



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

CARRERA DE ECONOMÍA

TÍTULO:

“Efecto de la deforestación en el cambio climático en el Ecuador: un enfoque de cointegración y causalidad con series de tiempo”

Tesis previa a la obtención del título de Economista

AUTORA: Cindy Briggette Malla Condoy

DIRECTOR DE TESIS: Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc

LOJA – ECUADOR

2021

CERTIFICACIÓN



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**

ECONOMÍA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

Loja, 26 de marzo de 2021

Econ. Michelle Faviola López Sánchez, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE ECONOMÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado **“EFECTO DE LA DEFORESTACIÓN EN EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECUADOR: UN ENFOQUE DE COINTEGRACIÓN Y CAUSALIDAD CON SERIES DE TIEMPO”**, desarrollado por **CINDY BRIGGETTE MALLA CONDOY** estudiante egresada de la Carrera de Economía, previo a la obtención del Grado de Economista, ha sido realizado bajo mi dirección, control y supervisión, cumpliendo los requerimientos establecidos en el Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja, la misma que ha sido culminada satisfactoriamente con un avance del 100%, motivo por el cual autorizo su presentación para que continúe con los siguientes trámites respectivos.

Esto es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



Firmado electrónicamente por
**MICHELLE
FAVIOLA LOPEZ
SANCHEZ**

Econ. Michelle Faviola López Sánchez, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Cindy Briggette Malla Condoy declaro ser autora del presente trabajo de Tesis, titulada **“Efecto de la deforestación en el cambio climático en el Ecuador: un enfoque de cointegración y causalidad con series de tiempo”**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Cindy Briggette Malla Condoy

Firma:

Cédula: 1150043725

Fecha: Loja, 17 de junio de 2021

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TEXTO COMPLETO**

Yo, Cindy Briggette Malla Condoy, declaro ser la autora de la Tesis titulada “**Efecto de la deforestación en el cambio climático en el Ecuador: un enfoque de cointegración y causalidad con series de tiempo**”, como requisito para optar por el grado de **ECONOMISTA**.

Además, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenido la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copias de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, 17 de junio de 2021 firma la autora.

Firma:

Autora: Cindy Briggette Malla Condoy

Cédula: 1150043725

Dirección: Loja

Correo electrónico: cindy.malla@unl.edu.ec

Teléfono: 0989774604

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de tesis: Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc

Tribunal de Grado: Econ. Pablo Vicente Ponce Ochoa, Econ. Jorge Eduardo Flores Chamba y Econ. Karen Gabriela Íñiguez Cueva.

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón y amor mi tesis:

A mi madre María Condoy quien es una de las personas más importantes en mi vida, madre querida no podría pagarte todo lo que has hecho por mí, tus consejos, tu paciencia, tu comprensión y amor. Por eso te dedico mi tesis en ofrenda de todo el sacrificio que has realizado por mí a lo largo de mi formación profesional te amo con todo mi corazón.

A mi hijo que se ha sacrificado desde el momento que nació para que yo continuara con mis estudios, no ha sido nada fácil y sin duda alguna él es mi gran motivación, inspiración y sobre todo mi mayor impulso para superarme. Te amo mi eterno amor Liam.

Y de manera especial a mi esposo Jefferson Ordoñez por su apoyo incondicional, su amor, y sacrificio. Gracias por ayudarme y motivarme todos los días. Definitivamente eres el amor de mi vida y deseo pasar el resto de mis días junto a ti, te amo.

Cindy Brigette Malla Condoy

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento total a Dios, en quien he puesto todos mis sueños y ha sido su voluntad que pudiera terminar con éxito mi carrera. Todo lo que soy y todo lo que tengo es gracias a ti.

Cindy Brigette Malla Condoy

ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

BIBLIOTECA: Facultad Jurídica, Social y Administrativa

| TIPO DE DOCUMENTO | AUTOR/NOMBRE DEL DOCUMENTO | FUENTE | FECHA AÑO | ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN | | | | | | | OTRAS DEGRADACIONE | NOTAS OBSERVACIÓN |
|-------------------|----------------------------|--------|-----------|---------------------------------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---|--------------------|-------------------|
| | | | | INTERNACIONAL | NACIONAL | REGIONAL | PROVINCIA | CANTÓN | PARROQUIA | | | |
| TESIS | | UNL | 2021 | | - | - | - | - | - | - | Economista | |

ESQUEMA DE TESIS

| | |
|--------------------------------|-----|
| PORTADA..... | i |
| CERTIFICACIÓN..... | ii |
| AUTORÍA..... | iii |
| CARTA DE AUTORIZACIÓN | iv |
| DEDICATORIA..... | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| a. TÍTULO..... | 2 |
| b. RESUMEN | 3 |
| c. INTRODUCCIÓN | 5 |
| d. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 9 |
| e. MATERIALES Y MÉTODOS | 19 |
| f. RESULTADOS..... | 26 |
| h. CONCLUSIONES | 57 |
| i. RECOMENDACIONES | 59 |
| j. BIBLIOGRAFÍA | 61 |
| k. ANEXOS | 76 |

a. TÍTULO

“Efecto de la deforestación en el cambio climático en el Ecuador: un enfoque de cointegración y causalidad con series de tiempo”

b. RESUMEN

El cambio climático es una de las mayores amenazas del siglo XXI, debido a sus causas y consecuencias globales; económicas, sociales y ambientales, que afectan en mayor medida a los países en desarrollo. Es preocupante que los modelos climáticos proyectan un aumento de la temperatura superior a los 2°C si se mantiene la actual tendencia de las emisiones; por lo que es necesario disminuir progresivamente el flujo anual de emisiones; de siete toneladas aproximadamente a dos toneladas per cápita en los próximos 40 años. En ese sentido, la presente investigación se orienta a evaluar el efecto de la deforestación en el cambio climático en Ecuador entre 1988-2018, basado en datos de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020) y Banco Mundial (2020); para lo cual se añadieron variables de control: producción de ganado vacuno, uso de plaguicidas y emisiones de CO₂. Se estimó la prueba de cointegración de Johansen, un Modelo de Vectores Autorregresivos, un Modelo de Vector de Corrección de Error y causalidad en el sentido de Granger para examinar la relación de corto y largo plazo; y, la dirección de causalidad de las variables. Los resultados muestran la relación existente tanto en el corto como en el largo plazo entre las variables utilizadas en el modelo. Por otro lado, se encontró que la principal causa del cambio climático son las emisiones de CO₂ y el uso de plaguicidas. Así mismo, se determinó que las causas de la deforestación en Ecuador son la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂. Finalmente, se recomienda una reforestación intensiva en conjunto con instituciones públicas y educativas, así como la implementación de edificios verdes. También, se recomienda capacitar a los ganaderos en temas de cuidado y alimentación para el ganado; y la aplicación de un impuesto a la carne.

Palabras clave: Cambio climático; Deforestación; Series de tiempo; Emisiones de CO₂; Ganado vacuno.

Clasificación JEL: Q54; Q57; C22; Q53; O54

ABSTRACT

Climate change is one of the greatest threats of the 21st century, due to its global causes and consequences; economic, social and environmental issues, which affect developing countries to a greater extent. It is worrying that climate models project a temperature increase of more than 2 °C if the current emissions trend is maintained; Therefore, it is necessary to progressively reduce the annual flow of emissions; from approximately seven tons to two tons per capita in the next 40 years. In this sense, this research is aimed at evaluating the effect of deforestation on climate change in Ecuador between 1988-2018, based on data from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020) and the World Bank (2020); for which control variables were added: production of cattle, use of pesticides and CO2 emissions. The Johansen cointegration test, an Autoregressive Vector Model, an Error Correction Vector Model and causality in the sense of Granger was estimated to examine the short- and long-term relationship; and, the direction of causality of the variables. The results show the existing relationship in both the short and long term between the variables used in the model. On the other hand, it was found that the main cause of climate change is CO2 emissions and the use of pesticides. Likewise, it was determined that the causes of deforestation in Ecuador are the production of cattle, the use of pesticides and CO2 emissions. Finally, intensive reforestation is recommended in conjunction with public and educational institutions, as well as the implementation of green buildings. Also, it is recommended to train ranchers in matters of care and feeding for livestock; and the application of a meat tax.

Keywords: Climate change; Deforestation; Time series; CO2 Emissions; Cattle.

JEL Clasiffication: Q54; Q57; C22; Q53; O54

c. INTRODUCCIÓN

El 2020 fue el año de temperaturas récord y crecientes catástrofes del cambio climático: inundaciones, sequías, tormentas, incendios forestales y plagas de langostas; fenómenos que tienen un costo económico de miles de millones de dólares, además del sufrimiento que ocasionan en los ecosistemas y las sociedades (ONU, 2021). Entre 2000 y 2019, Puerto Rico, Myanmar y Haití fueron los países más afectados por eventos climáticos extremos, mundialmente murieron 475 000 personas como consecuencia directa de más de 11 000 fenómenos meteorológicos extremos; y, las pérdidas económicas ascendieron a unos 2,56 billones de dólares (Eckstein et al., 2021). Los años comprendidos entre 2015 y 2019 fueron los más cálidos desde 1880; pues se determinó que las temperaturas globales de 2019 estuvieron 0.95°C por encima del promedio del siglo XX (Cole et al., 2020). Se estima que si la temperatura aumenta $2,5^{\circ}\text{C}$ (lo que probablemente ocurrirá hacia alrededor de 2050), el cambio climático tendrá un costo para América Latina y el Caribe de entre el 1,5% y el 5% del PIB actual y para el caso de Ecuador una reducción del PIB del 19,4% (Bárcena et al., 2020).

Ecuador aporta con menos del 1% de las emisiones de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial; sin embargo, el impacto del cambio climático en el país es bastante devastador con respecto a los países que emiten una mayor cantidad de gases contaminantes. A pesar de esto el país tiene el compromiso de generar políticas, programas y proyectos que contribuyan a limitar el alza de la temperatura en hasta $1,5^{\circ}\text{C}$ (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2019a; PNUD, 2019b). En este contexto, FAO (2020) indica que el país se encuentra en el límite del alza de la temperatura; pues, el valor promedio de la variación de temperatura durante el periodo de 1988-2018 es de $1,49^{\circ}\text{C}$, lo cual genera gran preocupación ya que según los escenarios podría no llegarse a cumplir con los objetivos propuestos en el Acuerdo de París.

Muchos estudios atribuyen el acelerado ritmo del cambio climático a la revolución industrial como obra del ser humano; pero, antes de este suceso; la ya existente variabilidad del

clima se debía a causas naturales como: erupción de volcanes, la inclinación terrestre y la variabilidad solar. Además, es un problema medioambiental de mayor relevancia en nuestro tiempo con consecuencias potenciales y drásticas tanto para la sociedad como para el ecosistema (Martínez, 2020). Los efectos que los científicos predijeron en el pasado en cuanto al cambio climático, están sucediendo: pérdida del hielo marino, aumento acelerado del nivel del mar y olas de calor más intensas, lo cual genera preocupación por parte de los gobiernos y organismos mundiales (Shaftel et al. 2020).

Los trabajos empíricos que relacionan la deforestación con el cambio climático son escasos. No obstante, Panday et al. (2015) mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática y generar proyecciones climáticas futuras más cálidas y con mayores probabilidades de sequías e incendios. Igualmente, la (Organización Mundial de la Conservación [OMC], 2016) comenta que si se plantan más árboles y se protegen los bosques se podrá reducir el impacto del cambio climático, ya que se mantiene el carbono en los bosques y los nuevos árboles absorberán el CO₂ de la atmósfera. De igual forma, Kristjanson (2019) menciona que al perder la batalla contra la deforestación estamos perdiendo también una oportunidad fundamental para mitigar el cambio climático. Así mismo, Silva et al. (2020) indican que la selva tiene control sobre el clima; y, que la falta de acciones de control de la remoción de vegetación natural aumenta la deforestación, causando a lo largo del tiempo grandes cambios en las variaciones de temperatura y precipitaciones.

Al ser Ecuador un país con alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, este escenario genera gran preocupación en cuanto al bienestar social y económico del país. En este sentido, las hipótesis que se plantearon son las siguientes: 1) La deforestación tiene efectos positivos en la variación media de temperatura; 2) Existe una relación de corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018 y, 3) Existe una relación causal entre la producción de madera y la variación media de temperatura

en Ecuador, en el periodo 1988-2018. Para comprobarlo se establecieron los siguientes objetivos específicos: 1) Analizar la evolución y correlación entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, para el periodo de estudio comprendido entre 1988-2018; 2) Estimar la relación en el corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018; y, 3) Establecer la dirección de causalidad entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, utilizando el test de Engel y Granger, en el periodo 1988-2018.

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados en la presente investigación, se utilizaron los datos disponibles de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020) y el Banco Mundial (2020), en base a esto se realizó un análisis descriptivo de la evolución y correlación de la producción de madera y de la variación media de temperatura. Seguidamente, se utilizaron técnicas de cointegración para estimar un modelo VAR y VEC que permitieron establecer las relaciones de largo y corto plazo, respectivamente. Finalmente, se determinó la existencia de causalidad entre las variables. Es importante recalcar que la estrategia econométrica utilizada es lo que diferencia a la presente investigación de los estudios ya existentes.

Los resultados demostraron que la deforestación tiene una relación negativa poco influyente en el cambio climático de Ecuador. Se evidencia que la variable independiente y las de control tienen una relación de corto y largo plazo con el cambio climático. La deforestación como tal no es la causa principal del cambio climático, siendo las causas principales las emisiones de CO₂ y el uso de plaguicidas. Además, los resultados indican que la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂ son causantes de la deforestación.

La investigación se encuentra estructurada en nueve secciones adicionales a la introducción: en el apartado d) se presenta la revisión de literatura, que está compuesta por dos apartados: antecedentes y evidencia empírica; en el apartado e) se muestra la metodología aplicada en esta investigación, en donde consta el procedimiento de la investigación y el tratamiento de datos; en

f) se presenta los resultados obtenidos, los cuales se sustentaron en tablas, análisis e interpretaciones, en función de cada uno de los objetivos específicos planteados; en el apartado g) se muestra la discusión, que hace contraste de los resultados obtenidos en la presente investigación con los encontrados en las diferentes fuentes que constan en la revisión de literatura; luego se presenta en la parte h) las conclusiones; i) recomendaciones, y finalmente en las partes j) y k) se muestra la bibliografía y anexos, en donde se muestra las referencias bibliográficas utilizadas en la investigación y también los cuadros o tablas que sirvieron de apoyo para la investigación.

d. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Evidencia empírica

Simbólicamente hablando, en lo que se refiere a cambio climático; la historia empieza en el año de 1824 (Llebot, 2001). Para ese entonces Carnot (1824) afirmaba que al calor se le debe atribuir los grandes movimientos que caracterizan a la tierra, el ascenso de las nubes, los temblores, las erupciones y las lluvias. Igualmente, Fourier (1824) descubrió que la atmósfera era capaz de absorber el calor que emite la tierra, generando un efecto importante en la temperatura, por lo que introdujo la idea de efecto invernadero que logró popularizarse en el tiempo, hasta la actualidad; y, advirtió que las actividades humanas afectan el comportamiento de la atmósfera y pueden influir considerablemente en el clima.

Foote (1857), fue la primera persona en teorizar que la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera podría provocar un aumento de la temperatura de la tierra; pero nadie reconoció el aporte de la científica por tratarse de una mujer. Sin embargo, el crédito se lo llevó Tyndall (1861), al descubrir que las moléculas del dióxido de carbono, el metano y el vapor del agua podrían desestabilizar la composición atmosférica e inducir al cambio de un clima cálido a un clima frío; aunque los planteamientos del autor apenas llamaron la atención. Sumado a estos autores, Arrhenius (1896) determinó que la variación de la temperatura será mayor, siempre y cuando mayor sea la cantidad de dióxido de carbono y cuanto más sea la latitud; además, que los combustibles fósiles podrían dar lugar o acelerar el calentamiento del planeta.

En 1972 por primera vez se habla de la “Catástrofe del clima” un documento que fue elaborado por el Club de Roma, en el cual se afirmaba que el mundo estaba agotando sus recursos, y, predijo una catástrofe que llegaría épocas más tarde; debido a que se imaginaba que el consumo excesivo agotaría las materias primas, aún sin la certeza de cuál era el volumen de los recursos que permanecían sin explotar (Meadows, 1972). Posteriormente, Broecker (1975) fue quien determinó que los cambios del clima estaban relacionados con la actividad humana, los océanos, el desarrollo de la civilización y los bosques. Así mismo, alertó sobre la necesidad de restringir el

uso de combustibles fósiles y sobre los efectos que el calentamiento global tendría sobre el medio ambiente. Sin embargo, los científicos ni la colectividad mostraban preocupación, ya que incluso pensaban que el CO₂ extra de la atmósfera fertilizaría las cosechas del mundo (Flannery, 2005).

Dentro de las contribuciones más relevantes entre cambio climático y deforestación se tiene a Subak (1994), quien destaca la importancia de los sistemas agroforestales, ya que no solo contribuyen en los procesos de retención y captura de CO₂, sino que también influyen de forma positiva en la absorción y almacenamiento de GEI; por ejemplo, ayudan a reducir las emisiones provenientes de la ganadería, sobre todo de aquellos animales que consumen alimentos poco nutritivos; pues son los que liberan más gas. En este sentido, Fosberg et al. (1990) menciona que cuando hay periodos de dos o más semanas sin lluvia, la vegetación forestal se despoja de parte de su material leñoso y sus hojas, lo cual contribuye al aumento y propagación de incendios forestales; generando problemas climáticos por la emisión de gases y reducción de superficie forestal. En cambio, Dixon et al. (1994) indican que la mayor concentración de carbono se encuentra en los bosques tropicales de alta latitud; mientras que una menor cantidad en los de baja latitud.

La variación del clima a lo largo de la historia se ha visto influenciado por cambios naturales; entre las causas naturales de esas variaciones se pueden citar: las erupciones volcánicas, los cambios en la órbita de traslación de la Tierra, los cambios en el ángulo del eje de rotación de la tierra con respecto al plano sobre el que se traslada y las variaciones en la composición de la atmósfera (PNUMA, 2015). Además, la quema de fósiles y la actividad humana han sido factores que también han intervenido en los cambios del clima, ya que han modificado la composición de la atmósfera aumentando la concentración de los GEI (Oroza, 2008). En el caso de Ecuador, la cordillera de Los Andes y el Océano Pacífico desempeñan un papel muy importante en la generación de masas de aire local y regional, con diferentes características de temperatura y

humedad, dando como resultado diferentes regiones climáticas, en general, caluroso y subtropical (Pourrut, 1983).

El cambio climático debería ser un tema de interés para todos, en especial para los encargados de elaborar políticas; pues este fenómeno no es solo un tema ambiental, sino; de profundas consecuencias económicas y sociales; fenómeno que provoca que los países más pobres y menos preparados, sean quienes sufran las peores consecuencias ya que no cuentan con recursos para adaptarse o recuperarse de las crisis (BM, 2015; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MTERD], 2016). El cambio climático se autoacelera; es decir, impacta al planeta produciendo aun más calentamiento global, dinámica llamada retroalimentación. Por ejemplo, el aumento de la temperatura ha provocado deshielo del Ártico que este a su vez contiene una enorme cantidad de metano que al liberarse a la atmósfera, intensifica el calentamiento global (Becerra y Mance, 2009).

Según, Riebeek y Simmon (2010) la temperatura de la superficie terrestre empieza con el sol; la energía solar que es absorbida por la tierra, el océano y la atmosfera calienta nuestro planeta; a medida que las rocas, el aire y los mares se calientan, estos irradian calor. Por otra parte, Martínez (2020), indica que la variabilidad del clima se debe a causas naturales como: erupción de volcanes, la inclinación terrestre y la variabilidad solar. La variabilidad solar tiene relación con el numero de manchas en el sol, el aumento y disminución de tamaño y luminosidad; cambios que aparecen a lo largo de 11 años. La inclinación terrestre, más allá de generar el cambio de estaciones, influye en tener más o menos luz solar; y esto a su vez condiciona en parte, el clima terrestre (Robador, 2015). Los volcanes, según Vásquez (2018) exhalan dióxido de azufre y cenizas que son dos compuestos que modifican el clima a través del aumento del albedo, que se convierten en una especie de velo, que no permite el paso de la radiación solar.

Parte del territorio ecuatoriano se encuentra en el hemisferio norte; por lo tanto, Lee et al. (2011) mencionan que en este hemisferio el efecto albedo es bastante alto y esto ha provocado

enfriamiento; es decir, que la energía que llega del sol se devuelve al espacio y se pierde. Adicionalmente, MAE (2012) indica que las provincias en donde mayor deforestación existe son Esmeraldas, Sucumbíos y Manabí; las cuales son parte del hemisferio norte, lo cual explica la relación negativa entre la producción de madera. Sumado a esto, Martins (2011) expresa que en latitudes elevadas la deforestación puede enfriar o bajar la temperatura. Sin embargo, esto no debe verse favorable para talar árboles en latitudes altas.

Otro de los aspectos que regulan la temperatura del planeta es el efecto albedo. Según Porcuna (2012) la variación de albedo; es decir, la cantidad de radiación solar que es reflejada o absorbida tras chocar con la superficie terrestre se debe al color de la superficie que recibe los rayos solares; cuando la luz es reflejada se da el efecto refrigerante, mientras que cuando la luz es absorbida se genera el calentamiento de la tierra. En el planeta tierra existen una gran variedad de superficies con diferentes albedos: las nubes, los océanos, la nieve, los glaciares, los bosques y los diferentes tipos de suelo cuentan cada uno con su propio albedo, siendo la nieve y el hielo los que presenten un albedo mayor; mientras que las zonas oscuras como los océanos y los bosques un albedo menor; es decir, que retienen mayor cantidad de radiación solar (Molina, 2016).

Es primordial tener en cuenta los factores que intervienen tanto en el aumento como en la disminución de la temperatura; ya que al ser algunas causas de origen natural es muy complicado determinar a ciencia cierta el porqué de la variación del clima. Sin embargo, estos cambios se atribuyen principalmente a las actividades humanas que han influenciado en el aumento de GEI; y estos a su vez, ha marcado un aumento en la absorción de gases tanto del océano como de la atmósfera, incluso más de lo que realmente pueden almacenar (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático [ICC], 2014; CIIFEN, 2016). Lee et al. (2011) mencionan que en el hemisferio norte el efecto albedo es bastante alto y esto ha provocado enfriamiento; es decir, que la energía que llega del sol se devuelve al espacio y se pierde.

Según Coello (2012) el comportamiento climático de Ecuador se ve influenciado por fenómenos oceánicos, que son originados principalmente por la acción del calor del sol, el viento y la rotación de la tierra. Por una parte, Espinoza (1996) señala que el Fenómeno del Niño que se presenta en Ecuador es una corriente cálida que viene acompañada por incrementos en la temperatura del océano; y esto a su vez provoca cambios en la temperatura del planeta y aumentos en el nivel del mar. Por el contrario, Euscátegui y Hurtado (2011) afirman que el fenómeno denominado La Niña, también se presenta en Ecuador y viene acompañado de bajas temperaturas y provoca sequías en las zonas costeras. MAE (2012) indica que las provincias en donde mayor deforestación existe son Esmeraldas, Sucumbíos y Manabí; las cuales son parte del hemisferio norte, lo cual explica la relación negativa entre la producción de madera.

Por el contrario, González et al. (2015) mencionan que las temperaturas diurnas y nocturnas presentan diferencias significativas, predominando una temperatura superior en los territorios que se encuentran deforestados con respecto a los cubiertos por árboles. Así mismo, Bertrand et al. (2011) encuentran que existe un desfase de temperatura mayor entre el clima y los bosques que se localizan en tierras bajas y los de tierras altas; pues, la temperatura es mayor en zonas más bajas. La deforestación conduce a un aumento del dióxido de carbono (CO₂) en el aire; el cual es uno de los principales "gases de efecto invernadero", por lo que la tala de árboles agravará el peligro del cambio climático en el futuro (CIIFEN, 2017). Para el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosque y Medio Ambiente (MAGBMA) y FAO (2014), existen tres causas principales de la deforestación: el desarrollo de las infraestructuras; la agricultura es una de las causas tanto de la deforestación como de la degradación forestal y el aprovechamiento maderero, el cual incluye tanto la producción industrial e informal a gran escala.

Silva et al. (2020) indican que la selva tiene control sobre el clima; y, que la falta de acciones de control de la remoción de vegetación natural aumenta la deforestación, causando a lo largo del tiempo grandes cambios en las variaciones de temperatura y precipitaciones. Por su parte,

Panday et al. (2015), mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática y generar proyecciones climáticas futuras más cálidas y con mayores probabilidades de sequías e incendios. Igualmente, la OMC (2016) comenta que si se plantan más árboles y se protegen los bosques se podrá reducir el impacto del cambio climático, ya que se mantiene el carbono en los bosques y los nuevos árboles absorberán el CO₂ de la atmósfera. De igual forma, Kristjanson (2019) menciona que al perder la batalla contra la deforestación estamos perdiendo también una oportunidad fundamental para mitigar el cambio climático.

La deforestación en Ecuador tiene que ver en menor medida con el tema de la madera, está más bien direccionada con los cambios en el uso del suelo (FAO, 2013). La alteración más importante del medio ambiente natural; es la tala de bosques, para establecer tierras de cultivo y pastos, y la explotación de bosques para leña y materiales de construcción (Hurtado et al., 2015; Kaplan et al., 2009). Según, Sierra (2013) la principal causa de la deforestación en Ecuador es la expansión agrícola, siendo así que a nivel nacional entre 1990 y 2000 el 99,4% del área deforestada fue destinada a actividades agropecuarias. Por su parte, Castro et al. (2013) mencionan que el crecimiento sostenido de la demanda y consumo de carne denota un uso del suelo altamente ineficiente y extensivo; un animal por hectárea, que ha traído consigo una mayor conversión de bosques para la producción de carne y leche.

Por otra parte, se reconoce que las actividades ganaderas emiten una gran cantidad de gases de efecto invernadero, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que contribuyen de manera significativa al cambio climático (Aguirre et al., 2015). La ganadería afecta el balance de carbono de la tierra, ya que de forma indirecta favorece a la liberación de enormes cantidades de gas metano y dióxido de carbono a la atmósfera (Garzón, 2011). Por su parte, González et al. (2020) mencionan que la carne de ganado vacuno además de ser una fuente importante de proteína también contribuye al calentamiento global y el cambio climático. Swann et al. (2015), encuentran que la transición del bosque natural hacia pastizales y cultivos agrícolas

crearán condiciones atmosféricas más cálidas y secas en algunos países del mundo. Según, Velasco (2017) el problema principal de la ganadería en Ecuador está relacionado con la falta de productividad y el uso ineficiente de los pastos, lo que ha provocado pérdidas de suelos y aumento de gases contaminantes.

Según, Solomon et al. (2007) el cambio climático se encuentra comprometido debido a emisiones pasadas; pues las concentraciones atmosféricas de CO₂ no se descomponen en un periodo de vida bien definido si se detienen las emisiones. Alguna cantidad de CO₂ se queda en la atmósfera durante miles de años, por lo que las emisiones ejercen influencia en el clima en largo plazo y por ende aseguran el cambio climático. Igualmente, Jiang et al. (2021) establecen que las concentraciones de CO₂ afectan la proyección de los aumentos de temperatura, evidenciándose mayores aumentos en las regiones industrialmente avanzadas. Así mismo, Liu et al. (2021) sugieren que el control de las emisiones antropogénicas puede reducir la penalización que se diera a causa del futuro cambio climático global. Además, el comportamiento contiguo que tienen los arboles al ser cortados, provocan aumentos de temperatura (FAO, 2006). Igualmente, Swedan (2019) menciona que el calentamiento de la superficie es un proceso que depende del desmonte y la conversión de los suelos; por tanto, la contribución de la deforestación al cambio climático es sustancial ya que, aumenta la cantidad de dióxido de carbono en un corto periodo de tiempo y esto a su vez genera incremento en las temperaturas.

Ingrassia (2019) quien menciona que el aumento de la temperatura a causa de las emisiones de gases de efecto ha sido de 1,7°C por siglo, muy por encima del 0,01°C de lo que lo hacían las fuerzas naturales anteriormente. Sumado a esto, CIIFEN (2017) menciona que los GEI, así como son una fuente natural de calentamiento de la tierra, también el aumento exagerado de estos gases retiene mucho más calor, lo que genera un mayor calentamiento de la superficie terrestre. Así mismo, Inoue et al. (2020); Pan et al. (2021) determinan que la participación de CO₂

elevado en la atmósfera retrasa la llegada de la primavera y se reducen las temperaturas frías; lo que implica una mayor atención para la gobernanza climática.

Por otra parte, Niñez et al. (2015) mencionan que el CO₂ al ser un compuesto que absorbe el calor de la superficie terrestre, depende del rango de temperatura para poder existir, tanto en su estado líquido, gaseoso o sólido. Otro de los GEI más importantes y de mayor contribución al efecto invernadero natural es el vapor de agua, que está directamente vinculado al clima, debido a que la evaporación depende fuertemente de la temperatura de la superficie, ya que, al hacerse el clima más cálido, aumenta la concentración de vapor de agua; y, al ser este compuesto un GEI genera un proceso de retroalimentación positiva (Benavides y León, 2007).

Por su parte, Flores et al. (2019) indican que cuando los ecosistemas forestales son atacados por plagas y enfermedades, es necesario el uso de insecticidas o plaguicidas para controlar la destrucción de los árboles, lo que a su vez provoca degradación y pérdida de nutrientes de los suelos en las áreas boscosas. Por el contrario, Abman y Carney (2020) determinan que la productividad agrícola, mediante el uso de químicos y semillas mejoradas aumentan los rendimientos de cultivos y a la vez reducen la presión para expandir la agricultura y por ende la deforestación. De igual manera, Pelletier et al. (2020) mencionan que, sin el uso de insumos agrícolas modernos, la pérdida de cobertura forestal prevista sería aproximadamente el doble.

Tomando en cuenta que la actividad agrícola está relacionada con el uso de químicos para la producción de cultivos; Chi et al. (2020), encuentran que los aumentos de la producción agrícola se asociaron a un clima más húmedo y frío, considerando la localización y topografía de la región. En cambio, Foguesatto et al. (2019) indican que la adopción de prácticas de agricultura sostenible tiene la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático y a la vez minimizar la degradación de los recursos naturales y aumentar la producción de alimentos. Por su parte el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2020) menciona que la agricultura es tanto víctima como factor causante del cambio climático, debido al uso excesivo de fertilizantes químicos,

plaguicidas y desechos animales, como consecuencia del aumento de la demanda de alimentos. Igualmente, Chiriaco y Valentini (2021) hacen mención a que las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura representan una contribución importante al cambio climático, siendo tanto un contribuyente al problema como parte de la solución, particularmente gracias a la capacidad de los suelos y la biomasa para secuestrar carbono atmosférico.

Dawe y Tate (2018) creen que el principal promotor del cambio de uso del suelo es el sector ganadero, ya que grandes extensiones de tierra se destinan a pastos o al cultivo de alimento para animales. Así mismo, Oliveira et al. (2021) indican que la deforestación se vincula con el aumento de la demanda de carne; y por la extensión de tierras, debido a las prácticas de cría de ganado. Igualmente, Sunil et al. (2020) mencionan que el aumento de las tierras agrícolas y la industria conducen a la pérdida de superficie forestal, especialmente en naciones densamente pobladas; y, además, que la tierra boscosa se encuentra bajo una zona probable de deforestación.

En cambio, Pardos (2010) encuentra que la cantidad de gas que absorben los árboles ha disminuido; pero que esto no se trata de que haya menos ejemplares a causa de la deforestación, sino más bien al aumento de las emisiones de CO₂ que han provocado un rápido crecimiento y por ende mueren más rápido ya que están expuestos al aumento de la temperatura y sequías, debido a que crecen más altos. Así mismo, Pretzsch et al. (2017); Richter et al. (2020) indican que los árboles de las ciudades envejecen más rápido que los que se encuentran en zonas rurales; esto debido a que en la ciudad existe una mayor cantidad de emisiones de CO₂ que aumenta la temperatura, las cuales estimulan el proceso de la fotosíntesis que permiten a las plantas y árboles crecer, alimentarse y desarrollarse a gran velocidad. Por el contrario, Ochoa et al. (2019), determinan el aumento de CO₂ en la atmósfera implica pérdida de nutrientes de los suelos boscosos, lo que provoca una disminución de ejemplares en menor tiempo.

Consecuentemente, un aumento en el promedio global de la temperatura es capaz de generar grandes impactos en los ecosistemas: aumento del nivel del mar, debido al deshielo de las

aguas continentales que podrían también amenazar a las zonas costeras; aumento de las lluvias torrenciales y sequías prolongadas; alteración de los ciclos biológicos, poniendo en peligro las reservas de agua dulce y la subsistencia de especies animales y vegetales; intensificación de inundaciones y sequías; aumento de plagas e incendios a causas de las olas de calor (Azqueta, 2007). Por su parte, Stiglitz (2007) piensa que la comunidad científica ha cometido un error crítico: subestimar el ritmo con el que se producía el calentamiento del planeta.

e. MATERIALES Y MÉTODOS

1. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

1.1 ANÁLISIS DE DATOS

Para el desarrollo de la siguiente investigación se utilizaron datos de cinco variables. La variable explicada es el cambio climático representado por la variación media de temperatura, mientras que la variable explicativa corresponde a la deforestación representada por la producción de madera aserrada. Para dar confiabilidad al modelo, se agregaron variables de control: la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂. Además, se incluyó una variable dicótoma con la finalidad de capturar el efecto de la dolarización en el país que se produjo posterior a la crisis del año 1999, ya que se debe considerar que al estancarse la economía se afecta a las diferentes actividades económicas, que son principalmente emisoras de gases contaminantes que provocan variaciones en el cambio climático. Siguiendo recomendaciones de la evidencia empírica se ha tomado como referencia el estudio de Panday et al. (2015), quienes mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática. Los datos utilizados en esta investigación provienen de la FAO (2020) y el BM (2020), para los años comprendidos entre 1988 y 2018. A continuación, la Tabla 1 detalla cada una de las variables utilizadas en el modelo econométrico.

Tabla 1

Descripción de las variables utilizadas en el modelo econométrico

| Tipo de variable | Variable y notación | Unidad de medida | Fuente de datos | Definición |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---|
| Dependiente | Variación media de temperatura (vt) | °C | FAO | Es el cambio de temperatura superficial media con respecto a una climatología de referencia, correspondiente al periodo 1951-1980. En otras palabras, es cuánto ha variado la temperatura |

| | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|----------------|-----|---|
| | | | | en cada uno de los años con respecto al periodo de referencia. |
| Independiente | Producción de madera aserrada (lpma) | Metros cúbicos | FAO | Madera que se ha producido a partir de la madera en rollo, ya sea longitudinalmente o mediante un proceso de astillado, tanto de especies coníferas y no coníferas. Incluye tablones, vigas, viguetas, tablones, listones, etc., cepilladas y sin cepillar. La variable se transformó a logaritmos. |
| Variable de control | Producción de ganado vacuno (lpgv) | Toneladas | FAO | Todos los datos se refieren a la producción total de la carne de los animales sacrificados en los países, independientemente de su origen, se excluyen los despojos y las grasas de sacrificio. Los datos se establecen en términos de peso listo para cocinar. La variable se transformó a logaritmos. |
| Variable de control | Emisiones de CO2 (leco) | Gigagramos | BM | Las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas. La variable se transformó a logaritmos. |
| Variable de control | Uso de plaguicidas (lup) | Toneladas | FAO | Incluye datos sobre el uso de los principales grupos de plaguicidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas, reguladores del crecimiento de |

plantas y rodenticidas). Los datos informan las cantidades (en toneladas de ingredientes activos) de plaguicidas utilizados o vendidos al sector agrícola para cultivos y semillas. La variable se transformó a logaritmos.

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos que corresponden a las variables incluidas en el modelo econométrico. Esto incluye los valores de la media, la desviación estándar, los valores mínimos y máximos y el total de observaciones. La desviación estándar más alta es la del logaritmo del uso de plaguicidas, 1,167 toneladas; mientras que la más baja corresponde al logaritmo de la producción de ganado vacuno, 0,316 toneladas. Igualmente, la variación de la temperatura es en promedio de 0,74°C y el promedio de la producción de madera aserrada es de 13,55 toneladas durante el periodo analizado. Cabe recalcar, que en Ecuador se ha mantenido el aumento de la temperatura en menos de 2°C según lo propuesto en el Acuerdo de París aprobado en 2015 (ONU, 2020); pues sus valores mínimos y máximos oscilan entre -0,01°C y 1,49°C, respectivamente.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos de las variables

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|-----------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|
| Vt | 31 | 0.7403226 | 0.3572439 | -0.01 | 1.49 |
| lpma | 31 | 13.55102 | 0.5946038 | 12.18587 | 14.5474 |
| lpgv | 31 | 12.10074 | 0.3164333 | 11.4916 | 12.49874 |
| Lup | 31 | 9.17125 | 1.176184 | 7.171657 | 11.01424 |
| leco | 31 | 10.20419 | 0.324091 | 9.521.659 | 10.73971 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

2. ESTRATEGIA ECONOMETRICA.

La estrategia econométrica que se utilizó para analizar el efecto de la deforestación en el cambio climático en Ecuador, fue planteada de acuerdo al cumplimiento de los objetivos específicos. Se utilizó técnicas de cointegración para series de tiempo durante un periodo de 1988 – 2018.

Objetivo específico 1: *“Analizar la evolución y correlación entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, para el periodo de estudio comprendido entre 1988-2018”*

En base a lo expuesto, para dar cumplimiento al primer objetivo específico; fue necesario realizar un análisis descriptivo de los gráficos de evolución de la producción de madera y de la variación media de temperatura, los cuales nos permitieron describir y explicar los diferentes comportamientos que han presentado las variables a lo largo del tiempo. De la misma manera, se realizó diagramas de dispersión para determinar el tipo de relación que presentan las variables.

Objetivo específico 2: *“Estimar la relación en el corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018”*,

Con respecto al cumplimiento del segundo objetivo específico, es muy relevante primeramente aplicar pruebas de diagnóstico: multicolinealidad, normalidad, heteroscedasticidad y autocorrelación, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), al cual se le agrego una variable dicotoma que capture la crisis económica y financiera que vivió el país. La prueba de multicolinealidad se realizará mediante el método del Factor de Inflación de la Varianza (FIV), el cual establece que los valores de VIF mayores a diez determinan la presencia de multicolinealidad. Así mismo, para la prueba de normalidad se utilizó la de Shapiro y Wilk (1965), para verificar si los errores se distribuyen normalmente; para ello el valor de $Prob > z$ tiene que ser mayor a 0,05. Luego, se procede a estimar la prueba de heteroscedasticidad a partir de los

supuestos de White (1980), en donde se detecta la existen problemas de heteroscedasticidad al revisar lo valores de P; si este valor es mayor a 0,05 se determina que no existe heteroscedasticidad. Una vez aplicada la prueba de heteroscedasticidad se determina la presencia de autocorrelación a partir del estadístico d de Durbin y Watson (1950), que prueba el valor de $\text{Prob} > F$ mayor a 0,05 para descartar autocorrelación. La variable dicótoma toma el valor cero antes del 1999 y el valor uno a partir del 2000. El modelo establecido se presenta en la Ecuación 1:

$$vt_t = \beta_0 + \beta_1 lpma_t + \beta_2 lpgv_t + \beta_3 lup_t + \beta_4 leco_t + \beta_5 dummy_t + u_t \quad (1)$$

Donde vt_t representa la variación media de la temperatura; $lpma_t$ es el logaritmo de la producción de madera aserrada; $lpgv_t$ indica el logaritmo de la producción de ganado vacuno; lup_t representa el logaritmo del uso de plaguicidas; $leco_t$ son las emisiones de CO2; $dummy_t$ es la variable dicótoma que representa el cambio estructural y finalmente u_t es el término de error o perturbación. El subíndice $t=1988, \dots, 2018$ indica el tiempo, en este caso; datos anuales.

Previo a la estimación de cointegración, fue necesario verificar estacionariedad de las variables. Para ello, se utilizaron los test de Dickey y Fuller (1979) y Phillips y Perron (1988), los cuales prueban la hipótesis nula de que existe el problema de raíz unitaria en la serie; es decir, que la variable es no estacionaria. Se determina que existe raíz unitaria cuando el valor calculado es menor al valor crítico. En este caso, es necesario diferenciar las variables para estacionalizar la serie, siendo esto un requerimiento muy importante para poder comprobar cointegración.

Consecutivamente, para verificar la relación de equilibrio en el largo plazo; primero es necesario determinar el número de rezagos óptimos de las variables a través del criterio de información de (Akaike, 1974). En base a lo anteriormente expuesto, se procedió a estimar un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), bajo el concepto del test de cointegración de

(Johansen, 1988). La especificación formal del modelo se observa en las Ecuaciones 2, 3, 4, 5 y 6 como se presenta a continuación:

$$\Delta vt_t = \beta_0 + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_1 lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_2 lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_3 lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_4 leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_5 vt_{t-i} + \beta_6 dummy_t + E_t \quad (2)$$

$$\Delta lpma_t = \beta_7 + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_8 lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_9 lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{10} leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{11} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{12} lpma_{t-i} + \beta_{13} dummy_t + E_t \quad (3)$$

$$\Delta lpgv_t = \beta_{14} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{15} lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{16} leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{17} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{18} lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{19} lpgv_{t-i} + \beta_{20} dummy_t + E_t \quad (4)$$

$$\Delta lup_t = \beta_{21} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{22} leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{23} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{24} lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{25} lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{26} lup_{t-i} + \beta_{27} dummy_t + E_t \quad (5)$$

$$\Delta leco_t = \beta_{28} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{29} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{30} lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{31} lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{32} lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{33} leco_{t-i} + \beta_{34} dummy_t + E_t \quad (6)$$

Por simplicidad, las ecuaciones (2) (3) (4) (5) y (6) anteriormente expuestas; servirán para estimar el Modelo de Vector de Corrección de Error (VEC), al cual agregaremos el término de error rezagado como una variable independiente adicional. Si el coeficiente del error resulta ser significativo, se concluye que existe equilibrio a corto plazo entre las variables.

Objetivo específico 3: “Establecer la dirección de causalidad entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, utilizando el test de Engel y Granger, en el periodo 1988-2018”.

Finalmente, para el cumplimiento del tercer y último objetivo específico, se utilizó la prueba de causalidad planteada por Granger (1969), la cual determina si una serie temporal puede predecir a otra; es decir, que un evento A es causado por un evento B, y viceversa. Sin embargo, se debe tener claro que existe causalidad unidireccional y bidireccional. Si el comportamiento de A causa en el sentido de Granger al comportamiento de B, se dice que la relación es unidireccional. Si, por el contrario, el comportamiento de B predice el comportamiento de A, se dice que existe una relación bidireccional. La representación formal se presenta en la Ecuación 7:

$$\Delta vt_t = \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=t}^N lpma_{t-i} + \beta_2 \sum_{i=t}^N \Delta Z_{t-i} + \beta_3 \sum_{i=t}^N \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

Donde: Δvt_t es la variación media de temperatura en el año t; $lpma_{t-i}$ es el logaritmo de la producción de madera aserrada en el año t-1; y ε_{t-i} , es el termino de error en el año t-1; ΔZ_{t-i} representa las variables de control, producción de ganado vacuno, emisiones de CO2 y el uso de plaguicidas.

f. RESULTADOS

1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

Analizar la evolución y correlación entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, para el periodo de estudio comprendido entre 1988-2018.

1.1 ANÁLISIS DE LA TENDENCIA Y EVOLUCIÓN

Con la finalidad de dar respuesta a la primera parte del presente objetivo específico, la Figura 1 muestra la evolución de la variación media de la temperatura y la producción de madera en los años comprendidos entre 1988 y 2018, la cual busca explicar el comportamiento de las dos variables durante el periodo analizado.

La variación media de la temperatura ha tenido un comportamiento cíclico en el tiempo; sin dejar de lado que, a medida que el tiempo ha pasado las variaciones de temperatura han venido en ascenso, siendo la única variación de temperatura negativa la que se registra en 1989 con un valor de 0,01°C. Igualmente, cabe recalcar que el país tiene el compromiso de generar políticas, programas y proyectos que contribuyan a limitar el alza de la temperatura en hasta 1,5°C (PNUD, 2019). Para los años 1997-1998 se observa uno de los mayores aumentos de temperatura, esta situación trajo consigo el conocido Fenómeno del Niño que afectó gravemente a los países que conforman la Comunidad Andina; tanto es el aspecto económico como de infraestructura y social, en especial a Ecuador que en orden de magnitud decreciente ocupó el segundo lugar con un monto total de daños de \$ 2.882 millones (CEPAL, 1998; Jovel, 2000). El aumento de la temperatura del océano pacifico es la causa principal del apareamiento del Fenómeno del Niño, que pese a no ser un evento periódico; a través de la historia ha generados cuantiosos daños, debido a las persistentes lluvias que han provocado inundaciones (CONICIT, 1998).

Por otra parte, la corriente de Humboldt es la causante de las bajas temperaturas ya que es originada por el movimiento de la tierra y ascenso de aguas profundas, y por lo tanto muy frías,

que se mueven en las costas occidentales de América del Sur, generando lloviznas y neblina (Courcoux, 2009). La variación media de la temperatura se registra en 2016, año en el que se observó un aumento de la temperatura en casi todo el mundo, pues; representó un aumento de 0,06 °C con respecto al valor más elevado anterior registrado en 2015 y fue aproximadamente 1,1 °C superior a los niveles preindustriales (OMM, 2017). Igualmente, se tuvo la presencia del Fenómeno del Niño que fue considerado como uno de los tres más fuertes registrados desde 1950, junto con los de 1982-1983 y 1997-1998, generando impactos significativos sobre la agricultura y seguridad alimentaria, siendo más de 60 millones de personas las afectadas (Martínez et al., 2017).

La variación del clima a lo largo de la historia se ha visto influenciado por cambios naturales; entre las causas naturales de esas variaciones se pueden citar: las erupciones volcánicas, los cambios en la órbita de traslación de la Tierra, los cambios en el ángulo del eje de rotación de la Tierra con respecto al plano sobre el que se traslada y las variaciones en la composición de la atmósfera (PNUMA, 2015). Además, la quema de fósiles y la actividad humana han sido factores que también han intervenido en los cambios del clima, ya que han modificado la composición de la atmósfera aumentando la concentración de los GEI (Oroza, 2008). En el caso de Ecuador, la cordillera de Los Andes y el océano pacífico desempeñan un papel muy importante en la generación de masas de aire local y regional, con diferentes características de temperatura y humedad, dando como resultado diferentes regiones climáticas, en general, caluroso y subtropical (Pourrut, 1983).

Con respecto a la producción de madera se observa dos momentos sumamente significativos; el pico más bajo reportado en el año de 1993 y el pico más alto el cual se registra entre los años de 1995 y 1998. Gran parte de la producción maderera ecuatoriana tiene como destino los mercados internacionales; principalmente Estados Unidos, Colombia, Perú, Japón, Dinamarca, Alemania y México; por lo tanto, el sector forestal depende principalmente de las exportaciones,

representando el 3% del comercio internacional (Holguín y Delgado, 2018). Los picos más altos de producción de madera, son resultado de la gran evolución del comercio ecuatoriano pasando de \$1553 millones en 1995 a \$1998 millones en el año 1997 (Alban et al., 2006). Para el año 2014 se evidencia un aumento de la producción de la madera, esto debido a que para ese año la madera tuvo un importante desempeño, ya que sus exportaciones representaron ingresos por \$185 millones, representando un 29% más con respecto al año anterior (BCE, 2019). Finalmente se puede concluir que la producción de madera se ha mantenido constante desde el año 2009 hasta el año 2018; a excepción del año 2014.

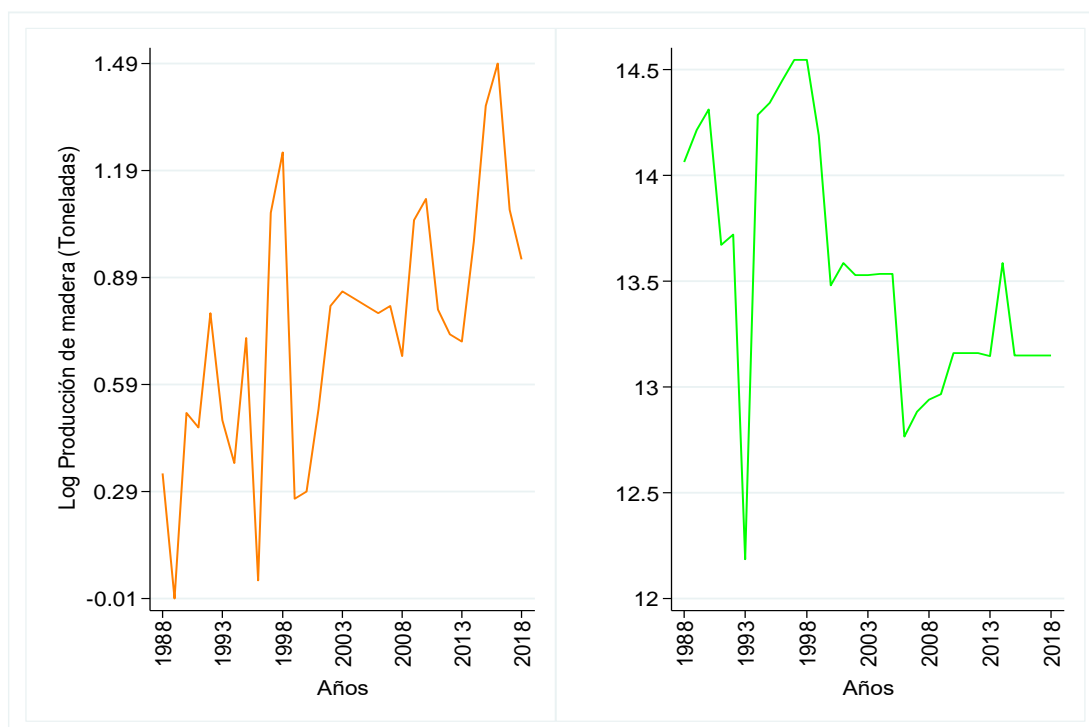
La disminución de la producción de madera empieza a inicios de los años 90s por la creación del Plan de Acción Forestal Ecuatoriano (PAFE), siendo este programa muy importante en materia de conservación, ya que tenían como objetivos mejorar el fortalecimiento institucional, generar mejores políticas forestales, vigilar el buen uso de la tierra y el control y monitoreo biológico, cuyas intervenciones lograron controlar sobre todo la tala ilegal (FAO, 2004; Tufiño, 2009). Igualmente, el país por sus condiciones geomorfológicas es propenso a deslizamientos, avalanchas de lodo y erosión a causa de las lluvias intensas (Munro, 2008), lo que podría provocar reducción de las tierras forestales. Sumado a esto, en el Ecuador aproximadamente 4.851 Km² (2% del territorio nacional) corresponden a zonas de muy alto riesgo ante eventos naturales (Barrantes et al., 2000).

En Ecuador la deforestación está íntimamente ligada al crecimiento de la economía; es decir, cuando el crecimiento económico se acelera la deforestación repunta, y cuando cae, también caen las tasas de deforestación (Sierra, 2013). Esto explica que la producción de madera descendiera a su pico más bajo en el año de 1993, ya que según el BCE (2010), la tasa de crecimiento económico disminuyó de 5,2% en 1991 a 0,3% en 1993, la más baja registrada entre 1990 y 2009, a excepción de la reportada en 1999 que tuvo un valor negativo de 6,3%. Holguín y Delgado (2018) mencionan que las exportaciones juegan un papel muy importante en la producción de madera, representando el 3% del comercio internacional; lo que ha provocado cambios en las tasas de deforestación.

Otras de las causas de la deforestación ecuatoriana según Sánchez y Reyes (2015) son la explotación petrolera, la tala ilegal, minería, todas estas acompañadas de la subvaloración de los bosques y la madera, y débil control estatal, siendo más intensa la deforestación en las zonas de fácil acceso y más baja en las zonas alejadas. Es importante mencionar que la deforestación ha ido disminuyendo; según MAE (2006) en el periodo de 1990-2000 se cortaron 92.742 hectáreas/año y en el periodo 2008-2014 se cortaron 47.497 hectáreas/año; siendo esta tendencia decreciente, debido a la intensificación de las zonas agropecuarias. Actualmente, Ecuador registra tasas históricas en la reducción de la deforestación de 48,6% en las dos últimas décadas; hito que se alcanzó gracias a la implementación de acciones y políticas ambientales de conservación de los bosques y uso sostenible de la biodiversidad (PNUD, 2019).

Figura 1

Evolución de la variación media de la temperatura y la producción de madera, periodo 1988-2018



Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

Para profundizar el análisis de la presente investigación, se presenta la Figura 2 la cual tiene como finalidad explicar el comportamiento que han tenido las variables de control:

producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂ a lo largo del periodo analizado.

El crecimiento del sector ganadero en Ecuador ha sido sostenido hasta el año 2013, ya que a partir del año 2014 se observa una disminución de la producción de ganado vacuno. Las cabezas de ganado han ido disminuyendo, representando una merma del 11,41% desde el año 2014 hasta el año 2018 (INEC, 2014, 2019). Igualmente, entre 2013 y 2016 se registra una disminución del 8% en las ventas de leche; y, así mismo el volumen del crédito al sector ganadero se redujo en un 23% (Corporación Financiera Nacional [CFN], 2017). Como consecuencia de la disminución notada en el número de cabezas de ganado vacuno, se evidencia un aumento entre el 7 y 20% de los precios de la carne para el año 2014 con respecto al precio promedio del año 2013 (Castillo, 2014).

La producción de ganado vacuno para el periodo comprendido entre 2014 y 2019, representa aproximadamente el 66% de la producción ganadera total, mientras que el ganado porcino y ovino un promedio de 21% y 7%, respectivamente, lo cual indica que predomina la cría de ganado bovino en el país (INEC, 2019). En Ecuador, la actividad ganadera se caracteriza por ser extensiva con baja productividad y mal aprovechamiento de los pastos; lo que implica altas emisiones de CO₂ por unidad de carne o leche, contribuyendo a que la producción pecuaria sea insostenible, dando como consecuencia tres principales amenazas para el medio ambiente: pérdida de suelos y desertificación, aumento de contaminantes y de las emisiones de GEI y extensión de la frontera agropecuaria y por consiguiente se agrava el cambio climático (FAO, 2019).

Con respecto al uso de plaguicidas, se observa un comportamiento cíclico a lo largo del tiempo, siendo para los años 2000 y 2002 donde se registran sus picos más bajos, los cuales son evidentemente a causa de la crisis económica que azotó al país, en especial a la producción de productos agrícolas, los cuales demandan el uso de agroquímicos (Banco Central del Ecuador, [BCE], 1999). A partir del año 2003 hasta el 2017 se observa un aumento cíclico del uso de

plaguicidas; dicho comportamiento creciente se da principalmente por el aumento de la demanda de alimentos tanto nacional como internacional; siendo que para el año 2005 se exportaron 1.925.283 millones de dólares en productos provenientes de la agricultura; y para el año 2017 las exportaciones aumentaron en 7.123.278 millones (BCE, 2018).

El uso de plaguicidas es primordial en la producción de cultivos, ya que permiten controlar las amenazas que afectan a las cosechas e incrementar la producción y rendimiento de los cultivos. Sin embargo, el uso inadecuado y la falta de regulación de los agroquímicos hace que las plagas se vuelvan resistentes; por lo que se utilizan químicos más concentrados y altamente tóxicos (Esparza et al. 2020). El uso intensivo e irracional de las cantidades de plaguicidas conlleva consecuencias negativas bastante dañinas sobre el medio ambiente, animales y consumidores, ya que contamina el aire, los alimentos, el agua y los suelos; por lo tanto es necesario conocer y aplicar normas y reglamentos para un manejo seguro (Servicio de Acreditación Ecuatoriano [SAE], 2018).

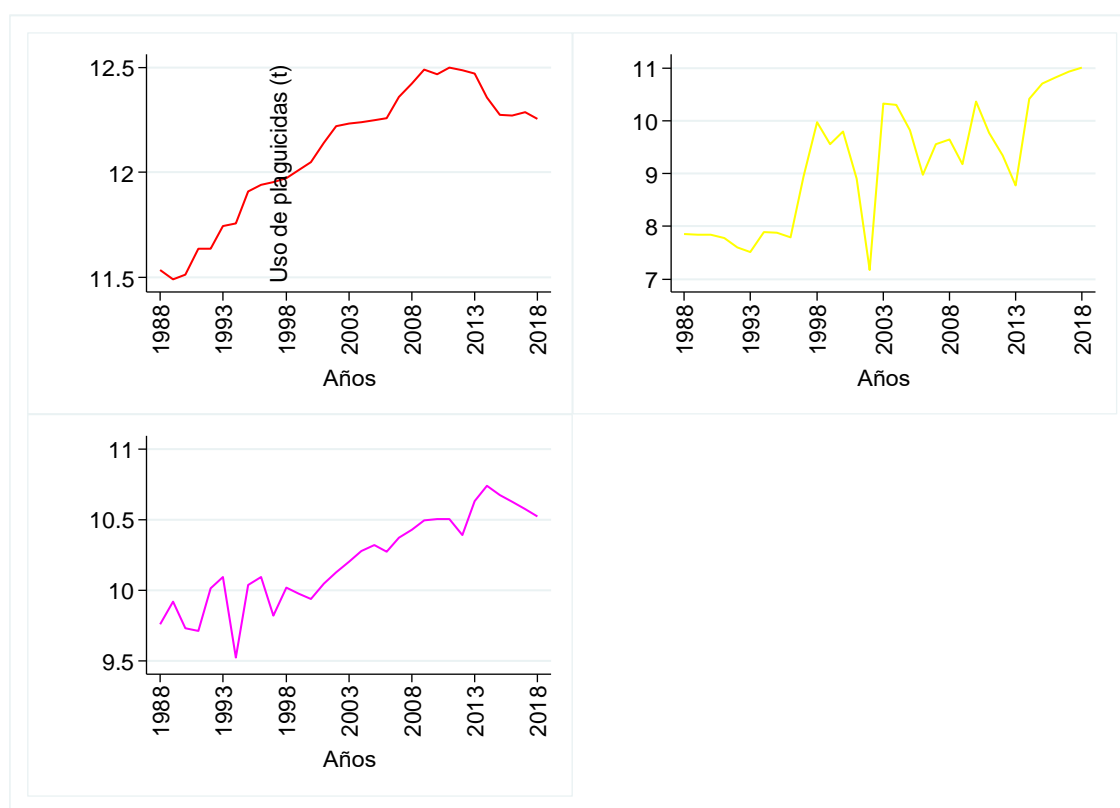
Finalmente, el comportamiento de la variable emisiones de CO₂ es notoriamente al alza durante el periodo analizado. Sin embargo, después del Acuerdo de París llevado a cabo en 1992, el cual comprometía a los países participantes a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; se puede identificar una reducción significativa de las emisiones de CO₂, pero que a lo largo del tiempo no sirvió para mantener esa reducción (ONU, 1992). Las principales fuentes de emisiones de GEI son principalmente el sector de la energía con un aporte del 46,63% de dichas emisiones; en segundo lugar, el uso del suelo representa el 25,35%; seguidamente el sector de la agricultura que contribuye con el 18,17% de los GEI emitidos a la atmósfera; y finalmente los procesos industriales y residuos representan aproximadamente el 10% de las emisiones que genera el país (MAE, 2016).

A pesar de que la crisis sanitaria ralentizó temporalmente las emisiones de dióxido de carbono, no ha sido suficiente paralizar el camino a un aumento catastrófico de temperatura

superior a los dos 2°C sobre los niveles preindustriales; con lo cual no se estaría cumpliendo con los objetivos propuestos bajo el lineamiento del cambio climático. Es también importante tener en cuenta que el país emite 1,9 toneladas métricas de CO2 por habitante, representando un 0,1% de emisiones a nivel mundial, lo que hace que Ecuador sea quien menos emisiones produce; pero, que no se descarta su afectación ya que las emisiones de contaminantes afectan a todo el planeta, independientemente de que sean causantes o no (MAE, 2020).

Figura 2

Evolución de la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO2, periodo 1988-2018



Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020). Todas las variables se encuentran expresadas en logaritmos. La (t), indica toneladas y (Gg) indica giga gramos.

1.2. ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN

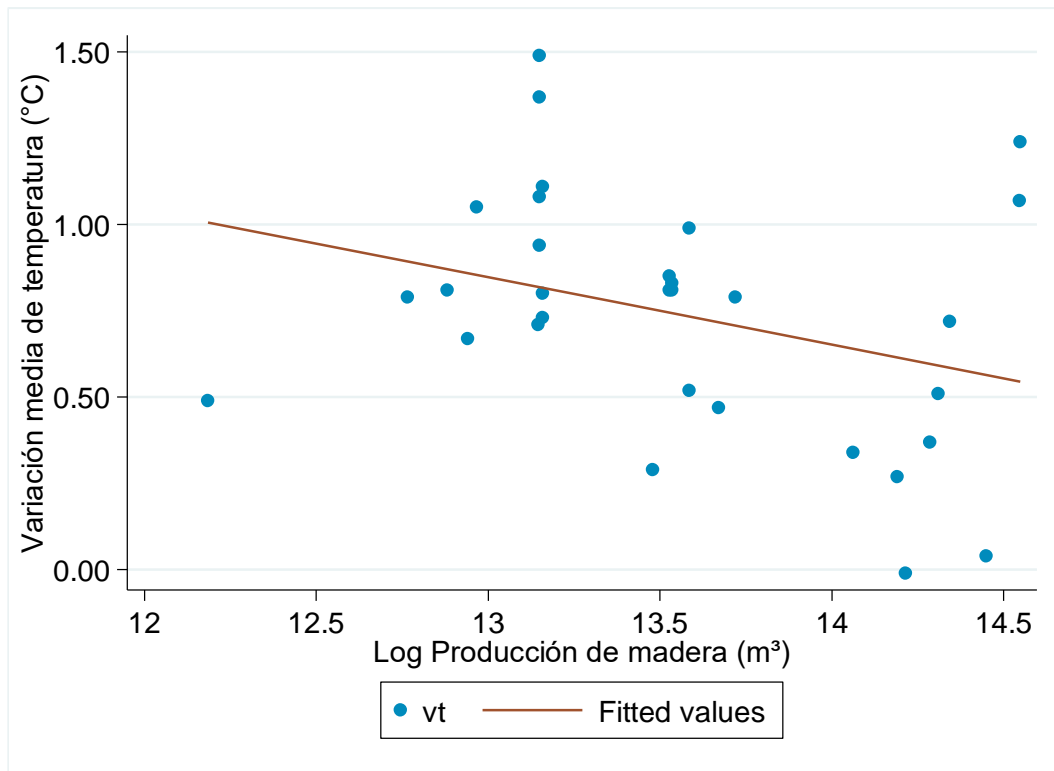
Para el cumplimiento de la segunda parte del presente objetivo específico en la Figura 3, se muestra la correlación entre la variación media de la temperatura y la producción de madera en

el Ecuador. Se puede observar que los datos no se ajustan a la línea de tendencia y que la relación existente entre la variación media de la temperatura y la producción de madera es negativamente débil; es decir, a un crecimiento de la producción de madera se observa una tendencia a disminuir de la variación de temperatura, por lo que se presume que existen otras causas que están afectando la variabilidad climática. Dicho en otras palabras, la producción de madera no tiene poder explicativo sobre la variación media de la temperatura.

La deforestación siempre ha sido vista como una causa del aumento de temperatura así como también la tenencia de bosques contribuye a reducir el calentamiento del planeta porque se encargan de absorber dióxido de carbono (FAO, 2006). Pero, en el caso de Ecuador está sucediendo lo contrario, según los resultados de la Figura 2. Esta situación se explica porque según Martins (2011) en latitudes elevadas la deforestación puede enfriar o bajar la temperatura, lo que no sucede en latitudes bajas; aunque esto no debe verse favorable para talar árboles en latitudes altas. Se debe considerar, que el país se encuentra atravesado por la línea ecuatorial la cual divide el planeta en hemisferio norte y hemisferio sur, siendo las provincias: Esmeraldas, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Orellana, Sucumbíos y Manabí el listado de las provincias donde existe mayor deforestación (MAE, 2012). Entonces, según Villalba (2016) las zonas de latitudes altas se encuentran ubicadas en el hemisferio norte siendo así que la mayoría de las provincias antes mencionadas se encuentran en la parte norte de la división.

Figura 3

Correlación entre la variación media de la temperatura y la producción de madera en el Ecuador



Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

Igualmente, en la Figura 4 se presenta la correlación existente entre la variación media de temperatura y las variables de control. Se puede observar que la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂ presentan una relación positiva con la variación media de temperatura; es decir, que los aumentos en las variables de control antes mencionadas provocan aumentos en la variación media de temperatura.

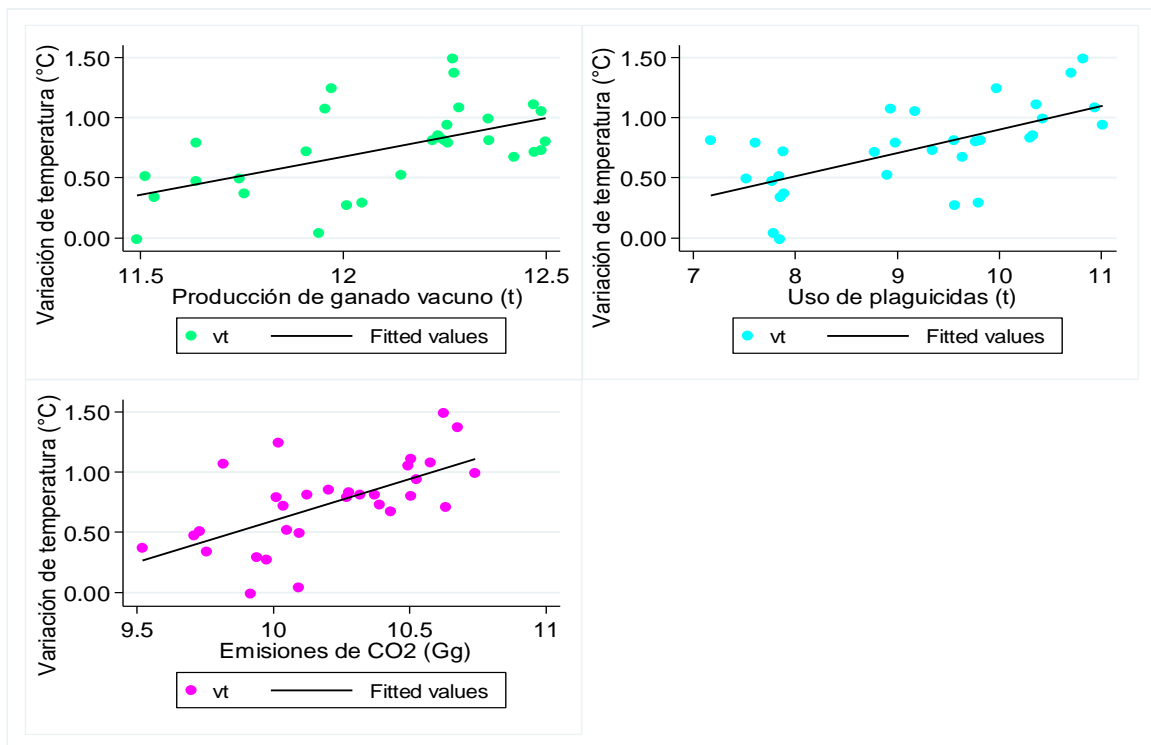
Por una parte, la ganadería al ser una fuente importante de emisiones de gas metano, dióxido de carbono y óxido nitroso, conduce a un aumento de la temperatura por la concentración de más gases de efecto invernadero que se encargan de atrapar una proporción mayor de calor. En el sector ganadero ecuatoriano es la fermentación entérica la que aporta el mayor porcentaje de emisiones, pues representa el 77,14%, seguido por las emisiones de óxido nitroso con un 17,94% procedente

del estiércol dejado en las pasturas; y finalmente el gas metano que representa el 2,63% de las emisiones (MAE, 2018). En este sentido, el aporte de la ganadería al cambio climático es evidente.

Hay que tener presente que las variables de control utilizadas están relacionadas con las emisiones de GEI; y las cuales son determinantes de la variación de temperatura. Tanto la ganadería con el uso de plaguicidas emite gases contaminantes que afectan al estado natural del clima, sucediendo lo mismo con las emisiones de CO₂. En este contexto, Ecuador se ha trazado la meta de reducir para el año 2025 en un 9% las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores de energía, procesos industriales, residuos y agricultura; y adicionalmente un 4% de reducción en el sector de uso del suelo en el que participa la deforestación y degradación de tierra (PNUD, 2019c).

Figura 4

Correlación entre la variación media de temperatura y las variables de control.



Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020). Todas las variables se encuentran expresadas en logaritmos a excepción de la variación de temperatura. La (t), indica toneladas y (Gg) indica giga gramos.

2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Estimar la relación en el corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018.

2.1. Pruebas de estacionariedad

Los resultados de las pruebas de diagnóstico con sus respectivas explicaciones se muestran en el Anexo 2, 3, 4 y 5, los cuales establecieron que el modelo no presenta problemas de multicolinealidad, normalidad, heteroscedasticidad y autocorrelación. Previo a la estimación de la relación de corto y largo plazo, es necesario determinar la estacionariedad de las variables o la presencia de raíz unitaria, para ello se aplicó el test de Dickey y Fuller (1979) con el propósito de determinar el orden de integración de las variables. En la Tabla 3 se presentan los resultados del test, los cuales permitieron determinar que el modelo presenta problemas de raíz unitaria. Por lo tanto, se aplicó primeras diferencias a todas las variables para eliminar el efecto tendencial, dando como resultado que las variables tengan un orden de integración I (1).

Es necesario especificar, que para determinar la presencia de raíz unitaria se debe tener en cuenta que el valor calculado debe ser menor al valor crítico al 5%. Cabe mencionar que la variación media de temperatura (vt) no necesitaba ser diferenciada, debido a que su valor calculado ya era mayor a sus valores críticos. Sin embargo, se procedió a sacar primeras diferencias de esta variable, ya que para propósitos econométricos deben tener todas variables el mismo orden de integración.

Tabla 3*Prueba de Dickey y Fuller*

| Variables | NIVELES | | | | PRIMERAS DIFERENCIAS | | | | |
|-----------|--------------------|------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|------|
| | Valor calculado | Valores críticos | | | Valor calculado | I(q) | | | |
| | | 1% | 5% | 10% | | 1% | 5% | 10% | I(1) |
| vt | -3.327 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -6.958 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| lpma | -2.790 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -7.764 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| lpgv | -2.135 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -3.999 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| lup | -2.032 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -6.566 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| leco | -1.759 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -7.956 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

Para comprobar los resultados obtenidos en el test de Dickey y Fuller (1979), se procede a realizar la prueba propuesta por Phillips y Perrón (1988) que tiene el mismo procedimiento que la prueba anterior. Para determinar la presencia de raíz unitaria se debe tener en cuenta que el valor calculado debe ser menor al valor crítico al 5%. Igualmente, este test establece que la variación media de temperatura no presenta raíz unitaria, por lo que no necesita diferenciarse; pero que se procede a diferenciar por motivos econométricos. Los resultados afirman lo demostrado por Dickey y Fuller (1979); es decir las variables tienen un orden de integración I (1), los cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4*Prueba de Phillips y Perrón*

| Variables | NIVELES | | | | PRIMERAS DIFERENCIAS | | | | |
|-----------|--------------------|------------------|----|-----|----------------------|------|----|-----|------|
| | Valor calculado | Valores críticos | | | Valor calculado | I(q) | | | |
| | | 1% | 5% | 10% | | 1% | 5% | 10% | I(1) |

| | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|------|
| Vt | -3.204 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -8.266 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| Lpma | -2.747 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -8.125 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| Lpgv | -1.969 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -4.112 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| Lup | -1.776 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -7.641 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |
| Leco | -1.461 | -3.716 | -2.986 | -2.624 | -10.695 | -3.723 | -2.989 | -2.625 | I(1) |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

2.2 Relación de largo plazo entre las variables

Una vez verificada la estacionariedad entre las variables, se procede a verificar la relación de equilibrio a largo plazo, para ello; primeramente, se determina la longitud del rezago en base al criterio de información de (Akaike, 1973). Los resultados se observan en el Anexo 6, en donde se explican las condiciones de elección óptima de rezagos, resultando ser dos.

En la Tabla 5 se muestran los resultados del modelo VAR, determinado mediante el test Johansen (1988), los cuales nos indican el número de vectores de cointegración que existen en el modelo econométrico planteado, Por lo tanto, se establece la existencia de tres vectores de cointegración, lo que significa que existe una relación de largo plazo entre las variables; es decir, que aunque las variables crezcan o caigan lo hacen de forma sincronizada y mantienen dicha relación a lo largo del tiempo. La relación a largo plazo entre las variables implica que, las variaciones de la producción de madera, la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas, las emisiones de CO2 y la variable dummy, que se agregó con el fin de capturar el cambio estructural que experimento el país en 1999, provocan cambios en la variación media de temperatura en el largo plazo.

Una relación de largo plazo entre la deforestación y el cambio climático implica que la tala de árboles en el país generará a lo largo del tiempo aumentos o disminuciones de la variación media de temperatura; lo cual se reflejará en aumentos del nivel del mar, olas de calor más intensas, encogimiento de glaciares y cambios en los hábitats de plantas y animales. Los efectos

son netamente negativos con implicaciones tanto económicos y sociales como pérdidas de la biodiversidad ecuatoriana, siendo muy difícil valorar económicamente este último ámbito. Dentro de los sectores posiblemente más afectados por el cambio climático se encuentran la infraestructura vial y eléctrica, el cual representa el mayor porcentaje de los costos; el sector agrícola también sufrirá grandes pérdidas a causa del cambio climático, un valor aproximado al 6% de los costos totales; una reducción del turismo y aumento de casos de enfermedades de malaria y dengue (CEPAL, 2013).

Los efectos negativos presentados, desencadenan igualmente otro tipo de problemas como: aumento de la pobreza, debido al impacto del cambio climático en la ganadería y la agricultura, siendo los más afectados las personas que se ubican en zonas rurales que dependen fundamentalmente de estas dos actividades que son parte de su ingreso y supervivencia. De forma general, el crecimiento económico del país igualmente presentaría problemas; puesto que la agricultura y ganadería son importantes contribuyentes del crecimiento económico de Ecuador, ya que forma parte de los países que su economía depende fundamentalmente de las exportaciones de materias primas y productos agrícolas. Por otra parte, el cambio climático al traer consigo aumentos en el nivel del mar y fuertes lluvia, puede acarrear problemas de inundaciones que provoquen daños en cultivos, viviendas e infraestructura vial.

Tabla 5

Prueba de cointegración de vectores de Johansen

| Maximum Rank | Parms | LL | Eigenvalue | Trace Statistic | 5% critical Value |
|---------------------|--------------|------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
| 0 | 42 | -5.1960361 | . | 174.6315 | 94.15 |
| 1 | 53 | 37.415594 | 0.95234 | 89.4082 | 68.52 |
| 2 | 62 | 56.660989 | 0.74708 | 50.9174 | 47.21 |

| | | | | | |
|---|----|-----------|---------|----------|-------|
| 3 | 69 | 70.018019 | 0.61483 | 24.2034* | 29.68 |
| 4 | 74 | 77.790591 | 0.42603 | 8.6582 | 15.41 |
| 5 | 77 | 80.942304 | 0.20158 | 2.3548 | 3.76 |
| 6 | 78 | 82.11971 | 0.08066 | | |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020). El asterisco (*), indica la existencia de vectores de cointegración.

Adicionalmente, en la Tabla 6 se presentan los resultados del modelo VAR estimado, conjuntamente con las variables de control. Los resultados contribuyen a lo arrojado en el test de cointegración; pues, de acuerdo a los valores de $P > \chi^2$ que son menores a 0,05 se determina la existencia de una relación de largo plazo entre las variables, sin ninguna variable como excepción. Por lo tanto, se corrobora lo anteriormente mencionado de forma conjunta; pues se establece que individualmente la deforestación, la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO2 se encuentran relacionadas a largo plazo con el cambio climático.

Tabla 6

Estimación del modelo VAR.

| Equation | Parms | RMSE | R-sq | Chi2 | P>chi2 |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| dvt | 13 | 0.314652 | 0.5933 | 40.85325 | 0.0001 |
| dlpma | 13 | 0.529401 | 0.5235 | 30.76555 | 0.0021 |
| dlpgv | 13 | 0.05732 | 0.4644 | 24.28087 | 0.0186 |
| dlup | 13 | 0.930009 | 0.4310 | 21.20506 | 0.0475 |
| dleco | 13 | 0.10509 | 0.8233 | 130.4541 | 0.0000 |
| dummy | 13 | 0.173124 | 0.9213 | 327.8869 | 0.0000 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

2.3 Relación de corto plazo entre las variables

En la

Tabla 7 se presentan los resultados del modelo de corrección de error (VEC). El estadístico “cell” recoge los errores rezagados de cada una de las variables del modelo. Se determina la existencia de una relación a corto plazo en base al estadístico “cell”, el cual al ser estadísticamente significativo, indica que existe una relación de corto plazo entre las variables ocupadas en el modelo; pues el valor de Z es mayor a dos e igualmente el valor de $P > z$ es mayor a 0.05, razones por las que se afirma que existe un equilibrio a corto plazo entre las variables producción de madera, uso de plaguicidas, producción de ganado vacuno, emisiones de CO₂ y la variación media de temperatura.

Una relación de corto plazo entre la deforestación y el cambio climático debería generar una mayor preocupación de los organismos mundiales, gobiernos nacionales y de la sociedad en general; puesto que los impactos de la deforestación en el cambio climático son de forma inmediata. Por lo tanto, la intervención de los decisores de políticas debe ser de forma urgente; direccionando el accionar del gobierno nacional a implementar políticas y estrategias en los sectores de la silvicultura, ganadería, agricultura y reducción de emisiones de CO₂. Estos resultados, nos permiten establecer que el cambio climático en Ecuador provocará efectos negativos más pronto de lo que se piensa, y no solo en el largo plazo como históricamente se ha venido prediciendo.

Una de las mayores amenazas para la vida del hombre en la tierra es la deforestación, ya que los árboles además de encargarse de absorber CO₂ del medio ambiente, estos al ser cortados o quemados liberan ese mismo CO₂ de nuevo a la atmósfera, por lo que el corte de árboles contribuye al peligro del cambio climático (CIIFEN, 2017; FAO, 2008; ONU, 2020); siendo así que la mayor parte del aumento de la temperatura está íntimamente relacionado con el aumento de las emisiones de GEI (IPCC, 2007). Por lo tanto, se puede decir que el efecto de la deforestación es inmediato y podría generar un mayor aumento de la temperatura, y por ende problemas de carácter económico, social y de salud.

Tabla 7*Resultado del modelo VEC a corto plazo*

| Beta | Coef. | Std. Err. | Z | P>z | [95% Conf. | Interval] |
|-------------|--------------|------------------|----------|---------------|-------------------|------------------|
| _cel | | | | | | |
| | 1 | . | . | . | . | . |
| dvt | | | | | | |
| dlpma | -.1755432 | .5919023 | -0.30 | 0.767 | -1.33565 | -.9845641 |
| dlpgv | 1.573285 | 6.383157 | 0.25 | 0.805 | -10.93747 | 14.08404 |
| dlup | .0738549 | .347661 | 0.21 | 0.832 | -.6075481 | .7552579 |
| dleco | -5.88027 | 1.930471 | -3.05 | 0.002 | -9.663924 | -2.096616 |
| dummy | .1025801 | .6708173 | 0.15 | 0.878 | -1.212256 | 1.417417 |
| cell | -1 | .3110618 | -3.21 | 0.001 | -1.60967 | -.39033 |
| _cons | .0074974 | . | . | . | . | . |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Establecer la dirección de causalidad entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, utilizando el test de Engel y Granger, en el periodo 1988-2018

Finalmente, para dar cumplimiento al último objetivo específico se utilizó la prueba de causalidad de Granger (1969), mediante la cual se determina si una serie temporal puede predecir a otra, tanto de forma unidireccional como bidireccional. Las relaciones causales que muestran resultados inferiores a 0,05 en el estadístico $\text{Prob} > \chi^2$, permiten apreciar la relación causal que existe entre las variables expuestas en el modelo econométrico. La Tabla 8 muestra los resultados de la prueba de causalidad.

Se observa que existe causalidad bidireccional entre la variación media de temperatura y las emisiones de CO₂. Por otra parte, se determina la existencia de causalidad unidireccional entre el uso de plaguicidas y la variación media de temperatura. Así mismo, se evidencia causalidad entre la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂ con la producción de madera. En este contexto, la causalidad bidireccional entre la variación media de temperatura y las emisiones de CO₂ implica que la causa del cambio climático son las emisiones de CO₂, más no la deforestación como tal. Igualmente, la variación media de temperatura es causante de las emisiones de CO₂. Por otra parte, las causas principales de la deforestación son la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂. Y, finalmente el uso de plaguicidas es causante del cambio climático.

De acuerdo a los resultados se determina que las causas principales del cambio climático en Ecuador son las emisiones de CO₂ y el uso de plaguicidas; y no la deforestación en si como se plantea de problema principal. Lo expuesto implica que para hacer frente al cambio climático el país debe hacerlo vía reducción de emisiones de CO₂, las cuales son provenientes de diferentes actividades económicas que se desarrollan en el país: la ganadería, agricultura, deforestación y quema de combustibles fósiles que son emisores importantes de dióxido de carbono. Por otra parte, los problemas de deforestación en Ecuador se acentúan por la participación del sector ganadero, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂; factores que intervienen tanto en la disminución como en la degradación de los bosques.

Es muy conocido que el cambio climático está estrechamente relacionado con las emisiones de CO₂, que al ser un gas que se encarga de absorber el calor que irradia el sol en el planeta, provoca subidas de temperatura empeorando la situación del cambio climático. Igualmente, el uso de plaguicidas implica emisiones de gases; en este caso en mayor proporción de óxido nitroso, lo que conlleva a establecer que tiene el mismo comportamiento que el dióxido de carbono. Es muy importante tener claro el origen del cambio climático en nuestro país; para que de esta manera se busquen implementar las medidas pertinentes para contrarrestar en lo que sea posible el acelerado

cambio climático.

Por otra parte, se puede decir que la ganadería al ser un sector que proporciona alimentos a la creciente población y sobre todo al aumento de la demanda de productos cárnicos, el sector se ha visto influenciado para aumentar la cantidad de reses y por ende los espacios y terrenos para su producción; esto acotado a la baja productividad que presenta en país, lo que conlleva a una mayor deforestación para poder satisfacer la demanda. En cambio, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂, generan un rápido crecimiento de los árboles, los cuales son cortados en un menor tiempo o también al abusar de los plaguicidas y el aumento desmedido de CO₂, puede llevar a la degradación de los suelos y pérdida de fertilidad, tomando en cuenta que mucho de lo bueno no siempre es lo mejor.

Tabla 8

Causalidad de Granger

| Equation | Excluded | Chi2 | Df | Prob > chi2 |
|----------|----------|---------|----|-------------|
| dvt | dlpma | .00889 | 1 | 0,925 |
| dvt | dlpgv | 1.9736 | 1 | 0.160 |
| dvt | dlup | 0.00825 | 1 | 0.928 |
| dvt ← → | dleco | 18.677 | 1 | 0.000 |
| dvt | dummy | 0.41708 | 1 | 0.518 |
| dvt | ALL | 27.539 | 5 | 0.000 |
| dlpma | dvt | .19182 | 1 | 0.661 |
| dlpma | dlpgv | .67144 | 1 | 0.413 |
| dlpma | dlup | .79988 | 1 | 0.371 |
| dlpma | dleco | 1.0912 | 1 | 0.296 |
| dlpma | dummy | .0172 | 1 | 0.896 |
| dlpma | ALL | 2.2604 | 5 | 0.812 |

| | | | | |
|-------|---------|--------|---|-------|
| dlpgv | dvt | 2.7144 | 1 | 0.099 |
| dlpgv | → dlpma | 6.7088 | 1 | 0.010 |
| dlpgv | dlup | .72169 | 1 | 0.396 |
| dlpgv | dleco | 1.5659 | 1 | 0.211 |
| dlpgv | dummy | 5.4099 | 1 | 0.020 |
| dlpgv | ALL | 14.228 | 5 | 0.014 |
| dlup | → dvt | .24375 | 1 | 0.014 |
| dlup | → dlpma | 2.596 | 1 | 0.003 |
| dlup | dlpgv | .11226 | 1 | 0.088 |
| dlup | dleco | 3.0025 | 1 | 0.812 |
| dlup | dummy | .06555 | 1 | 0.862 |
| dlup | ALL | 5.0264 | 5 | 0.000 |
| dleco | → dvt | 6.0441 | 1 | 0.014 |
| dleco | → dlpma | 8.8616 | 1 | 0.003 |
| dleco | dlpgv | 2.9027 | 1 | 0.088 |
| dleco | dlup | 0.5637 | 1 | 0.812 |
| dleco | dummy | .03032 | 1 | 0.862 |
| dleco | ALL | 23.253 | 5 | 0.000 |
| dummy | dvt | 65.149 | 1 | 0.023 |
| dummy | dlpma | .55099 | 1 | 0.458 |
| dummy | dlpgv | .07224 | 1 | 0.788 |
| dummy | dlup | 1.5613 | 1 | 0.211 |
| dummy | dleco | .41705 | 1 | 0.518 |
| dummy | ALL | 8.95 | 5 | 0.111 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

g. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Analizar la evolución y correlación entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, para el periodo de estudio comprendido entre 1988-2018.

La evolución y tendencia de la variación media de temperatura y la producción de madera se analizó en la Figura 3. La variación media de temperatura tiene un comportamiento cíclico en el tiempo; pero a pesar de los altibajos de un año a otro; la temperatura media ha ido aumentando. Se debe tener claro que las variaciones en cuanto a la temperatura se dan por causas tanto naturales como por las actividades que realiza el ser humano. Según, Riebeek y Simmon (2010) la temperatura de la superficie terrestre empieza con el sol; la energía solar que es absorbida por la tierra, el océano y la atmosfera calienta nuestro planeta; a medida que las rocas, el aire y los mares se calientan, estos irradian calor.

Por otra parte, Martínez (2020), indica que la variabilidad del clima se debe a causas naturales como: erupción de volcanes, la inclinación terrestre y la variabilidad solar. La variabilidad solar tiene relación con el numero de manchas en el sol, el aumento y disminución de tamaño y luminosidad; cambios que aparecen a lo largo de 11 años. Las manchas solares tienen intensos campos magnéticos y temperaturas menores que sus alrededores; por lo que la aparición de estas implica climas fríos (Mendoza et al., 2006). La inclinación terrestre, más allá de generar el cambio de estaciones, influye en tener más o menos luz solar; y esto a su vez condiciona en parte, el clima terrestre (Robador, 2015). Los volcanes, según Vásquez (2018) exhalan dióxido de azufre y cenizas que son dos compuestos potenciales para modificar el clima a través del aumento del albedo. Dichos compuestos se convierten en una especie de velo, que no permite el paso de la radiación solar, reflejándola de vuelta al espacio provocando una disminución de la temperatura.

Según Coello (2012), el comportamiento climático de Ecuador se ve influenciado por fenómenos oceánicos, que son originados principalmente por la acción del calor del sol, el viento y la rotación de la tierra. Por otra parte, Espinoza (1996) señala que el Fenómeno del Niño que se presenta en Ecuador es una corriente cálida que viene acompañada por incrementos en la temperatura del océano; y esto a su vez provoca cambios en la temperatura del planeta y aumentos en el nivel del mar. Por el contrario, Euscátegui y Hurtado (2011) afirman que el fenómeno denominado La Niña, también se presenta en Ecuador y viene acompañado de bajas temperaturas y provoca sequías en las zonas costeras.

Otra de los aspectos que regulan la temperatura del planeta es el efecto albedo. Según Porcuna (2012) la variación de albedo; es decir, la cantidad de radiación solar que es reflejada o absorbida tras chocar con la superficie terrestre se debe al color de la superficie que recibe los rayos solares; cuando la luz es reflejada se da el efecto refrigerante, mientras que cuando la luz es absorbida se genera el calentamiento de la tierra. En el planeta tierra existen una gran variedad de superficies con diferentes albedos: las nubes, los océanos, la nieve, los glaciares, los bosques y los diferentes tipos de suelo cuentan cada uno con su propio albedo, siendo la nieve y el hielo los que presenten un albedo mayor; mientras que las zonas oscuras como los océanos y los bosques un albedo menor; es decir, que retienen mayor cantidad de radiación solar (Molina, 2016).

Es primordial tener en cuenta los factores que intervienen tanto en el aumento como en la disminución de la temperatura; ya que al ser algunas causas de origen natural es muy complicado determinar a ciencia cierta el porqué de la variación del clima. Sin embargo, estos cambios se atribuyen principalmente a las actividades humanas que han influenciado en el aumento de GEI; y estos a su vez, ha marcado un aumento en la absorción de gases tanto del océano como de la atmósfera, incluso más de lo que realmente pueden almacenar (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático [ICC], 2014; CIIFEN, 2016).

La producción de madera por su parte presenta dos momentos relevantes; el punto más bajo en el año de 1993 y los puntos más altos registrados entre 1995 y 1998, situaciones relaciones con el crecimiento económico del país y por ende de sus exportaciones madereras. Para el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosque y Medio Ambiente (MAGBMA) y FAO (2014), existen tres causas principales de la deforestación: la primera, el desarrollo de las infraestructuras es la causa más importante principalmente en los países desarrollados; la segunda, la agricultura es una de las causas tanto de la deforestación como de la degradación forestal. Finalmente, la última causa es el aprovechamiento maderero, el cual incluye tanto el aprovechamiento industrial e informal a gran escala.

La deforestación en Ecuador tiene que ver en menor medida con el tema de la madera, está más bien direccionada con los cambios en el uso del suelo (FAO, 2013). La alteración más importante del medio ambiente natural; es la tala de bosques, para establecer tierras de cultivo y pastos, y la explotación de bosques para leña y materiales de construcción (Hurtado et al., 2015; Kaplan et al., 2009). Según, Sierra (2013) la principal causa de la deforestación en Ecuador es la expansión agrícola, siendo así que a nivel nacional entre 1990 y 2000 el 99,4% del área deforestada fue destinada a actividades agropecuarias. Por su parte, Castro et al. (2013) mencionan que el crecimiento sostenido de la demanda y consumo de carne denota un uso del suelo altamente ineficiente y extensivo; un animal por hectárea, que ha traído consigo una mayor conversión de bosques para la producción de carne y leche.

En cuanto al comportamiento del uso de plaguicidas, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2007) indica que la falta de conocimiento en cuanto al uso de plaguicidas y el inicio de la producción de agroquímicos en Ecuador han provocado aumentos en la demanda de plaguicidas, provocando problemas en la salud humana y suelos productivos. Adicionalmente, (INEC, 2016) indican que de la superficie sembrada y/o plantada con cultivos permanentes y

transitorios en el 50,03% y el 78,24% respectivamente se aplicó algún tipo de insumo de origen químico y apenas en el 2,66% de la superficie cultivada con transitorios se usó insumos orgánicos.

En cuanto a la correlación entre la variación media de temperatura y la producción de madera se observa una relación negativa pero poco influyente, dado que los datos no se ajustan a la línea de tendencia; es decir que la producción de madera disminuye la variación media de temperatura, pero esta relación es poco significativa. Parte del territorio ecuatoriano se encuentra en el hemisferio norte; por lo tanto, Lee et al. (2011) mencionan que en el hemisferio norte el efecto albedo es bastante alto y esto ha provocado enfriamiento; es decir, que la energía que llega del sol se devuelve al espacio y se pierde. Adicionalmente, MAE (2012) indica que las provincias en donde mayor deforestación existe son Esmeraldas, Sucumbíos y Manabí; las cuales son parte del hemisferio norte, lo cual explica la relación negativa entre la producción de madera. Sumado a esto, Martins (2011) expresa que en latitudes elevadas la deforestación puede enfriar o bajar la temperatura. Sin embargo, esto no debe verse favorable para talar árboles en latitudes altas.

Por el contrario, González et al. (2015) mencionan que las temperaturas diurnas y nocturnas presentan diferencias significativas, predominando una temperatura superior en los territorios que se encuentran deforestados con respecto a los cubiertos por árboles. Así mismo, Bertrand et al. (2011) encuentran que existe un desfase de temperatura mayor entre el clima y los bosques que se localizan en tierras bajas y los de tierras altas; pues, la temperatura es mayor en zonas más bajas, donde se espera que la velocidad del cambio climático sea mucho mayor que en las áreas de tierras altas.

2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Estimar la relación en el corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018.

Los resultados encontrados con respecto a la estimación del modelo VAR y VEC; es que, efectivamente existe una relación tanto en el corto como en el largo plazo entre la producción de madera y la variación media de la temperatura, incluidas las variables de control. En este contexto, es crucial prestar mayor atención al cambio climático ya que las variaciones en este fenómeno son inmediatas y sobre todo sus efectos irreversibles; pero si es posible mitigar en parte las graves consecuencias que trae consigo el cambio climático. Hoy en día el cambio climático ha llamado la atención de diferentes organismos y de los líderes mundiales; y , debería ser así porque el cambio climático no solamente es un problema ambiental sino también económico, ya que afecta el normal funcionamiento de los ecosistemas y la salud humana, lo cual influye en la totalidad de las actividades económicas; pues las materias primas son extraídas de la naturaleza. La discusión se presenta en dos partes; la primera hace referencia a los modelos de cointegración de largo plazo y la segunda al corto plazo.

Se determina que existe una relación de equilibrio en el largo plazo ente las variables empleadas en el modelo. La deforestación conduce a un aumento del dióxido de carbono (CO₂) en el aire. El dióxido de carbono es uno de los principales "gases de efecto invernadero", por lo que la tala de árboles agravará el peligro del cambio climático (CIIFEN, 2017). Silva et al. (2020) indican que la selva tiene control sobre el clima; y, que la falta de acciones de control de la remoción de vegetación natural aumenta la deforestación, causando a lo largo del tiempo grandes cambios en las variaciones de temperatura y precipitaciones. Por su parte, Panday et al. (2015), mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática y generar proyecciones climáticas futuras más cálidas y con mayores probabilidades de sequías e incendios. Igualmente, la OMC (2016) comenta que si se plantan más árboles y se protegen los bosques se podrá reducir el impacto del cambio climático, ya que se mantiene el carbono en los bosques y los nuevos árboles absorberán el CO₂ de la atmósfera. De igual forma, Kristjanson (2019) menciona

que al perder la batalla contra la deforestación estamos perdiendo también una oportunidad fundamental para mitigar el cambio climático.

En cuanto al impacto de la producción de ganado vacuno en el cambio climático, se reconoce que las actividades ganaderas emiten una gran cantidad de gases de efecto invernadero, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que contribuyen de manera significativa al cambio climático (Aguirre et al., 2015). La ganadería afecta el balance de carbono de la tierra, ya que de forma indirecta favorece a la liberación de enormes cantidades de gas metano y dióxido de carbono a la atmósfera (Garzón, 2011). Por su parte, González et al. (2020) mencionan que la carne de ganado vacuno además de ser una fuente importante de proteína también contribuye al calentamiento global y el cambio climático. Swann et al. (2015), encuentran que la transición del bosque natural hacia pastizales y cultivos agrícolas crearán condiciones atmosféricas más cálidas y secas en algunos países del mundo. Según, Velasco (2017) el problema principal de la ganadería en Ecuador está relacionado con la falta de productividad y el uso ineficiente de los pastos, lo que ha provocado pérdidas de suelos y aumento de gases contaminantes que son los causantes del aumento de la temperatura.

En cuanto a las emisiones de CO₂ y su relación de largo plazo con el cambio climático, Solomon et al. (2007) sustentan los resultados de la presente investigación, ya que mencionan que el cambio climático se encuentra comprometido debido a emisiones pasadas; pues las concentraciones atmosféricas de CO₂ no se descomponen en un periodo de vida bien definido si se detienen las emisiones. Alguna cantidad de CO₂ se queda en la atmósfera durante miles de años, por lo que las emisiones ejercen influencia en el clima en largo plazo y por ende aseguran el cambio climático. Igualmente, Jiang et al. (2021) establecen que las concentraciones de CO₂ afectan la proyección de los aumentos de temperatura, evidenciándose mayores aumentos en las regiones industrialmente avanzadas. Así mismo, Liu et al. (2021) sugieren que el control de las

emisiones antropogénicas puede reducir la penalización que se diera a causa del futuro cambio climático global.

En lo referente a las relaciones de largo plazo con el uso de plaguicidas, Wheeler et al. (2021) sostienen que la producción agrícola que se realiza en base al uso excesivo de pesticidas tiene como consecuencia el impacto de aumentar positivamente las percepciones del riesgo que implica el cambio climático. Así mismo, Mihiretu et al. (2021) mencionan que los agricultores percibieron un aumento de la temperatura y una disminución de las lluvias a lo largo de las décadas de estudio, cuyas anomalías fueron asociadas a una excesiva explotación de los recursos naturales, mala gestión del uso del suelo y del agua, lo cual generó disminución de los rendimientos de cultivos y el ganado, epidemias humanas y de ganado. Igualmente, Demeneix (2020) indica que los efectos de la agricultura intensiva, basada en uso de plaguicidas y fertilizantes está vinculada al cambio climático, ya que su uso aumentan los niveles de nitrato, generando graves consecuencias para la vida silvestre y el clima.

Para la segunda parte de este análisis se determina la existencia de una relación en el corto plazo entre la deforestación y el cambio climático, es decir; las variaciones en la producción de madera tienen una respuesta inmediata en la variación media de temperatura, lo cual es explicado por el comportamiento contiguo que tienen los árboles al ser cortados, estos no solo absorben el dióxido de carbono del medio ambiente, sino que ese carbono que se almacena regresa a la atmósfera una vez talados los árboles, provocando aumentos de temperatura (FAO, 2006). Igualmente, Swedan (2019) menciona que el calentamiento de la superficie es un proceso que depende del desmonte y la conversión de los suelos; por tanto, la contribución de la deforestación al cambio climático es sustancial ya que, la tala de bosques aumenta la cantidad de dióxido de carbono en un corto periodo de tiempo y esto a su vez generan incremento en las temperaturas.

Finalmente, se debe recalcar que no fue posible realizar un contraste más extenso en cuanto a las relaciones de corto plazo; puesto que no se encontró evidencia empírica que pueda

sustentar o refutar los resultados encontrados en la presente investigación, sobre todo para las variables de control. Igualmente sucede con la relación a largo plazo entre el uso de plaguicidas y la variación media de temperatura.

3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Establecer la dirección de causalidad entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, utilizando el test de Engel y Granger, en el periodo 1988-2018.

Los resultados en cuanto a este último objetivo, establecen que las causas principales del cambio climático en Ecuador son las emisiones de CO₂ y el uso de plaguicidas, cuyos resultados son sustentados por Ingrassia (2019) quien menciona que el aumento de la temperatura a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero ha sido de 1,7°C por siglo, muy por encima del 0,01°C de lo que lo hacían las fuerzas naturales anteriormente. Sumado a esto, CIIFEN (2017) menciona que los GEI, así como son una fuente natural de calentamiento de la tierra, también el aumento exagerado de estos gases retiene mucho más calor, lo que genera un mayor calentamiento de la superficie terrestre. Así mismo, Inoue et al. (2020); Pan et al. (2021) determinan que la participación de CO₂ elevado en la atmósfera retrasa la llegada de la primavera y se reducen las temperaturas frías; lo que implica una mayor atención para la gobernanza climática.

Tomando en cuenta que la actividad agrícola está relacionada con el uso de químicos para la producción de cultivos; Chi et al. (2020), encuentran que los aumentos de la producción agrícola se asociaron a un clima más húmedo y frío, considerando la localización y topografía de la región. En cambio, Foguesatto et al. (2019) indican que la adopción de prácticas de agricultura sostenible tiene la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático y a la vez minimizar la degradación de los recursos naturales y aumentar la producción de alimentos. Por su parte la OIEA (2020) menciona que la agricultura es tanto víctima como factor causante del cambio climático, debido al uso excesivo de fertilizantes químicos, plaguicidas y desechos animales, como consecuencia del aumento de la demanda de alimentos. Igualmente, Chiriaco y Valentini (2021) hacen mención

a que las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura representan una contribución importante al cambio climático, siendo tanto un contribuyente al problema como parte de la solución, particularmente gracias a la capacidad de los suelos y la biomasa para secuestrar carbono atmosférico.

Por otra parte, la variación media de temperatura como causa de las emisiones de CO₂ es explicada por Niñez et al. (2015) quienes menciona que el CO₂ al ser un compuesto que absorbe el calor de la superficie terrestre, depende del rango de temperatura para poder existir, tanto en su estado líquido, gaseoso o sólido. Otro de los GEI más importantes y de mayor contribución al efecto invernadero natural es el vapor de agua, que está directamente vinculado al clima, debido a que la evaporación depende fuertemente de la temperatura de la superficie, ya que, al hacerse el clima más cálido, aumenta la concentración de vapor de agua; y, al ser este compuesto un GEI genera un proceso de retroalimentación positiva (Benavides y León, 2007).

Finalmente, las causas principales de la deforestación son la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO₂. Se presta atención a estos resultados, ya que la deforestación como tal no es causante del cambio climático; pero lo hace de forma indirecta. Pues, se considera que las emisiones de CO₂ que son emitidas al talar los árboles son quienes afectan de forma directa en el cambio climático, lo cual se demuestra en los presentes hallazgos. Por una parte, Dawe y Tate (2018) creen que el principal promotor del cambio de uso del suelo es el sector ganadero, ya que grandes extensiones de tierra se destinan a pastos o al cultivo de alimento para animales. Así mismo, Oliveira et al. (2021) indican que la deforestación se vincula con el aumento de la demanda de carne; y por la extensión de tierras, debido a las prácticas de cría de ganado. Igualmente, Sunil et al. (2020) mencionan que el aumento de las tierras agrícolas y la industria conducen a la pérdida de superficie forestal, especialmente en naciones densamente pobladas; y, además, que la tierra boscosa se encuentra bajo una zona probable de deforestación.

Por su parte, Flores et al. (2019) indican que cuando los ecosistemas forestales son atacados por plagas y enfermedades, es necesario el uso de insecticidas o plaguicidas para controlar la destrucción de los árboles, lo que a su vez provoca degradación y pérdida de nutrientes de los suelos en las áreas boscosas. En cambio, Kong et al. (2019) indican que el uso prolongado y excesivo de químicos en los cultivos provoca degradación de los suelos, convirtiéndolos en suelos no aptos para la producción de alimentos y a su vez genera una mayor demanda de tierras que lleva consigo a la deforestación. Por el contrario, Abman y Carney (2020) determinan que la productividad agrícola, mediante el uso de químicos y semillas mejoradas aumentan los rendimientos de cultivos y a la vez reducen la presión para expandir la agricultura y por ende la deforestación. De igual manera, Pelletier et al. (2020) mencionan que, sin el uso de insumos agrícolas modernos, la pérdida de cobertura forestal prevista sería aproximadamente el doble.

Por otra parte, Pardos (2010) encuentra que la cantidad de gas que absorben los árboles ha disminuido; pero que esto no se trata de que haya menos ejemplares a causa de la deforestación, sino más bien al aumento de las emisiones de CO₂ que han provocado un rápido crecimiento y por ende mueren más rápido ya que están expuestos al aumento de la temperatura y sequías, debido a que crecen más altos. Así mismo, Pretzsch et al. (2017); Richter et al. (2020) indican que los árboles de las ciudades envejecen más rápido que los que se encuentran en zonas rurales; esto debido a que en la ciudad existe una mayor cantidad de emisiones de CO₂ que aumentan la temperatura, las cuales estimulan el proceso de la fotosíntesis que permiten a las plantas y árboles crecer, alimentarse y desarrollarse a gran velocidad. Por el contrario, Ochoa et al. (2019), determinan el aumento de CO₂ en la atmósfera implica pérdida de nutrientes de los suelos boscosos, lo que provoca una disminución de ejemplares en menor tiempo.

Consecuentemente, un aumento en el promedio global de la temperatura es capaz de generar grandes impactos en los ecosistemas: aumento del nivel del mar, debido al deshielo de las aguas continentales que podrían también amenazar a las zonas costeras; aumento de las lluvias

torrenciales y sequías prolongadas; alteración de los ciclos biológicos, poniendo en peligro las reservas de agua dulce y la subsistencia de especies animales y vegetales; intensificación de inundaciones y sequías; aumento de plagas e incendios a causas de las olas de calor (Azqueta, 2007). Por su parte, Stiglitz (2007) piensa que la comunidad científica ha cometido un error crítico: subestimar el ritmo con el que se producía el calentamiento del planeta; pues hoy en día esos efectos son irreversibles, pero con las medidas adecuadas se puede frenar de cierta forma el cambio climático y por ende sus graves consecuencias que afectan la vida humana, silvestre y económica de las naciones.

h. CONCLUSIONES

Luego de haber dado cumplimiento a los objetivos específicos planteados, mediante el uso de técnicas de cointegración y en base a los resultados expuestos, se presentan las siguientes conclusiones.

La variación media de temperatura presenta un comportamiento cíclico a lo largo de tiempo, con una tendencia ascendente. El valor máximo en cuanto a la variación media de temperatura es de 1,49°C, lo que significa que el país durante el periodo analizado cumple con uno de los objetivos planteados en el Acuerdo de Paris; pero que sin embargo debe ser un tema de preocupación, ya que estos niveles van al alza, y, por tanto; es inevitable limitar la variación de temperatura hasta 1,5°C. Por otra parte, se identifica una relación negativa poco influyente entre la deforestación y el cambio climático. La deforestación siempre ha sido vista como una causa del aumento de temperatura; sin embargo, en el caso de Ecuador sucede lo contrario, se establece una disminución de la variación de temperatura, situación que se presenta debido a la ubicación del país; pues se encuentra en latitudes altas. Además, la división de la línea ecuatorial hace que las provincias donde mayor deforestación se registra se encuentren en el hemisferio norte, localización de zona alta. En este sentido, se rechaza la primera hipótesis planteada en la investigación.

En cuanto a las relaciones de corto y largo plazo es muy importante tener presente que las variaciones del clima están influenciadas principalmente por la presencia de gases de efecto invernadero, los cuales son procedentes en su mayoría de las actividades humanas, y no solo de forma natural con en la época preindustrial. En este sentido, la producción de madera, la producción de ganado vacuno y el uso de plaguicidas, son actividades que emiten gases contaminantes como el metano, óxido nitroso y dióxido de carbono, los cuales se encargan de retener el calor que irradia el sol; por lo tanto la acumulación excesiva de estos gases en la atmósfera han forzado al cambio climático a suceder en un corto periodo de tiempo; y, por otra

parte al ser su tiempo de vida de hasta 150 años; pues estos siguen presentes en la atmósfera a lo largo del tiempo, por lo que la temperatura se ve afectados en el largo plazo. Por lo tanto, se acepta la segunda hipótesis planteada.

En cuanto a los resultados de causalidad, se determina que los principales determinantes del cambio climático en el Ecuador son las emisiones de CO₂ y el uso de plaguicidas, más no la deforestación en sí como se planteó en la tercera hipótesis, lo cual implica el rechazo de la misma. Sin embargo, indirectamente la deforestación provoca cambios en la variación de temperatura, esto es; porque los árboles al ser cortados expulsan el dióxido de carbono absorbido generando alteraciones en el clima. Por el contrario, se encuentra que el cambio climático es causante de las emisiones de CO₂, lo cual implica una causalidad bidireccional entre estas dos variables que es explicado por el proceso de retroalimentación que poseen algunos gases como ejemplo el vapor del agua.

De igual manera se encontró que las causas de la deforestación en Ecuador son la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y la emisión de CO₂; siendo estas dos últimas causas, factores que degradan y llevan a la muerte las zonas boscosas, mas no perjudican en extensión como lo hace la ganadería. A pesar que en el Ecuador la deforestación presente una relación negativa con el cambio climático y se desarrollen programas de protección de bosques, no son razones suficientes para descuidar este sector; pues, la deforestación es un problema de interés internacional y se considera es una de las principales amenazas para el ser humano y el medio ambiente.

i. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se derivan las siguientes recomendaciones para la toma de decisiones en lo referente a política económica.

A pesar de que el país mantenga la variación de temperatura entre los rangos establecidos como objetivo a nivel mundial; y, que la deforestación no implique aumentos en la temperatura, no se debe descuidar la problemática y se recomienda una participación inmediata de las instituciones y gobiernos locales en conjunto con la sociedad en general. Si bien es cierto, el país ha dado importantes pasos en cuanto a la problemática del cambio climático. Sin embargo, falta mucho por hacer, ya que los gobiernos y la sociedad no le da la relevancia que se merece el problema, tampoco están conscientes de las graves repercusiones tanto económicas como sociales, que trae consigo el cambio climático.

Es importante primeramente concientizar a la población de que la explotación desmedida de los recursos naturales podría llevar a la destrucción de la naturaleza y por ende de la vida humana. Por una parte, se recomienda una reforestación intensiva no solo de las zonas boscosas sino también en aquellas zonas donde no se realizan actividades de deforestación como en carreteras interprovinciales y porque no en avenidas dentro de las ciudades. La reforestación debería ser un trabajo conjunto de las instituciones públicas, universidades, escuelas y de la sociedad en general, con la finalidad de que los árboles se conviertan en sumideros naturales de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, impulsar la construcción de edificios verdes en el país, mediante la intervención de las instituciones que proporcionen los permisos pertinentes de construcción, en donde se establezca como condición el acoplamiento de zonas verdes en dichas edificaciones para poder obtener los permisos necesarios para construir.

Con la intención de aminorar la emisión de gases contaminantes como el dióxido de carbono y el óxido nitroso proveniente del uso de plaguicidas; y, no perjudicar el rendimiento de los cultivos es necesario en el largo plazo, que el gobierno invierta en educación, ya que es uno de los

aspectos más importantes a la hora de crear una verdadera conciencia ambiental; por tanto se recomienda incorporar en los planes de estudio, temas relacionados con los diversos problemas que traen consigo las diferentes actividades económicas que realiza el ser humano, y estos lo hagan de forma amigable con el medio ambiente y tratando de generar la menor cantidad de emisiones de efecto invernadero. Sumado a esto, es importante la participación del estado en cuanto a respaldar a empresas que tengan la iniciativa de fabricar abonos orgánicos, mediante el otorgamiento de créditos para el surgimiento de estas ideas; y, a la vez subsidiar el uso de los abonos orgánicos a los agricultores.

En el corto plazo, se debería aplicar un impuesto a las empresas e industrias que emitan la mayor cantidad de emisiones de carbono, esto con la finalidad de reducir en lo posible la cantidad de gases contaminantes en el medio ambiente. Para que los impuestos sobre los gases contaminantes sean políticamente viables y económicamente eficientes, el gobierno debe direccionar estos ingresos en forma de incentivos mediante apoyo tecnológico y económico a aquellas empresas que buscan generar menos gases contaminantes y para aquellas que implementan sumideros tanto naturales como artificiales en su lugar de producción. Complementariamente, se debe incorporar criterios ambientales en los tributos ya existentes, lo que implicaría modificar las tarifas de impuestos como el IVA (Impuesto al Valor Agregado) o el ICE (Impuesto a los Consumos Especiales), para motivar una sustitución hacia el consumo de bienes y servicios menos contaminantes y a precios asequibles.

j. BIBLIOGRAFÍA

- Abman, R., & Carney, C. (2020). Land rights, agricultural productivity, and deforestation. *Food Policy*.
- Aguirre, J., Bonilla, J., Carillo, F., Herrera, A., Escalera, F., Rivas, M., & Martínez, S. (2015). Alternativas para ganadería ante el cambio climático en Nayarit. *Abanico veterinario*.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *Second International Symposium on Information Theory*, 267–281.
- Akaike, H. (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
- Alban, M., Prieto, I., Muñoz, G., Guzman, J., & Falconi, E. (2006). *Evaluación de los Impactos Ambientales y Capacidad Institucional Frente al Libre Comercio en la Región Andina: : Ecuador*. Quito: Organización de los Estados Americanos (OEA).
- Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 237-276.
- Azqueta, D. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. España: McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Banco Central del Ecuador. (1999). *Memoria 1999. Capítulo 2: La economía ecuatoriana en 1999*. Quito: Publicaciones Banco Central del Ecuador.
- Banco Central del Ecuador [BCE]. (2010). *La Economía Ecuatoriana luego de 10 años de dolarización*. Quito, Ecuador.
- Banco Mundial [BM]. (2015). *El cambio climático complica los esfuerzos por poner fin a la pobreza*. Grupo Banco Mundial.

Banco Central del Ecuador. (2018). *Boletín Anuario 40: Sector externo*. Publicaciones Banco Central

del Ecuador .

Banco Central de Ecuador [BCE]. (Diciembre de 2019). *Información Estadística Mensual No. 2014 - Diciembre 2019: Banco Central del Ecuador* . Obtenido de Banco Central del Ecuador : <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>

Banco Mundial. (2020). *Base de datos*. Grupo Banco Mundial.

Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Chile: Libros de la CEPAL N°160.

Barrantes, G., Chaves, H., & Vinueza, M. (2000). *El bosque en el Ecuador*. Comafors, Gtz.

Becerra, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. Bogotá - Colombia: Foro Nacional Ambiental.

Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y cambio climático. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.

Bertrand, R., Lenoir, J., Riofrío-Dillon, G., & Piedallu, C. (2011). Los cambios en la composición de la comunidad vegetal van a la zaga del calentamiento en los bosques de tierras bajas. *Naturaleza*, 479, 517-520.

Broecker, W. (1975). Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? *Science*, 460-463.

Carnot, S. (1824). *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*. París.

- Castillo, M. J. (2014). *Análisis de la Productividad y Competitividad de la Ganadería de Carne en el Litoral Ecuatoriano (Resultados de Consultoría para RIMISP – Parte I)*. Chile : Rimisp: Serie Documentos de Trabajo N° 144. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa: Impactos a Gran Escala.
- Castro, M., Sierra, R., Calva, O., Camacho, J., & López, F. (2013). *Zonas de Procesos Homogéneos de Deforestación del Ecuador. Factores promotores y tendencias al 2020*. Quito, Ecuador: Programa Gesoren-Giz y Ministerio de Ambiente del Ecuador.
- Centro Internacional para Investigación del Fenómeno del Niño [CIIFEN]. (2017). *¿Qué es el Cambio Climático?* Ecuador .
- Centro Mario Molina. (2016). *Programa de Educación en Cambio Climático*. México.
- CEPAL. (2013). *La economía del cambio climático en el Ecuador 2012*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- CIIFEN. (2016). *Efecto Invernadero*.
- Coello, M. (Diciembre de 2012). *Las corrientes marinas: Caumas*. Obtenido de Caumas: <https://caumas.org/wp-content/uploads/2015/04/Las-corrientes-marinas.pdf>
- Cole, S., Jacobs, P., & Brown, K. (2020). *Nasa, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record*. Nasa.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (1998). *Ecuador: Evaluación de los efectos socioeconómicos del Fenómeno del Niño en 1997-1998*. México.
- Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología [CONICIT]. (1998). El Fenómeno del Niño. *Comuniica*, 48-55.
- Corporación Financiera Nacional [CFN]. (2017). *Sector agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Cría y reproducción de ganado bovino incluido la obtención de pelo y excremento*.

- Courcoux, G. (2009). *La Corriente de Humboldt : el ecosistema de los extremos*. Francia: Institut de recherche pour le développement.
- Chi, G., Gao, J., Wang, D., Hagedorn, A., Kelgenbaeva, K., Smith, S., & Henebry, G. (2020). Agricultural production at the oblast level in post-Soviet Kyrgyzstan, 1990–2014: Implications of demographic and climate changes. *Research in Globalization*.
- Chiriaco, M., & Valentini, R. (2021). A land-based approach for climate change mitigation in the livestock sector. *Journal of Cleaner Production*.
- Dawe, A., & Tate, C. (2018). *Reducir la producción y consumo de carne y lácteos para una vida y planeta más saludables*. Amsterdam.
- Demeneix, B. (2020). How fossil fuel-derived pesticides and plastics harm health, biodiversity, and the climate. *The Lancet*, 462-464.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 427-431.
- Dixon, R., Brown, R., & Houghton, A. (1994). Carbon pools and Flux of global forest ecosystems. *Science*, 185-190.
- Durbin, J., & Watson, G. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression. *Biometrika*, 409-428.
- Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. (2021). *Índice de Riesgo Climático Global 2021. ¿Quiénes sufren más a causa de los eventos climáticos extremos?* Germanwatch.
- Euscátegui, C., & Hurtado, G. (2011). *Análisis del impacto del fenómeno "La Niña" 2010-2011 en la hidroclimatología del país: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
- :

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418818/An%C3%A1lisis+Impacto+La+Nitrogeno+en+el+Medio+Ambiente+de+la+Comunidad+de+Guaslán.pdf/640a4a18-4a2a-4a25-b7d5-b3768e0a768a>

Esparza, J., Forero, F., & Mardones, M. (2020). Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos. *Ciencia y Agricultura*, 31-50.

Espinoza, J. (1996). El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente. *Acta Oceanográfica del Pacífico*.

FAO. (Abril de 2004). *Información forestal disponible en 2004 sobre el FAO perfil forestal del país: FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/forestry/14840-072d53527038d109f4be78cb760b52a0.pdf>

FAO. (2006). *Los bosques y el cambio climático*. FAO Sala de Prensa .

FAO. (2006). *Los bosques y el cambio climático:FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>

FAO. (2008). *La deforestación contribuye al cambio climático*. FAO Sala de prensa.

FAO. (2013). *El ganado y los paisajes: La Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de La Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/3/a-ar591s.pdf>

FAO. (2019). *Ganadería climáticamente inteligente en Ecuador*. Ecuador.

Foguesatto, C., Rossi, J., & Dessimon, J. (2019). Farmers' typologies regarding environmental values and climate change: Evidence from southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 400-407.

Flannery, T. (2005). *La amenaza del cambio climático: Historia y Futuro*. España: Penguin Random House Grupo Editorial.

- Flores, M., Gonzales, R., Pompa, M., Ordaz, L., Prieto, J., & Dominguez, P. (2019). Uso de plaguicidas y nuevas alternativas de control en el sector forestal. *Foresta Veracruzana*, 21(1).
- Foote, E. (1857). *Circumstances affecting the Heat of the Sun's Rays*. Marcou's Geological Map of the United States.
- Fosberg, M., Goldammer, J., Rind, D., & Price, C. (1990). Global Change: Effects on Forest Ecosystems and wildfire severity. *Fire in the Tropical Biota*, 463-486.
- Fourier, J. (1824). Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. *Annales de Chimie*, 136-167.
- Garzón, J. (2011). Cambio climático: ¿Cómo afecta la producción ganadera?. *Revista Electronica de Veterinaria* .
- González, A., Pérez, R., Moreno, F., Ramírez, G., Rosales, S., Cano, A., . . . Torres, M. (2015). Variabilidad de la temperatura local en bosques de coníferas por efectos de la deforestación. *Revista mexicana de Ciencias Forestales* , 6, 22-39.
- González, N., Marquès, M., Nadal, M., & Domingo, J. (2020). Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Research International*.
- Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Holguín, B., & Delgado, D. (2018). Estudio económico del comportamiento de la madera en el Ecuador en los últimos años. 2009-2017. *Observatorio Iberoamericano del desarrollo local y la economía social*.

- Hurtado, P., López, A., Sánchez, I., & Velásquez, M. (2015). *Cambios de uso de suelo y sus efectos sobre la dinámica de GEI en el estado de Durango, México*.
- INEC. (2014). : *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-Espac 2018*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2016). *Información ambiental en la agricultura* . Quito: Ecuador en cifras.
- INEC. (2019). *Estadísticas Agropecuarias: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Inec.
- Ingrassia, V. (24 de Agosto de 2019). *¿En qué momento comenzó a incidir el hombre en el cambio climático?: Infobae*. Obtenido de Infobae.
- Inoue, S., LaiDang, Q., Man, R., & Tedla, B. (2020). Photoperiod, [CO₂] and soil moisture interactively affect phenology in trembling aspen: Implications to climate change-induced migration. *Environmental and Experimental Botany*.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático [ICC]. (2014). *La influencia del ser humano en el cambio climático*. Guatemala.
- IPCC. (2007). *Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, EEUU.
- Jiang, S., Deng, X., Liu, G., & Zhang, F. (2021). Climate change-induced economic impact assessment by parameterizing spatially heterogeneous CO₂ distribution. *Technological Forecasting and Social Change*.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.

- Jovel, R. (2000). *El impacto del Fenómeno del Niño de 1997-1998 en la Comunidad SAndina de Naciones*. Ginebra: Secretaría Interagencial de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.
- Kaplan, J., Krumhardt, K., & Zimmermann, N. (2009). The Prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. . *Quaternary Science Reviews*, 3016-3034.
- Kong, R., Diepart, J., Castella, J., Lestrelin, G., Tivet, F., Belmain, E., & Bégué, A. (2019). Understanding the drivers of deforestation and agricultural transformations in the Northwestern uplands of Cambodia. *Applied Geography*, 84-98.
- Kristjanson, P. (19 de Marzo de 2019). *Los árboles y los bosques, al igual que las mujeres, son claves para combatir el cambio climático y la pobreza: Banco Mundial Blogs* . Obtenido de Banco Mundial Blogs : <https://blogs.worldbank.org/es/voices/los-arboles-y-los-bosques-son-claves-para-combatir-el-cambio-climatico-y-la-pobreza-al-igual-que-las-mujeres>
- Lee, X., Goulden, M., Hollinge, D., Barr, A., Black, A., Bohrer, G., . . . Zhao, L. (2011). Observed increase in local cooling effect of deforestation at higher latitudes. *Nature*, 384-387.
- Liu, S., Xing, J., Westervelt, D., Shuchang, L., Ding, D., Fiore, A., . . . Wang, S. (2021). Role of emission controls in reducing the 2050 climate change penalty for PM2.5 in China. *Science of The Total Environment*.
- Llebot, J. (2001). Svante Arrhenius: Los albores del cambio climático. *Medi ambient: Tecnología i cultura*, 94-96.
- MAE. (2006). *Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador continental*. Quito, Ecuador: Plan Nacional de Forestación y Reforestación.

- MAE. (2020). *MAE trabaja en programas de mitigación y adaptación para reducir emisiones de Co2 en Ecuador: MAE*. Obtenido de Ministerio del Ambiente y Agua: <https://www.ambiente.gob.ec/mae-trabaja-en-programas-de-mitigacion-y-adaptacion-para-reducir-emisiones-de-co2-en-ecuador/#:~:text=%C2%BFSabes%20cu%C3%A1nto%20CO2%20produce%20Ecuador,de%20emisiones%20a%20nivel%20mundial>.
- Martínez, J. (2020). *Teorías del cambio climático global*. Colombia: Departamento de Biología.
- Martínez, R., Zambrano, E., Juan, N., Hernández, J., Costa, F., Fiallo, E., . . . Zambrano, R. (2017). *El Niño 2015-16: Evolución, vulnerabilidad e impactos en latinoamerica*.
- Martins, A. (2011). *La deforestación también puede bajar la temperatura*. BBC Mundo.
- Meadows, D. (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Roma: Fondo de Cultura Económica.
- Mendoza, B., Ramírez, J., & Díaz, R. (2006). Efectos de la actividad solar en el clima y en los seres vivos. *Ciencia*, 32-38.
- Mihiretu, A., Ndemo, E., & Lemma, T. (2021). Causes, indicators and impacts of climate change: understanding the public discourse in Goat based agro-pastoral livelihood zone, Ethiopia. *Heliyon*.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosque y Medio Ambiente [MAGBMA] y FAO. (2014). *Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guínea Ecuatorial*.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Línea Base de Deforestación del Ecuador continental*. Quito-Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2016). *Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Ecuador. Serie temporal 1994-2012*. Quito, Ecuador.

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2018). *Ganadería Climáticamente Inteligente. Integrando la Reversión de Degradación de Tierras y Reducción del Riesgo de Desertificación en Provincias Vulnerables*. Quito.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MTERD]. (2016). *Qué es el cambio climático: Gobierno de España*. Obtenido de Gobierno de España.

Munro-Faure, P. (2008). *El Ecuador: un país con elevada vulnerabilidad*. FAO.

Níñez, A., González, M., & Saura-Laria, G. (2015). Proceso de recuperación de CO₂. Generalidades. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 24-32.

Ochoa, R., Piñeiro, J., & Power, S. (2019). Decoupling of nutrient cycles in a Eucalyptus woodland under elevated CO₂. *Journal of Ecology*.

Oliveira, R., Barioni, L., & Moran, D. (2021). Fire, deforestation, and livestock: When the smoke clears. *Land Use Policy*.

ONU. (2020). *Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos: Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

ONU. (14 de enero de 2021). No actuar contra el cambio climático le costará muy caro a los países:

Noticias ONU. Obtenido de Noticias ONU:

<https://news.un.org/es/story/2021/01/1486482>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (1992). *Acuerdo de París*. New York.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *Datos sobre alimentación y agricultura:FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

- Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA]. (2020). *Reducción de los gases de efecto invernadero: OIEA*. Obtenido de OIEA: <https://www.iaea.org/es/temas/reduccion-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2017). *Declaración sobre el estado del clima mundial en 2016*. Suiza.
- Organización Mundial de la Conservación [OMC]. (2016). *El Cambio Climático, los bosques y las medidas para reducir las emisiones provenientes de la deforestación*. Paraguay.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2007). *La equidad en la mira: la salud pública en Ecuador durante las últimas décadas*. Quito.
- Oroza, A. (2008). *Cambio en el clima del planeta tierra*. Madrid: Fronteras del conocimiento.
- Pan, G., Xu, Y., & Ma, J. (2021). The potential of CO2 satellite monitoring for climate governance: A review. *Journal of Environmental Management*.
- Panday, P., Coe, M., Macedo, M., Lefebvre, P., & De Almeida, A. (2015). Deforestation offsets water balance changes due to climate variability in the Xingu River in eastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, 822-829.
- Pardos, J. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Pelletier, J., Ngoma, H., Mason, N., & Barrett, C. (2020). Does smallholder maize intensification reduce deforestation? Evidence from Zambia. *Global Environmental Change*.
- PNUD. (7 de Julio de 2019). *Ecuador recibirá 18,5 millones de dólares de la cooperación internacional por reducir la deforestación: PNUD*. Obtenido de PNUD: <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/presscenter/articles/2019/ecuador-recibira-18-5-millones-de-dolares-de-la-cooperacion-inte.html>

PNUD. (7 de Julio de 2019c). *Ecuador recibirá 18,5 millones de dólares de la cooperación internacional por reducir la deforestación: PNUD*. Obtenido de PNUD: <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/presscenter/articles/2019/ecuador-recibira-18-5-millones-de-dolares-de-la-cooperacion-inte.html>

PNUMA. (2005). *Cambio climático: Proyecto Ciudadanía Ambiental Global*. México.

Porcuna, P. (12 de Diciembre de 2012). *¿Qué es el efecto albedo?: inside the nature*. Obtenido de inside the nature: <https://insidethenature.wordpress.com/2012/12/12/que-es-el-efecto-albedo-3/#:~:text=La%20variaci%C3%B3n%20de%20albedo%2C%20es,cuando%20la%20luz%20es%20absorbida>).

Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: Fundamentos explicativos*. Quito: orstom y pronareg.

Phillips, P., & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 335-346.

Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Schütze, G., Perkins, D., . . . Lefer, B. (2017). Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide. *Scientific Reports*.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (22 de Octubre de 2019a). *Ecuador y su ambición por combatir el cambio climático:PNUD*. Obtenido de PNUD.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2 de Abril de 2019b). *Ecuador reducirá sus emisiones de gases de efecto invernadero hasta 2025: PNUD Ecuador*. Obtenido de PNUD Ecuador: <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/presscenter/articles/2019/ecuador-reducira-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-ha.html>

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2015). *Cambio Climático*. México: Manual de Ciudadanía Ambiental Global.
- Richter, S., Haase, D., Thestorff, K., & Makki, M. (2020). Carbon Pools of Berlin, Germany: Organic Carbon in Soils and Aboveground in Trees. *Urban Forestry & Urban Greening*.
- Riebeek, H., & Simmon, R. (2010). Calentamiento global. *Earth Observatory NASA*.
- Robador, A. (2015). *Cambios climáticos: ¿ Por qué un calentamiento global de hace 56 millones de años explica la evolución climática actual*. La Catarata .
- Sánchez, M., & Reyes, C. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación . *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 41-54.
- Shaftel, H., Jackson, R., Callery, S., & Bailey, D. (21 de Noviembre de 2020). *Los efectos del cambio climático: La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio*. Obtenido de Nasa.
- Shapiro, S., & Wilk, M. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52, 591-611.
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años* . Quito, Ecuador: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends.
- Silva, A., Quintao, M., Ferreira, J., Juste do Santos, V., Alves, S., Oliveira, J., & Calijuri, M. (2020). Anthropoc activities and the Legal Amazon: Estimative of impacts on forest and regional climate for 2030 . *Remote Sensing Applications: Society and Environment* .
- Solomon, S., Qin, D., & Manning, M. (2007). *Informe del Grupo de Trabajo I - Base de las Ciencias Físicas*. New York: IPCC Fourth Assessment Report.

- Stiglitz, J. (Febrero de 6 de 2007). *El clima cambiante sobre el cambio climático: Project Syndicate*. Obtenido de Project Syndicate: <https://www.project-syndicate.org/commentary/the-changing-climate-on-climate-change/spanish?barrier=accesspaylog>
- Subak, S. (1994). *Greenhouse Emissions from Land Use Change and the Agricultural Sector in Colombia*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Sunil, S., Mantosh, S., Mukherjee, K., Arabameri, A., Thao, P., & Gopal, P. (2020). Predicting the deforestation probability using the binary logistic regression, random forest, ensemble rotational forest, REPTree: A case study at the Gumani River Basin, India. *Science of The Total Environment*.
- Swann, A., Longo, M., Knox, R., Lee, E., & Moorcroft, P. (2015). Future deforestation in the Amazon and consequences for South American climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 12-24.
- Swedan, N. (2019). Deforestation and land farming as regulators of population size and climate. *Acta Ecologica Sinica*.
- Tufiño, P. (2009). ¿Por qué desaparecen los bosques? *Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*.
- Tyndall, J. (1861). On the absorption and radiation of heat by gases and vapour, and on the physical connection of radiation, absorption and conduction. *Philosophical Magazine*, 167-194.
- Vasquez, R. (2018). Erupciones Volcánicas: ¿Cómo afectan al clima? *Blog Oficial de la Dirección Meteorológica de Chile*.

- Velasco, G. (2017). Diagnóstico rural participativo del sector ganadero en las zonas de implementación del proyecto MGCI en la provincia de Napo. *Ganadería Climáticamente Inteligente*.
- Villalba, A. (2016). *Ciencias Naturales* . Quito-Ecuador: SMEcuaediciones.
- Wheeler, S., Nauges, C., & Zuo, A. (2021). How stable are Australian farmers' climate change risk perceptions? New evidence of the feedback loop between risk perceptions and behaviour. *Global Environmental Change*.
- White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*, 817-838.

k. ANEXOS

ANEXO 1

PROYECTO DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

CARRERA DE ECONOMÍA

TÍTULO:

“Efecto de la deforestación en el cambio climático en el Ecuador: un enfoque de cointegración y causalidad con series de tiempo”

Tesis previa a la obtención del grado de economista

AUTORA: Cindy Briggette Malla Condoy

DIRECTOR DE TESIS: Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc

LOJA – ECUADOR

2020

1. TEMA

“Efecto de la deforestación en el cambio climático en Ecuador: un enfoque de cointegración y causalidad con series de tiempo”

2. INTRODUCCIÓN

El mayor reto de nuestro tiempo es el cambio climático, sus efectos son de alcance mundial y de una escala sin precedentes puesto que amenaza tanto a la producción de alimentos como al aumento del nivel del mar, el cual a su vez incrementa el riesgo de inundaciones fatales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015). Los cambios climáticos ya comienzan a generar efectos importantes tanto sociales como económicos en algunas zonas, como, por ejemplo: la baja capacidad de adaptación de ciertas especies, cambios de hábitats, modificación en los periodos de cultivo, cambios y ocurrencias de algunas enfermedades, entre otras. Sin embargo, a medida que aumenta el cambio climático serán aún más importantes estos efectos y las sociedades menos favorecidas y más vulnerables serán aquellas con un menor nivel de desarrollo (Oroza, 2008). Según cifras de la FAO (2006), todos los años se pierden unos 13 millones de hectáreas de bosques en todo el mundo, la mayor parte en las zonas tropicales; el cambio climático y los bosques están profundamente ligados, debido a que los árboles están compuestos de carbono en un 50 por ciento, y una vez talados, ese carbono que almacenan regresa a la atmósfera. En países de América Latina, el sudeste asiático y África sigue existiendo un alto índice de deforestación (FAO, 2006).

Las consecuencias del inicio de la Revolución Industrial, sin duda alguna son las que hoy estamos sufriendo, donde el calentamiento del clima ya no se puede detener, y; obviamente se debe disminuir las emisiones, lo cual es esencialmente bueno para el medio ambiente, pero también debemos hacer un esfuerzo para adaptarnos a los cambios de climas y para comprender que además de convivir con un cierto nivel de riesgo, se deberá hacer frente al coste de la

adaptación, ya que se han observado cambios extremos de temperatura, calentamiento en las capas bajas de la atmósfera, aumento en la frecuencia de días y olas de calor (Oroza, 2008). La alteración más importante del medio ambiente natural es la tala de bosques para establecer tierras de cultivo y pastos, y la explotación de bosques para leña y materiales de construcción (Kaplan et al., 2009). Según Panday et al. (2015), la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática. Por una parte, Swann et al. (2015) encuentran que la transición del bosque natural hacia pastizales y cultivos agrícolas creará condiciones atmosféricas más cálidas y secas en países de América del Sur.

En este contexto, la investigación tiene como objetivo encontrar la relación existente entre la producción de madera y las variaciones media de temperatura; dicho en otras palabras, el efecto de la deforestación en el cambio climático en Ecuador período 1988-2018, utilizando técnicas econométricas. Además, parte de la hipótesis, que un aumento de la deforestación provoca un aumento en las variaciones de temperatura. Por esta razón, se busca determinar ¿Cuál es el impacto que provoca la producción de madera en las variaciones de temperatura desde 1988 hasta el 2018? La diferencia de este trabajo con otros estudios es la metodología utilizada en la presente investigación, puesto que se realizó un análisis mediante el uso de series de tiempo y la implementación de técnicas de cointegración que permiten determinar la relación existente en el corto y largo plazo.

El presente trabajo está compuesto por cuatro secciones adicionales a la introducción. La segunda sección muestra la revisión de la literatura, donde se explican los fundamentos empíricos de la investigación. En la tercera sección se encuentra los datos y metodología utilizada en la investigación. En la cuarta se detallan los resultados obtenidos. Finalmente, la quinta sección presenta las conclusiones y posibles implicaciones de política.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos tiempos el Ecuador ha venido sufriendo una serie de riesgos naturales como sequías, incendios forestales, deslizamientos, inundaciones y sobre todo el claro retroceso de los glaciares del Cotopaxi, Chimborazo y Cayambe que son claros eventos producidos por efectos del cambio climático (Romo, 2015). Los indicadores de temperatura en el Ecuador señalan una leve tendencia creciente, con aumentos de las variaciones interanuales e interestacionales (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2012).

La tendencia hacia el calentamiento se debe a un aumento importante en la cantidad de gases de efecto invernadero, pues los expertos en el clima pronostican que esta tendencia se acelere, incrementando la temperatura media del planeta entre 1,4 °C y 5,8 °C de aquí a 2100, aunque puedan considerarse que son aumentos de temperatura muy pequeños, pero basta el aumento de unos pocos grados para que provoquen considerables variaciones en el clima, todos los estados se verán afectados debido al cambio climático, pero los países más vulnerables son aquellos que se encuentran en vías de desarrollo ya que frecuentemente son aquellos que dependen de actividades ligadas al clima como por ejemplo la agricultura (Comisión Europea [CE], 2006).

En Ecuador según Toulkeridis et al. (2020), sobresalen cuatro impactos del cambio climático: el primero consiste en el aumento considerable de los fenómenos climáticos extremos, como los ocurridos a causa del fenómeno de EL Niño-Oscilación del Sur (ENSO); específicamente los eventos de El Niño que acontecieron en 1982-1983 y 1997-1998 y en años posteriores, provocando daños significativos a la agricultura y la infraestructura. En segundo lugar, se ha determinado un cierto aumento del nivel del mar que ha causado inundaciones en las ciudades cercanas a la costa y otras, debido a que se agudizó el efecto de la ENSO. En tercer lugar, la retirada de los glaciares que es más perceptible particularmente en verano. Finalmente, en último lugar está la disminución de la escorrentía anual.

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Gran parte de la población cree que el calentamiento del planeta es el resultado de la combustión de petróleo y gas, pero realmente del 25 al 30 por ciento de los gases de efecto invernadero son emitidos por la deforestación y unos 600 millones de toneladas son anualmente liberados a la atmósfera (FAO, 2006). La transformación más significativa para el medio ambiente es la tala de bosques, que sirven como material de construcción y leña (Kaplan et al., 2009). El cambio del clima y los bosques están relacionados entre sí, puesto que parte de su combinación representa el 50% de carbono y una vez talado, ese carbono regresa a la atmósfera (FAO, 2006).

Según cifras de la FAO (2006), todos los años se pierden acerca de unos 13 millones de hectáreas de bosques en todo el mundo, la mayor parte de zonas tropicales y en países como África, América Latina y el sudeste asiático sigue existiendo un elevado índice de deforestación. Para Panday et al. (2015), la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática. Por otra parte, Swann et al. (2015) encuentran que la transición del bosque natural hacia pastizales y cultivos agrícolas creará condiciones atmosféricas más cálidas y secas en países de América del Sur.

Según Paz (2020), Ecuador gozaba de 12 631 197 hectáreas de bosque en el año 2016, dos años más tarde en el 2018 tenía un poco menos de 116 857 hectáreas; con el transcurso de 18 años desde 1990 hasta el 2018, Ecuador ha perdido más de dos millones de hectáreas en todo el país. La variabilidad climática afecta a todo el mundo,

Los efectos del cambio climático nos afectan a todos, y si no se toman las debidas medidas de prevención, en un futuro será aún más difícil y costoso adaptarse a sus efectos (Organización de Naciones Unidas [ONU], s/f). Es aquí donde la importancia de esta investigación radica en el efecto negativo de la deforestación en el cambio climático, la cual condiciona nuestra vida y que condicionará la de generaciones futuras, bajo esta perspectiva parece lógica la progresiva

preocupación social que existe sobre los cambios o variaciones del clima que se encuentran enlazados hacia la deforestación. En este contexto, el objetivo principal de la presente investigación es encontrar la relación que existe entre la deforestación y las variaciones de temperatura.

5. ALCANCE DEL PROBLEMA

Para este trabajo de investigación se trata de analizar la posible relación existente entre la deforestación y la variación climática en el Ecuador, en el periodo comprendido entre 1988-2018, este periodo ha sido considerado debido a que se carece de datos para años anteriores y posteriores. Para esta investigación se utilizará la base de datos disponibles de la FAO (2020) y BM (2020), donde la deforestación está expresada en producción de madera mientras que el cambio climático se expresa en variaciones de la temperatura en grados centígrados.

Ecuador es el punto central de análisis para esta investigación, ya que este país no está ajeno a sufrir las consecuencias del cambio climático, debido a que es uno de los 17 países que sobresalen por su biodiversidad y reservas de recursos naturales. Además de ser este un caso especial en América del Sur por su posición en la línea ecuatorial y estar bajo la influencia de las corrientes de Humboldt y El Niño y la dinámica de los vientos alisios con la cordillera andina, otorga a este país una alta variedad climática, que abarca desde regiones interiores con climas tropicales hasta regiones con rasgos desérticos (García et al., 2017). Por lo cual, Ecuador muestra ser un país vulnerable no solo por su ubicación geográfica, sino también por su vulnerabilidad económica y cultural ante los impactos negativos del cambio climático (Wolf, 2010). Por otra parte, es el país más deforestado en proporción a su tamaño (Cardona, 2020).

6. EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático ya es una realidad que afecta de manera directa a la vida en general y su repercusión representará una gran amenaza a las generaciones futuras; ya que desde ahora los

efectos climáticos son notorios y evidentes en el exceso de precipitaciones, sequías y deshielos; así como también su incidencia en el crecimiento económico (García, 2017). Los efectos que desde ya sufre Ecuador a causa del cambio climático se ven evidenciados por incremento de la temperatura media en el país, el deshielo de los glaciares de las montañas, los cambios en los regímenes de lluvias, etc. Todos estos cambios han empeorado los problemas de pobreza causando afectaciones tanto a la salud humana como al medio ambiente (Universidad San Francisco de Quito [USFQ], s/f).

Ecuador, es uno de los diez países más ricos en biodiversidad de todo el mundo, la sexta parte de su territorio se encuentra cubierto por bosques caducifolios y semi caducifolios con una tasa de deforestación nacional registrada alrededor de $30 \text{ km}^2 / \text{año}$ durante 2008–2014, en la parte suroeste del país se encuentra una gran proporción de los bosques secos estacionales de Ecuador, las tasas de deforestación para estos bosques fueron de aproximadamente $29.2 \text{ km}^2 / \text{año}$ de 1976 a 1989 y de $57.2 \text{ km}^2 / \text{año}$ de 1989 a 2008 (Manchego et al., 2018).

7. PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Cuál es la evolución y correlación entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018?
- ¿Cual es la relacion en el corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018 ?
- ¿Cuál es la relación causal entre la deforestación en cambio climático de Ecuador, periodo 1988-2018?

8. JUSTIFICACIÓN

a. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

La investigación sobre efecto de la deforestación en el cambio climático de Ecuador con series de tiempo y metodos de cointegración, periodo 1988-2018, se lo realiza con el proposito de

plasmar el conocimiento adquirido en la Carrera de Economía y con el fin de obtener el título de Economista en la Universidad Nacional de Loja. De igual manera, el trabajo se realiza con el propósito de cumplir con uno de los requisitos establecidos en la Ley Organica de Educacion Superior (LOES), para la obtención del título de economista y así poder adquirir competencias profesionales para una adecuada interacción social. Así mismo aportara con conocimiento relacionados con materia ambiental especialmente con el cambio climático, para poder abordar sus concecuencias y de cierto modo modificar las conductas humanas para poder adaptarnos en el medio, implementando medidas que ayuden a mitigar el cambio climático, reduciendo asi la extenuación economica y ambiental, el cual beneficiara a toda la sociedad en general.

b. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El cambio climático y el crecimiento económico están íntimamente ligadas, es por esta razón que cada país debe alcanzar un óptimo desarrollo económico con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, porque si las variaciones de temperatura media llegasen a aumentar en 2,5°C; los costos económicos superarían el 3% del PIB mundial (CEPAL, 2014). Según Rodríguez y Mance (2009), los costos del aumento de desastres naturales afectarán a los más pobres: entre los años 2000 y 2004, una de cada 1.500 personas de países ricos fue afectada por un desastre climático, a la vez que, una de cada 79 personas se vio afectada en países en desarrollo.

c. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El Ecuador se ha visto afectado por el surgimiento de considerables áreas para la propagación de enfermedades tropicales, el esparcimiento de las poblaciones de especies invasoras en Galápagos, la extinción de varias especies y el aumento de casos provocados por el surgimiento de enfermedades como el paludismo, dengue y otras; todo esto como consecuencia de los aumentos de temperatura y humedad (Toulkeridis et al., 2020). Así mismo lo ratifica Mendizábal, 2015, que existe un aumento en las enfermedades infecciosas, derivadas de la contaminación de agua y transmitidas por animales y la propagación rápida de cualquier enfermedad contagiosa

transformándose en poco tiempo de enfermedades con brotes locales a epidemias o pandemias, como el ébola, el VIH o la influenza; las alergias constituyen un reto para cualquier sistema sanitario; y por último la gran cantidad de afecciones respiratorias agudas que ocasionan la muerte a los más débiles: ancianos y niños cada año a consecuencia del clima cada vez más extremo en invierno. Además de provocar un efecto negativo y significativo a la población de las áreas rurales, que se mantienen estrictamente de la agricultura, es su producción la que principalmente se ve afectada por los cambios del clima repercutiendo a la sociedad en general puesto que amenaza la seguridad alimentaria del país.

9. OBJETIVOS

9.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la deforestación en el cambio climático en Ecuador entre 1988-2018, mediante técnicas de cointegración para proponer políticas que aporten a una menor variación de la temperatura.

9.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la evolución y correlación entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, para el periodo de estudio comprendido entre 1988-2018.
- Estimar la relación en el corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018.
- Establecer la dirección de causalidad entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, utilizando el test de Engel y Ganger, en el periodo 1988-2018.

HIPÓTESIS

- Existe un aumento en la variación media de temperatura y la producción de madera en Ecuador, para el periodo de estudio comprendido entre 1988-2018.

- Existe una relación de corto y largo plazo entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo de 1988-2018.
- Existe una relación causal entre la producción de madera y la variación media de temperatura en Ecuador, en el periodo 1988-2018.

10. MARCO TEORICO

10.1 ANTECEDENTES

Según Rodríguez y Mance (2009), señalan que desde 1750 existe evidencia científica que corrobora que el planeta está percibiendo un calentamiento neto y como consecuencia de las emisiones de efecto invernadero este fenómeno se seguirá percibiendo durante este siglo. Sin embargo, el estudio sobre el cambio climático inicio con la revolución industrial en el año 1760, lo que provoco un impacto en la economía donde las personas para dar paso a una economía industrializada dejaron de lado actividades como las artesanías y trabajos del campo; la llegada de la revolución también trajo consigo el uso de carbón en cantidades muy elevadas. (Fundación la Carolina [FC], 2016).

Hace ya treinta y dos años se firmó el primer protocolo para proteger la capa de ozono, después de que líderes de los países desarrollados más importantes del mundo se dieran cuenta de la existencia de un cambio climático irreversible a causa de la humanidad, desde entonces se ha dado seguimiento a las diferentes sustancias emitidas por varias actividades, donde el primer acuerdo mundial fue el Protocolo de Montreal, el cual se firmó en el año 1987, y tuvo como objetivo proteger la capa de ozono, reduciendo y deteniendo el uso de los principales gases que generan daño a esta capa. El segundo acuerdo más importante fue el Protocolo de Kioto que entró en vigor en 2005, y cuyo objetivo era reducir los gases de efecto de invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), entre otros. Finalmente, el protocolo más reciente es el Acuerdo de París, el cual se firmó en el año 2015 y tuvo como objetivo reducir las emisiones de carbono

con el fin de mantener el próximo aumento de la temperatura global por debajo de 2°C (Toulkeridis et al., 2020).

La ganadería genera gases de efecto invernadero, que medidos en CO₂ corresponde al 18 por ciento y es uno de los responsables de los problemas más graves que afectan al medioambiente (FAO, 2006). En sus investigaciones Levers et al. (2018) mencionan que debido a las variaciones climáticas existe una gran preocupación por el abandono de tierras agrícolas. La agricultura es el segundo mayor emisor de gases de efecto invernadero (GEI) del mundo debido al uso de fertilizantes a base de combustibles fósiles, maquinaria agrícola y la quema de biomasa (Qiao et al., 2019).

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La investigación está fundamentada por el estudio de Panday et al. (2015), quienes mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática.

10.2 EVIDENCIA EMPÍRICA

La existencia de los bosques es de suma importancia ya que son quienes proporcionan medios de subsistencia a más de mil millones de personas que viven en condiciones de pobreza extrema en todo el mundo y aportan empleo remunerado a más de cien millones. Son el hogar de más del 80 por ciento de la biodiversidad terrestre del planeta y ayudan a proteger cuencas hidrográficas fundamentales para suministrar agua limpia a gran parte de la humanidad. El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo, ya que amenaza la producción de alimentos, hasta el aumento del nivel del mar que incrementa el riesgo de inundaciones catastróficas, los efectos del cambio climático son de alcance mundial y de una escala sin precedentes (FAO, s/f).

El cambio climático y los bosques están íntimamente ligados. Debido a que los árboles están compuestos de carbono en un 50 por ciento, y una vez talados, ese carbono que almacenan regresa a la atmósfera. Además, la FAO señala que todos los años se pierden unos 13 millones de hectáreas

de bosques en todo el mundo, la mayor parte en las zonas tropicales. En África, América Latina y el sudeste asiático sigue existiendo un elevado índice de deforestación (FAO, 2006). La alteración más importante del medio ambiente natural es la tala de bosques para establecer tierras de cultivo y pastos, y la explotación de bosques para leña y materiales de construcción (Kaplan et al., 2009).

Los cambios en la cobertura vegetal alteran la fuerza de los biomas terrestres e incluso pueden convertirlo en una fuente de gases de efecto invernadero, como resultado de procesos terrestres como la deforestación. Además, los cambios en la cobertura vegetal también implican cambios en las propiedades biofísicas radiactivas y no radiactivas que, a su vez, pueden afectar el clima local y el balance energético de la superficie (Duveiller et al., 2018).

La investigación está fundamentada por el estudio de Panday et al. (2015), quienes mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática. Por lo tanto, la evidencia empírica se ha estructurado para países en vías de desarrollo como para países desarrollados o industrializados. Según lo encontrado, la deforestación ocasiona mayores problemas de variaciones de temperatura en los países en vías de desarrollo que en los países desarrollados. Primero se explicará y plasmará en este apartado todo lo concerniente al cambio climático a causa de la deforestación en los países en vías de desarrollo. Por una parte, Swann et al. (2015) encuentran que la transición del bosque natural hacia pastizales y cultivos agrícolas creará condiciones atmosféricas más cálidas y secas en países de América del Sur. A diferencia de un estudio realizado para África Occidental donde Rompaey (1995) concluye que las sequías de los años setenta y ochenta están relacionadas con las variaciones de la temperatura de la superficie del océano, y no con la deforestación o el uso más intensivo de la tierra. Adicionalmente, hay quienes relacionan el cambio climático con la agricultura; tal es el caso de Akbari et al. (2019) determinan que el cambio climático, además de reducir las precipitaciones y aumentar la temperatura, ha llevado a una disminución de la calidad del agua, dando como resultado un efecto negativo en los rendimientos de los cultivos. Igualmente, Saptutyingsih et al. (2019) concluyen

que el cambio climático aumenta la vulnerabilidad del sector agrícola debido a la creciente amenaza de los ataques de plagas, pero en este caso; los agricultores estaban dispuestos a contribuir financieramente al proceso de adaptación. Además, en zonas del continente Africano si bien el sector agrícola presenta problemas es probable que el cambio climático amplifique el riesgo y haga más vulnerable este sector (Omerkhil et al., 2019). Así mismo, Lungarska y Chakir (2018) determinan que el aumento de tierras agrícolas provoca una disminución de los bosques. Debido a la alta dependencia de la agricultura que tienen estos países Miyamoto (2019) revelo que la pobreza tiene un fuerte impacto en el área forestal pues la alta renta agrícola acelera la deforestación.

Es muy importante tener en cuenta que la mayoría de los países cubiertos por bosques naturales son países en desarrollo, con capacidad limitada para recaudar impuestos y acceso restringido a los mercados internacionales de crédito (Combes et al., 2015). Es por ello, que para los países desarrollados en cambio se encuentra Zambrano et al. (2018) que las exportaciones agrícolas no contribuyen a un incremento en la deforestación haciendo notoria diferencia con los países en vías de desarrollo: su extensión de bosques. Por el contrario, Dissanayake et al. (2017) nos comentan que buscar mejorar el crecimiento de la productividad del sector agrícola es la mejor estrategia en la mitigación de emisiones terrestres.

Por otra parte, Echavarren et al. (2019), sostienen que las personas con mayores niveles de educación tienen mayores preocupaciones sobre el cambio climático puesto que la alfabetización científica es un factor importante en la formación de opiniones públicas y preocupaciones sobre el cambio del clima. Según Abman (2018), las áreas protegidas fueron más efectivas en países con niveles más altos de control de la corrupción y protección de los derechos de propiedad.

Mundialmente el gran objetivo es limitar el cambio del clima y aumentar la resiliencia global a sus efectos. Sin embargo, no se ha podido cumplir a cabalidad con dicho objetivo (Cooley et al., 2019). Por lo tanto, hay quienes proponen que los gobiernos y los inversores privados de los países

desarrollados pueden compensar a los actores en países con bosques tropicales para reducir la pérdida de bosques por debajo de una línea base acordada. La implementación de políticas climáticas y forestales y la gobernanza, también se pueden encontrar en países como Canadá, Estados Unidos, Reino Unido y Australia (Buizer y Humphreys, 2013), pero mayoritariamente este problema se presenta en países en vías de desarrollo (Leal et al., 2019)

La cooperación internacional es el factor clave para mitigar los impactos del cambio climático en el ser humano y sistema ambiental. El índice de cooperación al cambio climático puede incentivar a los países a adoptar acuerdos internacionales para lograr una mitigación eficiente (Zhang et al., 2019).

11. MATERIALES Y METODOS

11.1 DATOS

Los datos utilizados en esta investigación provienen de la FAO (2020) y BM (2020), para los años comprendidos entre 1988 y 2018. La variable dependiente es la variación media de temperatura y la variable independiente es la producción de madera. Para dar confiabilidad al modelo, se agregaron dos variables de control: uso de plaguicidas y consumo de energía eléctrica. Siguiendo recomendaciones de la evidencia empírica se ha tomado como referencia el estudio de Panday et al. (2015), quienes mencionan que la deforestación puede alterar sustancialmente la variabilidad climática.

La tabla 1 muestra la representación de la variable dependiente y las variables independientes utilizadas en nuestro modelo.

Tabla 1*Descripción de las variables utilizadas*

| VARIABLES | ABREVIATURA | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------|--------------------|--|
| Variación media de temperatura | Vt | Cambio de temperatura superficial media con respecto a una climatología de referencia. Estas variaciones medias de temperatura están expresadas en grados centígrados. |
| Producción de madera | Lpma | Comprende estadísticas de producción y comercio, tanto de especies coníferas y no coníferas. Expresada en logaritmos. |
| Producción de ganado vacuno | Lpgv | Todos los datos se refieren a la producción total de carne, excluidos el despojo y las grasas de sacrificio. Expresada en logaritmos. |
| Uso de plaguicidas | Lup | Logaritmo de la cantidad de plaguicidas utilizada en el sector agrícola, expresada en ton/km. |
| Emisiones de CO2 | Leco | Son todas aquellas emisiones provenientes de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación de cemento. Expresada en logaritmos. |

Nota. Adaptado al Banco Mundial BM (2020) y FAO (2020).

11.2 METODOLOGÍA

Se aplican técnicas de cointegración para series de tiempo, con la finalidad de comprobar si existe un equilibrio tanto en el corto como en el largo plazo entre la variación climática y la deforestación, tal como se plantea la siguiente función:

$$vt_t = f(lpma) \quad (1)$$

El efecto de la deforestación en el cambio climático de Ecuador es analizado a través de una estrategia econométrica que se divide en dos partes. En la primera parte se realiza una estimación mediante Mínimos Cuadrados ordinarios (MCO) usando las variables básicas, tal como se muestra en la ecuación 2:

$$vt_t = \beta_0 + \beta_1 \ln pm_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Como se observa en la ecuación 1, muestra la relación entre la variación de la temperatura vt_t y como variable independiente el logaritmo de la producción de madera $\ln pm_t$. Por último, ε_{it} representa el término de error estadístico. Con la finalidad de aumentar la robustez de los estimadores por el método de MCO se incluyeron variables de control como muestra la siguiente ecuación 3:

$$vt_t = \beta_0 + \beta_1 \ln pm_t + \beta_2 \ln ce_t + \beta_3 \ln up_t + \beta_4 \ln eco_t + \beta_5 dummy_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

La ecuación 2, muestra la relación de las variables básicas más dos variables de control. En la que el $(\ln ce_t)$ representa el consumo de energía y $(\ln up_t)$ el uso de pesticidas y $(dummy_t)$ es una variable dicótoma que percibe los efectos de la dolarización en la crisis de 1999.

En la segunda parte de la estrategia econométrica, examinamos los vectores de cointegración para determinar la relación tanto en el corto como largo plazo entre la variación de temperatura y el cambio climático. De este modo para examinar la relación de las variables en el corto plazo se lo realiza mediante la estimación de Modelos de Corrección de error Vectorial (VEC) y en el largo plazo mediante la estimación de Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) como se representa en la Ecuación (2). Cada variable está en función de sus rezagos y en los rezagos de las demás variables. La longitud del rezago fue determinado con el criterio de información de Akaike (1974). Así mismo, el orden de integración de las variables mediante el test de Dickey y Fuller (1979) aumentado, con el cual se determinó que todas las variables tienen

un orden de integración I (1). Para la verificación de la relación a corto y largo plazo se aplicó el test de Johansen (1988) y para comprobar causalidad se utilizó el test de Engle y Granger (1987).

A partir de la ecuación previa se plantean modelos de vectores Autorregresivos VAR y VEC. Para Ecuador, es necesario el acompañamiento de una variable *dummy* que capture el cambio estructural que percibió el país en 1999 durante la crisis económica y financiera. Los modelos econométricos se especifican en las Ecuaciones 4, 5, 6, 7 y 8 como se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \Delta vt_t = & \beta_0 + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_1 lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_2 lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_3 lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_4 leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_5 vt_{t-i} \\ & + \beta_6 dummy_t + E_t \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta lpma_t = & \beta_7 + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_8 lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_9 lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{10} leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{11} vt_{t-i} \\ & + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{12} lpma_{t-i} + \beta_{13} dummy_t + E_t \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta lpgv_t = & \beta_{14} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{15} lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{16} leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{17} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{18} lpma_{t-i} \\ & + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{19} lpgv_{t-i} + \beta_{20} dummy_t + E_t \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta lup_t = & \beta_{21} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{22} leco_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{23} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{24} lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{25} lpgv_{t-i} \\ & + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{26} lup_{t-i} + \beta_{27} dummy_t \\ & + E_t \end{aligned} \quad (7)$$

$$\Delta leco_t = \beta_{28} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{29} vt_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{30} lpma_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{31} lpgv_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{32} lup_{t-i} + \sum_{i=t}^N \Delta\beta_{33} leco_{t-i} + \beta_{34} dummy_t + E_t \quad (8)$$

Las ecuaciones anteriormente expuestas servirán para estimar el modelo VEC, al cual agregaremos el término de error rezagado como una variable independiente adicional. Si el coeficiente del error resulta ser significativo, se concluye que existe equilibrio a corto plazo entre las variables.

Finalmente, se añade algunas pruebas de normalidad Jarque y Bera (1987) que se aplican con la finalidad de verificar que no exista algún problema en la especificación del modelo y de estabilidad estructural.

12. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se esperan obtener de este trabajo es que exista una relación positiva entre la deforestación y el cambio climático es decir que a mayor deforestación mayor es la variación en el cambio del clima en Ecuador. Esto se puede explicar debido a que Ecuador con respecto a su dimensión es el país con mayor deforestación en América del Sur y uno de los que ya sufre consecuencias debido al cambio climático.

13. CRONOGRAMA

| Año | 2020 | | | | | | | | | | | | | | | | 2021 | | | | | | | |
|--|------|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-------|---|---|---|---------|---|---|---|
| Mes | Sept | | | | Oct | | | | Nov | | | | Dic | | | | Enero | | | | Febrero | | | |
| Actividades | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Elaboración del proyecto | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corrección del proyecto | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación y aprobación del proyecto de tesis | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de la literatura | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| Organización de datos oficiales | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Obtención de resultados | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de Discusión, Conclusiones y Recomendaciones | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Resumen | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| Presentación del borrador de tesis | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | |
| Revisión del informe escrito del borrador de tesis | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| Correcciones del informe escrito del borrador de tesis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Aprobación del informe escrito por parte del tribunal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

14. BIBLIOGRAFÍA

- Abman, R. (2018). Rule of Law and Avoided Deforestation from Protected Areas. *Ecological Economics*, 146(August 2017), 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.004>
- Akaike, H. (1974). "A new look at the statistical model identification," in *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 19, no. 6, pp. 716-723, December 1974.
- Akbari, M., Naja, H., & Mosavi, S. H. (2019). The effects of climate change and groundwater salinity on farmers' income risk. *Ecological Indicators*, 110(February 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105893>
- Araujo, J., Grace, B., Poplawski, M., & Zan, L. (2016). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387815001169>
- Buizer, M., & Humphreys, D. (2013). Climate change and deforestation : The evolution of an intersecting policy domain. *Environmental Science y Policy*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.06.001>
- CEPAL. (2014). *Crecimiento económico y combate al cambio climático no son excluyentes*.
- Cooperacion de Estudios y Publicaciones, Constitución Política de la Republica del Ecuador . (Mayo, 2004). Quinta Edición, Editorial Graw Hill.
- Combes, J., Motel, P. C., Minea, A., & Villieu, P. (2015). Deforestation and seigniorage in developing countries : A tradeoff? *Ecological Economics*, 116, 220–230. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.029>
- Cooley, S. R., Bello, B., Bodansky, D., Mansell, A., Merkl, A., Purvis, N., ... Leonard, G. H. (2019). Overlooked ocean strategies to address climate change. *Global Environmental Change Journal*, 59(February). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101968>

- Dickey, D. y Fuller, W. (1979). Distribution of the Estimators Autoregressive Time-Series with a Unit Root.
- Duveiller, G., Hooker, J., & Cescatti, A. (2018). La marca del cambio de vegetación en el equilibrio energético de la superficie de la Tierra.
- Engle, R. y Granger, C. W.J. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation and testing.
- Europea, C. (2006). El cambio climático: ¿qué es? Introducción para jóvenes.
- FAO. (2006). La ganadería amenaza al medio ambiente.
- FAO. (2006). Los bosques y el cambio climático:FAO. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>
- Fundación, & Carolina. (2016). Impacto del cambio climático en la agricultura en el Ecuador.
- Jarque, C y Bera, A. (1987). A test for normality of observations and regression residual. *International Statistical Review*
- Johansen, S. (1998). "Statistical Analysis of Cointegration Vectors". *Journal of Economic Dynamics and Control*.
- Kalmanovitz, S., & Melo, J. (2010). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/700-Texto%20del%20artículo-2073-1-10-20130507.pdf>
- Kaplan, J. O., Krumhardt, K. M., & Zimmermann, N. (2009). The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 28(27–28), 3016–3034. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.09.028>
- Leal, W., Balogun, A., Emmanuel, O., Azeiteiro, U. M., Ayal, D. Y., David, P., ... Li, C. (2019). *Science of the Total Environment Assessing the impacts of climate change in cities and their*

- adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Science of the Total Environment*, 692, 1175–1190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.227>
- Lungarska, A., & Chakir, R. (2018). Climate-induced Land Use Change in France: Impacts of Agricultural Adaptation and Climate Change Mitigation. *Ecological Economics*, 147(March 2017), 134–154. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.12.030>
- La deforestación sigue golpeando a América del Sur.* (2017). Obtenido de Ambiental.net: <http://ambiental.net/2017/03/la-deforestacion-sigue-golpeando-a-america-del-sur/>
- Levers, C., Schneider, M., Prishchepov, A., Estel, S., & Kuemmerle, T. (2018). Spatial variation in determinants of agricultural land abandonment in Europe. *Science of the Total Environment*,
- MAGBMA y FAO. Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014.
- Manchego, C., Hildebrandt, P., Cueva, J., Espinosa, C., Stimm, B., & Günter, S. (2018). *Cambio climático versus deforestación: implicaciones para la distribución de especies arbóreas en los bosques secos del sur de Ecuador.* PLOS ONE.
- Mendizábal, G. (2015). La seguridad social ante los retos del cambio climático. *Boletín Mexicano de Derecho Comrado* , 483-878.
- Martínez, J. P. (2020). Teorías del cambio climático global. *Climate Change*.
- Miyamoto, M. (2019). Poverty reduction saves forests sustainably: Lessons for deforestation policies. *World Development*, 127, 104746. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104746>
- ONU. (2020). *Cambio Climático.*
- Omerkhil, N., Chand, T., Valente, D., Alatalo, J. M., & Pandey, R. (2019). Climate change

- vulnerability and adaptation strategies for smallholder farmers in Yangi Qala District , Takhar , Afghanistan. *Ecological Indicators*, 110(October 2019), 105863. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105863>
- Oroza, A. (2008). *Cambio en el clima del planeta tierra*. Madrid: Fronteras del conocimiento.
- Panday, P., Coe, M. T., Macedo, M., Lefebvre, P., & Almeida, A. (2015). Deforestation offsets water balance changes due to climate variability in the Xingu River in eastern Amazonia. *JOURNAL OF HYDROLOGY*, 523, 822–829. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.018>
- Paterson, P. (2014). Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica. *Revista “Política y Estrategia”*.
- Paz, A. (2020). *Los desafíos ambientales de Ecuador en el 2020*.
- Qiao, H., Zheng, F., Jiang, H., & Dong, K. (2019). The greenhouse effect of the agricultureeconomic growth-renewable energy nexus: Evidence from G20 countries. *Science of The Total Environment*.
- Rautner, M., Leggett, M., Davis, F., 2013. *El Pequeño Libro de las Grandes Causas de la Deforestación*, Programa Global Canopy: Oxford.
- Rodríguez, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. Bogotá: Foro Nacional Ambiental.
- Rompaey, R. (1995). Climate change and deforestation in West Africa : a space-time trend analysis of rainfall series from Côte d’Ivoire and Liberia. *Studies in Environmental Science*, 65, 417–420. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166111606802311>
- Romo, M. (2015). *“LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS*. Quito.

- Saptutyningsih, E., Diswandi, D., & Jaung, W. (2019). Land Use Policy Does social capital matter in climate change adaptation ? A lesson from agricultural sector in Yogyakarta , Indonesia. *Land Use Policy*, (September 2018), 104189. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104189>
- Swann, A. L. S., Longo, M., Knox, R. G., Lee, E., & Moorcroft, P. R. (2015). Agricultural and Forest Meteorology Future deforestation in the Amazon and consequences for South American climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214–215, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.07.006>
- Thorntona, P. K., Kristjansonb, P., Förchc, W., Barahonad, C., Cramere, L., & Pradha, S. (2018). ¿La adaptación agrícola al cambio global en los países de bajos ingresos esta en camino de enfrentar el futuro desafío de producción de alimentos? *Science Direct*.
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón, D., Merizalde, M., Reyes, D., Viera, M., & Heredia, M. (2020). Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*.
- Zambrano, M., Carvajal, C., Urgilés, R., & Ruano, M. A. (2018). Deforestation as an indicator of environmental degradation : Analysis of fi ve European countries. *Ecological Indicators*, 90(February), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.049>
- Zhang, L. P., Zhou, P., Qiu, Y. Q., Su, Q., & Tang, Y. L. (2019). Journal Pre-proof. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119387>

ANEXO 2

PRUEBA DE MULTICOLINEALIDAD

Método del Factor de Inflación de la Varianza

| Variablen | VIF | 1/VIF |
|-----------|------|----------|
| Leco | 4.56 | 0.219318 |
| Lpgv | 3.64 | 0.274633 |
| Lup | 2.18 | 0.459157 |
| Lpma | 1.83 | 0.545514 |
| Mean VIF | 3.05 | |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

H0 = No existe multicolinealidad

H1 = Existe multicolinealidad

VIF<10 se acepta la hipótesis nula

Si los valores del VIF son menores a 10, se acepta la hipótesis nula. Es decir, que no existe multicolinealidad.

ANEXO 3

PRUEBA DE NORMALIDAD

Prueba de Shapiro – Wilk

| Variable | Obs | W | V | Z | Prob>z |
|----------|-----|---------|-------|--------|---------|
| Error | 31 | 0.97079 | 0.952 | -0.103 | 0.54100 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

H0= Error se distribuye normalmente.

H1= El error no se distribuye normal.

Si el valor de Prob>z es mayor a 0.05 aceptamos la nula. Es decir, que no existen problemas de normalidad.

ANEXO 4

PRUEBA DE HETEROCEDASTICIDAD

Prueba de White

| Source | chi2 | df | P |
|--------------------|-------|----|--------|
| Heteroskedasticity | 21.55 | 14 | 0.0884 |
| Skewness | 8.65 | 4 | 0.0704 |
| Kurtosis | 0.27 | 1 | 0.6019 |
| Total | 30.47 | 19 | 0.0461 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

H0 = Homocedasticidad

H1 = Heterocedasticidad

Si los valores de P son mayores a 0.05 aceptamos la nula. Por lo tanto, se rechaza que existe heterocedasticidad.

ANEXO 5

PRUEBA DE AUTOCORRELACIÓN

Prueba de Durbin – Watson

| lags (p) | F | Df | Prob > F |
|----------|-------|----------|----------|
| 1 | 0.001 | (1, 25) | 0.9806 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

H0= No existe autocorrelación

H1= Existe autocorrelación

Si el valor Prob > F es mayor a 0.05 no existe autocorrelación.

ANEXO 6

Longitud del rezago

| Lag | LL | LR | Df | P | FPE | AIC | HQIC | SBIC |
|-----|---------|---------|----|-------|----------|-----------|----------|----------|
| 0 | -31.450 | | | | 5.8e07 | 2.67505 | 2.76232 | 2.96052* |
| 1 | 24.6124 | 112.13 | 36 | 0.000 | 1.5e-07 | 1.24197 | 1.85287 | 3.24027 |
| 2 | 82.1197 | 115.01* | 36 | 0.000 | 4.8e-08* | -.294265* | .840268* | 3.41688 |

Nota. Adaptado al Banco Mundial (2020) y FAO (2020).

Los asteriscos (*) reflejan los valores máximos o mínimos de los criterios de información, donde se concluye que el modelo tiene un número adecuado de retardos. Según AIC y HQIC el número adecuado de retardos es dos.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. TEMA..... | 77 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 77 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 79 |
| 4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 80 |
| 5. ALCANCE DEL PROBLEMA | 81 |
| 6. EVALUACIÓN DEL PROBLEMA | 81 |
| 7. PREGUNTAS DIRECTRICES | 82 |
| 8. JUSTIFICACIÓN | 82 |
| a. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA | 82 |
| b. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA..... | 83 |
| c. JUSTIFICACIÓN SOCIAL..... | 83 |
| 9. OBJETIVOS | 84 |
| 9.1 OBJETIVO GENERAL..... | 84 |
| 9.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 84 |
| 10. MARCO TEORICO..... | 85 |
| 10.1 ANTECEDENTES..... | 85 |
| 10.2 EVIDENCIA EMPÍRICA..... | 86 |
| 11. MATERIALES Y METODOS | 89 |
| 11.1 DATOS | 89 |
| 11.2 METODOLOGÍA..... | 90 |

| | | |
|-----|----------------------------|----|
| 12. | RESULTADOS ESPERADOS | 93 |
| 13. | CRONOGRAMA | 93 |
| 14. | BIBLIOGRAFÍA | 95 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 | 19 |
| Descripción de las variables utilizadas en el modelo econométrico | 19 |
| Tabla 2 | 21 |
| Estadísticos descriptivos de las variables | 21 |
| Tabla 3 | 37 |
| Prueba de Dickey y Fuller | 37 |
| Tabla 4 | 37 |
| Prueba de Phillips y Perrón | 37 |
| Tabla 5 | 39 |
| Prueba de cointegración de vectores de Johansen | 39 |
| Tabla 6 | 40 |
| Estimación del modelo VAR | 40 |
| Tabla 7 | 42 |
| Resultado del modelo VEC a corto plazo | 42 |
| Tabla 8 | 44 |
| Causalidad de Granger | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 | 29 |
| Evolución de la variación media de la temperatura y la producción de madera, periodo 1988-2018 | |
| Figura 2 | 32 |
| Evolución de la producción de ganado vacuno, el uso de plaguicidas y las emisiones de CO ₂ , periodo 1988-2018..... | |
| Figura 3 | 34 |
| Correlación entre la variación media de la temperatura y la producción de madera en el Ecuador . | |
| Figura 4 | 35 |
| Correlación entre la variación media de temperatura y las variables de control. | |