

Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador

Coffee production and climatic variables:

The case of Espíndola, Ecuador

Adriana Jiménez-Torres* y Priscilla Massa-Sánchez**

Código JEL: Q1, Q54

Recibido: 30/01/2016, Revisado: 26/04/2016, Aceptado: 07/06/2016

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como propósito analizar la producción de café en el cantón Espíndola, provincia de Loja, en Ecuador; considerando variables climáticas como precipitación y temperatura media, mínima y máxima, con base en una función de producción, aplicando Mínimos Cuadrados Ordinarios, para determinar la relación entre la producción de café y las variables climáticas. Los resultados muestran la existencia de una relación directa entre la precipitación y la producción de café, y entre la producción y la superficie cosechada de este rubro, pero inversa entre la producción y la temperatura máxima y media; lo cual concuerda con la evidencia empírica. Adicionalmente, se plantean algunas recomendaciones para fortalecer las capacidades de los productores y obtener una mayor eficiencia productiva.

Palabras clave: cambio climático, producción de café, Espíndola, Ecuador.

Abstract

This research aims to analyze the production of coffee in the Espíndola Canton in the province of Loja in Southern of Ecuador. This work considered climatic variables such as rainfall and minimum and maximum average temperature, based on a production function, applying OLS to determine the relationship between coffee production and climatic variables. The results show the existence of a direct relationship between precipitation and coffee production, and also between production and harvested area, but there is an inverse relationship between maximum, average temperature and production; which is consistent with the empirical evidence. Additionally, various strategies are proposed to optimize capacity of farmers.

Key words: climate change, coffee production, Espíndola, Ecuador.

* Departamento de Economía. Universidad Técnica Particular de Loja. Correo electrónico: anjimenez1@utpl.edu.ec

** Departamento de Economía. Universidad Técnica Particular de Loja. Correo electrónico: pmassa@utpl.edu.ec

1. Introducción

Ecuador posee una gran capacidad de producción cafetalera por la variedad de ecosistemas existentes, y por su ubicación geográfica (FLACSO y MIPRO, 2012), además, posee una amplia diversidad de climas que varían según la geografía y las temperaturas de cada región, ya sea por su altitud o ubicación y principalmente por la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia marítima, como es el caso del cantón Espíndola en la Provincia de Loja, que posee diversos climas entre frío, templado y subtropical, con una temperatura media de 19,9 °C, y una altitud de 1.720 m.s.n.m (GAD, 2014), lo que permite que de las actividades económicas del cantón enfocadas en la agricultura, se destaque la producción de café de altura.

Desde el siglo XIX, las continuas emisiones de dióxido de carbono fueron provocando cambios drásticos en el clima, siendo el principal actor de estos efectos el ser humano, es así que las continuas variaciones en la temperatura y lluvia, han retrasado la época de lluvia o más bien han existido intensos aguaceros, teniendo como principal consecuencia la progresiva pérdida de la producción agrícola (Neuenschwander, 2010). Consecuentemente la economía ecuatoriana es altamente vulnerable a la variabilidad climática, debido a sus características productivas enfocadas en el sector primario (Ludeña y Wilk, 2013).

La Organización Internacional de Café (OIC) reconoce que el sector cafetalero a nivel mundial enfrenta mayores retos debido al fenómeno del cambio climático evidenciado a través de las sequías prolongadas, temperaturas elevadas o las fuertes lluvias afectando directamente al desarrollo de la planta, provocando condiciones poco óptimas para su crecimiento y favoreciendo el desarrollo de plagas y enfermedades (Panhuysen y Pierrot, 2014).

En este contexto, es necesario analizar la producción de café a partir de la variabilidad climática, para determinar cómo las economías pueden verse afectadas por este fenómeno y a su vez qué políticas, medidas o estrategias se puede adoptar. Finalmente la relevancia del estudio enfocado en la producción del café radica en la importancia económica y social que posee el cultivo, ya que el café es uno de los principales

productos agrícolas de exportación mundial generando alrededor de 15 millones de dólares anuales para los países exportadores, asimismo es la principal fuente de empleo dando empleo en promedio a 20 millones de personas (Pérez, López y Morales, 2011), estas razones constituyen una gran motivo para su estudio.

En este trabajo de investigación, se realiza un análisis de la producción de café en el cantón Espíndola considerando variables climáticas y utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios, se analizan los resultados y finalmente se presentan algunas conclusiones y recomendaciones.

2. Revisión de literatura

El cultivo del café constituye uno de los productos más valiosos de exportación mundial, el área ocupada por el cultivo del café en todo el mundo es de 13,2 millones de km² (León, 2000; Jeffrey, 2003; ICO, 2007 citado por Cárdenas, 2007). Las especies de mayor importancia comercial son: *Coffea arabica* (arábigo) y *Coffea canephora* (robusta), las cuales participan con el 63% y 37% de la producción mundial respectivamente (Federación Española de Café, s/f).

El café arábigo es uno de los tipos de café de mayor calidad, debido a sus características de suavidad y aroma, tiene una amplia adaptabilidad a los distintos ecosistemas, su rendimiento oscila entre 1.500 a 3.000 kg por hectárea, (ESPANICA, s/f); crece bajo altitudes entre 1.000 a 2.000 m.s.n.m, bajo una temperatura óptima entre 15 °C y 24 °C y con un nivel de precipitación de 1.500 a 2.000 mm, se cultiva café arábigo de estricta altura (altitudes superiores a los 2.000 m.s.n.m) y arábigo de altura (800 a 1.200 m.s.n.m) (Federación Española de Café, s/f).

El café robusta se produce de manera óptima con un nivel de lluvia anual de 2.000 a 3.000 mm, la temperatura adecuada es de 24 °C a 30 °C; crece en zonas menos elevadas de hasta 700 m.s.n.m, su productividad es de 2.300 a 4.000 kg de semilla por hectárea, es más resistente a las plagas y arroja mayores beneficios, además su sabor es más amargo (Federación Española de Café, s/f).

2.1. Principales productores de café

Los principales productores de café en el mundo son: Brasil (34,4%), Vietnam (16.9%), Indonesia (8.8%), Colombia (6.7%), y en octavo y noveno puesto se encuentran Perú (3%) y México (2.9%) (ICO, 2013).

Brasil produce un café muy distintivo por su sabor y aroma concentrado, debido a las bajas latitudes en donde se cultiva, se produce café entre los 400 y los 1.000 m.s.n.m, en un clima tropical y húmedo donde las temperaturas son de 20 °C, las lluvias varían entre los 1.000 y 1.500 mm (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, s/f). Su éxito en la producción mundial obedece a las nuevas técnicas y tecnologías las cuales impulsan la productividad cafetalera (Fórum del Café, s/f).

Asimismo, analizando la variabilidad climática en Brasil, se puede mencionar a Hagggar y Schepp (2012), quienes de acuerdo con la metodología de riesgos agrícolas determinaron que la producción de café arábigo entre el 2000 y 2007 perderá un 33 % de su producción, a partir del aumento en la temperatura de 0,5 °C, consecuentemente en promedio el 0,4% del PIB se verá afectado.

Para el caso de Vietnam el café se cultiva bajo una altitud de 1.600 m.s.n.m, y con una precipitación anual de 2.100 mm (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2001). El café robusta se cultiva en un clima tropical cálido y húmedo de 25 a 30 °C (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, s/f). La diferencia entre las temperaturas del día y la noche es muy grande lo cual da lugar a una alta calidad, buen aroma y sabor (Fórum del Café, s/f).

En el estudio de Hagggar y Schepp (2012) se pronostica que en el 2060, la temperatura aumentará entre 1,9 °C y 2,8 °C; asimismo las precipitaciones aumentarán de 2% a 14% en 2090, finalmente debido a los eventos climáticos extremos se espera que el nivel del mar aumente de 0,18 m a 0,56 m, con alto riesgo de inundaciones, así como graves daños sociales y económicos.

La zona cafetalera de Colombia se encuentra localizada en las laderas de las cordilleras que atraviesan el país de sur a norte, está ubicada entre los 1.000 y 2.000 m.s.n.m, presenta una temperatura que varía entre 18 °C y 22,5 °C, los niveles de lluvia van desde 500 a 2.000 mm; la caficultura colombiana cuenta con un atributo fundamental: la calidad

de la tierra; a partir de los suelos derivados de cenizas volcánicas con un alto contenido de material orgánico (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, s/f).

La Organización Internacional de lucha contra la Hambruna y Promoción del Desarrollo (OXFAM, 2012) menciona que en los últimos tres años (2009, 2010, 2011), Colombia ha sufrido fenómenos meteorológicos dramáticos a partir del aumento de las precipitaciones en un 40 %, y el aumento de la temperatura en 0,8 °C, provocando una disminución de la producción de café, que pasó de 11,5 millones de sacos en 2008 a 7,8 millones en 2009 y, en 2010, experimentó una ligera recuperación con una producción de 8,9 millones de sacos.

Es relevante también la producción de café peruano el cual se cultiva entre 1.200 y 1.800 m.s.n.m a lo largo y ancho de la Cordillera de Los Andes, a temperaturas templadas de 22-25 °C, con precipitaciones de 2.000-5.000 mm. Cultivan en su totalidad café arábigo bajo sombra, principalmente de leguminosas, lo que permite obtener un café de calidad (Expo Café, 2014).

Con base en el contexto anterior, se analiza la variabilidad climática a partir del estudio de Rivera y Alvarado (2013) utilizando el enfoque de producción; los autores obtienen como resultado que los aumentos de la temperatura máxima por encima de su valor óptimo dará lugar a un nivel de producción más bajo, asimismo los resultados muestran que existe una relación directa entre la producción y la superficie cosechada, consecuentemente la variación de las variables climáticas no necesariamente provocan una reducción del nivel de ingreso, siendo así que el cambio climático es favorable para el cultivo del café convencional.

El café de México se produce en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y sur del país, más del 70% de los cafetales mexicanos se encuentran arriba de los 600 metros de altitud, posee diversidad de microclimas (la temperatura del clima cálido oscila entre 22 y 26 °C con precipitaciones de 1.000-2.000 mm, y el clima templado posee temperaturas entre 18 y 22 °C, con precipitaciones que van desde 600 a 1.000 mm) lo que se traduce en un café de calidad (Améndola, Castillo, y Martínez, 2005).

Gay, Estrada, Conde, Eakin, y Villers (2006), analizan la relación entre la producción de café y las variables climáticas y económicas en Veracruz (México), obteniendo los siguientes resultados: para el 2020, la precipitación disminuirá en 33,48 mm y la temperatura media aumentará ligeramente (0,01%); asimismo la producción disminuirá en 24,54%. Para estimar el efecto sobre la economía utilizan el salario mínimo el cual aumenta a un ritmo anual de 0,5%.

Asimismo, Ecuador posee una amplia variedad de ecosistemas, los cuales permiten que los cultivos de café se den tanto en la costa, sierra, oriente y galápagos, y debido a las diversas características climáticas, de ubicación geográfica y edafológicas, el café de Ecuador es uno de los mejores producidos en América del Sur y los más demandados en Europa y Estados Unidos. En el Ecuador se produce principalmente café arábigo (62%) y en menor cantidad robusta (38%). Más del 95% de las unidades productivas son sembradas con una variedad poco productiva como es el *Typica*, cuyo resultado impacta en la baja productividad del sector cafetalero en el país (MAGAP, 2014).

Al nivel de la provincia de Loja el cantón Espíndola se destaca la producción de café debido a la ubicación geográfica (altitud de 1.720 m.s.n.m) y a las condiciones climáticas (posee varios climas entre templado, frío y subtropical con una temperatura media de 19,9 °C) (IEE y MAGAP, 2013); además posee un nivel de precipitación anual de 1.011,87 mm (GAD Municipal de Espíndola, 2014); lo cual le brinda las condiciones aptas para la producción de café arábigo.

Al nivel provincial también se destaca el cantón Puyango, como uno de los principales cantones productores, debido a la producción de café de altura conocido así porque se cosecha a los 1.200 m.s.n.m, la temperatura media anual es más alta en el sector occidental del Limo y El Arenal, la cual oscila entre 20 y 24 °C, ubicándose en el rango óptimo para la producción de café arábigo, asimismo la precipitación media anual varía entre 900 a 1.400 mm; contribuye con el 40% de la producción provincial (Silvana, 2011).

2.2. Producción agrícola y cambio climático

El cambio climático y las especies invasoras son considerados como dos de los problemas ecológicos más importantes que enfrenta el mundo, ya que afectan de manera negativa a la productividad agrícola debido a que las variaciones climáticas generan la aparición de plagas y a su vez estos cambios provocan importantes pérdidas en los cultivos (Jaramillo, Muchugu, Vega, Davis, Borgemeister, y Chabi-Olaye, 2011).

A continuación se exponen los principales estudios relacionados con el cambio climático y la producción agrícola:

Seo, Mendelsohn y Munasinghe (2005), utilizan el análisis ricardiano para analizar el efecto del cambio climático sobre los ingresos netos por hectárea de los cuatro cultivos más importantes en Sri Lanka, los resultados indican que el 20% de la producción agrícola se perderá, a través del aumento de 2°C en la temperatura y el aumento en las precipitaciones en 7%. Asimismo, un aumento de 3,5 °C en la temperatura afectará mayormente a la producción agrícola con una reducción del 46%.

En la investigación realizada en Centroamérica, por Ramírez, Ordaz y Mora (2010), se aplicaron modelos de funciones de producción regionales, los cuales muestran que a partir de niveles inferiores a 27 °C, la producción agropecuaria aumentará, mientras en los niveles de precipitación mayores a 1.500 mm, provocarán rendimientos decrecientes de la producción. La consecuencia directa será el deficiente suministro de alimentos en la región, así como pérdidas económicas, las cuales en el 2050 ascenderán a 5,4% del PIB, aumentando a 19% del PIB en el 2100.

En el estudio elaborado por Vargas (2009) se estima el impacto del cambio climático sobre el crecimiento económico, mediante una proyección de escenarios climáticos. Así, de acuerdo con los modelos calculados, un aumento de 1°C y 10% de variabilidad en la temperatura y precipitación implicaría que la tasa de crecimiento del PIB per cápita en el 2030, fluctúe entre 0,56 y 0,67 puntos porcentuales por debajo de su nivel potencial.

Tomando en cuenta los estudios elaborados en Ecuador sobre temas de producción y cambio climático se puede mencionar a Jiménez (2011) y CEPAL (2012).

Jiménez (2011) en su investigación, muestra la dimensión económica que tendría el cambio climático en el sector agrícola de subsistencia en el Ecuador, obteniendo como principal resultado, incrementos de la temperatura para el período 2030-2050, entre 0,9 °C y 1,6 °C. Asimismo, los niveles de pluviosidad aumentarán en 14,5% en la década de 2050, el cultivo más perjudicado es el fréjol, el cual disminuirá sus ingresos en 12%, mientras que el cacao y el banano experimentarían un efecto positivo de 11% para las dos décadas de análisis. Los cantones más vulnerables al cambio climático serían aquellos ubicados en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, y Esmeraldas.

En el estudio elaborado por la Comisión Económica para América Latina y El Caribe, (2012), con base en un análisis económico, los autores encontraron que las variaciones de temperatura y precipitación en el Ecuador producirán impactos negativos en el sector agropecuario, disminuyendo la productividad, sobre todo en el caso de la caña de azúcar, el banano y el arroz, mientras que aumentaría en el caso del maíz suave y el fréjol. Siendo así que el costo del cambio climático oscilaría entre el 6,2% y el 43,9% del PIB de 2010, a partir del incremento de la temperatura en el 2020 alrededor de 1°C.

2.3. Producción de café y cambio climático

Los estudios que analizan los efectos de la variabilidad climática sobre la producción de café se muestran a continuación.

Jaramillo *et al.* (2009) utilizaron modelos lineales, para analizar el efecto de las variaciones climáticas sobre el desarrollo de la broca, obteniendo como resultado que la temperatura estimada para la supervivencia de la broca oscila entre 15 y 32 °C. Siendo así que la temperatura media diaria para Etiopía, Kenia, Tanzania y Colombia, provocará la prevalencia de esta plaga. Una estrategia probada para aliviar los efectos potencialmente negativos del clima en la producción de café es la introducción de árboles de sombra los cuales mitigan cambios extremos en el clima.

Laderach, Lundy, Jarvis, Ramírez, Pérez, Schepp y Eitzinger, (2015) a través de modelos de circulación global analizan los cambios en la temperatura y precipitación sobre la producción de café, obteniendo

los siguientes resultados: en el 2050, la precipitación anual disminuirá en 130 mm en Nicaragua y en 120 mm en Veracruz, asimismo la temperatura aumentará 0,2°C en Nicaragua y 0,6°C en Veracruz. Esto significa que las zonas aptas para la producción de café se reducirán en 16%.

3. Caracterización socioeconómica general de la zona de estudio

3.1. Contexto social

Población: el cantón Espíndola tiene 14.799 habitantes, de los cuales el 89,4% pertenecen al área rural (13.234 habitantes), y el 10,6% corresponde al área urbana (1.565 habitantes) (INEC, 2010).

Educación: según el SIISE (2010), la tasa de analfabetismo en el cantón Espíndola es del 12,1%, mientras que el 77,6% de la población poseen primaria completa, el 13,9% tiene secundaria y solo el 5,9% de la población poseen instrucción superior.

Empleo: la población económicamente activa en el cantón es de 4.819 personas, de las cuales 4.162 pertenecen al área rural y 572 al área urbana, asimismo la tasa de participación laboral bruta es de 32,6%, inferior a la tasa provincial que es 33,5% (SIISE, 2010).

Pobreza: en el cantón Espíndola el 67,3% de la población se ubica en extrema pobreza de acuerdo con la metodología de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), mientras que el 90,2% de la población es considerada pobre por NBI (SIISE, 2010). Esto constituye un indicador alarmante para el sector, ya que más de la mitad de su población carece de las necesidades básicas para la subsistencia.

Salud: tomando en cuenta los indicadores de salud, se puede destacar que la tasa de mortalidad infantil se ubica en 3,7%, un valor relativamente bajo comparado con la media provincial que fue de 5,0%. Por otro lado, en lo que se refiere a infraestructura de salud, el cantón cuenta con seis centros de salud, con un hospital Básico, y cuatro centros del Seguro Social Campesino (SIISE, 2010).

Vivienda: en el cantón Espíndola, el 23,4% de los hogares poseen agua entubada por red pública, el 20,4% red de alcantarillado, el 87,7% tiene

servicio eléctrico, el 22,1% disponen de medios para eliminación de la basura, el 13,5% poseen servicio telefónico, y el 48,5% servicio higiénico exclusivo. Además, el 23,6% de hogares viven en hacinamiento (SIISE, 2010).

3.2. Contexto ambiental

Espíndola es el cantón con mayor porcentaje de bosque húmedo en la provincia de Loja. La vegetación natural cubre el 37,3% del total cantonal, parte de la cual se encuentra protegida por el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), con la reciente creación del Parque Nacional Yacuri; los distintos tipos de matorrales cubren el 28,9%; y los pastizales el 27,9%, el área dedicada a la producción agrícola abarca el 5,9% del cantón, siendo las áreas utilizadas para la producción de cultivos subtropicales y café las más extensas (GAD Municipal de Espíndola, 2014).

3.3. Contexto económico

En el cantón Espíndola se identifican varias actividades económicas siendo las principales la agricultura, ganadería y pesca (62,0%), seguido de la enseñanza que aporta 4,2% y tan solo el 3,9% que constituye la administración pública y defensa (SIISE, 2010). En el cantón Espíndola, existen 1.757 UPA dedicadas a la cafcultura, con una superficie de 1.726 hectáreas, el promedio de producción es de 5,18 qq/ha/año, del total plantado (GAD Municipal de Espíndola, 2014).

4. Los datos

La presente investigación utiliza información secundaria de productores del cantón Espíndola y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAHMI). La base de datos consta de seis variables entre las cuales están: producción, superficie cosechada, precipitación, temperatura media, máxima, y mínima, para el periodo 2002-2013 al nivel cantonal. El modelo econométrico utilizado se basa en el enfoque de producción para finalmente aplicar Mínimos Cuadrados Ordinarios.

5. Metodología

En el presente estudio se adopta el enfoque de producción el cual estima la respuesta de los cultivos ante la variabilidad climática utilizando comúnmente las variables de precipitación y temperatura, es decir recoge la influencia causada en la producción a través de las variaciones existentes en las variables climáticas (Ramírez, Ordaz y Mora 2010). En este caso, este enfoque permitirá identificar los efectos sobre la producción cafetalera.

El enfoque de producción se desarrollará a través de un modelo econométrico de series de tiempo mensual utilizando como variable dependiente la producción y como variables independientes: la precipitación, superficie cosechada, temperatura máxima, mínima y media. Este enfoque, tiene la ventaja de arrojar resultados auténticos en términos de la relación entre rendimientos y condiciones climáticas, relación que es de interés para los propósitos de esta investigación (Ramírez *et al.*, 2010). Este tipo de enfoque puede acoplarse a distintos objetivos en donde las variables determinantes son: producción, temperatura y precipitación, de acuerdo con estas variables se realizaron los primeros estudios y a partir del comportamiento del cambio climático y de los diferentes mecanismos por los cuales los agricultores se adaptan al clima, se fueron incluyendo variables adaptativas (Ramírez *et al.*, 2010).

Para la elaboración del modelo econométrico es necesario ajustar la función de producción con base en la disponibilidad de variables, de tal manera que xt pasaría a ser la superficie cosechada omitiendo la variable mt (capacidad o habilidad de los agricultores), todo ello a través de una serie de tiempo mensual, para de esta manera determinar el efecto causado en la producción cafetalera por las variaciones climáticas.

Con base en la función de producción se han planteado la siguiente hipótesis:

La relación existente entre la producción de café y la precipitación es directa, mientras que la relación entre la producción de café y la temperatura máxima, mínima y media es inversa.

Por tanto, con base en el enfoque de producción se ha establecido la siguiente ecuación, la cual será estimada a partir de Mínimos Cuadrado Ordinarios:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 T_{max_t} + \beta_2 T_{min_t} + \beta_3 T_{med_t} + \beta_4 PP_t + \beta_5 S_t + u_t \quad [1]$$

En donde:

Q_t es la producción de café para el mes t (qq),

T_{max_t} es la temperatura máxima (°C) para el mes t ,

T_{min_t} es la temperatura mínima (°C) para el mes t ,

T_{med_t} es la temperatura promedio (°C) para el mes t ,

PP_t es la precipitación (mm) para el mes t ,

S_t es la superficie cosechada (ha) de café para el mes t y

u_t es el error aleatorio.

Para obtener los resultados del modelo econométrico se aplicaron cinco regresiones entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, para de esta manera considerar el efecto individual que cada variable independiente ejerce sobre la variable dependiente. Debido a que se reconoce que un cambio porcentual en la variable dependiente genera siempre un cambio porcentual constante en las variables independientes, en el presente trabajo se utilizaron modelos de regresión log-log para las cinco estimaciones.

5.1. Resultados

Cuadro 1. Resultados del modelo de regresión

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
L (Precipitación)	0,0228		0,0277	0,0847	0,0628
	(0,15)		(0,19)	(0,51)	(1,62)
L (Temperatura Media)		-2,435			
		(-0,61)			
L (Temperatura Máxima)			-2,542		
			(-0,78)		
L (Temperatura Mínima)				0,685	
				(0,85)	
L (Superficie Cosechada)					0,955***
					(21,52)
Constante	4,306***	11,72	12,73	2,274	1,717***
	(6,08)	(0,98)	(1,17)	(0,91)	(7,77)
Observaciones	36	36	36	36	36
R ² Ajustado	-0,029	-0,018	-0,041	-0,037	0,930

t estadísticas entre paréntesis; *p< 0.05, **p< 0.01, ***p< 0.001. Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 1 se presentan los principales resultados obtenidos en las distintas regresiones aplicadas en niveles. En la regresión 1 se puede observar la relación directa entre la producción y la precipitación, por ende si la precipitación aumenta en 1% la producción de café se incrementa en 0,02%, sin embargo esta variable no es estadísticamente significativa.

En la regresión número 2 los resultados indican una relación negativa entre la temperatura media y la producción de café, es así que ante un aumento del 1% en la temperatura media la producción de café se ve afectada con una reducción en promedio del 2,4%, en este caso la variable no es estadísticamente significativa.

Los resultados de la regresión 3 muestran una relación directa entre la producción y la precipitación pero inversa con la temperatura máxima, indicando que la producción de café aumenta en 0,02% ante un cambio del 1% en la precipitación, mientras que si la temperatura máxima aumenta en 1% la producción de café disminuye en 2,5%, siendo estas variables no significativas bajo los tres niveles de significancia.

En la regresión 4 se muestra la relación directa entre la producción y la precipitación y asimismo entre la producción y la temperatura mínima. Se muestra en este caso que si la precipitación aumenta en promedio 1%, la producción se verá afectada ante un aumento del 0,1%, a su vez si la temperatura mínima aumenta en 1% la producción aumentará en 0,7%. Finalmente es importante considerar que las variables en esta regresión no son estadísticamente significativas.

Los resultados de la regresión 5 muestran la relación positiva entre la producción de café y la superficie cosechada, por ende, si la superficie cosechada aumenta en 1% la producción aumentará en 0,96%, mientras que para el caso de la relación directa con la precipitación, la producción se verá afectada con un aumento de 0,06% ante un aumento del 1% en la precipitación, además la variable superficie cosechada es estadísticamente significativa al nivel 0,001%, mientras que la variable precipitación continúa siendo estadísticamente no significativa.

Cabe recalcar que el R^2 en cada una de las regresiones aplicadas es relativamente bajo, por ende los cambios en las variables independientes no explican de manera consistente las variaciones en la producción ya que el valor del R^2 oscila entre -2 % y 4%, con excepción de la superficie

cosechada la cual presenta un R^2 de 93% ya que a mayor superficie cosechada se esperaría una mayor producción.

Consecuentemente, con base en los resultados de los modelos de regresión se puede concluir que la variabilidad de la precipitación y de la temperatura no influye en la producción de café en el cantón Espíndola. Es necesario destacar que la base de datos utilizada ha permitido obtener resultados a corto plazo.

La evidencia disponible muestra que la variabilidad climática no afecta a la producción cafetalera de Espíndola debido a la ubicación geográfica, y los métodos o procedimientos de los agricultores para cultivar el café. Además, el cantón Espíndola por encontrarse fuera de la zona costera de Ecuador, es considerado menos vulnerable a los efectos del cambio climático. Es importante mencionar que las zonas más vulnerables y las que se verán mayormente afectadas por el cambio climático serán los pequeños estados insulares y las regiones costeras, megalópolis y regiones montañosas y polares (IPCC, 2014).

Adicionalmente, la administración de sombra en los sistemas de café puede mitigar los efectos de las temperaturas extremas y las precipitaciones, lo que reduce la vulnerabilidad ecológica y económica de muchos agricultores rurales (Lin, Perfecto, y Vandermeer, 2008). Este planteamiento concuerda con lo que sucede en el cantón Espíndola debido a que el café se siembra bajo sombra lo cual permite regular las variaciones climáticas, asimismo dentro del proceso productivo se utilizan fertilizantes orgánicos lo cual permite obtener un café de calidad para satisfacer la demanda nacional e internacional, asociado con ello están la capacitación y organización de los productores que influye de manera determinante en la obtención del café, ya que el cuidado de la planta desde su germinación hasta la obtención de mismo es fundamental.

Así, el impacto del cambio climático no necesariamente tendrá efectos adversos para todos los cultivos, particularmente del café por ser un cultivo de zonas tropicales, el cual se adapta a distintos ecosistemas.

6. Conclusiones

Los estudios considerados en el estado del arte utilizan diversas metodologías para analizar la producción agrícola sobre la variabilidad climática, presentando resultados similares, una relación inversa entre la producción y la temperatura, mientras que para el caso de la precipitación y la producción la relación es directa, a su vez es posible evidenciar que los efectos en la producción agrícola son mayores en algunos casos mientras que en otros no existe evidencia de efecto alguno, todo ello está condicionado por las características climáticas necesarias para cada tipo de cultivo, y a su vez, la ubicación geográfica y los métodos de producción los cuales determinan de manera fundamental el efecto que posee la variabilidad climática sobre la producción.

La situación económica, social y ambiental del cantón Espíndola y específicamente de los productores de café reflejan cierta vulnerabilidad, evidenciada en los precarios niveles de vida en las zonas rurales, lo cual se manifiesta en el nivel educativo de la población que en promedio alcanza los 6,4 años de estudios, además la cobertura de los servicios básicos es deficiente, los niveles de pobreza son altos (67,3% de la población vive en extrema pobreza), bajo este contexto no se percibe el mejoramiento en las condiciones de vida de los productores de café a partir de los ingresos de la producción cafetalera, ya que actualmente la producción de café se ha visto afectada por la roya lo cual ha reducido la productividad generando bajos ingresos para los productores. Es importante mencionar que el cantón Espíndola posee variedad de zonas de vida, aptas para la agricultura, siendo relevante la producción de café como medio de subsistencia para las familias.

Los resultados obtenidos con base en la aplicación de la metodología mostraron la existencia de una relación inversa entre la producción y la temperatura media y máxima, y una relación directa entre la producción y la precipitación. Tomando en cuenta que no existe significancia en los estadísticos de las variables, se rechazó la hipótesis planteada.

Los resultados permitieron identificar que la variabilidad climática no afecta a la producción de café en el periodo de estudio, ya que las variables en el modelo no son significativas y además las variaciones no

son representativas, este planteamiento se puede explicar a partir de la información considerada (corto plazo) y como aspecto fundamental está la ubicación geográfica del cantón, las condiciones climáticas aptas para el cultivo del café, los métodos de producción, y la ubicación geográfica fuera de la zona costera, los cuales reducen la vulnerabilidad de la producción ante el cambio climático.

En este contexto, es necesaria la implementación de estrategias enfocadas en potenciar la gestión y organización de los productores de café, a través de la puesta en práctica de un sistema de coordinación cantonal, enfocado en la creación de alianzas con diversas instituciones, para aumentar la productividad cafetalera en la zona.

7. Recomendaciones

- 1) Considerando la importancia económica, social y ambiental, que la producción de café tiene tanto al nivel local, como nacional e internacional, se recomiendan aspectos enfocados en el fortalecimiento de la gestión y organización de los productores de café, entre ellos:
 - Conformación de un sistema de coordinación cantonal en la que participen instituciones con presencia en el territorio, y que involucre la participación de los productores de café, bajo un esquema de gobernanza democrática, legítima y transparente, capaz de gestionar acuerdos, financiamiento, y conciliaciones a las cambiantes condiciones del entorno. Asimismo, a través de este sistema de coordinación se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo y evaluación de programas y proyectos.
 - Incentivar la participación de todos los actores de la cadena productiva del café, en lo referente a la formulación, y adopción de medidas y políticas enfocadas en la producción cafetalera y asimismo motivar el diálogo permanente acerca de la problemática sectorial y plantear alternativas de solución.
 - Promover la gestión de alianzas estratégicas y firma de convenios comerciales al nivel interno y externo.

- Establecer alianzas estratégicas y acuerdos entre el sector privado y el sector público para desarrollar un sistema nacional que permita cumplir con los requerimientos internacionales, y que a su vez esta articulación de acciones garantice la transparencia y potencie las relaciones comerciales con instituciones nacionales e internacionales, y organizaciones de productores.
 - Participar activamente en la planificación territorial del cantón, tomando en cuenta que la actividad cafetalera es generadora de empleo y dinamizadora de la economía.
 - Revisar la normativa vigente relacionada con la producción de café para que esta sea un instrumento de fomento de la caficultura, la cual debe estar adecuada a las condiciones reales del sector cafetalero.
- 2) Uno de los aspectos relevantes en la producción es la cultura cafetalera de los pequeños productores que aún es deficiente, por ello se debe hacer énfasis en este tema a través de procesos de capacitación que garanticen buenas prácticas agrícolas. Asimismo es necesario desarrollar e implementar estrategias que permitan el aprovechamiento del abono orgánico en la producción de café, promoviendo prácticas orgánicas para lograr una mejor productividad y calidad del café que cosechan los productores.
 - 3) Reforzar el rol socioeconómico del café con base en la innovación tecnológica y su aplicación eficiente en el desempeño productivo, siendo un componente central la disponibilidad de variedades mejoradas que cumplan estrictos estándares de calidad y productividad.
 - 4) Fortalecer las organizaciones y ampliar su influencia en la toma de decisiones de las políticas que afecten directamente a los pequeños productores de café, además se debe establecer vínculos tanto al nivel nacional como internacional para potenciar la productividad cafetalera.
 - 5) Los pequeños productores de café deben hacer uso eficiente de los insumos para enfrentar las plagas y enfermedades que presenta el café, asimismo es primordial el seguimiento por parte de los técnicos agrícolas para verificar la aplicación de buenas prácticas agrícolas durante el proceso productivo articulado a un manejo integral de plagas y enfermedades.

8. Referencias

- Améndola, Ricardo, Castillo, Epigmenio, y Martínez, Pedro (2005). *Perfiles por País del Recurso Pastural/Forraje*. Disponible (on line): <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/PDF%20files/Mexico-Spanish.pdf>
- Asociación Nacional de Café-ANACAFÉ (2013) El Cafetal. *Revista Forestal*, 3. Disponible (on line): <https://www.anacafe.org>
- Cárdenas, Severo (2007). *Caracterización morfológica y agronómica del café* (coffea arabica L.) del CATIE (Tesis). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- CEPAL (2012). *La Economía del Cambio Climático en el Ecuador*. Disponible (on line): http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35455/1/S2013300_es.pdf
- Consejo Cafetalero Nacional-COFENAC. (2013). Situación del Sector Cafetalero Ecuatoriano. Disponible (on line): <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-ecu-2013.pdf>
- ESPANICA (s/f). *Escuela del Café*. Disponible (on line): <http://espanica.org/wp-content/uploads/2015/12/escuela-del-cafe.pdf>
- Federación Española de Café. (s/f). *Orígenes del Café*. Disponible (on line): <http://www.federacioncafe.com/publico/elcafe/OrigenesEHistoria.asp>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2014). Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana. Disponible (on line): https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Informe_Industrial_2014_Web.pdf
- FLACSO y MIPRO. (2012). *Boletín Mensual de Análisis sectorial de MIPYMES*. Disponible (on line): <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/e95f7seq84g008xi32hh5lkj7090hf.pdf>
- Fleischer, Aliza; Lichtman, Ivgenia; y Mendelsohn, Robert (2008). Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful? *Ecological Economic*, 65(3), 508-515. DOI:10.1016/j.ecolecon.2007.07.014
- Forúm del Café. (s/f). *Origen Café*. Disponible (on line): <http://www.forumdelcafe.com/>
- Gay, Carlos; Estrada, Francisco; Conde, Cecilia; Eakin, Hallie; y Villers, Lourdes. (2006). *Potential Impacts of Climate Change on Agriculture: A Case of Study of Coffee Production in Veracruz*. México, DF, México. *Climatic Change*, 79(3-4), 259-288. DOI: 10.1007/s10584-006-9066-x

- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espíndola-GAD Municipal de Espíndola. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Espíndola 2014-2019*.
- Haggar, Jeremy y Schepp, Kathleen. (2012). *Coffee and Climate Change: Impacts and options for adaptation in Brazil, Guatemala, Tanzania and Vietnam*. ClimateChange, Agriculture and Natural Resources.
- IEE y MAGAP. (2013). *Memoria Técnica Cantón Espíndola: Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1:25.000*.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2001). *Perfil del sector agropecuario y agroexportador de Vietnam*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos-INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Retrieved from www.inec.gob.ec
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2014). Informes meteorológicos.
- Jaramillo, Juliana; Chabi-Olaye, Adenirin; Kamonjo, Charles; Jaramillo, Alvaro; Vega, Fernando; Poehling, Hans-Michael y Borgemeister, Christian. (2009). *Thermal Tolerance of the Coffee Berry Borer Hypothenemus hampei: Predictions of Climate Change Impact on a Tropical Insect Pest*. PLoS One 4(8): e6487. DOI:10.1371/journal.pone.0006487.
- Jaramillo, Juliana; Muchugu, Eric; Vega, Fernando; Davis, Aaron; Borgemeister, Christian y Chabi-Olaye, Adenirin. (2011). *Some Like It Hot: The Influence and Implications of Climate Change on Coffee Berry Borer (Hypothenemus hampei) and Coffee Production in East Africa*. Plos One (9): e24528. DOI:10.1371/journal.pone.0024528.
- Jiménez, Sandra. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador*. Fundación Carolina. CeALCI. Disponible (on line): <http://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2014/08/AI66.pdf>
- Laderach, Peter., Lundy, Mark., Jarvis, Andy., Ramirez-Villegas, Julian., Perez, PE., Schepp, K., y Eitzinger, Anton. (2015). *Predicted Impact of Climate Change on Coffee Supply Chains*. The Economic Social, and Political Elements of Climate Change, Berlin, Germany: Springer Verlag.
- Lin, Brenda; Perfecto, Ivett y Vandermeer, John. (2008). *Synergies between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising*

- Vulnerabilities for Crops*. BioScience, 58(9), 847-854. DOI: 10.1641/B580911
- Ludeña, Carlos y Wilk, David (2013). *Ecuador: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2017 del BID Ecuador*. Disponible (on line): <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6027/Ecuador%20-%20IDB-TN-619.pdf?sequence=1>
- Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca-MAGAP. (2014). *Cambio Climático y su Influencia en la Agricultura de la Zona*.
- Neuenschwander, Aquiles. (2010). *El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile*. Disponible (on line): http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1388169148cambioClimatico.pdf
- Organización Internacional de Café-ICO. (2013). *Datos Históricos*. Disponible (on line): <http://www.ico.org/>
- OXFAM-Organización Internacional de lucha contra la hambruna y promoción del desarrollo. (2012). *Riesgos del Cambio Climático y Responsabilidad en la Cadena de Suministro*. Disponible (on line): https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file_attachments/dp-climate-change-risks-supply-chain-responsibility-28062012-es_5.pdf
- Panhuisen, Sjoerd y Pierrot, Joost. (2014). *Barómetro del Café*. Disponible (on line): https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/5Barometro_de_cafe2014.pdf
- Temis, Ana; López, Aurelio y Sosa, María. (2011). *Producción de café (coffea arabica L.): cultivo, beneficios, plagas y enfermedades*. Disponible (on line): [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TsIA-5\(2\)-Temis-Perez-et-al-2011.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TsIA-5(2)-Temis-Perez-et-al-2011.pdf)
- PROCAFEQ. (2014). *Producción de café en el cantón Espíndola*. Documento no publicado PROECUADOR. (2013). *Análisis Sectorial del Café*. Disponible (on line): <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/analisis-sectorial-cafe-2013/>
- Ramírez, Diana, Ordaz, Juan, y Mora, Jorge. (2010). *Istmo Centroamericano: Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura*. Disponible (on line): <http://infoagro.net/programas/ambiente/pages/adaptacion/documentos/2.pdf>

- Rivera, Flor y Alvarado, Laura. (2013). *Impacto del Cambio Climático sobre los ingresos del café convencional: un análisis de panel balanceado, periodo 1991-2010*. Revista Natura Economía. Disponible (on line): <http://ojournal.lamolina.edu.pe/revista-natura-economia.pdf>
- Seo, Niggol, Mendelsohn, Robert, y Munasinghe, Mohan. (2005). *Climate change and agriculture in Sri Lanka: a Ricardian valuation*. Environment and Development Economics. Disponible (on line): <http://nersp.nerdc.ufl.edu/~vecy/LitSurvey/Seo.05.pdf>
- Sisalima, Silvana. (2011). *Ruta del Café y Desarrollo Agroturístico en el Cantón Puyango-Provincia de Loja (Monografía)*. Universidad de Cuenca, Cuenca. Disponible (on line): <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1659/1/tur21.pdf>
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador-SIISE. (2010). *Indicadores de salud, empleo, vivienda, desigualdad y pobreza, acción social y población*. Disponible (on line): www.siise.gob.ec
- Vargas, Paola. (2009). *El cambio climático y sus efectos en el Perú*. Banco Central de Reserva del Perú. Disponible (on line): <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>