*Microcal Origin*) para las variables involucradas. Todos los valores están dados en año y fracciones.

Variable	Períodos Encontrados				
	22	10-12	5-6	2-3	1
Flujo R.	21,33	10,67	5,33	3,37	-

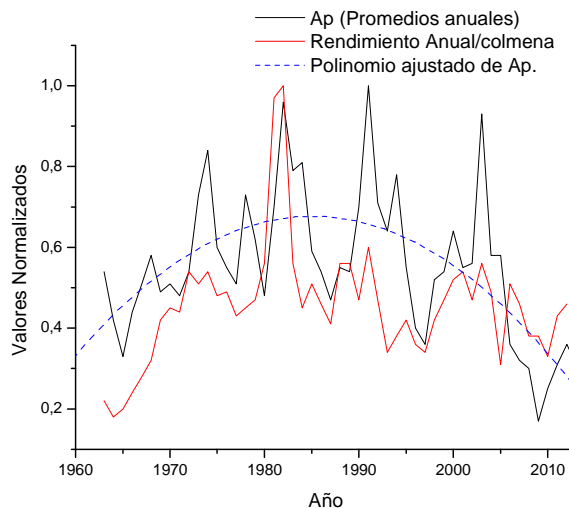
Solar					
Ap	-	10,67	4,27	3,05	2,37
Prod. Miel	21,3	9,14	4,0	3,0	-
Prod. Cera	21,3	9,14	3,76	2,91	-
Rendimiento	21,3	9,14	4,27	3,05	2,46

Fuente: Pérez y Sierra (1993)

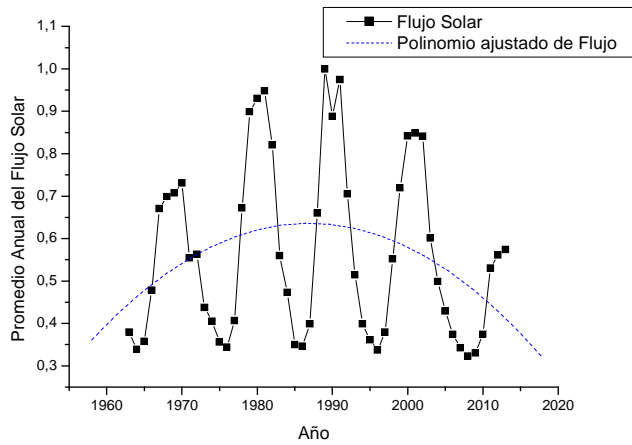
En la tabla 2, donde están reflejados los períodos detectados al aplicar FFT a todas las variables, se observa cómo el ciclo magnético de 22 años (21,33 años) presente en la variable de Radioemisión solar, también aparece en las tres variables apícolas, mientras que el de 11 años (10,67 años) de la actividad solar y geomagnética, aunque no aparece exactamente con ese valor en las variables apícolas, si aparece con suficiente potencia un ciclo de más de 9 años, el que pudiera estar relacionado con el mismo.

La variable Ap presenta un claro ciclo de 4,27 años y otro de 3,05, también presentes en el Rendimiento apícola, y en la producción de miel y cera se aprecian períodos muy cercanos (3,0 y 2,91 años) que pueden bien ajustarse a éste. En un ciclo más corto de 2,37 años presente en el índice Ap aparece muy cercano a este en el Rendimiento (2,46), los cuales pudieran estar asociados.

En la Fig. 1 se muestra la serie de tiempo del índice geomagnético Ap superpuesta a la de Rendimiento por colmena para todo el período investigado. Los gráficos para Producción Total de Miel y Producción Total de Cera son muy semejantes y obviamente dependientes del Rendimiento mostrado. Es notable la semejanza en los comportamientos, tanto en la variabilidad multianual como en la tendencia general.

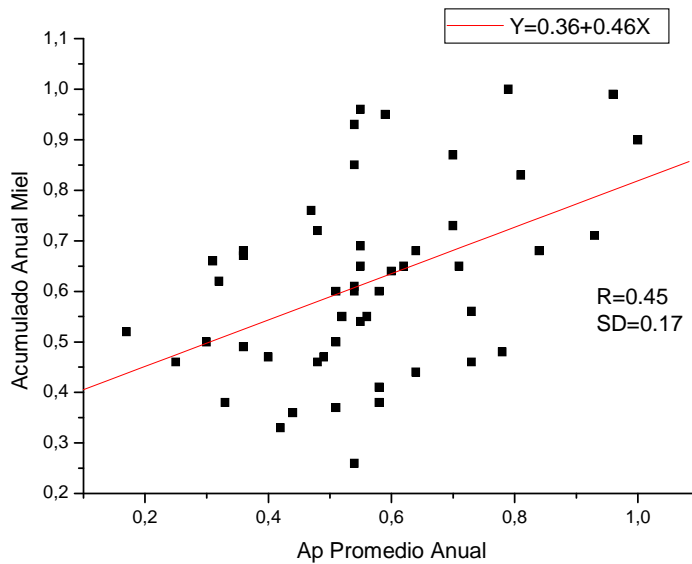


1a

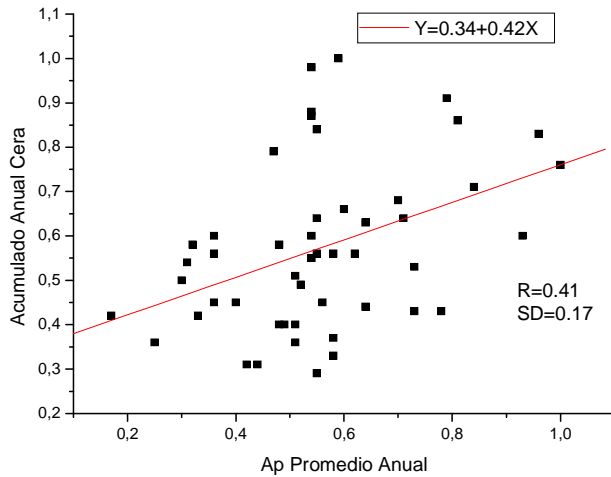


1b

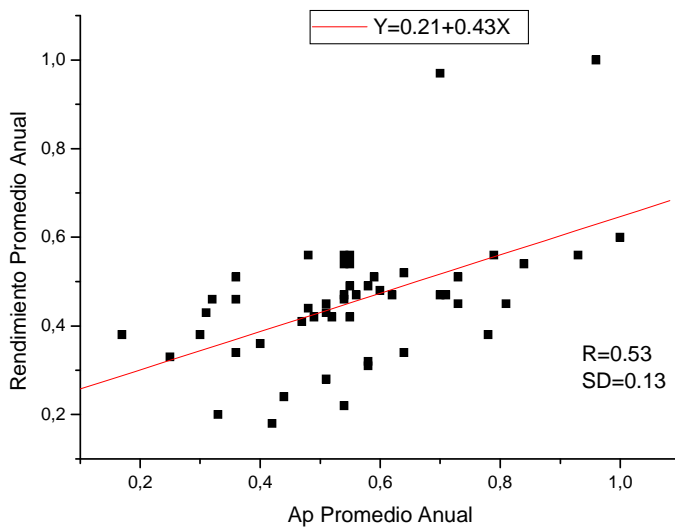
Fig. (1a). Series temporales de Ap (promedios anuales) y de Rendimiento Anual por colmena La línea azul punteada representa el ajuste (tendencia polinomial de 2º grado) de la serie de Ap para los 50 años de datos utilizados. (1b) Serie de tiempo del promedio anual de Flujo de Radioemisión Solar y su tendencia en los 50 años, representado por el polinomio de segundo grado ajustado (línea punteada azul). Se observa claramente la ciclicidad de 10-12 años de esta variable.



**Fig 2** Regresión lineal de la serie histórica de producción de miel y los valores promedios anuales del índice geomagnético planetario Ap.



**Fig. 3** Regresión lineal de la serie histórica de producción de cera de abejas y los valores promedios anuales del índice geomagnético planetario Ap.



**Fig. 4** Regresión lineal de la serie histórica del rendimiento por colmenas y los valores promedios anuales del índice geomagnético planetario Ap.

En las Fig. 3 y Fig. 4, en todos los casos está presente una regresión lineal que señala una asociación a tener en cuenta, con valores de correlación positiva significativa. La Diferencia numérica entre años, tanto para acumulados de producción como para Rendimiento, en cuanto a valores medios de Ap es notable, pudiendo ser hasta el doble, lo cual obviamente pudiera servir como indicador para la toma de decisiones en

cuanto a la planificación del esfuerzo productivo y un cálculo del impacto que representa la variabilidad geomagnética en la producción, al margen de otros factores que pudieran influir en el sistema.

Es necesario analizar el comportamiento de estas variables apícolas con relación a las principales variables del clima (temperaturas promedios anuales, máximos y mínimos por año, acumulado de precipitación) ya que de acuerdo con trabajos anteriores de un alcance más limitado, estas variables climáticas pudieran influir en el comportamiento del rendimiento (Pérez Piñeiro, 1986).

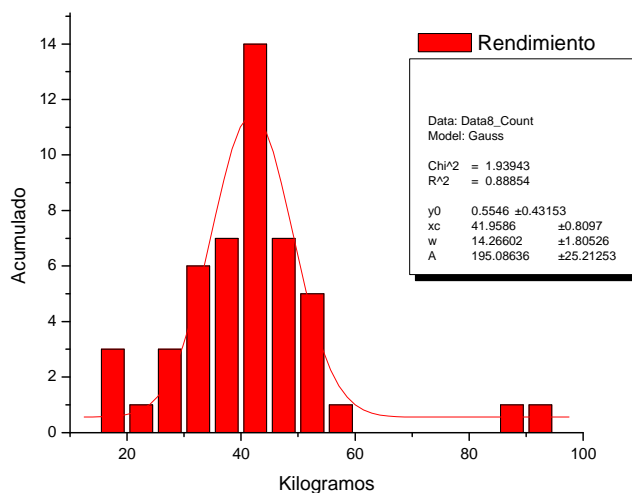


Fig 5 Distribución de la frecuencia de la data de los rendimientos por colmena en 50 años de producción. Su buen ajuste a la Distribución Normal da fe de una data coherente.

De las variables utilizadas en el presente trabajo, el Rendimiento por colmena es la variable con mejor ajuste respecto a la distribución normal, de modo que es posible inferir que el Rendimiento por colmena es, de las tres variables, la que mejor se ajusta a la hipótesis de asociación causal y puede considerarse a la misma como la rectora de las demás ya que a mayor rendimiento por colmena se debe esperar mayor producción de miel.

En investigaciones realizadas por los autores (Sierra, Rodríguez, Pérez; 1999) (Pérez y Sierra; 1993) (Durán; 2000) se muestran cómo el régimen de lluvia y el clima en general, responden a los cambios del Clima Espacial en general, lo cual obviamente incide en la floración, eslabón clave de la productividad melífera. Otros trabajos muestran claramente la incidencia de las perturbaciones geomagnéticas en el comportamiento de animales en general y en particular aquellos que mediante mecanismos biológicos específicos, realizan sus desplazamientos orientándose por el Sol (como fuente de luz y calor) y por las líneas del campo magnético terrestre (sujeto a la variabilidad geomagnética). Esto es sólo por abordar algunos de los aspectos

pues hay otros involucrados que podrían coadyuvar a que el nexo sea aún más complejo.

El efecto de estos elementos incide en el sistema apícola de forma sistémica, actúa por un lado sobre la fisiología de las plantas y por otro sobre el comportamiento de las abejas, el estímulo electromagnético a que está sometido, en combinación con la abundancia relativa de alimentos, las condiciones atmosféricas, la insolación a que está sometida y muy importante, la actividad de los agentes biológicos que sobre la colmena inciden, son todos factores a tener muy en cuenta.

Es evidente por la información antes presentada que la producción apícola, como sistema abierto, se puede beneficiar y de hecho puede ser tributaria y al mismo tiempo un modelo de aplicación de sistemas de monitoreo y pronóstico de los efectos del clima y la actividad solar en los modelos productivos, permitiendo la toma de decisiones oportunas para un mejor aprovechamiento de los posibles picos de producción en el caso de efectos positivos y para mitigar los efectos negativos de las variables del clima y la actividad solar sobre los agroecosistemas.

Una propuesta de que debe monitorearse como variables climáticas y solares y las formas de utilización por los productores (calendario apícola), trashumancia de colmenas.

## Conclusiones

Acorde con los resultados obtenidos, es posible concluir que la Actividad Solar, a través de su geoeffectividad representada en este caso por las perturbaciones geomagnéticas, muestra una asociación a mediano y largo plazo con los índices de producción de miel de abejas en Cuba, lo que confirma la hipótesis de tal asociación planteada en publicaciones precedentes.

Por lo que la asociación encontrada permite llevar a cabo un pilotaje experimental con el fin de mostrar que teniendo en cuenta la ciclicidad de los fenómenos helio-geofísicos, es posible aprovechar los pronósticos a mediano y largo plazo de los mismos con el fin de planificar adecuadamente el esfuerzo productivo orientado obtener mayores rendimientos en las temporadas en que se espera un incremento en la producción acorde con los resultados anteriores y evitar gastos y esfuerzos adicionales incrementando dicho esfuerzo en temporadas en que se espera una disminución en la productividad.

Esperamos que este trabajo, apoyado por otros ya publicados en otras regiones, sirva de base para realizar otros semejantes en países del área geográfica y quizás en otras latitudes, lo que permitirá de cierta forma crear bases más sólidas hacia la creación de una metodología para su futura aplicación generalizada.

## Referencias



1. Babayev E. S. et al., (2006): An Influence of solar and geomagnetic activity on honey bees and world honey production. No1 Fizika-riyaziyat elmleri seriyasi 2006.
2. Babayev E.S. Crosby N.B., Obridko V.N. and Rycroft M.J. (2008): Potential effects of solar and geomagnetic variability on terrestrial biological systems. Shamakhy Astrophysical Observatory (ShAO) named after N.Tusi & Laboratory of Heliobiology, Azerbaijan National Academy of Sciences, 10, Istiglaliyyat Street, AZ-1001, Baku, the Republic of Azerbaijan.
3. Ball W.T., Unruh Y.C., et al. (2012): Reconstruction of total solar irradiance 1974 – 2009. Astronomy & Astrophysics manuscript no. textfile ESO 2012. ©February 17, 2012.
4. Blanca Mendoza, Salvador Sánchez de la Peña., (2010): Solar activity and human health at middle and low geomagnetic latitudes in Central America. Advances in Space Research 46 (449–459 p).
5. Christina M. Kennedy et al., (2010): A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. Ecology Letters, Volume 16, Issue 5, (584–599 p).
6. D. N. Russell and S. J. Webb. Metabolic Response of *Danafisarchippus* and *Saccharomyces cerevisiae* to Weak Oscillatory Magnetic Fields. Int. J. Biometeor. 1981, vol. 25, number 3, (257-262 p).
7. Durán O. Estudio geográfico de la apicultura y de su contribución al desarrollo sostenible: Estudio de Casos. Tesis de Doctorado. Universidad de La Habana, Cuba. (2000) 103 p.
8. James L. Gould., (2008): Animal Navigation: The Evolution of Magnetic Orientation. Current Biology Vol 18 No 11 DOI: 10.1016/j.cub.2008.03.052. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, New Jersey 08540, USA.
9. Mikhail N. Zhadin (2001): Review of Russian Literature on Biological Action of DC and Low-Frequency AC Magnetic Fields. Bioelectromagnetics No. 22, (27-45 p).
10. Pascoal, A.; Rodrigues, S.; Teixeira, A.; Feás, X.; Estevinho, L.M., (2014): Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology* No. 63, (233p).
11. Pérez A. (1979): Incidencia de los factores climáticos sobre la producción de miel y la flora melífera. (REGION OCCIDENTAL DE CUBA). Cienc. Tec. Agric. Apicultura 2 (37-51).
12. Pérez A. (1992): The nectar of *Ipomoea triloba* L., *turbina corimbosa* (L) Raf., *Citrus* spp and *Lysiloma latisiquia* (L) Benth and relations of the honey harvest in Cuba. (Tesis para optar por el grado científico de Maestro en Ciencias Agrícolas). Universidad de Ciencias Agrícolas de Suiza. Mecanografiado.
13. Pérez A., Sierra P., (1993). Preliminary Resultats About Possible Relation Between Heliomagnetical Disturbances and Honey Production in Cuba. APIMONDIA. 33<sup>rd</sup> International Apicultural Congress, Beijing, China.

14. Pérez Piñeiro, A. M.; García Solís, O.; Abreu, A. C. (1988): Influencia de los factores climáticos en la secreción de néctar del naranjo Valencia'. *Cienc. Tec. Agric. Apicultura* 4, Ciudad de La Habana. (7-28 p)
15. Robert Brodschneider and Karl Crailsheim., (2010): Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, Vol. 41, Number 3, May-June 2010, (278-294 p). <http://dx.doi.org/10.1051/apido/2010012>
16. Palmer S. Rycroft M. J. (2006): Cermack. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surv. Geophys.* DOI 10.1007/s10712-006-9010-7.
17. Schweiger Oliver and Kunin William E., (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.25 No.6.
18. Sierra F.P., Sierra F.S., Rodríguez T. R., Pérez P. A. (1999): Impacto Medioambiental de las Perturbaciones Heliogeofísicas. Consideraciones a partir de Resultados Observacionales. *Rev. Geofísica*, No. 50, México, D.F.(9-23 p).
19. Suyapa G. M. (2012): El Mito del Calentamiento Global y el Futuro del Desarrollo Humano Sostenible. Doctorado en Ciencias Sociales con Orientación en Gestión del Desarrollo. Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, M.D.C. Honduras,
20. Vladimirski B.M. Kislovskii L.D., (1982): Actividad Solar y Biosfera. Ed. "Znanie" Moscú. 72 p.
21. Xesús Feás et al., (2012): Organic Bee Pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. *Molecules* 2012, 17(7), 8359-8377; doi:[10.3390/molecules17078359](https://doi.org/10.3390/molecules17078359).