



## COMUNICACIÓN

**Título:** Relación del cambio climático en el rendimiento agrícola en el Ecuador

**Autores y e-mails:**

Diana Bravo-Benavides (dbbravo@utpl.edu.ec)

Andrea Espinosa Maldonado (aespinos4@utpl.edu.ec)

Diana Encalada (dencalada1@utpl.edu.ec)

Luz María Castro (lmcastro@utpl.edu.ec)

Raúl Compés López (rcompes@esp.upv.es)

**Departamento:**

Departamento de Economía

**Universidad:**

Universidad Técnica Particular de Loja-Ecuador

**Área Temática:** Sostenibilidad, recursos naturales, energía y medio ambiente

**Resumen:**

La investigación pretende analizar la relación del cambio climático sobre el rendimiento agrícola de 3 cultivos seleccionados: cacao, banano y café en las 24 provincias del Ecuador, bajo el enfoque de la función de producción agrícola y mediante el análisis de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) durante el periodo 2000-2012. Se usaron datos provenientes del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Los resultados del modelo econométrico indican que las variables climáticas –temperatura y precipitación– influyen en el rendimiento de estos cultivos; mostrándose un impacto reducido para el caso del cacao, mientras que, para el caso del banano y café no se evidenció un impacto significativo.

**Palabras Clave:** *cambio climático, rendimiento agrícola, función de producción, MCO*

**Clasificación JEL:** Q1, Q18, C15, C51



## Introducción

Uno de los problemas más severos por los que atraviesa el planeta es el calentamiento global, problema causado principalmente por actividades antropogénicas generadoras de gases de efecto invernadero, los cuales han afectado gravemente al medio ambiente, y han contribuido al cambio climático mundial (FAO, 2016).

Los bruscos cambios en el clima que se han venido evidenciando en los últimos años han causado una fuerte preocupación, debido a que esto se ve reflejado en fenómenos meteorológicos cada vez más extremos y menos predecibles. (FAO, 2016).

Estos efectos se extienden a diversos ámbitos productivos, económicos, sociales, ambientales, con riesgos desde escasez de suministros alimentarios, incremento de los precios de los productos, aumento de plagas en los cultivos, migración, hambre, pobreza e inseguridad alimentaria (CEPAL, 2010; FAO, 2016).

Ortiz (2012) expone que el cambio climático representa una nueva amenaza a los medios de subsistencia de los agricultores; aseverando que las zonas rurales de Latinoamérica son en extremo endebles a los cambios en los patrones climáticos, considerando que un elevado porcentaje de su economía y gran parte de su mano de obra dependen fundamentalmente de una agricultura sensible al clima. En Ecuador 28% de la población se dedica a la agricultura como medio de subsistencia, se prevé que la productividad de la agricultura pueda disminuir entre un 12 y un 50 por ciento. Para el caso de Ecuador, se predice que, para el año 2080, las pérdidas inducidas por los bajos rendimientos podrían alcanzar el 40 por ciento en el caso de la caña de azúcar y el banano, el 20 por ciento en el caso del cacao y el café y, en el caso de la papa, también se espera que se vea afectada, observándose una caída en su rendimiento (MAGAP, 2015).

En la Comunidad Andina se ha evidenciado un aumento de la temperatura de aproximadamente 0,1 °C por década, y se prevé que para el año 2100 habrá un calentamiento continuo de entre 4,5 y 5°C en la región de los Andes tropicales, afectando el ciclo hidrológico, acortando la disponibilidad de agua para riego y la extensión del periodo de desarrollo de los cultivos (Ortiz, 2012).

La CEPAL (2015) explica que las variaciones en la temperatura y precipitación tendrán efectos nocivos para el sector agropecuario, menguando la productividad, principalmente, de los cultivos de caña de azúcar, banano y arroz; por el contrario, aumentarán en el caso del maíz suave y el fréjol; pudiéndose así observar que el costo del cambio climático oscilaría entre el 6,2% y el 43,9% del PIB en 2010 para incrementos de temperatura superiores a 1°C a partir del año 2020. Para el año 2050 se estima que este incremento llegará a 1,8°C en promedio nacional



y afectará principalmente a las regiones Sierra y Amazonía. Además, se estima que para el año 2070 las precipitaciones aumentarán un 15,8% en la costa ecuatoriana, llegando a observar acrecentamientos de temperatura de hasta un 47%, mientras que el declive de los niveles de pluviosidad se mantiene en la Sierra y empeoran en las provincias de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar; y las provincias meridionales como Loja y Cañar registrarán variaciones positivas (CEPAL, 2015)

Dado el contexto anterior, es importante contar con conocimientos certeros y confiables sobre la relación del cambio climático y el rendimiento que permita a los responsables de políticas identificar desafíos y oportunidades para identificar y promover prácticas de adaptación que permitan un desarrollo más equitativo y equilibrado.

Bajo esta perspectiva, el objetivo de la presente investigación es analizar la relación existente entre el cambio climático y el rendimiento agrícola en las 24 provincias del Ecuador en tres principales cultivos a partir de una función de producción que los relaciona con las variables climática temperatura y precipitación.

### **Materiales y Métodos**

En el presente estudio utiliza series temporales, comprende datos históricos entre el periodo 2000 y 2012. Las variables del cambio climático que se utilizan como las temperaturas promedio máximas y mínimas expresadas en grados Celsius(°C), precipitación medida en milímetros (mm/mo), han sido proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) correspondiendo a las 24 estaciones meteorológicas e hidrológicas en todas las provincias del Ecuador.

Mientras, las series sobre el rendimiento agrícola del, *cacao*, *banano* y *café* están medidas en toneladas métricas por hectárea(t/ha) han sido obtenidas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). La selección de los productos se realizó en base a la importancia que tiene para el país en términos de exportación.

El tipo de investigación es descriptivo y analítico por cuanto busca caracterizar, describir y analizar la relación del cambio climático y el rendimiento de los principales cultivos. Para tal efecto a nivel internacional existen dos enfoques para evaluar los efectos en términos físicos y económicos del cambio climático en la agricultura. El enfoque de función de producción que usa información de series temporales y el enfoque Ricardiano que usa datos de corte transversal. (Tonconi, 2015).

#### ***a. Enfoque de la función de producción***

Según Fleischer et al. (2007). En términos formales, la función de producción agrícola se representa como sigue:

$$Q_i = f(P_i, S_i, A_i) \quad (1)$$



Donde  $Q_i$  representa la producción ya sea en el sector agropecuario o en un subsector el agrícola o el rendimiento por hectáreas de un determinado cultivo, por lo tanto, la forma funcional relacionada con la teoría económica es la siguiente:

$$\text{BANANO}_i = f(P_i, S_i, A_i) \quad (2)$$

$$\text{CACAO}_i = f(P_i, S_i, A_i)$$

$$\text{CAFÉ}_i = f(P_i, S_i, A_i)$$

Así, para analizar cada cultivo específico en el tiempo, se tiene la siguiente expresión en forma funcional cuadrática (Seo y Mendelsohn, 2007)

$$Q_{it} = B_0 + B_1Temp + B_2Temp^2 + B_3Prec + B_4Prec^2 + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Donde la producción ( $Q_{it}$ ) depende de la temperatura (Tem) y precipitación (Pre) en forma cuadrática, lo que permite el análisis de los efectos del cambio climático en el rendimiento de la producción agrícola alimentaria, mediante las estimaciones variables observadas en el tiempo, las que captan la variabilidad del clima en las temperaturas y precipitaciones.

El método de estimación que se emplea en el enfoque de la función por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con el que se analizan la relación del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos de la producción agrícola alimentaria en Ecuador.

## Resultados y Discusión

La tabla 1 expone los resultados obtenidos en las regresiones de los tres cultivos a investigar, cada columna representa un producto, denominando al cultivo de banano, cacao y café. Se observa que las variables independientes logaritmo de la temperatura y logaritmo de la temperatura al cuadrado son estadísticamente significativas al 0,05% en el caso del cultivo del cacao, una variación del 1 % en la temperatura máxima el rendimiento se reducirá en 24.5 % en el corto plazo y ante una variación del 1% en el cuadrado de la temperatura máxima provocará un aumento en 3,87% en el largo plazo. Para los demás productos no se observa un efecto significativo de la temperatura sobre su rendimiento. Al referirnos a la precipitación los resultados aluden que en el corto plazo y ante el incremento de un punto porcentual, esta tiene un impacto positivo para el caso de los cultivos aumentando su rendimiento en 0.11 % para el banano , 0.53% para el cacao; mientras que para el caso del café se observa una reducción del 0.45% de su rendimiento; sin embargo, en el largo plazo se observa que el incremento de un punto porcentual de la precipitación reducirá los cultivos de banano en un 0,014 %, cacao en 0.04%, por el contrario, para el caso del café en el largo plazo se observará un incremento del 0.03 %.



Es importante aludir que los resultados muestran a la precipitación como una variable no relevante en el rendimiento de los cultivos, esto debido a que los niveles de precipitación durante el periodo han estado en un intervalo óptimo o cercano al óptimo para el desarrollo de los cultivos, además vale la pena recalcar que en algunos casos los agricultores optan por sistemas de riego para compensar los bajos niveles de precipitación que existen en algunas provincias.

**Tabla 1:** Resultados del modelo

	Banano	Cacao	Café
tmax	5.134 (0.51)	-24.50* (-2.55)	-11.28 (-0.99)
tmax2	-0.517 (-0.32)	3.870* (2.55)	1.638 (0.90)
tmin	0.237 (0.22)	0.840 (0.73)	2.143 (1.61)
tmin2	-0.0363 (-0.21)	-0.128 (-0.69)	-0.325 (-1.52)
tmed	-0.406 (-0.18)	0.785 (0.32)	0.995 (0.35)
tmed2	0.0590 (0.18)	-0.0920 (-0.26)	-0.123 (-0.30)
preci	0.105 (0.19)	0.532 (1.01)	-0.455 (-0.72)
preci2	-0.0136 (-0.31)	-0.0425 (-1.05)	0.0339 (0.71)
Constant	-9.101 (-0.59)	32.97* (2.20)	13.71 (0.77)
Observations	311	285	298
Adjusted $R^2$			

*t* statistics in parentheses

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

En la investigación y a través de los resultados obtenidos con el modelo econométrico, pudimos determinar que para el caso de Ecuador y sus provincias el cambio climático aún no constituye un impacto representativo en el rendimiento de los cultivos seleccionados, debido a que los niveles de temperatura y precipitación están dentro del rango óptimo para que estos cultivos tengan un buen desarrollo.





Para el caso del banano y según el manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de banano, el clima ideal para este cultivo es el tropical húmedo, la temperatura idónea para su desarrollo va desde 18.5°C a 35.5°C, las temperaturas inferiores a 15.5°C retardan el crecimiento, mientras que con temperatura de 40°C se presenta estrés térmico. Al hablar de precipitación, la cantidad de lluvia necesaria para este cultivo es de 120 mm mensuales o de 1440 mm anuales (AGROCALIDAD, 2014), lo que justifica los resultados del modelo perteneciente a este cultivo, puesto que no se observó un impacto significativo de las variables independientes, debido a que en la mayoría de los años del periodo de estudio se observan valores cercanos al óptimo para el desarrollo del banano. Según el boletín situacional del banano proporcionado por el MAGAP (2014), las principales provincias productoras de banano son Los Ríos, Guayas y El Oro.

El cacao es un cultivo cuyos requerimientos climáticos consideran una temperatura comprendida entre 24 y 26°C y una precipitación de entre 1500 y 2000 mm anuales. (AGROCALIDAD, 2012) El modelo econométrico expone, al igual que en el caso del maíz duro seco, que la temperatura máxima tiene un efecto significativo en el rendimiento de este cultivo, haciendo que este se reduzca; esto debido a la presencia de temperaturas que sobrepasan el límite adecuado para que este cultivo tenga una producción óptima, mientras que para el caso de la precipitación, se observa que los niveles están por debajo del óptimo para el desarrollo de este cultivo, sin embargo se debe tomar en cuenta que los agricultores ante la necesidad de la cantidad adecuada de agua que necesita este cultivo para su normal desarrollo, opta por sistemas de riego que ayudan a compensar este faltante (ANECACAO, s.f) lo que justifica los resultados observados respecto a la precipitación. Según el MAGAP (2014) las principales provincias productoras de cacao son: Guayas, Los Ríos y Manabí.

El café es un cultivo cuyo buen desarrollo depende de temperaturas que oscilan entre 16 y 23°C, las temperaturas altas inhiben el crecimiento del café, a los 24°C la fotosíntesis decrece y se hace casi imperceptible a los 34°C. Por esta razón, en las zonas muy calientes, la sombra es un factor importante para moderar las altas temperaturas que producen los rayos directos del sol. Las temperaturas que se alejan de las medias de 16 ° y 23°C se hacen menos adecuadas para el café. Al hablar de precipitación existen límites bajos que varían entre 760 y 780 mm, mientras los límites altos fluctúan de 990 a 3.000 mm (AGROCALIDAD, 2013) los resultados obtenidos en el modelo muestran que para este cultivo no existe un impacto importante, debido a que los niveles de temperatura y precipitación están dentro de un rango óptimo especialmente en las principales provincias productoras de café como son Loja, Orellana y Manabí; por lo que las variaciones climáticas que se han evidenciado en el periodo establecido no han repercutido de tal manera que influya significativamente en el rendimiento de café en el país. Además, cabe mencionar que el impacto de las variables climáticas en el café dependerá mucho del tipo de café que se esté analizando (MAGAP, 2014)



Tanto para el cultivo del banano, café, no se observa un impacto significativo de las variables climáticas, empero para el caso del cacao si se observa un impacto parcial de que las temperaturas máximas tienen un efecto negativo en el rendimiento de este cultivo coincidiendo con el estudio realizado por la CEPAL (2015) y Ortiz (2012) menciona que los cambios en la temperatura y precipitación para las décadas de 2020 y 2050 provocarían efectos negativos reduciendo el rendimiento para el caso de los cultivos de cacao.

Cabe recalcar que aunque en Ecuador durante el periodo establecido para esta investigación no se ha observado un impacto muy significativo de las variaciones climáticas en el rendimiento de los cultivos, debido a que en sí tanto la temperatura como la precipitación no han sobrepasado el umbral óptimo para el desarrollo de estos cultivos; sin embargo y como lo alude la evidencia empírica antes mencionada en el largo plazo el cambio climático puede representar una fuerte amenaza, por lo que es necesario desde ya diseñar estrategias de adaptación (FAO, 2009).

## Conclusiones

Al analizar los resultados obtenidos en el modelo econométrico, se concluye que el cambio climático tiene un efecto significativo para el caso del cultivo de cacao, mientras que para los cultivos de café y banano no se observa un impacto substancial, esto debido al comportamiento de las variables climáticas a lo largo del periodo establecido, no han tenido una variación importante, sin embargo, como lo demostraron los resultados las temperaturas máximas tienen un impacto parcial en el desarrollo de los cultivos de cacao, sin embargo, y como lo menciona la evidencia empírica se espera que a largo plazo el cambio climático tenga un impacto negativo en la agricultura, es de vital importancia desde ya tomar medidas con el fin de amortiguar los efectos futuros del cambio climático en la agricultura, y de esta manera contribuir en el bienestar de la población campesina dedicada a esta actividad.

Ecuador es un país en el que la agricultura representa uno de los pilares fundamentales sobre los que se desenvuelve su economía, aproximadamente la mitad de la población rural ecuatoriana vive en condiciones de pobreza, por lo que el comportamiento de la agricultura incide directamente en el bienestar de la población dedicada a esta actividad, es por esto que reducir la pobreza en los próximos años dependerá de las medidas que se tomen en beneficio del sector agropecuario; si no se toman medidas, el cambio climático puede complicar la situación principalmente del pequeño agricultor, acarreando consigo problemas como la proliferación de plagas, pobreza, hambre, migración, inseguridad alimentaria, entre otros.

La agricultura y ganadería están entre los principales sectores que contaminan y generan gases de efecto invernadero dentro del país, aportando con un 51% de emisiones, seguido por el uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura con un 39%, 7% energía, 2% residuos, 0,7% de procesos industriales, por lo que se debe desarrollar una práctica sostenible con el fin de coadyuvar al mundo a hacer frente a sus dos grandes retos que son eliminar el hambre y la pobreza y estabilizar el clima, por lo que sería importante que además de ofrecer incentivos a







IPCC. (2001). *Informe de Síntesis: Glosario de Términos*. Consultado el 2 de octubre de 2017 de <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

Seo, S. y Mendelsohn, R. (2007). *Climate Change Impacts on Animal Husbandry in Africa: A Ricardian Analysis*. Washington, DC.: World Bank Policy Research Working Paper, N. 4621. 48 p.

Schlenker, W., y Roberts, M. J. (2008). *Estimating the Impact of Climate Change on Crop Yields: The Importance of Nonlinear Temperature Effects*. Consultado el 16 de mayo de 2017, de <http://www.nber.org/papers/w13799>

Tonconi, J (2015) *Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú* IDESIA (Chile), pp 119-136

Valdivieso, M. B. (2016). *Análisis comparativo de los modelos de producción agroalimentaria del Ecuador*. Consultado el 17 de Abril de 2017, de <http://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/prueba/servicios/wp-content/uploads/2016/05/An%C3%A1lisis-de-Modelos-Agroalimentarios-Ing.-Manuel-Suquilanda.pdf>

20, 21, 22 · Noviembre | Novembre 2019 · Castelló  
XLV Reunión de Estudios Regionales - VI Jornades Valencianes d'Estudis Regionals

## International Conference on Regional Science

Respuesta de las regiones periféricas ante los cambios sociales,  
tecnológicos y climáticos

Resposta de les regions perifèriques davant els canvis socials, tecnològics i climàtics

Universitat Jaume I



Mireu Ocañitegui | Fotografia © Pincell/istock