

Variabilidad de la Producción Cafetalera en El Salvador y su Posible Relación con el Clima Espacial



Variability of Coffee Production in El Salvador and its Possible Relationship with Space Climate

Sierra-Figueroa, P.; Marinero-Orantes, E.A.; Sol-Sánchez, A.; Zuniga-Gonzalez, C.A.; Editor Académico Prof. Dr. Juan Camilo Acevedo-Páez

 P Sierra-Figueroa

sierraftp@gmail.com

Instituto de Geofísica y Astronomía, Cuba

 E.A. Marinero-Orantes

edgar.marinero@ues.edu.sv

Universidad de El Salvador., El Salvador

 A Sol-Sánchez

sol@colpos.mx

Colegio de Posgraduados, Tabasco, México., Mexico

 C.A. Zuniga-Gonzalez

czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León.,
Nicaragua

Editor Académico Prof. Dr. Juan Camilo Acevedo-
Páez

Jua.acevedo@mail.udes.edu.co

Universidad de Santander, sede Cúcuta. Colombia,
Colombia

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 7, núm. 14, 2021

czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 08 Agosto 2021

Aprobación: 16 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941761006/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12607>

Autor de correspondencia: sierraftp@gmail.com

Resumen: El objetivo del presente estudio estuvo dirigido a mostrar la posible relación entre la variabilidad de la Actividad Solar y el comportamiento de la producción cafetalera durante 40 años (1980 – 2019) en El Salvador a partir de la base de datos facilitada por el Consejo Salvadoreño del Café, consistente en los volúmenes del grano acumulados anualmente. Se analizó a la vez la relación causal con el régimen pluviométrico en la región. La investigación se desarrolló en el marco de la colaboración de la Sociedad Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático y la Red Iberoamericana de igual nombre e inspirada en trabajos previos realizados por investigadores miembros de dicha Sociedad en años recientes relacionados con este tema. Se muestran los resultados y se evalúa la posibilidad de la asociación causal.

Palabras clave: Producción cafetalera, Clima espacial, Heliobiología, Actividad Solar, Biósfera.

Abstract: The objective of this study is aimed at showing the possible relationship between the variability of Solar Activity and the behavior of coffee production during 40 years (1980 - 2019) in El Salvador from the database provided by the Salvadoran Council of the Coffee, consisting of the volumes of the grain accumulated annually. At the same time, the causal relationship with the rainfall regime in the region is analyzed. The research was developed within the framework of the collaboration of the Ibero-American Society for Bioeconomy and Climate Change and the Ibero-American Network of the same name and inspired by previous work carried out by researchers who are members of said Society in recent years related to this topic. The results are shown and the possibility of the causal association is evaluated

Keywords: Coffee production, Space weather, Heliobiology, Solar activity, Biosphere.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio estuvo dirigido a mostrar la posible relación entre la variabilidad de la Actividad Solar y el comportamiento de la producción cafetalera en El Salvador. Además, el problema de investigación se enfoca en conocer la relación de la actividad solar y la producción cafetalera en El Salvador.

Ahora bien, el análisis estadístico de la producción industrial y masiva de cualquier cultivo por un largo período de tiempo (decenas de años), muestra, sin dudas, en primer lugar, el comportamiento del clima en la región como lo muestran Muthanna et al (2016) y Pustil'nik & Din (2004) y en segundo lugar revela la influencia de diversos procesos naturales o antropogénicos influyentes, los que pueden ser de tipo político, social y medioambiental, entre otros posibles, Carranza, & Méndez, (2020), Quintero (2020), Alonso, (2001). A ello se superpone siempre una “tendencia”, generalmente linealmente creciente en los volúmenes de producción, aunque puede tener otras características como es la decreciente, todo lo cual se revela mediante el estudio de las largas series de tiempo construidas con los datos históricos. Además, el conocimiento de este tipo de comportamiento proporciona la posibilidad de pronosticar los volúmenes de producción y la consecuente toma de medidas que incidan en el mejoramiento de los resultados productivos Cachiguango, (2021), Dario, & Muñoz, (2021).

En ese mismo sentido, es claro cómo el clima regional, modulado por la Actividad Solar influye en los volúmenes de las cosechas, dan fe los resultados de autores de diversas latitudes, quienes han analizado largas series de tiempo de la producción agrícola y reportado interesantes resultados, generalmente consistentes, que apoyan la hipótesis de nexos entre el Clima Espacial y el clima del planeta, variabilidad de producción agrícola, pandemias y otros efectos en la Biosfera, Sierra-Figueroa (2021), Kremer, & LeRoy (2014), Villacís Seme, (2021). Entre otros, se encuentran los interesantes antecedentes en nuestro hemisferio como el reporte publicado por Virden, (1976) en el que exponen interesantes vínculos entre la Actividad Solar y varios rubros de la agroindustria en los Estados Unidos de América. Zúniga et al., (2014), en el capítulo “Actividad Solar, Clima y Productividad Agrícola. Posibles Vínculo” se exponen algunos resultados obtenidos en el área geográfica en estudio, que muestran y corroboran conclusiones precedentes en cuanto a las mencionadas relaciones. El reciente reporte publicado por Sierra et al., (2019) muestra cómo la producción azucarera en El Salvador correlaciona muy bien con la actividad solar y geomagnética, siendo esta mayor durante los ciclos de mayor actividad respecto a los de Sol tranquilo. Todo ello fue advertido desde inicios del pasado siglo a partir de las investigaciones realizadas por el pionero en estos temas, el naturalista ruso Alexander Chizhevskii (Chizhevskii, 1940, Chizhevskii, 1973), a quien no es posible dejar de mencionar cuando nos adentramos en estos fenómenos de la Heliobiología ya que en época tan temprana pudo darse cuenta de la importancia de la influencia de los procesos eruptivos en el Sol sobre la Biosfera del planeta. A partir de sus primeros trabajos y descubrimientos, sus seguidores dieron paso a nuevos aportes que hoy en día, 100 años después, continúan contribuyendo con nuevos elementos a este importante tema que tanto afecta al Medio Ambiente, la sociedad y la economía en general.

Sin embargo, durante un siglo han sido cuestiones muy controvertidas y discutidas en el mundo académico, al principio muchos no aceptaban que desde el Sol llegara algo que pudiera de cierta forma controlar o modular procesos de la Biosfera, sin embargo, con el desarrollo de la Radioastronomía y la Geofísica Espacial y la tecnología en general, ha sido posible “ver” lo que anteriormente no se veía. Actualmente existen redes de Estaciones de monitoreo que registran permanentemente lo que ocurre en el Sol, en el espacio interplanetario y en la vecindad inmediata del planeta, se miden los campos electromagnéticos alrededor del planeta y en la

NOTAS DE AUTOR

sierrafp@gmail.com

misma superficie, el Viento Solar y los Rayos Cósmicos Galácticos (RCG) minuto a minuto, todo lo cual hace un siglo atrás en general era ignorado. De manera que, no es de extrañar que los actuales conocimientos en esta vertiente hayan aumentado exponencialmente y continuarán haciéndolo, Okoro, et. al (2021), Maghrabi, & Almutairi, (2021), Bhargawa, & Singh, (2021), Agosta, (2004).

En cuanto a, la generación de conocimiento de cómo se comportan los rendimientos de las fuentes principales de los recursos agrícolas de importancia económica en el tiempo, es esencial para la planificación futura con un cierto grado de certeza en cuanto a lograr los incrementos necesarios. En trabajos recientes se ha mostrado cómo es posible conocer con años de anticipación, el posible comportamiento de algunas cosechas como la caña de azúcar. Sierra et al., (2019) exploraron ampliamente la producción de azúcar de caña en El Salvador, encontrado que la misma correlaciona positivamente con la Actividad Solar, cuyo curso es muy bien conocido en el ámbito del Clima Espacial y la Astrofísica Solar con sus ciclos undecenales muy bien predecibles a mediano y largo plazo, lo cual puede constituir una herramienta para el diseño de los planes de desarrollo a nivel macroeconómico. Ahora con el presente trabajo se muestra algo semejante, en este caso con la producción cafetalera en el mismo país y para el mismo período de tiempo, para el cual esta industria ha sido, por décadas, una de las más importantes como fuente de ingresos y de empleo, aunque actualmente se encuentra en una fase evidente de decrecimiento con respecto a décadas anteriores, según lo observado en los datos mostrados Caminade, & Jones, (2019), Schilling, et. al (2012).

En esa misma vía, Sol-Sánchez et al.. (2017) plantean, que se tiene muy en cuenta para el análisis de los resultados, tanto la ocurrencia de eventos naturales catastróficos, pero de corta duración para la agricultura (huracanes, temporales, eventos volcánicos en la región), así como el régimen lluvioso durante el período estudiado, lo cual fue publicado en un trabajo previo por Sol-Sánchez et al., (2017), Figura 1. El registro histórico de eventos naturales que han ocurrido en El Salvador nos muestra un panorama crítico ya que su pequeño territorio es frecuentado por numerosos fenómenos hidrometeorológicos (tormentas tropicales, hondonadas y huracanes, El Niño), erupciones volcánicas y terremotos en su territorio o su vecindad geográfica, todo lo cual, de una manera u otra incide, en muchos casos, en la productividad agrícola con la devastación de extensas zonas rurales o sobre la población que labora en ellas y los medios y vías de transportación, de manera que se ha analizado en el presente trabajo aquellos eventos de mayor categoría reportados CEPAL: El Salvador (1982) que pudieran justificar puntualmente anomalías considerables observadas y señaladas en los volúmenes de producción representados en la Figura 1. <http://www.fao.org/3/x4583s/x4583s.htm>.

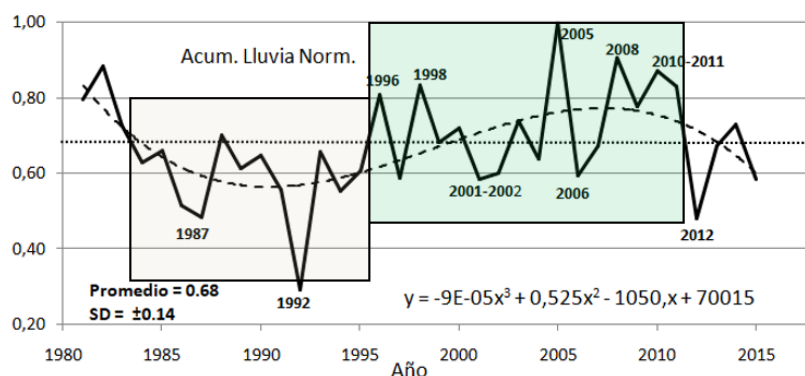


FIGURA 1
Acumulados anuales de lluvia registrado en 8 estaciones distribuidas en el territorio nacional de El Salvador, Sierra et al. (2019).

En la figura 1, se observa que la línea segmentada representa la tendencia polinomial de tercer grado ajustada de la serie de tiempo previamente normalizada y la línea de puntos muestra el promedio de todo el

período. Los picos negativos señalados con los años correspondientes, representan años de sequía respecto a la línea de tendencia, mientras que los positivos corresponden a años lluviosos también con respecto a la tendencia calculada. Se destaca un período general “seco” entre 1985, 1995 y 2015, uno predominantemente húmedo entre 1996 y 2011 con respecto al promedio de todo el período.

MATERIALES Y MÉTODO

Data

A partir de la base de datos de los acumulados anuales (1980 – 2019) de producción y rendimiento cafetalero (qq/mz.) proporcionada por el “Consejo Salvadoreño del Café”^[1], se creó un libro EXCEL, a partir del cual se obtuvo la serie de tiempo de dichas variables. Igualmente, a partir de los datos en línea de la Actividad Solar y Geomagnética^[2], se obtuvo las series de tiempo del Número de Wolf (W) y del Índice Geomagnético (Aa) para igual período de tiempo.

Metodología

Se utilizó la transformada rápida de Fourier brindado por el paquete estadístico Microcal Origin 6.0 Spilisbury, (2016), Stoer y Bulirsch, (1980), Sierra-Figueredo, (2021), con las propias herramientas estadísticas del EXCEL herramientas de análisis coeficiente de correlación^[3] y del Microcal Origin 6.0 se obtuvo los gráficos de variabilidad, tendencia, ajuste lineal y el análisis espectral de la producción cafetalera y del índice geomagnético Aa, González-Herranz et. al (2021), Zuniga-Gonzalez, (2021), Vásquez, (2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La obtención gráfica de la serie temporal de la producción y rendimiento por manzana para el período contemplado permitió observar, en primer lugar, su marcada tendencia hacia la disminución de la producción (Figura 2) de un 77.8%, con respecto a las cifras del año 1980 y rendimiento (Figura 3) de un 67% aproximadamente, de manera que la disminución de rendimiento no justifica totalmente, al parecer, el decremento de la producción.

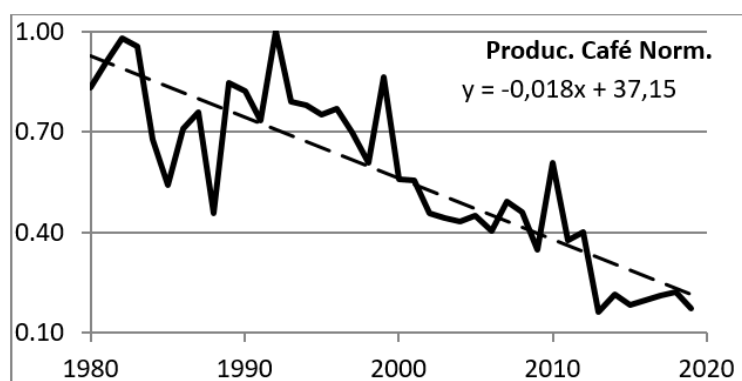


FIGURA 2

Serie de tiempo de la producción cafetalera en sus valores normalizados en El Salvador durante el período de 1980 a 2019. Los acumulados anuales vienen expresados en (qq.). La línea segmentada representa el ajuste lineal de la tendencia calculada, cuya ecuación se muestra en el gráfico, siendo el decrecimiento durante el período de aproximadamente de $\Delta = -77,8\%$.

Asimismo, el análisis de tendencia durante este mismo intervalo de 40 años, pudiera tratarse de un fenómeno casual o no, sin embargo se puede ver, comparando los gráficos de producción y de rendimiento, cómo las fluctuaciones se corresponden punto a punto, mientras que las tendencias son semejantes pero cuantitativamente, la producción, en los 40 años ha caído en un 77.8% mientras que el rendimiento en un 67%, esto quizás por aspectos externos a la producción que tienen su origen en la variación climática y antrópico respectivamente durante un periodo de 20 años.

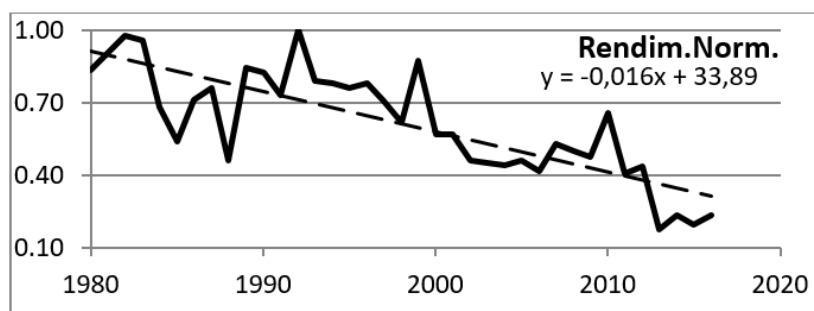


FIGURA 3

Rendimiento cafetalero (Promedios anuales normalizados (1980 – 2016)). La línea segmentada representa la tendencia lineal ajustada cuya ecuación aparece sobre el gráfico. Decrecimiento aproximado $\Delta = -67\%$

Para analizar y determinar si las fluctuaciones multianuales que se observan en la producción cafetalera pudieran verse asociadas con los períodos multianuales de la Actividad Solar y Geomagnética, se comenzó por obtener los gráficos comparativos de las series de tiempo mostradas en las Figuras 3 y 4. Por comodidad se optó por normalizar los valores numéricos referidos al máximo valor de cada serie, por lo que aparecerán los valores entre 0 y 1 y adimensionales.

En cuanto a la historia de la producción cafetalera en El Salvador, se observan algunos eventos naturales y sociales que seguramente incidieron sensiblemente en los volúmenes de cosecha, tal es el caso de la plaga de Roya que en el año 2013, causó una brusca caída de un 50% respecto a 2012, en los volúmenes de recolección, lo cual se evidencia en los gráficos de las Figura 2 y 3, en los que se observa que dicha caída en la producción

sólo fue recuperada 3 años después. Otros eventos hidrometeorológicos y geológicos también se reportan como causantes de grandes desastres sociales y económicos, algunos de los cuales indudablemente incidieron en los volúmenes de producción agrícola en general y en particular en las cosechas cafetaleras. En un trabajo recientemente reportado por Marinero y García, (2021) detallan los eventos de este tipo acaecidos en el país en las últimas décadas y entre ellos se destacan los terremotos, huracanes y volcanes, siendo estos dos últimos los de mayor impacto en la agroindustria. Por ejemplo, el huracán Mitch en 1998 produjo grandes desastres en una extensa región del territorio salvadoreño, ocasionando pérdidas cuantiosas en la agricultura, mientras que en el año 2005 las consecuencias de la actividad del volcán Santa Ana ocasionó numerosas pérdidas sociales y agrícolas en sus inmediaciones, a lo que se sumó los efectos del devastador huracán Stan en el propio año.

En el año 2009 transitó por Centroamérica el huracán Ida, el que ocasionó también numerosos daños sobre todo por los deslizamientos de tierra y escombros volcánicos en las laderas montañosas, lo cual, sin embargo, no se ve reflejado en los datos.

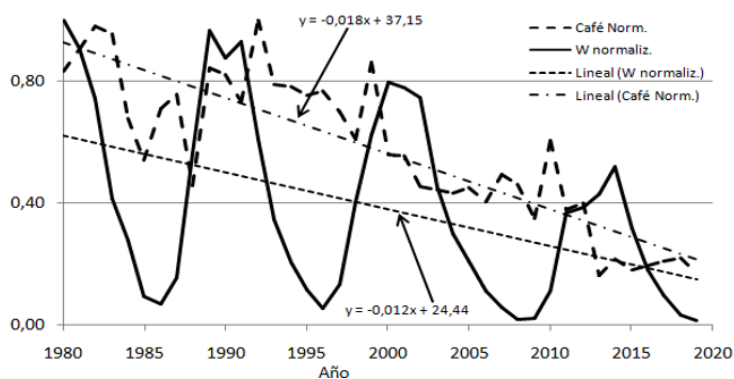


FIGURA 4

Series de tiempo de la producción cafetalera y de los promedios anuales del índice solar W, expresados en unidades normalizadas. Las tendencias lineales calculadas correspondientes a cada serie están mostradas con las líneas segmentadas respectivas y sus ecuaciones también asociadas en el gráfico.

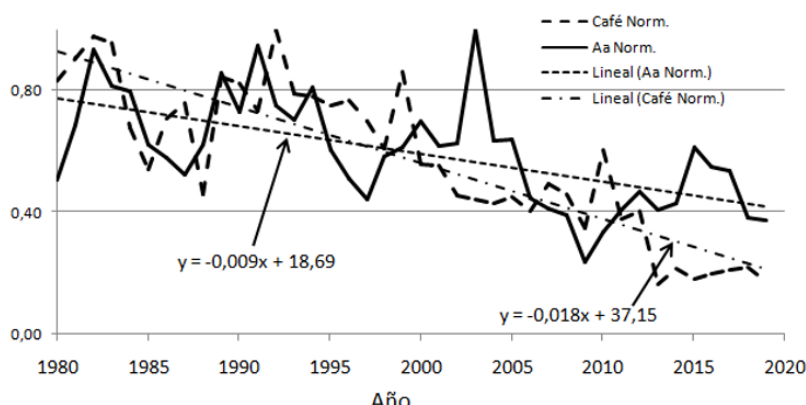


FIGURA 5

Series de tiempo de la producción cafetalera y de los promedios anuales del índice geomagnético Aa, expresados en unidades normalizadas. Las tendencias lineales calculadas correspondientes a cada serie están mostradas con las líneas segmentadas respectivas y sus ecuaciones también asociadas en el gráfico.

Gráficamente es posible observar que para los primeros 20 años de la serie, se evidencia una correlación positiva entre las variables W y Aa con la producción cafetalera, mientras que para los restantes 20 años no se

aprecia una clara correlación en la variabilidad de las series de tiempo. En la Figura 4 se evidencia lo anterior, mientras que en la Figura 5 se muestran ambas series de tiempo, pero una vez filtradas las frecuencias más altas representativas de 3 años o menores. Se debe tener en cuenta que alrededor del año 2000 una epizootia de Roya diezmo las plantaciones en El Salvador, lo cual coincidió con el impacto del huracán Mitch, todo lo cual trajo seguramente severas consecuencias en los rendimientos y posiblemente un deterioro general en las plantaciones, resultando que a partir de esos años, por estas y quizás otras causas coadyuvantes, la producción decreció notablemente, sin encontrar una posterior recuperación a los niveles anteriores, Valverde-Lucio, (2020), Gonzalez et al., (2020), Garduño & Ramírez, (2020).

En las series de tiempo de producción y de rendimiento, se destacan tres anomalías de decrecimiento productivo (1984-1985, 1988 y 2013) y tres de notable crecimiento durante un año (1992, 1999 y 2010). No se encuentra evidencia de que estas anomalías negativas estén directamente asociadas a destacados eventos registrados y las positivas pudieran corresponderse con condiciones hidrometeorológicas favorables durante los años anteriores, provocando que la floración y conservación de los frutos se haya visto beneficiada al punto de lograrse incrementos de esa magnitud. La Figura 6 permite evaluar el posible peso de los volúmenes de precipitación por años en el comportamiento de la producción. Puntualmente los años de mayores sequías fueron 1987, 1992, 2001-2002, 2006 y 2012, también el año 2015 para los cuales es posible atribuir los bajos rendimientos en los años 1988, 2003-2004 y 2013 (este último coincidió con una plaga de Roya) y años de bonanza quizás 1999, 2010 y 2011. Sin embargo, el análisis de periodograma (Tabla 1) muestra que el período de 9.14 años está presente en la serie de precipitación de lluvia y en la producción cafetalera. En este análisis se debe tener en cuenta que una cosa son los eventos esporádicos destacados como anomalías de corta duración y otro es el comportamiento de variación multianual recurrente de los fenómenos analizados, lo cual se evidencia con claridad en la Figura 1 en la que se han señalado dichos eventos.

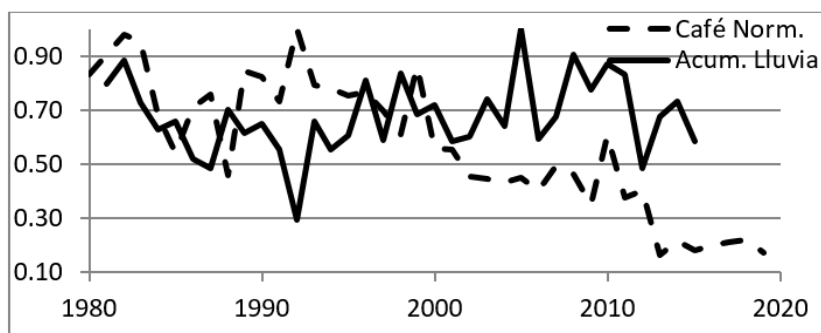


FIGURA 6

Series de tiempo de Producción Cafetalera y de Acumulado Anual de lluvias en 8 estaciones de registro del territorio de El Salvador, ambas series normalizadas.

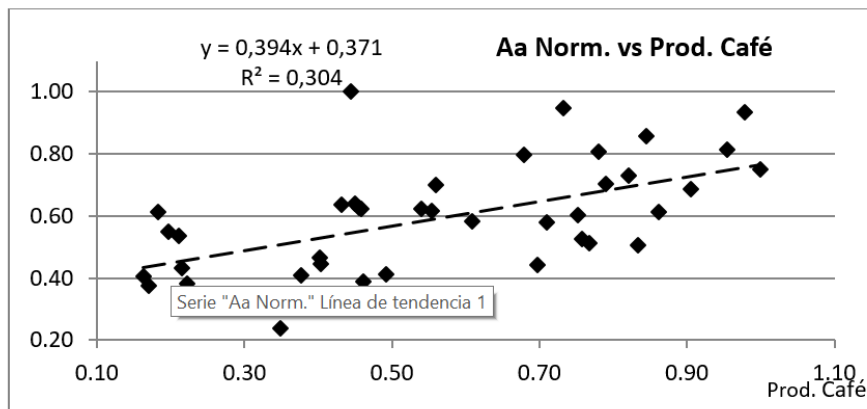


FIGURA 7

Regresión lineal entre el índice geomagnético Aa y la producción cafetalera para los 40 años. Ambas variables normalizadas a su mayor valor. Coeficiente de correlación lineal $p=0,55$.

TABLA 1

Registro de los períodos calculados por Transformada Rápida de Fourier para los índices solar y geomagnético y la producción cafetalera para los 40 años contemplados.

	Períodos	Significativos	en	Años	
Índice Aa	12.8	7.11 y 6.4	4	2.78 y 2.37 y	2.67 2.29
Prod. Café	9.14	6.4	3.76	2.91 y 2.56	2.29 y 2.2

Fuente: Elaboración propia

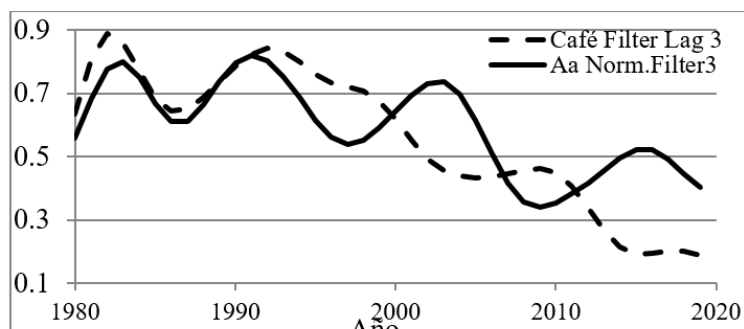


FIGURA 8

Series de tiempo de “aa” y de Prod. de Café suavizadas con filtrado FFT con ventana de 3 años, quedando suprimidas las frecuencias más altas de las mismas.

Una aparente contradicción que se observa en los resultados consiste en que para el prolongado período de menores volúmenes de precipitación observado en la Figura 7, 1985 – 1995) la producción cafetalera fue mayor de forma mantenida que en el resto de período en que se incrementaron en general dichas precipitaciones y sin embargo la tendencia en la producción continuó en franco descenso, lo que se puede interpretar como que la causa de dicho descenso productivo fue alguna otra de mayor peso que la necesaria humedad en los suelos Urrutia Vásquez, (2008).

De los resultados anteriormente expuestos se evidencia que la producción y el rendimiento del cultivo cafetalero en El Salvador durante los 40 años analizados, sólo muestra una débil y aparente vinculación con los ciclos de actividad solar y geomagnética, lo cual queda patentizado en la Tabla 1 por sólo encontrar un período que coincide con el mismo que presenta la actividad geomagnética al analizar espectralmente dichas series, este período es el de 6.4 años ya que otro, de 2.29 años también es coincidente pero con muy baja potencia espectral. Otro período con potencia espectral de 9.14 años es encontrado, siendo su valor cercano al de 10 a 12 años presente en los índices solares y geomagnéticos, pero en este caso más bien está vinculado con ese mismo período encontrado en el régimen lluvioso del mismo territorio y período estudiado, de manera que independientemente de otras coincidencias puntuales mostradas en párrafos anteriores entre las altas y bajas productivas coincidentes con años lluviosos y años secos respectivamente, se hace evidente que para períodos multianuales la producción cafetalera, como es de esperar, se ajusta al régimen lluvioso. Comparando este resultado con el obtenido para el cultivo de la caña de azúcar para el mismo país y período de tiempo en Sierra-Figueredo, (2019), en aquél sí se encontró claramente el período fundamental de la actividad solar de 12,8 años en la producción azucarera Lobell and Burke (2008).

La Figura 8, obtenida como resultado de filtrar las series de la variable Aa y la de Producción de Café, en la que se suprimió las frecuencias más altas (períodos más cortos), dejando sólo las fluctuaciones multianuales propias, se encuentra un resultado de interés. Se observa que desde 1980 hasta el año 2000 aproximadamente, ambas series son sincrónicas con una alta correlación ($p = 0.76$), mientras que, para los siguientes 20 años, a partir del año 2000, dicho sincronismo se rompe y pasa a ser dos procesos en contrafase con una correlación lineal muy baja ($p = 0.37$). No se encontró más datos confiables para al menos una década anterior a 1980 con el fin de saber cómo venía comportándose este proceso un poco antes de ese año. Habría que analizar a fondo que pudo haber ocurrido alrededor del comienzo del milenio para que el sincronismo que se mantuvo, al menos por 20 años, se rompiera bruscamente, lo cual quizás sea explicado por los numerosos eventos naturales ocurridos alrededor del año 2000. Para arribar a alguna conclusión consistente al respecto, se requeriría una serie de tiempo más extensa, así como un mayor conocimiento de todos los eventos naturales y sociales acaecidos en esos años relacionados con el proceso productivo del café, así como el comportamiento del mercado mundial del grano, lo cual se sale del objetivo exploratorio del presente trabajo. Hoy en día El Salvador ha dejado de ser la “República Cafetalera” de antaño Secretaria de Cultura de la presidencia, (2011).

CONCLUSIONES

Un aspecto importante, a tener en cuenta al pretender comparar resultados de diferentes producciones o rendimientos de cultivos, es el relacionado con sus características esenciales, por ejemplo, si queremos comparar el rendimiento de las plantaciones cafetaleras con las de patatas, nos encontramos que el café es una planta cuyo ciclo de vida es multianual (alrededor de 20 años) y la de la patata es muy corto, sólo de meses, lo cual hace esencialmente diferente el análisis que se haga, independientemente de las diferencias fisiológicas, entre otras. Podemos considerar que el café y otras plantas de larga vida, tienen una especie de “memoria”, lo cual repercutirá en su rendimiento de cada año teniendo en cuenta lo que ocurrió para ella el año anterior (el clima, la posible deforestación que sufrió por los elementos de su medio ambiente, los efectos de epifitas sufridas, la polinización y la maduración del grano, entre otros). De manera que su rendimiento cada año no sólo depende de los elementos presentes durante este, no así la patata, en que su corta vida y crecimiento depende de lo que ocurre en el corto tiempo de algunos meses, Rao et al., (2020), Van et al., (2010).

Se puede concluir, a partir de lo obtenido que la producción cafetalera en El Salvador, durante los 40 años analizada, correlacionó significativamente ($p = 0,76$) con la fluctuación multianual de la Actividad Geomagnética durante las dos primeras décadas estudiadas, mientras que para la etapa comprendida entre el año 2000 y 2019 dicha correlación es muy baja ($p = 0.37$), no pudiendo por tanto emitir una conclusión definitiva dadas las razones antes expuestas. Se recomienda entonces, de ser ello posible, extender la serie

de tiempo lo más posible y recalcular todo, o bien acudir a las bases de datos de países vecinos para realizar un análisis semejante con igual o mayor número de años, de manera de obtener una conclusión de mayor consistencia, Zuniga-Gonzalez, (2021), López-Sampson et al., (2021), Mesén-Sequeira et al., (2021).

Aunque si se puede concluir que la relación de la actividad solar con los niveles de rendimiento del café tiene poca relación, encontramos muy al contrario situaciones en el mismo Salvador, México y Cuba que si existe una estrecha relación, por ejemplo en el caso de la producción apícola, en la producción de la caña de azúcar, o el régimen de lluvias en el Salvador, Sierra-Figuero et al., (2016), Sierra-Figuero et al., (2015), Sierra-Figuero et al., (2019), Sol-Sánchez et al., (2017).

Con estas conclusiones se abren paso para realizar nuevos estudios, en este mismo tema en cuanto a la producción de café en el ámbito Centroamericano y su relación con la actividad solar, para lograr fortalecer los resultados obtenidos con la base de datos de El Salvador.

LITERATURA CITADA

- Agosta, E. A. (2004). Variaciones del clima terrestre y rayos cósmicos galácticos durante el ciclo Solar de 11 años revisión teórica. *Meteorologica*, 29(1-2), 47-62.
- Alonso, J. A. (2001). Aspectos de la degradación del medio ambiente: su influencia en el clima. *Papeles de Geografía*, (34), 17-49.
- Bhargawa, A., & Singh, A. K. (2021). Elucidation of some solar parameters observed during solar cycles 21-24. *Advances in Space Research*. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.04.037>
- Cachiguango Ulcuango, A. F. (2021). Análisis y mejoramiento de procesos de producción de plástico en las diferentes empresas del sector productivo de la Zona 9 (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Caminade, C., McIntyre, K. M., & Jones, A. E. (2019). Impact of recent and future climate change on vector - borne diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1), 157. <https://doi.org/10.1111/nyas.13950>
- Carranza, J., & Méndez, C. (2020). Tafonomía lítica del sitio Quebrada de Quereo: abordando el problema de la ambigüedad antropogénica en contextos del final del Pleistoceno. *Estudios atacameños*, (65), 217-245.
- CEPAL, El Salvador: Desastres naturales de (1982) y sus repercusiones sobre el desarrollo económico y social (E/CEPAL/MEX/1982/L.30), 19 de noviembre de 1982.
- Chizhevskii, A. (1940). *Cosmobiologie et Rythme du Milieu extérieur*. Verhandlungen, Zweiten Konferenz der Internationalen Gesellschaft für Biologische Rhythmusforschung, am 25. und 26. August 1939, Utrecht, Holland, HolmgrenHj, editor. *Acta med scand* 1940; 108 (Suppl): 211-226.
- Chizhevskii, A. (1973). El eco terrestre de las tormentas solares. Ed. "Misl" Moscú, 1973.
- Dario, C., & Muñoz, Y. (2021). La Gestión por procesos de la empresa VIPKARD de la ciudad de Riobamba y su incidencia en la productividad, periodo 2018-2019 (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo).
- FAO (200). Efectos de los fenómenos climatológicos adversos en la producción y el comercio de los alimentos. 26ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Mérida, México, 10 - 14 de abril del 2000. <http://www.fao.org/3/x4583s/x4583s.htm>.
- Garduño Ángeles, G. L., & Ramírez León, A. (2020). Beneficios de pertenecer a una organización cafetalera: el caso de Santa María Yucuhiti, Oaxaca. *Problemas del desarrollo*, 51(202), 91-116. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.202.69516>
- González, M. D., Barroso, C. G., Sánchez, D. A. G., & Moreno, M. G. (2020). Estudio y desarrollo de un método de maceración acelerada de licor de café elaborado con holandas de vino mediante el uso de energía de ultrasonidos. In *XLI Jornadas de viticultura y enología Tierra de Baños* (pp. 37-55). Centro Cultural Santa Ana.
- González-Herranz, P., Penelas-Abelleira, N., Barreiro-Pensado, C., & Castellano-Romero, I. (2021). Deformidad posteromedial de la tibia: evolución radiológica y tratamiento de la discrepancia. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 65(3), 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2020.08.003>

- Kremer, R. J., & LeRoy Deichman, C. (2014). Soil quality and the solar corridor crop system. *Agronomy Journal*, 106(5), 1853-1858. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0508>
- Lobell, D. B., & Burke, M. B. (2008). Why are agricultural impacts of climate change so uncertain? The importance of temperature relative to precipitation. *Environmental Research Letters*, 3(3), 034007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/3/034007>
- López-Sampson, A., Virginio Filho, M., Somarriba, E., Gamboa, H., Medina, B., Marcucci, J. S., ... & Núñez, C. R. (2021). Red de parcelas de experimentación y validación participativa de prácticas innovadoras para manejo integral y control de plagas y enfermedades en cafetales de Centroamérica. *Agroforestería en las Américas Número 51* (2021), páginas 67-83.
- Maghrabi, A., Aldosari, A., & Almutairi, M. (2021). Correlation analyses between solar activity parameters and cosmic ray muons between 2002 and 2012 at high cutoff rigidity. *Advances in Space Research*, 68(7), 2941-2952. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.05.016>
- Marinero E. y García M. (2021). Gestión integral de riesgo de desastres en zonas volcánicas vulnerables: propuestas desde la capacitación. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina RPNS 2346 ISSN 2308-0132 Vol. 9, No. 3, Septiembre-Diciembre, 2021Gonz#2020*.
- Mesén-Sequeira, F., Jiménez-Alvarado, L. D., Virginio Filho, M., Medina, B., López, A., Arias, E. L., & Cortez Recinos, S. R. (2021). Fortalecimiento de las capacidades regionales para la producción clonal de híbridos F1 de café. *Agroforestería en las Américas Número 51* (2021), páginas 97-102.
- Muthanna, A. Al-Tameemi; Chukin V. (2016). Global wather cycle and solar activity variations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 142 (2016) 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2016.02.023>
- Okoro, E. C., Yan, Y. H., Bisoi, S. K., & Zhang, Y. (2021). Response and periodic variation of total atmospheric ozone to solar activity over Mountain Waliguan. *Advances in Space Research*, 68(6), 2257-2271. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.06.021>
- Sierra Figueredo, P., Edgar A. Marinero O., Ángel Sol S., Carlos A. Zuniga-González (2019). Cane sugar production in El Salvador and its relationship with the variability of Solar and Geomagnetic Activity: An approach to Bioeconomics and Climate Change. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático diciembre 2019. Vol.5 No.10, 1209-1221, DOI: https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i10.8946*
- Pustil'nik, L.A. & Din, G.Y. (2004). Influence of solar activity on the state of the wheat market in medieval England. *Sol Phys* (2004) 223: 335. <https://doi.org/10.1007/s11207-004-5356-5>
- Quintero Donozo, W. H. (2020). Biodiversidad del jardín botánico y su potencial mitigación de actividades antropogénicas en la Universidad Técnica de Manabí, año 2019 (Master's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Rao, M. V., Rice, R. A., Fleischer, R. C., & Muletz-Wolz, C. R. (2020). Soil fungal communities differ between shaded and sun-intensive coffee plantations in El Salvador. *PloS one*, 15(4), e0231875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231875>
- Schilling, J., Freier, K. P., Hertig, E., & Scheffran, J. (2012). Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 12-26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.021>
- Secretaría de Cultura de la Presidencia. (2011). *El Salvador: historia mínima. 1811-2011*. San Salvador, El Salvador: Secretaría de Cultura de la Presidencia.
- Urrutia Vásquez, S.F. (2008). *La República cafetalera*. Monografías. <https://www.monografias.com/trabajos62/republica-cafetelera/republica-cafetelera.shtml>
- Sierra-Figueredo, P., de la Torre, B. H., Vega-Velázquez, A., & Vega-Bolaños, A. (2021). Captura de Langosta en Baja California y su relación con la Actividad Solar. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 7(13), 1488-1498. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11262>
- Sierra-Figueredo, P., Marinero-Orantes, E., Sol-Sánchez, Ángel, & Zúniga-Gonzalez, C. (2019). Producción de azúcar de caña en El Salvador y su relación con la variabilidad de la Actividad Solar y Geomagnética: Un enfoque de la Bioeconomía y el Cambio Climático. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático E-ISSN 2410-7980, 5(10), 1209-1221*. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i10.8946>

- Sierra-Figuero, P., Pérez Piñero, A., Durán Zarabozo, O., Castellanos-Pontenciano, B., & Zaldivar Cruz, J. (2015). 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. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático E-ISSN 2410-7980*, 1(1), 207-222. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2149>
- Sierra-Figuero, P., Pérez-Piñero, A., Duran Zarabozo, O., Marinero-Orate, E., & Zaldivar-Cruz, J. (2016). Análisis del impacto de la Actividad Solar y la variabilidad climática en la productividad apícola para el territorio cubano. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático E-ISSN 2410-7980*, 1(2), 156-171. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i2.2481>
- Sol-Sánchez, Ángel, Sierra-Figuero, P., & Marinero-Orantes, E. A. (2017). Actividad solar y su asociación con el régimen de lluvias en El Salvador. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 3(6), 782-799. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v3i6.5948...> <https://doi.org/10.5377/ribcc.v3i6.5948>
- Spilsbury, M. J., & Euceda, A. (2016). Transformada Rápida de Fourier. *Revista de la Escuela de Física*, 4(2), 45-52. <https://doi.org/10.5377/ref.v4i2.8276>
- Stoer, J., & Bulirsch, R. (1980). Finding zeros and minimum points by iterative methods. In *Introduction to Numerical Analysis* (pp. 244-313). Springer, New York, NY.
- Valverde-Lucio, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., Merchán-García, W., & Gabriel-Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 18-28. <https://doi.org/10.36610/jjsars.2020.110100018>
- Van Oijen, M., Dautat, J., Harmand, J. M., Lawson, G., & Vaast, P. (2010). Coffee agroforestry systems in Central America: I. A review of quantitative information on physiological and ecological processes. *Agroforestry systems*, 80(3), 341-359. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9294-y>
- Vásquez, M. S. G. (2017). Inminente Hibernación Solar (2020). *Ciencias Espaciales*, 10(1), 23-34. <https://doi.org/10.5377/ce.v10i1.5724>
- Villacís Seme, J. Y. (2021). Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) Sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos (Bachelor's thesis, Quevedo-Ecuador).
- Viriden L. Harrison. (1976). Do sunspot cycles affect crop yields? Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 327.
- Zuniga-Gonzalez, C. A. (2021), "Correlation between solar radiation and Covid-19 ", Mendeley Data, V1, doi: 10.17632/mrtn2bpgwf.1 <https://data.mendeley.com/datasets/mrtn2bpgwf/1>
- Zúniga-González, C.A; Durán Zarabozo, O; Dios:Palomares, R; Sol Sánchez, A; Guzman-Moreno, M. A.;Quiros, O; Montoya-Gaviria, G. J. (2014). Estado del arte de la Bioeconomía y el cambio climático / Red de Bioeconomía y Cambio Climático (REBICAMCLI). Editorial Universitaria. 338.9 R312e. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Coordinador. León, Nicaragua. 312 p.: cuadros y gráficas. 3.3 Actividad Solar, Clima y Productividad Agrícola. Posibles Vínculo, pp.123-149. DOI 10.22004/ag.econ.168356 ISBN : 978-99924-28-40-5

NOTAS

- 1 (www.csc.gob.sv)
- 2 (<http://www.sidc.be/silso/datafiles>; <http://www.geomag.bgs.ac.uk/.html>)
- 3 [1] Coeficiente de correlación y Person