



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Jurídica, Social y Administrativa.

Carrera de Economía

**Impacto de la agricultura sobre la contaminación
ambiental: un estudio de series de tiempo para
Ecuador, periodo 1980-2018**

**Trabajo de Integración Curricular Previo a
la Obtención del Título de Economista.**

AUTOR:

Edison Fabricio Velez Padilla

DIRECTORA:

Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc

Loja – Ecuador

2023

Loja, 09 de junio del 2023

Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Impacto de la agricultura sobre la contaminación ambiental: un estudio de series de tiempo para Ecuador, periodo 1980-2018**, previo a la obtención del título de **Economista**, de la autoría del estudiante **Edison Fabricio Velez Padilla**, con **cédula de identidad Nro.1150358636**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Edison Fabricio Velez Padilla**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1150358636

Fecha: 09 de junio del 2023

Correo electrónico: edison.velez@unl.edu.ec

Teléfono: 0982859032

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Edison Fabricio Velez Padilla**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Impacto de la agricultura sobre la contaminación ambiental: un estudio de series de tiempo para Ecuador, periodo 1980-2018**, como requisito para optar el título de **Economista**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los nueve días del mes de junio de dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Edison Fabricio Velez Padilla

Cédula: 1150358636

Dirección: Loja

Correo electrónico: edison.velez@unl.edu.ec

Teléfono: 0982859032

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Econ. Michelle Faviola López
Sánchez Mg. Sc

Dedicatoria

Primeramente, se la dedico a Dios, como mucho amor, a mis padres que, con su esfuerzo y sacrificio, consejos y aliento me inspiraron a seguir adelante y llegar hasta estas instancias de mi vida.

Edison Fabricio Velez Padilla

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Carrera de Economía, a sus autoridades y docentes, quienes con su sabio ejemplo y capacidad de enseñanza han aportado a mi formación académica, permitiéndome culminar de manera satisfactoria mi carrera universitaria.

Así mismo, quiero extender un grato agradecimiento a la Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc, quien con su paciencia, responsabilidad y puntualidad estuvo siempre dispuesta a colaborar conmigo en todo momento y así guiarme en la realización de la presente tesis.

Edison Fabricio Velez Padilla

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	viii
Índice de anexos	ix
1.Título	1
2.Resumen	2
2.1. Abstract	3
3.Introducción	4
4.Marco Teórico	7
4.1. Antecedentes	7
4.2. Revisión empírica	9
5.Metodología	13
5.1. Tratamiento de datos	13
5.2. Estrategia econométrica	15
6.Resultados	19
6.1. Objetivo específico 1	19
6.2. Objetivo específico 2	28

6.2.1. Pruebas de raíces unitarias	28
6.2.2. Relación a largo plazo entre las variables	29
6.3. Objetivo específico 3	31
7.Discusión	35
7.1. Objetivo específico 1	35
7.2. Objetivo específico 2	36
7.3. Objetivo específico 3	38
8.Conclusiones	41
9.Recomendaciones	44
10.Bibliografía	46
11.Anexos	50

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de variables.....	13
Tabla 2 Estadísticos descriptivos.....	15
Tabla 3 Prueba de Dickey-Fuller para Ecuador, durante el periodo 1980-2018	29
Tabla 4 Test de cointegración de Johansen para Ecuador, durante el periodo 1980-2018	29
Tabla 5 Resultados de la estimación del modelo VAR para Ecuador, durante el periodo 1980-2018.....	31
Tabla 6 Resultados de la prueba de causalidad Granger para Ecuador, durante el periodo 1980-2018.....	33

Índice de figuras

Figura 1 Evolución de las emisiones de agrícolas de gas metano para Ecuador, periodo 1980-2018.....	20
Figura 2 Evolución de la agricultura, valor agregado para Ecuador, período 1980-2018	21

Figura 3 Evolución del índice de producción animal para Ecuador, período 1980-2018	22
Figura 4 Evolución del índice de cosecha para Ecuador, período 1980-2018	23
Figura 5 Evolucion de las tierras agricolas (Kilometros cuadrados) para Ecuador, periodo 1980-2018.....	24
Figura 6 Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano CH ₄ y la agricultura, valor agregado para Ecuador, período 1980-2018.....	25
Figura 7 Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano CH ₄ y el índice de producción animal para Ecuador, período 1980-2018.....	26
Figura 8 Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano CH ₄ y el índice de cosecha para Ecuador, período 1980-2018.....	27
Figura 9 Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano CH ₄ y las tierras agrícolas (kilómetros cuadrados) para Ecuador, período 1980-2018.....	28

Índice de anexos

Anexo 1 Pruebas del multicolinealidad	50
Anexo 2 Determinacion de rezago óptimo	50
Anexo 3 Prueba de estabilidad	50
Anexo 4 Circulo unitario de la prueba de estabilidad	51

1. Título

“Impacto de la agricultura sobre la contaminación ambiental: un estudio de series de tiempo para Ecuador, periodo 1980-2018”

2. Resumen

La contaminación en el Ecuador se ha incrementado de manera progresiva, lo que a su vez significa mayores gastos para el gobierno. La contaminación de gas metano, medida en miles de toneladas métricas equivalente a CO₂ a nivel nacional, paso de 5286 en el año 1980 a 11120 en el año 1997 y en el último año de análisis disminuyó a 8050. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo general analizar el impacto de la agricultura sobre la contaminación ambiental en el Ecuador: periodo 1980-2018. Además, se utilizó la base de datos del Banco Mundial, con el objeto de obtener la información estadística de las variables. Asimismo, se empleó metodología de series de tiempo y la aplicación de técnicas de cointegración. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que la evolución de las variables tiende a experimentar crecimientos variados a lo largo del tiempo. Además, mediante el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) se determinó una relación a largo plazo entre las emisiones agrícolas de gas metano y el valor agregado de la agricultura. Posteriormente, con el test de Granger se encontró causalidad bidireccional. Finalmente, entre las principales recomendaciones se plantea la implementación de políticas verdes para proteger la biodiversidad biológica a través de programas binacionales para la producción racional tanto de productos agrícolas como de la producción animal para preservar la armonía ambiental.

Palabras clave: Medio ambiente; Producción; Desarrollo sostenible; Uso de la tierra; Econometría.

Clasificación JEL: F18; E23; Q01; Q15; B23.

2.1. Abstract

Pollution has increased progressively in Ecuador, which means higher expenses for the government. Methane gas pollution, measured in thousands of metric tons CO₂ equivalent at the national level, went from 5286 in 1980 to 11120 in 1997 and in the last year of analysis decreased to 8050. In this context, the present work has the general objective of analyzing the impact of agriculture on environmental pollution in Ecuador: period 1980-2018. In addition, the World Bank database was used to obtain statistical information on the variables. Likewise, time series methodology and the application of cointegration techniques were used. The results obtained showed that the evolution of the variables tends to experience varied growth over time. In addition, a long-term relationship between agricultural methane gas emissions and agricultural value added was determined using the Vector Autoregressive (VAR) model. Subsequently, with the Granger test, bidirectional causality was found. Finally, among the main recommendations is the implementation of green policies to protect biological biodiversity through binational programs for the rational production of both agricultural products and animal production in order to preserve environmental harmony.

Key words: Environment; Production; Sustainable development; Land use; Econometrics.

JEL classification: F18; E23; Q01; Q15; B23.

3. Introducción

En un contexto cotidiano del mundo, el problema de la contaminación ambiental es ampliamente aceptado. Milnea y Margaret (2014) destacan la importancia de comprender que las concentraciones de contaminación ambiental en la atmósfera deben estabilizarse a niveles óptimos para evitar impactos negativos en el sistema climático, en la salud de las personas, en el desarrollo de las economías mundiales, etc. Las emisiones de metano desde un punto de vista biológico se producen a partir de un valor de diferencia entre el uso de bacterias de la descomposición de materia orgánica del sistema de raíces de plantas de campo. Según el autor Xiaohong (2011) las emisiones de metano (CH₄) es categorizado como un gas de efecto invernadero en la atmósfera.

Según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2018) a nivel mundial, las emisiones del ganado provenientes del estiércol y de liberaciones gastrointestinales, producen aproximadamente 32% de las emisiones de metano. Además, el Banco Mundial (2018) determina que el crecimiento de la población, el desarrollo económico y la migración urbana han estimulado un apetito sin precedentes por la proteína animal y, con una población mundial que se acerca a los 10.000 millones, se espera que esta demanda aumente hasta 70% para 2050. Sin embargo, el metano de origen agrícola no solo proviene de los animales. El cultivo de arroz con cáscara, en el que los campos inundados evitan que el oxígeno penetre en el suelo, crea las condiciones ideales para las bacterias emisoras de metano. Este sector representa otro aporte significativo de las emisiones de metano vinculadas a los seres humanos.

De acuerdo, al reporte de la ONU (2015) la región de América Latina y el Caribe es responsable de aproximadamente 15% de las emisiones mundiales de metano, prácticamente todas ellas se originan en tres sectores: la agricultura (alrededor de 50%); la producción y distribución de carbón, petróleo y gas (alrededor de 40%); y la gestión de residuos (alrededor de 10%). El gas metano es determinado como un potente gas de efecto invernadero que permanece en la atmósfera aproximadamente 12 años. El aumento de las emisiones de metano es la principal causa de calentamiento por gases de efecto invernadero después del dióxido de carbono. No solo tiene una influencia directa en el clima, sino que también se destaca por ser un importante precursor del ozono troposférico (O₃).

En el Ecuador, la contaminación de gas metano se ha agudizado, siendo que el CH₄ es uno de los gases de efecto invernadero que mayor incidencia tiene en el calentamiento global; según el centro de investigación de Emisiones para la Investigación Atmosférica Global (EDGAR) (2017) el 15% de CH₄, es provocado por actividades como: ganadería, agricultura, tratamiento de aguas residuales, distribución de gas natural y petróleo, minería de carbón, empleo de combustibles y emanación de vertederos convirtiéndose en problemas de gran dimensión que no se pueden manejar con eficiencia para frenar las consecuencias adversas que causa la contaminación.

Seguidamente, se expone la teoría base sobre la cual se cimienta la investigación. La curva ambiental de Kuznets (CAK) (1991) examina la relación entre crecimiento económico y calidad ambiental. Esta hipótesis asume que en el corto plazo el desarrollo económico empeora el medio ambiente; pero en el largo plazo, a partir de un cierto nivel de ingresos, el crecimiento económico provoca menores niveles de contaminación. La curva ambiental de Kuznets asume la forma de una U invertida. De acuerdo a Crespo (2008) la teoría de la curva ambiental de Kuznets se explica por el desarrollo científico y tecnológico, el incremento en la eficiencia de los procesos productivos (menor requerimiento de energía y materiales por unidad de PIB real), cambios en la composición de los sectores de la economía y regulaciones ambientales más estrictas.

Análogamente, se han formulado los objetivos específicos los cuales dan énfasis al desarrollo de la investigación, se han propuesto los siguientes objetivos: 1) Analizar la evolución y correlación entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018; 2) Estimar la relación de equilibrio a largo plazo entre la agricultura y la contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018; y 3) Determinar la existencia de causalidad entre la agricultura y la contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

Consecutivamente, se ostenta la contribución que aporta la presente investigación a la comunidad científica, el avance de la contaminación tienen gran trascendencia en las últimas décadas por los percances adversos que están provocando el descenso del planeta, enfocado el caso ecuatoriano los estudios por contaminación de gas metano son poco relevantes es por ello que se ha visto la necesidad de generar información que sirva de como base para futuras investigaciones que aporten sostenibilidad ambiental a través de la creación de políticas verdes que garanticen el bienestar de la sociedad.

Finalmente, la investigación consta de los siguientes apartados: el apartado 1) está comprendido por el título de la investigación; seguidamente, el apartado 2) es percibido por el resumen que detalla brevemente de lo que se trata la investigación; el apartado 3) se relata la introducción presentado el preámbulo de lo que obtenido como resultado de la investigación; el apartado 4) contiene el marco teórico y está a su vez se divide en subapartados (antecedentes y evidencia empírica); posteriormente, en el apartado 5) se describen los materiales y métodos que se emplearon para el desarrollo de la presente investigación; así mismo, el apartado 6) presenta los resultados, sustentados en tablas y figuras con su respectivo análisis; luego, el apartado 7) contiene la discusión la cual se contrastó con los resultados, teoría económica y la revisión de literatura; el apartado 8) contiene las conclusiones; en el apartado 9) se presentan las recomendaciones; consecutivamente, en el apartado 10) se presentó la bibliografía pertinente y, por último, en el apartado 11) se muestran los anexos.

4. Marco teórico

4.1. Antecedentes

En este apartado, es importante señalar una revisión teórica sobre el problema de investigación, la contaminación ambiental producida por las emisiones de gas metano (CH_4) es una complicación que cada vez se ha vuelto más evidente en la sociedad. Con fines de tener una base sólida de la literatura se presentan algunas teorías que indican el surgimiento de problema antes mencionadas.

Seguidamente, se expone las teorías de la contaminación ambiental que se ha convertido en uno de los problemas de mayor impacto en la actualidad. Carnot (1824) afirmaba, es el calor a lo que hay que atribuir los grandes movimientos que caracterizan a la Tierra; a él se le atribuye las conmoviones de la atmosféricas, las lluvias y las corrientes de agua que corren por la superficie terrestre, de las que el hombre utiliza una pequeña parte. Así mismo, Fourier (1824) menciona que las actividades humanas pueden influir en el cambio del clima, basándose en el incremento y establecimiento del progreso de las sociedades humanas, así también como la acción de las fuerzas naturales, pueden ser precursoras de un notable cambio en la temperatura del ambiente.

En otra línea, Tyndall (1859) determinó que la absorción de la radiación por el vapor de agua y por el dióxido de carbono (CO_2) en la atmosfera mantiene un papel muy importante en la explicación de los fenómenos meteorológicos tales como: el enfriamiento nocturno, la escarcha y las heladas en consecuencia la variación del clima. Mientras que, Arthenius (1895) menciona en la Sociedad de Física de Estocolmo que una reducción o un incremento del 40% en la concentración de un comportamiento menor de la atmosfera el dióxido de carbono podría generar retroacciones en el que a su vez podrían explicar el progreso o también el retroceso de los glaciales.

Dicho lo anterior, Keeling (1958) afirmó que mediante las mediciones de concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) encontró que las concentraciones estaban aumentando progresivamente año tras año, siendo el inicio de la problemática del cambio climático antrópico. Por otro lado, Möller (1964) menciona que la atmosfera tiende a restaurar una cierta distribución de la humanidad relativa reacción que se le atribuye al cambio de temperatura: además, explica que los cambios de la húmeda absoluta puede afectar a la absorción de la radiación solar y por tanto, afecta de manera directa a la

superficie terrestre con una mayor cantidad de radiación solar, ratificando la idea de que el aumento de carbono contenido de dióxido es uno de los causantes de este problema.

Luego, Headland (1994) menciona que los problemas ambientales son reconocidos como tales cuando toman un reconocimiento como tal ante la sociedad; además, la posición realista señala la existencia de los problemas ambientales que pueden ser independientes a la percepción social, teniendo un reconocimiento objetivo a las fuerzas causales sobre los sociales. Mientras tanto, Redclift y Woodgate (1994) manifiestan que cuando los daños ambientales se agrupan bajo la categoría de estructuralista esta postura también podría denominarse como determinismo ambiental conceptualizando al ambiente como un elemento estructurador del comportamiento humano.

Así también, Ludevid (1996) analizó la aparición de los riesgos ecológicos globales, tales como el cambio climático que es generado por consecuencia del calentamiento artificial del planeta o la disminución del ozono en las altas capas de la atmósfera; además, que los cambios suscitados serían de carácter sistemático puesto que los cambios que se producen en una parte del planeta pueden afectar a cualquier otro punto de la Tierra. Es así, que Beck (1998) identifica tres tipos de peligros ambientales como: los daños ecológicos condicionados por la riqueza y los peligros técnico industriales, los daños ecológicos condicionados por la pobreza y finalmente los peligros de las armas de destrucción masiva.

Por otra parte, Altieri y Nicholls (2000) mencionan que los cambios ambientales han adquirido una dimensión global; sin embargo, los problemas socioambientales se caracterizan por su especificidad regional y local, ecológica y cultural, económica y política; las estrategias de la globalización y del desarrollo sostenible están siendo definidas sin un diagnóstico suficiente de los problemas ambientales y sin incorporar propuestas alternativas basadas en las prioridades de los países de la región, a esto cabe acotar que gran porcentaje de la contaminación se origina en los cultivos generados en los centros de investigación y desarrollo tecnológico, esta actividad es la precursora de distintos problemas ambientales.

4.2. Revisión empírica

La agricultura desempeña un papel crucial para el crecimiento económico de un país, no solo proporciona alimentos y materias primas, sino también genera oportunidades de empleo; la agricultura es el sustento de muchas familias pero que a su vez es causante de daños ambientales de uno u otra forma por el uso de químicos para los cultivos y la deforestación de los bosques. De esta forma, en esta investigación se plantea realizar una revisión empírica enfocada en las variables principales tomadas en cuenta para llevar a cabo la investigación.

Estudios más recientes como el de Dimitrov y Wang (2019) demuestran que la actividad agrícola puede afectar significativamente a muchos procesos naturales como: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el ciclo de nutrientes, la creación de suelos y el ciclo del agua. En el mismo contexto, Adedovin et al. (2021) muestran que la degradación ambiental se les atribuye a diversas actividades humanas que contribuyen a las emisiones de GEI. De igual manera, Koriea y Lin (2022) manifiestan que las emisiones de gases de efecto invernadero agrícolas (metano y óxido nitroso) contribuyen sustancialmente al calentamiento global, mitigar los impactos del calentamiento global en la humanidad implica reducir el GEI, lo que significaría tener una optimización en la producción de alimentos agrícolas.

Para Zhang et al. (2021) en su investigación basada en el consumo de los hogares, encontraron que, la expansión constante de la globalización económica y crecimiento del comercio internacional, el efecto de atracción del consumo de los hogares sobre las emisiones antropogénicas globales de metano que está relacionada con las actividades de producción con la agricultura se está volviendo cada vez más evidente; además, los resultados obtenidos demuestran que las economías impulsadas por el consumo se les asigna mayores emisiones de metano a largo plazo. Así mismo, un estudio realizado Vechia et al. (2022) en afirman que la actividad agrícola es la mayor fuente de emisiones antropogénicas de metano (81 %), principalmente de las explotaciones ganaderas (lechera y vacunas).

En otro contexto, Rehman et al. (2017) muestran que la producción ganadera es un componente importante de la agricultura que desempeña un papel muy significativo en el desarrollo económico de un país; se considera que este subsector de la agricultura contribuye con aproximadamente con el 56 % del valor agregado en la agricultura y casi

el 11 % del PIB. Sin embargo, Newell et al. (2021) mencionan que los impactos ambientales en el PIB cada vez son más utilizados para explicar los cambios y evolución de los daños en el medio ambiente. Es así, Yang et al. (2022) afirman que las actividades humanas intensivas son las precursoras de que se originen cambios socioeconómicos y, además, el uso de tierras de forma masiva directa e indirectamente a la larga genera la acumulación de metales pesados en los suelos agrícolas.

Por otra parte, Lui et al. (2022) exteriorizan que la prima del seguro agrícola contribuye al PIB agrícola y al ingreso de los agricultores en un 12 %, mientras que el PIB agrícola es más importante para el seguro agrícola, el 85% del crecimiento de las primas de seguros agrícolas es debido al PIB agrícola. De igual manera, Mensah y Surry (2022) encontraron la existencia de una relación positiva entre la producción agrícola por PIB, lo que significa que hay una mayor productividad para la mano de obra disponible que pertenece en el sector agrícola. En otro contexto, Pellegrina (2022) difieren que los shocks de productividad regional en la agricultura se propagan al resto de la economía a través de los vínculos comerciales y migratorios, dando forma a sus efectos agregados sobre el PIB, el bienestar y el empleo agrícola.

Por lo consiguiente, Deng et al, (2022) demuestran que la relación entre los compuestos orgánicos volátiles del metano y las economías mundiales son los principales culpables de la contaminación regional, las emisiones incorporadas en el comercio mundial ascienden al 58% de las emisiones directas totales mundiales; el aumento de la demanda de los consumidores en un mundo cada vez más globalizado se ha convertido en un verdadero desafío poder estabilizar las emisiones del metano derivados del sector agrícola. Por tanto, Arfaoui et al, (2022) argumentan que se debe impulsar la economía circular como una solución factible para abordar los problemas ambientales con la finalidad de generar un sistema social entre lo ecológico y lo económico.

Por su parte, Cao et al. (2022) argumentan que los desechos agrícolas pueden usarse para la producción de nuevos cultivos, dado que contienen altos niveles de materia orgánica que pueden remplazar los abonos inorgánicos, el desarrollo del biocarbón mediante los desechos orgánicos cumple los objetivos de sostenibilidad ambiental, además, su producción es de bajos costos económicos. De la misma manera, Yrjälä et al. (2022) radican sus ideas en que los desechos agrícolas pueden ser una solución de momento para reducir los gases de efecto invernadero para así lograr la neutralidad del carbono, la agricultura cada vez está más relacionada con el estrés instigado al medio ambiente por

ello la inversión en tecnología agrícola es una buena forma de mantener la armonía con la naturaleza.

En otra línea, Xue et ál. (2021) explican que uso extensivo y el reciclaje inadecuado de la película de mantillo agrícola (que es la capa de material aplicada sobre la superficie del suelo, con la finalidad de modificar el clima local), ha causado una progresiva contaminación ambiental. Análogamente, Qu et ál. (2022) determinan que el uso extensivo de los recursos de la tierra y la contaminación ambiental en las áreas rurales constituyen dos problemas que prevalecen en el mundo, siendo aún tema de discusión que si la mejora del grado del uso intensivo del suelo rural puede reducir la contaminación ambiental; es decir, si la contaminación ambiental será inhibida a causa de este problema.

Por su parte, Usted y Zhang (2017) establecen que la producción y el consumo en las regiones rurales deben ser óptimas para contribuir a la sostenibilidad rural; es decir, se debe darse la coexistencia seguridad ecológica, eficiencia económica y equidad social. En esa misma línea, Che y Hu (2021) comprueban que el ecosistema agrícola rural mantiene una influencia importante en el desarrollo de la economía, la sociedad y el entorno ecológico, a través de un estudio usando datos masivos que construye un sistema de gestión ecológica para el agroecosistema. Así mismo, Hu et ál. (2022) proclaman que el deterioro del medio ambiente y bajo bienestar de los agricultores en las zonas rurales han originado un gran desafío para la realización de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

En otra perspectiva, Wang y Zhao (2019) aseveran que el impacto en la salud humana y la producción del sector agrícola no mantienen una relación empática debido a los contaminantes que generan los cultivos. Es así, Sharma et al. (2021) fundamentan que la agricultura y el sistema alimentario emiten una cantidad considerable de GEI; además, determinan que el capital humano tiene un efecto negativo, mientras que el uso de pesticidas tiene un efecto positivo en las emisiones de GEI. En el mismo contexto, Liu et al. (2022) entienden que el entorno ecológico agrícola es la premisa y el fundamento del desarrollo económico, siendo potencial si se combina con una cultura de un mayor grado de educación con fines de tener agricultores profesionales, validándose en que el desarrollo de la económica rural y el entorno ecológico agrícola no está sincronizado.

Mencionado lo anterior, Pindado et al. (2018) interpretan que el agricultor debe volverse más tecnificado para poder competir en la agricultura moderna, determinado que las

características específicas de nuevos agricultores deben estar asociados a una formación y educación integra que la larga garantice mayores oportunidades. Así mismo, Parman (2018) ratifica que la educación mantiene un impacto significativo en la productividad agrícola moderna, encontrando que los centros educativos contribuyen sustancialmente a la productividad agrícola tecnificada. Simultáneamente, Yang et al. (2022) señalan que una mejora en la infraestructura agrícola y el capital humano contribuyen positivamente a la eficiencia agrícola.

Finalmente, es transcendental mencionar la brecha que existe dentro de la investigación, en el contexto ecuatoriano no se han realizado estudios sobre la contaminación por gas metano asociado a la producción agrícola, periodo 1980-2018; es por ello, la importancia del problema que radica en generar estudios que aporten sostenibilidad ambiental a través de la creación de políticas verdes que garanticen el bienestar de la sociedad. Tomando los criterios contextuales como social y de oportunidad de mejora es importante enfocarse en un horizonte de bienestar, que garantice la sostenibilidad tanto económica, social y ambiental. Para estos fines, es imprescindible la reducción de las emisiones de contaminantes al medio ambiente, así como la disminución del consumo de recursos naturales, de acuerdo con Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD).

5. Metodología

5.1. Tratamiento de datos

Los datos han sido tomados del World Development Indicators del Banco Mundial (BM, 2022). Las variables que se va a emplear para el desarrollo de la presente investigación usando series de tiempo son emisiones de gas metano como variable dependiente y la agricultura con el valor agregado como variable independiente y por último agregamos 3 variables de control tales como índice de producción animal, índice de cosecha y tierras agrícolas, tal como podemos observar en la Tabla 1. Los datos están comprendidos entre el periodo de 1980-2018, para Ecuador.

Tabla 1.

Descripción de variables

Variable	Símbolo	Unidad de medida	Descripción
<u>Dependiente</u> Emisiones agrícolas de gas metano	IEa	Medida en toneladas métricas equivalente de CO2	Emisiones de metano procedentes de la actividad agrícola son emisiones originadas por animales, desechos animales, producción de arroz, quema de residuos agrícolas (no energéticos, in situ) y quema de sabanas.
<u>Independiente</u> Agricultura, valor agregado	IAg	US\$ precios constantes	La agricultura corresponde a las divisiones 1-5 de la CIIU e incluye la silvicultura, la caza y la pesca, además del cultivo de cosechas y la cría de animales. El valor agregado es la producción neta de un sector después de sumar todos los productos y restar los insumos intermedios.
<u>Control</u> Índice de producción animal	IIP	Índice	El índice de la producción animal incluye carne y leche de todos los orígenes, productos lácteos como el queso, y huevos, miel, seda cruda, lana, cueros y pieles.
Índice de cosecha	IIC	Índice	El índice de cosecha indica la producción agrícola de cada año en relación con el período base 2004-2006. Incluye todos los cultivos excepto los forrajeros.
Tierras agrícolas	ITA	kilómetros cuadrados	Se denomina tierra agrícola a la porción del área de tierra cultivable, afectada a cultivo permanente y a pradera permanente.

Nota: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2022).

En la Tabla 2 se observan los estadísticos descriptivos de las variables empleadas para la presente investigación en curso, se describe la media, desviación estándar, el valor mínimo y máximo, y la cantidad de observaciones presente en cada variable. Cabe acotar, que es importante medir la desviación estándar de la información estadística utilizadas con el fin de conocer el grado de dispersión presente en los datos. Consecuentemente, se observa que las variables son categóricas con 39 observaciones cada variable. Por lo consiguiente, se evidencia que las dos variables principales como las emisiones agrícolas de gas metano presenta una media de 8873.23 que en si remite la idea de que actividad agrícola en Ecuador está produciendo grandes cantidades de CH₄, el valor agregado de la agricultura presenta una media de 22,23 es importante explicar que el crecimiento económico se ve influenciado por la productividad que en materia agrícola se desarrolla de manera estatal vía oferta de producción y exportaciones agrícolas.

Las variables explicativas como el crecimiento del PIB per cápita presenta una media de 0.33 en lo cual revela según el Banco Mundial que la economía ecuatoriana se mantiene un crecimiento constante con breves fluctuaciones en periodos anteriores. La población rural presenta una media de 15.43 lo que es evidente que la producción agrícola esta principalmente forjada en el núcleo de las familias campesinas quienes aportan con la mayor cantidad productos agrícolas para satisfacer la demanda de alimentos existente en la sociedad. El índice de producción animal presenta una media de 4.18 siendo que hay una gran demanda de alimentos derivados de los animales que cada vez se mayores proporciones por el aumento de la población.

Seguidamente, la importación de materias primas presenta una media de 0.54 en Ecuador la poca agricultura que se encuentra tecnificada mantiene niveles estándares de gastos en maquinaria ya sea porque no cuentan con el capital suficiente para adquirir materias primas para el proceso de los cultivos. El índice de cosecha presenta una media de 4.30 y finalmente las tierras agrícolas presentan una media de 11.19 lo que implica que cada vez se están explotando mayores extensiones de bosques destinados para la actividad agrícola o ganadera en mayores escalas lo que en consecuencia estaría provocando ascendentes niveles de contaminación.

Tabla 2.*Estadísticos descriptivos*

Variable	Observaciones	Media	Desviación Estándar	Mínimos	Máximos
Emisiones agrícolas de gas metano (log)	39	8873.23	1769.58	5286	11130
Agricultura, valor agregado (log)	39	22.23	0.41	21.76	22.99
Índice de producción animal	39	4.18	0.35	3.40	4.68
Índice de cosecha	39	4.30	0.27	3.68	4.68
Tierras agrícolas (log)	39	11.19	0.11	10.90	11.30

5.2. Estrategia econométrica

Objetivo específico 1.

Analizar la evolución y correlación entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

En esta primera parte se analiza la evolución de las variables de estudio agricultura con el valor agregado y la contaminación ambiental de emisiones de gas metano, por ende, se utiliza gráficos de evolución. Además, se verifica la correlación para determinar el nivel de asociación entre las variables antes mencionadas. Dichas pruebas econométricas se las divide en dos fases: evolución y correlación de la contaminación ambiental de las emisiones de gas metano a nivel de Ecuador y la agricultura con el valor agregado, periodo 1980-2018.

Para llevar a cabo el procedimiento econométrico mencionado, se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson (1986) que mide la relación estadística entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra representado adecuadamente. El coeficiente de correlación puede tomar un rango de valores de +1 a -1. Si se obtiene un valor de 0 de correlación entre las emisiones de gas metano y el valor agregado de la agricultura indica que no hay asociación entre las dos variables.

Un valor mayor que 0 indica una asociación positiva, es decir, que a medida que aumente el valor agregado de la agricultura medido a través de la producción agrícola también lo hará las emisiones de gas metano; un valor menor que 0 indica una asociación negativa, es decir, que a medida que aumenta el valor de la variable del valor agregado de la agricultura medido a través de la producción agrícola las emisiones del gas metano serán en menores proporciones. En la ecuación (1) el coeficiente de correlación de Pearson se identifica que “x” es igual a la variable número uno, “y” pertenece a la variable número dos, “zx” es la desviación estándar de la variable uno, “zy” es la desviación estándar de la variable dos y “N” es el número de datos.

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N} \quad (1)$$

Objetivo específico 2.

Estimar la relación de equilibrio a largo plazo entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

Dentro de la segunda parte de la investigación se estima la relación a largo plazo de la variable dependiente emisiones de gas metano y la variable independiente agricultura a través de los modelos autorregresivos vectoriales (VAR), dicho modelo será de utilidad para modelizar las series temporales que ocupamos, en contexto multivariantes donde hay dependencia dinámica entre distintas series. En primera instancia, es necesario especificar algunas pruebas econométricas que nos indicaran si existe problemas previos a la estimación del modelo VAR.

A través de la prueba de raíz unitarias y mediante la prueba de Dickey-Fuller (1979), con la finalidad de verificar si las variables teóricas y de control, presentan una tendencia y con ello saber si son o no estacionarias, mediante la aplicación de estos test, se prueba la hipótesis nula de que existe el problema de raíz unitaria en la serie; es decir, que las variables no son estacionarias y por ello es necesario diferenciar las variables para estacionalizar la serie y con ello poder comprobar cointegración. La hipótesis para verificar la existencia de raíz unitaria es la siguiente:

$$H_0 = \text{Existe raíz unitaria}$$

$$H_1 = \text{No existe raíz unitaria}$$

Posteriormente, se aplica el modelo de rezagos basado en el criterio de Hannan - Quinn (HQ) y Akaike (AIC) que es una medida de bondad de ajuste de un modelo estadístico, y frecuentemente se utiliza como un criterio para seleccionar el modelo entre un conjunto finito de modelos. Es decir, cuya finalidad se centra en conocer el máximo de rezagos que se puede presentar en la función. No se basa en la función de log-verosimilitud (LLF), y más relacionado con el criterio de información de Akaike. El modelo de Hannan - Quinn (HQ) viene definido por la ecuación (2). En donde n es el número de observaciones, k es el número de parámetros del modelo y RSS es la suma residual de cuadrados que resultan del modelo estadístico. Dados dos modelos estimados, el modelo con el menor valor de HQC es preferido; un menor HQC implica un número menor de variables explicativas, mejor ajuste, o ambas cosas.

$$HQC = n \times \ln \frac{RSS}{n} + 2 \times k \times \ln (\ln n) \quad (2)$$

Consecuentemente, se realiza la prueba de cointegración de Johansen, la cual analiza la cointegración de las variables a través del test de Johansen (1988). Siendo una alternativa a los procedimientos de evaluación de raíz unitaria y de cointegración, con base en dicho método es posible probar tanto el orden de integración de un conjunto de variables, como la existencia de cointegración entre las mismas. La prueba de cointegración de Johansen viene definida por la ecuación (3).

$$\Delta X_t = \pi_0 + \pi_1 t + \pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \pi_i \Delta X + v_t \quad (3)$$

Finalmente, se emplea el modelo VAR que es a largo plazo para poder modelizar las series de tiempo entre las variables de estudio. Con una especificación de un solo rezago, se describe en la ecuación (4).

$$Y_t = u + A_1 Y_{t-1} + V_t \quad (4)$$

Ahora transformamos el modelo restando Y_{t-1} de los dos lados, se describe en la ecuación (5).

$$Y_t - Y_{t-1} = u + A_t Y_{t-1} - Y_{t-1} + V_t \quad (5)$$

Los modelos VAR constituyen una extensión directa de los modelos autorregresivos univariantes cuando se tiene más de una serie temporal y que se tiene como objetivo captar las dependencias dinámicas que puedan existir entre las series. En los modelos VEC el objetivo es intentar establecer un marco único en el que se integran tanto las

relaciones a largo plazo estacionarias junto con las dependencias dinámicas de corto plazo captadas a través de modelos VAR. El modelo VAR viene definido por la ecuación (6) y (7).

$$Ea_{1t} = lAg_{10} + lAg_{11}Y_{1t-1} + lAg_{12}Y_{2t-1} + \mu_{1t} \quad (6)$$

$$Ea_{2t} = lAg_{20} + lAg_{21}Y_{1t-1} + lAg_{22}Y_{2t-1} + \mu_{2t} \quad (7)$$

Objetivo específico 3.

Determinar la existencia de causalidad entre la agricultura y la contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

Dentro de la tercera parte para el cumplimiento del tercer objetivo se determinará la existencia de causalidad de Granger entre las dos variables agricultura y emisiones de gas metano. La existencia de una correlación entre dos variables no implica causalidad, es decir que una variable se correlacione con otra no implica siempre que una de ellas sea la causa de las alteraciones en los valores de otra. Con los rezagos (m,n,q y r) que se estime “razonablemente” convenientes (normalmente de 3-5. Al final se propondrá un test de ayuda). Se pueden hacer dos contrastes, el más fácil es pasar el test de que todas las, en la ecuación (10), sean conjuntamente = 0 y las, en la ecuación (11).

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n Y_j Y_{t-j} + U_t \quad (8)$$

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^q b_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^r c_j X_{t-j} + v_t \quad (9)$$

6. Resultados

6.1. Objetivo específico 1

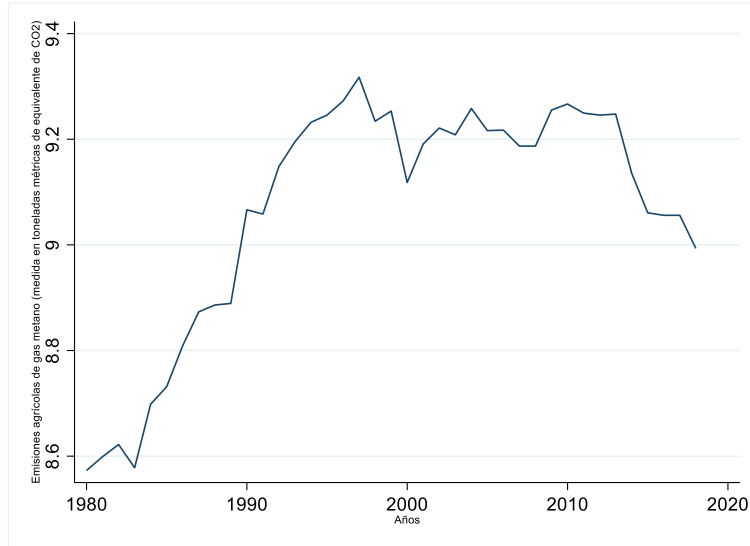
Analizar la evolución y correlación entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018

Para dar respuesta al primer objetivo específico en primera instancia se ha procedido a realizar un análisis de evolución y correlación de las variables de la agricultura y la contaminación ambiental, de acuerdo al Banco Mundial (2022) considera que la disminución de la biodiversidad, así como los servicios ecosistémicos a nivel mundial es un problema de desarrollo en especial en las economías particularmente en los países de ingresos bajos, no pueden permitir que los servicios proporcionados por la naturaleza colapsen. El Banco Mundial asegura que de continuar los impactos negativos medioambientales en especial en los países de ingreso bajo y mediano bajo, la caída del PIB en 2030 podría ser superiores al 10%.

En la Figura 1 se aprecia la evolución del promedio anual de las emisiones agrícolas de gas metano para Ecuador durante el periodo 1980-2018, se evidencia que las emisiones agrícolas han mantenido una tendencia creciente alcanzando su punto máximo en 1997 en donde se produjo 9.30 toneladas de métricas de equivalente de CO_2 de emisiones de gas metano CH_4 , posteriormente en el año 2000 se generó un punto menor de contaminación de aproximadamente 9.10 toneladas de métricas de equivalente de CO_2 , continuamente hasta el año 2014 se han generado puntos de una fluctuaciones parciales crecientes y decrecientes, a partir del año 2014 hasta el año 2018 se ha producido un declive en la producción de las emisiones de gas metano.

Figura 1.

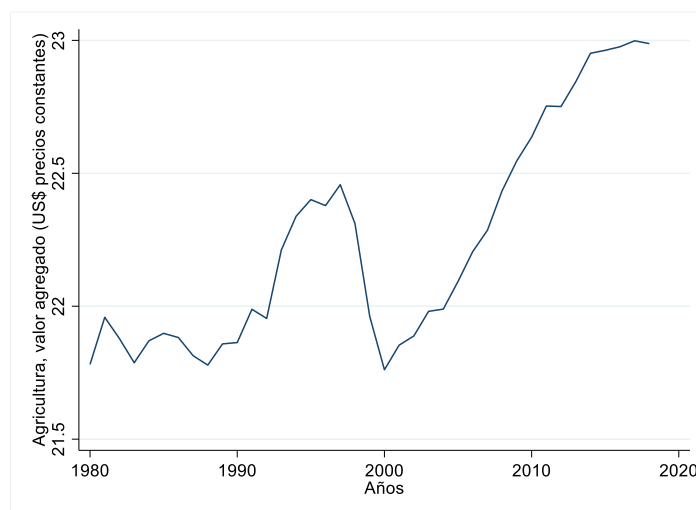
Evolución de las emisiones agrícolas de gas metano (medida en toneladas métricas de equivalente de CO2) para Ecuador, periodo 1980-2018



La Figura 2 muestra la evolución de la agricultura mediada a través del valor agregado para Ecuador, periodo 1980-2018, en donde se evidencia que a partir del año 1980 el valor agregado de la agricultura ha ido en crecimiento con la presencia de pequeñas fluctuaciones, uno de los puntos más alto de que fue en el año 1997 en donde el valor agregado de la agricultura fue de 22,45 millones de dólares (US\$ a precios actuales), a partir del año 1997, de manera más notoria para el año 2000 se identifica un declive del valor agregado de la agricultura con un valor de 21,76 millones de dólares (US\$ a precios actuales), acción que se le atribuye a la disminución del consumo interno de los productos agrícolas. Continuamente se puede identificar que a partir de año 2000 el valor agregado de la agricultura ha ido en un crecimiento constante siendo que el año 2018 obtuvo un valor de 22.98 millones de dólares (US\$ a precios actuales).

Figura 2.

Evolución de la agricultura, valor agregado (US\$ precios constantes) para Ecuador, período 1980-2018

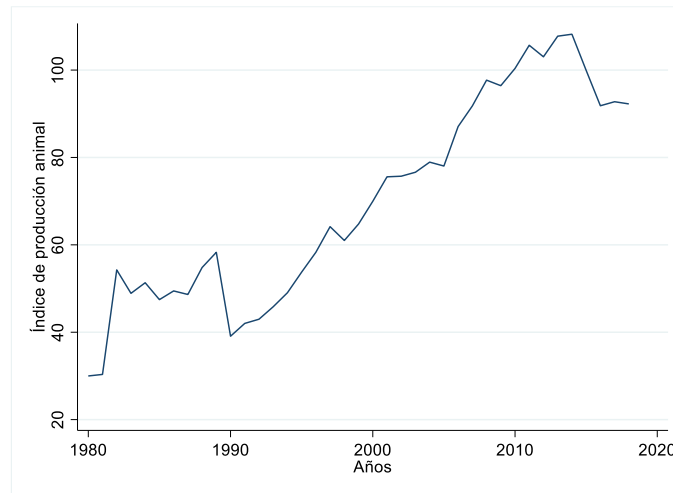


La Figura 3 demuestra la evolución de la producción animal en Ecuador, periodo 1980-2018, en donde se puede evidencia que a lo largo del tiempo ha tenido un a pendiente creciente. A partir de 1980 la producción animal presenta un crecimiento paulatinamente constante sin embargo en el año 1990 presenta una caída pronunciada de la crianza de los animales que fueron afectados por enfermedades de temporada que por su rápida propagación no se pudo controlar a tiempo, posteriormente a partir del año 1991 la producción animal se incrementa de manera rápida dado que la demanda de leche, carne y huevos fue más fue mayor llegando al punto máximo de producción en el año 2014 en donde el índice de producción animal fue de 108.210.

Es importante destacar que el sector que más contribuye a la producción animal es el sector ganadero y el avícola: al hablar del sector ganadero se destaca con amplia ventaja el ganado vacuno con 4.3 millones de cabezas a nivel nacional, de esta cifra el 22.0% se encuentra en la provincia de Manabí, a nivel nacional predomina la raza Mestiza. Por su parte en el sector avícola se registran: 9.8 millones de gallinas ponedoras con una producción semanal de 81.3 millones de huevos, 23.5 millones de pollos de engorde, estas aves de planteles se crían principalmente en la región Sierra.

Figura 3.

Evolución del índice de producción animal para Ecuador, período 1980-2018

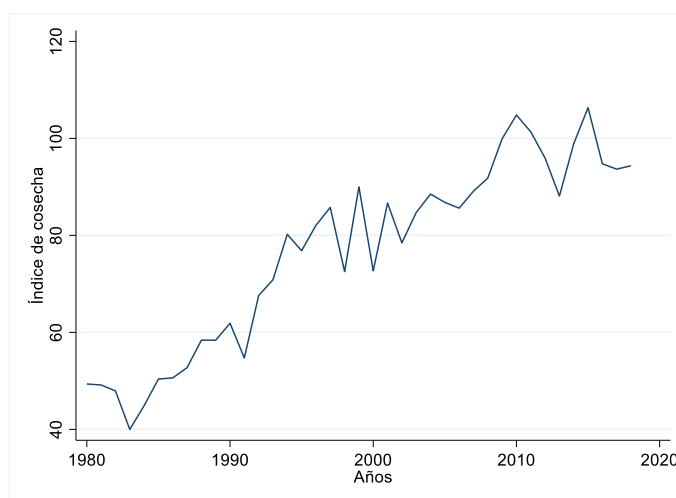


En la Figura 4 se muestra la evolución del índice de cosecha para Ecuador, periodo 1980-2018, es evidente que a partir del año 1980 la cosecha de la producción agrícola han ido en un constante crecimiento dado que Ecuador al ser un país en vías de desarrollo su principal eje de que fluctúa su economía está basado gran parte en el sector agrario. Históricamente Ecuador presenta como primer producto comercial al cacao, en donde a una mayor expansión de este cultivo significo un mayor índice de cosecha, en diferentes ocasiones este tipo de comercio de cacao se ha visto afectado por políticas, económicas y sociales que se han implementado con el fin de aportar positivamente al país: pero al no haber sido bien estructuradas han generado caos.

Dentro del mismo contexto, el sector agrario se ha expandido de manera trascendental a partir del año 2000 generando una mayor expectativa de crecimiento en el año 2011 en donde la gran cantidad de cultivos genero un índice de cosecha de 101.360 en este año a través de la implementación de políticas públicas estatales como el aseguramiento agrícola, se pudo evidenciar que el PIB agropecuario tuvo un crecimiento del 8%. Sin embargo, en el año 2012 se presenta una caída del sector agrícola a causa del fenómeno de La Niña en donde la producción agrícola fue minima teniendo así una índice cosecha de 95.

Figura 4.

Evolución del índice de cosecha para Ecuador, período 1980-2018

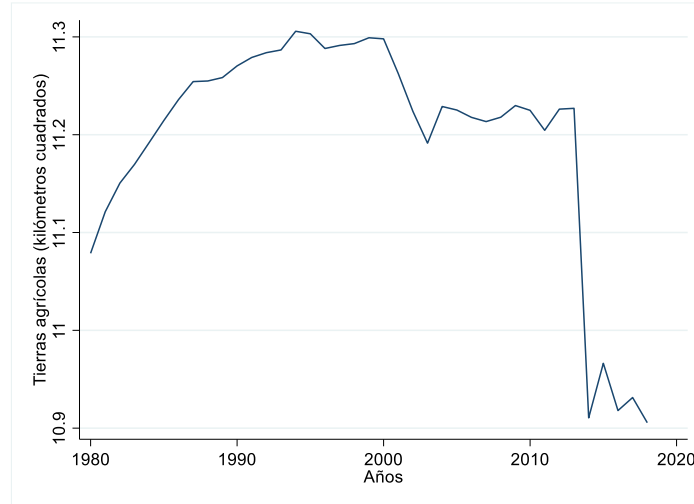


En la Figura 5 se demuestra la evolución del uso de las tierras agrícolas para Ecuador, periodo 1980-2018, desde el año 1980 es más que evidente que la explotación de nuevos terrenos para la agricultura es de manera intensiva. Así, encontramos las siguientes categorías, según su uso: cultivos permanentes, cultivos transitorios, barbecho, descanso, pastos cultivados, pastos naturales, montes y bosques, páramos y otros usos. en el año 2018 la superficie total nacional fue de 125 000 kilómetros cuadrados, presentando un crecimiento del 1.3% respecto a la superficie total del año 2017. La superficie de labor agropecuaria es la cantidad de tierra que se destina a sembríos y labores agrícolas y pecuarias, en el 2018 la superficie fue de 52 000 kilómetros cuadrados, para agregar esta categoría es necesario sumar los valores de las superficies de cultivos permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales

Según las estadísticas del INEC (2018), el área destinada a cultivos permanentes fue de 14 000 kilómetros cuadrados, presentado un crecimiento del 0.2% con relación al año anterior. La región Costa concentra la mayor superficie con un 71.8%, seguida de la Sierra con 17.5% y la Amazonía con el 10.6%. En cuanto a los cultivos transitorios. Además, cabe acotar que la superficie en el 2020 fue de 8 225 000 kilómetros cuadrados, presentando una variación positiva del 6.9% con relación al 2017. La región Costa cuenta con el 66.7% de la superficie total, seguida de la Sierra con el 28.9% y la Amazonía con el 4.4%. Los pastos cultivados en el año 2018 ocupan una superficie nacional de 21 000 kilómetros cuadrados registrando un incremento del 4.1% con respecto al año anterior. La región Costa concentra el 54.4%, la Sierra el 26.6% y la Amazonía el 19.0%.

Figura 5.

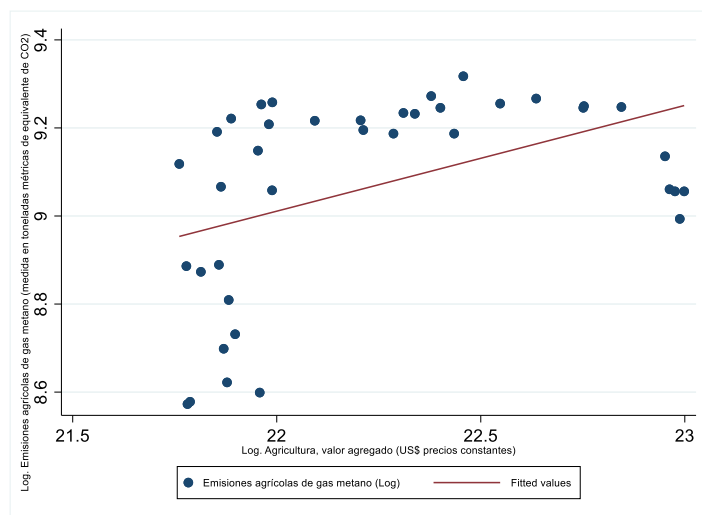
Evolución de las tierras agrícolas (kilómetros cuadrados) para Ecuador, período 1980-2018



La Figura 6 representa el diagrama de dispersión entre las emisiones de gas metano y el valor agregado de la agricultura para Ecuador, periodo 1980-2018. Se puede demostrar que existe una correlación fuertemente positiva entre las variables dado que los datos se encuentran cerca de la línea de tendencia; por tanto, esto nos indica que a medida que se incrementa la producción agrícola también se incrementa las emisiones de gas metano. La agricultura moderna es responsable del vertido de grandes cantidades de agroquímicos, materia orgánica, sedimentos y sales en los cuerpos de agua en consecuencia se es evidente que la agricultura es el mayor productor de aguas residuales, por volumen, y el ganado genera muchas más excreciones que los humanos. A medida que se ha intensificado el uso de la tierra, los países han aumentado enormemente el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros insumos.

Figura 6.

Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano (medida en toneladas métricas de equivalente de CO₂) y la agricultura, valor agregado (US\$ precios constantes) para Ecuador, período 1980-2018

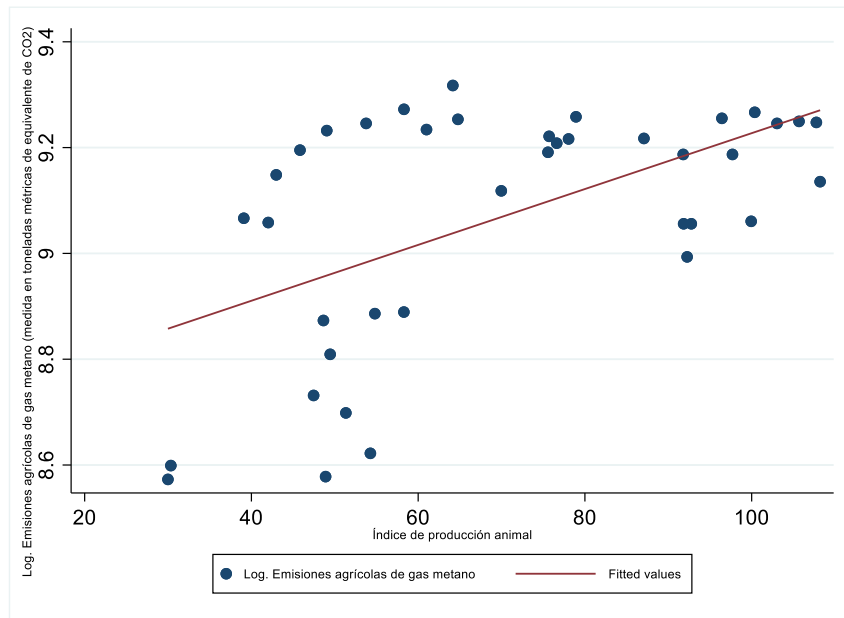


La Figura 7 representa el diagrama de dispersión entre las emisiones de gas metano y el índice de producción animal para Ecuador, periodo 1980-2018. Se evidencia una relación positiva entre las dos variables de estudio por tanto Los contaminantes agrícolas más preocupantes para la salud humana son los patógenos del ganado, plaguicidas, nitratos en las aguas subterráneas, oligoelementos metálicos y los contaminantes emergentes, incluidos los antibióticos y los genes resistentes a los antibióticos excretados por el ganado.

Los impactos de la ganadería en detrimento y contaminación del agua son sustanciales; estos impactos deben verse desde una perspectiva de cadena que va desde la producción de insumos y pastos para la alimentación animal hasta la transformación de productos animales. Se parte de que el agua es un elemento indispensable e insustituible para la supervivencia de los animales y que tiene un efecto radical en los niveles de producción. La agricultura emplea 70% del agua, contribuye con 90% a su contaminación en el ámbito global y el reto es mantener la seguridad alimentaria y mitigar la pobreza, sin deteriorar aún más los recursos hídricos y los ecosistemas. La contaminación generada por la ganadería en las diferentes etapas de la cadena productiva

Figura 7.

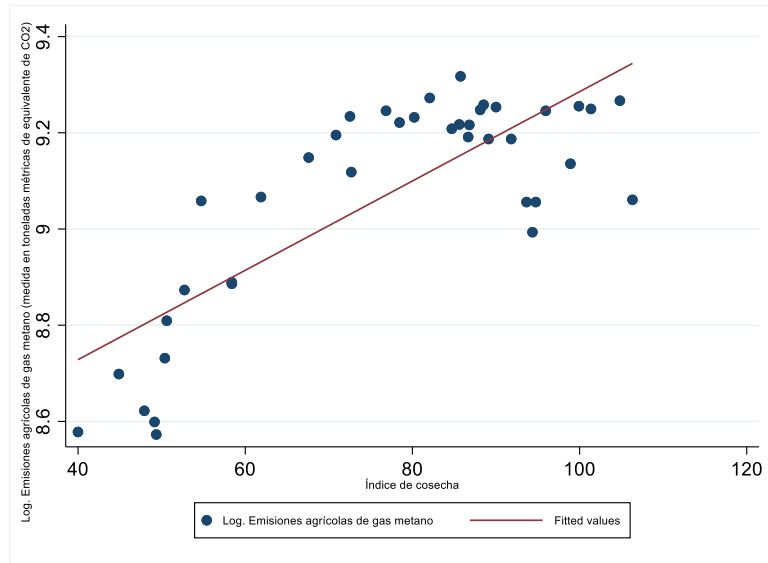
Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano (medida en toneladas métricas de equivalente de CO₂) y el índice de producción animal para Ecuador, período 1980-2018



La Figura 8 representa el diagrama de dispersión entre las emisiones de gas metano y el índice de cosecha para Ecuador, periodo 1980-2018. Es evidente que se puede conceptualizar una relación positiva entre las dos variables puesto que a pesar de no ser a priori evidente breves rasgos la contaminación por la cosecha de los productos agrícolas es de gran magnitud. Los impactos de la agricultura industrial son devastadores para el medio ambiente y las comunidades humanas; la agricultura y ganadería intensivas provocan la degradación de los suelos, el uso masivo de tóxicos, el acaparamiento de tierras y el consecuente desplazamiento de comunidades, entre otros impactos. Es importante destacar que mediante el proceso de cosecha del arroz la quema de la paja del mismo es una práctica tradicional con graves consecuencias sobre el medio ambiente. Científicos de todo el mundo aseguran que la combustión de este residuo agrícola genera grandes cantidades de CO₂ y CH₄ y, por tanto, altos niveles de contaminación.

Figura 8.

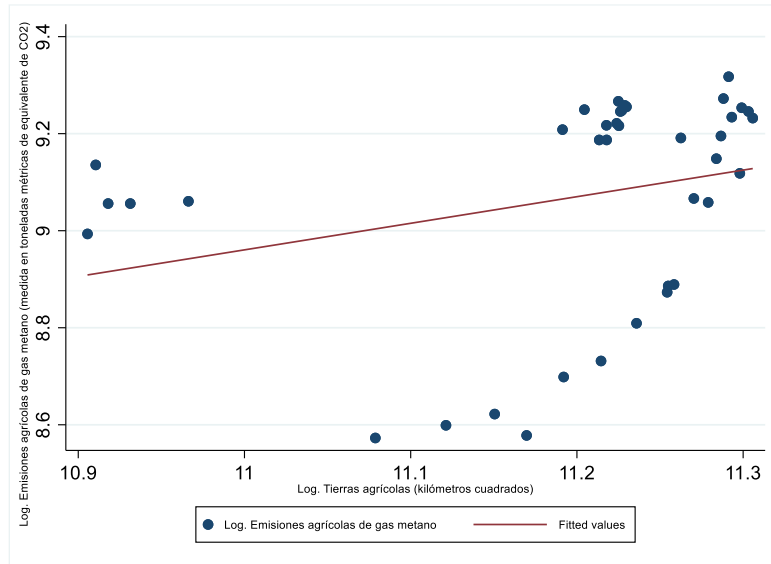
Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano (medida en toneladas métricas de equivalente de CO₂) y el índice de cosecha para Ecuador, período 1980-2018



La Figura 7 representa el diagrama de dispersión entre las emisiones de gas metano y el uso de tierras agrícolas para Ecuador, periodo 1980-2018. Se evidencia una relación positiva entre estas dos variables dado que el uso intensivo de nuevas tierras agrícolas aporta a grandes cantidades de contaminación al medio ambiente; una explotación agraria es una unidad económica de producción agrícola sometida a una gerencia única. Comprende todo el ganado contenido en ella y toda la tierra dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria, independientemente del tamaño, título o forma jurídica.

Figura 9.

Correlación entre las emisiones agrícolas de gas metano (medida en toneladas métricas de equivalente de CO₂) y las tierras agrícolas (kilómetros cuadrados) para Ecuador, período 1980-2018



6.2. Objetivo específico 2

Estimar la relación de equilibrio a largo plazo entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

6.2.1. Pruebas de raíces unitarias

Los resultados de las pruebas previas de diagnóstico con sus respectivas explicaciones, se muestran en el Anexo 1 y 2, que permite identificar que el modelo no presenta problemas de multicolinealidad y de no estabilidad. En primera instancia como previo requisito es importante conocer el orden que se integran las variables; por tanto, la Tabla 3, muestra las pruebas de raíces unitarias, en base a la prueba de Dickey – Fuller (1979) el cual permitió demostrar que el modelo presenta problemas de raíz unitaria. Sin embargo, con la finalidad de corregir este problema se aplicó una segunda diferenciación, la tabla muestra los resultados de la prueba de raíz unitaria de las variables en estudio, la evidencia encontrada sugiere un orden de integración I (2) ya que los valores críticos tanto del 1%, 5% y 10% son menores en valores absolutos al estadístico de prueba; por ende, se diferencié dos veces con la finalidad de eliminar el efecto tendencial.

Tabla 3.*Prueba de Dickey-Fuller para Ecuador, durante el periodo 1980-2018*

Variables	Estadística de prueba	Niveles			Estadística de prueba	Segunda Diferencia			I(q)
		1% Valor critico	5% Valor critico	10% Valor critico		1% Valor critico	5% Valor critico	10% Valor critico	
Log. Emisiones agrícolas de gas metano	-2.424	-3.662	-2.964	-2.614	-12.772	-2.642	-1.950	-1.604	-2
Log. Agricultura	-0.153	-3.662	-2.964	-2.614	-8.121	-2.642	-1.950	-1.604	-2
Índice de producción animal	-1.454	-3.662	-2.964	-2.614	-12.630	-2.642	-1.950	-1.604	-2
Índice de cosecha	-1.458	-3.662	-2.964	-2.614	-9.923	-2.641	-1.950	-1.605	-2
Log. Tierras agrícolas	-0.608	-3.662	-2.964	-2.614	-11.972	-2.642	-1.950	-1.604	-2

6.2.2. Relación a largo plazo entre las variables

Luego de corregir el efecto tendencial y para estimar el modelo VAR, es necesario establecer la longitud optima de rezagos entre las variables para ellos se realizó la prueba de rezagos: el Error de Predicción Final (FPE), Criterio de Información de Akaike (AIC), Criterio de Información Bayesiano de Schwarz (SBIC) y el Criterio de Hannan y Quinn (HQIC) para saber cuántos rezagos se deben tomar y luego poder realizar la prueba de cointegración de Johansen. El test de cointegración de Johansen (1988) permite determinar la presencia o no de cointegración tanto a largo plazo. La Tabla 4 muestra que debe considerar un vector de cointegración al 5% (15.5746) de acuerdo al valor de prueba de traza.

Tabla 4.*Test de cointegración de Johansen para Ecuador, durante el periodo 1980-2018*

Máximo Rank	Parms	LL	Valor propio	Prueba de traza	5% Valor critico
0	25	-82.280.491	.	861.619	59.46

1	34	-59.193.016	0.71291	399.869	39.89
2	41	-46.986.841	0.48304	15.5746*	24.31
3	46	-42.028.427	0.23511	56.577	12.53
4	49	-39.713.047	0.11764	10.270	3.84
5	50	-3.919.956	0.02737		

Continuamente, se efectúa el modelo VAR para identificar si existe relación a largo plazo. En la Tabla 5, se puede observar que los valores del $P > \chi^2$ son menores a la probabilidad del 5%, lo que significa que existe una fuerte relación a largo plazo entre las emisiones agrícolas de gas metano, agricultura, índice producción, índice de cosecha y tierras agrícolas puesto que sus valores son estadísticamente significativos. El modelo presenta un total de 11 parámetros, el error cuadrático medio (RMSE) mide la cantidad de error que se presenta entre dos conjuntos de datos, es decir, compara un valor predicho y un observado de las variables, el R-se mide la variación entre la variable dependiente e independiente, en este caso las emisiones agrícolas de gas metano y la agricultura.

A lo expuesto anteriormente, también es importante mencionar que al interrelacionar la evolución de las ventajas comparativas y la volatilidad del precio del petróleo se observa que el desarrollo de la masa productiva del país, se sustenta en la importación de productos, bienes o servicios, que dentro de la producción nacional son comercializados o transformados en bienes y servicios, lo que refleja la necesidad de innovar la gestión de la matriz productiva, incursionando en distintas plazas que generen valor agregado y permitan la sustitución selectiva de importaciones por producción nacional.

Finalmente, se plante los modelos VAR que constituyen una extensión directa de los modelos autorregresivos univariantes cuando se tiene más de una serie temporal y que se tiene como objetivo captar las dependencias dinámicas que puedan existir entre las series. En la Tabla 5 se aprecia que en el Ecuador a través de los datos obtenidos en los modelos autorregresivos VAR, existe una relación a largo plazo entre la producción agrícola y la contaminación que de forma persistente se afianza en el entorno social. El sector agropecuario se basa principalmente en la producción y distribución tanto de cultivos como productos de ganado; es decir alimenta la comercialización de un país especialmente en aquellos en vías de desarrollo siendo capaz de hacer crecer la economía, pero a su vez causando daños al ambiente y un largo lapso son más evidentes.

Durante el periodo del 2011 se suscitó una inestabilidad el sector agropecuario según lo manifestado por Apolo y Bermeo (2019), a través de la implementación de políticas públicas estatales como el aseguramiento agrícola, se pudo evidenciar que el PIB agropecuario tuvo un crecimiento del 8%. En 2012 el sector agropecuario se ve afectado por el fenómeno de La Niña la cual se caracteriza por precipitaciones de lluvia sobre los cultivos, lo que generó que el crecimiento fue del 0%, traduciéndose en pérdidas para el sector agrícola y la producción pecuaria, En el lapso del 2013 y 2015 se pudo constatar un crecimiento del PIB del 6,6%, gracias a la transferencia de tecnología, el mejoramiento de las semillas, la facilidad para acceder a créditos y la intermediación comercial que se redujo.

Tabla 5.

Resultados de la estimación del modelo VAR para Ecuador, durante el periodo 1980-2018

Ecuación	Parms	RMSE	R-sq	chi2	P>chi2
(2) Log. Emisiones agrícolas de gas metano	11	.054954	0.7245	9.205.299	0.0000
(2) Log. Agricultura	11	.113318	0.3664	2.024.073	0.0271
(2) Índice de producción animal	11	551.749	0.6119	551.727	0.0000
(2) Índice de cosecha	11	658.453	0.4812	3.246.247	0.0003
(2) Log. Tierras agrícolas	11	.066568	0.6028	5.311.171	0.0000

6.3. Objetivo específico 3

Determinar la existencia de causalidad entre la agricultura y la contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

Posteriormente, para dar cumplimiento al último objetivo específico, luego de estimar la relación a largo plazo, se procedió a realizar la prueba de causalidad de Granger (1987) con la finalidad de verificar la dirección de causalidad tanto unidireccional como bidireccional entre las variables dependiente, independiente y de control. Previamente, a la realización del modelo de causalidad, se ejecutó las pruebas de estabilidad, véase en

anexo 3 y 4. En la Tabla 6 se muestran los resultados siguiendo el criterio de que $P > \chi^2$ sea menor al 5%, no siendo así, se anula la existencia de causalidad. Se observa que existe causalidad bidireccional entre el las emisiones agrícolas de gas metano y la agricultura.

La relación de causalidad encontrada entre contaminación y el índice de producción animal es bidireccional, manteniendo alta probabilidad que la mayor parte del daño ambiental proviene de los animales, principalmente durante el proceso de fermentación entérica el cual es el proceso de fermentación que es causado por microbios en el sistema digestivo de los animales dando como resultado la generación de gas metano; el mayor emisor de este gas es el ganado bovino seguido de los caballo, ovejas y cerdos.

Para satisfacer las necesidades de la creciente población, es evidente que la demanda de productos animal (carne, leche y huevos) aumenta a un ritmo más rápido que la demanda de productos agrícolas es, por tanto, que la causalidad entre contaminación y producción animal es persistente. Es así, que el principal impulsor de los impactos ambientales a causa de los animales es la ineficiencia de la producción, es decir, la ineficiencia de la producción está estrechamente relacionada con el rendimiento animal, la tasa de reproducción y la tasa de remplazo de los mismos.

Es así, que la producción ganadera representa gran significancia en la generación de gas metano a través de la fermentación intestinal y la putrefacción de los excrementos. A medida que aumente el número de cabezas de ganado y que la producción pecuaria se haga cada vez más industrial, se prevé un aumento del estiércol. Las emisiones de metano procedentes del ganado aumentarán probablemente en la misma proporción. Es decir, las dimensiones de la demanda de productos de origen animal serán mayor a mediada que también se incremente la población.

Por otra parte, la causalidad entre la contaminación de metano y el índice de cosecha no se encuentra en una asociación radical o directa a razón de que las activades de recolección de los cultivos son comúnmente durante ciertas épocas del año en las cuales por lo general se no se emplea maquinaria o tecnología que produzca CH_4 , durante el proceso de recolección de los productos agrícolas. Cabe destacar que más del 64% de la producción agrícola nacional se encuentra en manos de pequeños productores que no cuentan con la tecnificación agraria los suficiente como para generar contaminación de gas metano que aporten a las emisiones de GEI globales.

Finalmente, el análisis de causalidad entre la contaminación por gas metano y las tierras agrícolas no mantienen una correspondencia que indique que este causado emisiones de metano puesto que, en la estructura agraria ecuatoriana prevalece la división entre la Agricultura Empresarial (AE) y la Agricultura Familiar Campesina (AFC). Es importante destacar que agricultura empresaria agrupa el 80% de la tierra en un 15% de las Unidades de Producción Agrícola (UPAs); mientras tanto la agricultura familiar representa el 84,5% de las UPAs con una concentración del 20% de la tierra su producción agrícola principalmente está enfocada en satisfacer sus necesidades básicas.

Tabla 6.

Resultado de la prueba de causalidad de Granger para Ecuador, durante el periodo 1980-2018

Ecuación	Excluido	chi2	Prob>chi2
Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	\leftrightarrow Δ Log. Agricultura	14.09	0.001
Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	\leftrightarrow Δ Índice de producción animal	10.324	0.006
Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	Δ Índice de cosecha	1.687	0.430
Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	Δ Tierras agrícolas	3.717	0.156
Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	Todas las variables	27.24	0.001
Δ Log. Agricultura	Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	4.676	0.096
Δ Log. Agricultura	\leftrightarrow Δ Índice de producción animal	9.856	0.007
Δ Log. Agricultura	Δ Índice de cosecha	0.300	0.861
Δ Log. Agricultura	Δ Tierras agrícolas	0.215	0.898
Δ Log. Agricultura	Todas las variables	12.93	0.114
Δ Índice de producción animal	\leftrightarrow Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	10.45	0.005
Δ Índice de producción animal	\leftrightarrow Δ Log. Agricultura	8.014	0.018
Δ Índice de producción animal	Δ Índice de cosecha	3.92	0.141
Δ Índice de producción animal	Δ Tierras agrícolas	8.781	0,056

Δ Índice de producción animal	Todas las variables	27.472	0.001
Δ Índice de cosecha	Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	1.606	446
Δ Índice de cosecha	Δ Log. Agricultura	1.140	0.565
Δ Índice de cosecha	Δ Índice de producción animal	0.417	0.812
Δ Índice de cosecha	Δ Tierras agrícolas	2.601	0.272
Δ Índice de cosecha	Todas las variables	13.551	0.094
Δ Tierras agrícolas	Δ Log. Emisiones agrícolas de gas metano	3.398	0.183
Δ Tierras agrícolas	Δ Log. Agricultura	0.826	0.662
Δ Tierras agrícolas	Δ Índice de producción animal	4.453	0.108
Δ Tierras agrícolas	\leftrightarrow Δ Índice de cosecha	6.828	0.033
Δ Tierras agrícolas	Todas las variables	12.852	0.117

7. Discusión

7.1. Objetivo específico 1

Analizar la evolución y correlación entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018

La excesiva contaminación suscitada en la época de los 80, son el inicio de una expansión masiva de los contaminantes al medio ambiente por el gas metano. El primer incremento de CH₄ (medida en toneladas métricas de equivalente de CO₂) fue de 8.572 en 1980 a 9.066 en 1990, mostrando una evolución significativa en la primera década de análisis, como consecuencia estas cifras que no eran nada alentadoras para el país. La expansión de la frontera agropecuaria fue el detonante para la creciente contaminación, y este problema toma sentido, según lo expuesto por Lombardo et al, (2014) en el país el incremento de cultivos de plantas alimenticias de corto y largo plazo y de la producción animal tienen gran relevancia al momento de analizar el origen de las emisiones de gas metano.

Como lo menciona García (2014) el incremento de la contaminación a causa de agricultura, ha evolucionado de forma acelerada, el valor agregado de la agricultura (US\$ precios constantes) paso de 2.881 en 1980 a 3.127 en 1990, la disyuntiva entre poder encontrar el equilibrio entre mayor producción agrícola asociada a la sostenibilidad ambiental está generando un déficit en la seguridad alimentaria, porque se limita la oferta de alimentos y la cantidad de los productos. Es así, que en Ecuador se apostó por un mayor grado de producción que al largo plazo se denotó un mayor incremento en las emisiones de gas metano de origen agrícola. Consecuentemente, en la última década de análisis el valor agregado de la agricultura (US\$ precios constantes) se incrementó de forma exponencial siendo de 6.770 al 2010 a 9.626 en el 2018.

Esta determinado que el sector ganadero es uno de los principales sistemas que contribuye a desarrollo de la economía local, siendo de vital significancia al aporte de la seguridad alimentaria. En el Ecuador a principio de los 80 el índice de producción animal era del 29.99 pasando a un incremento abismal de 58.290 en 1989. Por tanto, se le responsabiliza al sector ganadero del incremento de las emisiones de CH₄. Es así, que Beuchemin et al. (2008) cataloga a los animales rumiantes, particularmente bovinos, producen cantidades importantes de metano, aproximadamente 80 teragramos (Tg) de CH₄ anualmente y representan el 33 % de las emisiones de origen antropogénico. Además, se ratifica que

hay una correlación positiva entre las emisiones de gas metano y la producción animal en existente en el país.

En el mismo contexto, en el año 2014 la permanente creciente de emisiones de gas metano sobrepaso un índice de 100. Según Hristov et al. (2016) el CH₄ emitido por los rumiantes son los GEI más importantes (75% del total de emisiones equivalentes en CO₂) y no solo se relaciona con problemas ambientales, también amenaza la sustentabilidad de los sistemas de producción y una disminución en su eficiencia productiva. Es claro que el crecimiento económico ecuatoriano se basa en un sistema productivo caracterizado por la extracción de recursos naturales y el cultivo de bienes agrícolas destinados a la exportación. Hay un énfasis predominante en la producción y el crecimiento económico en detrimento de la distribución del ingreso o los impactos ambientales de los procesos productivos.

De la misma forma, Liñán (2015) expone que la explotación de nuevas tierras para la agricultura es exponencial a causar mayores grados de contaminación en el corto plazo es así, que en contraste con la evolución de las tierras agrícolas se puede decir que contaminación de un bosque es consecuencia de la descarga y contacto con sustancias tóxicas o contaminantes que pueden tener efecto adverso sobre el medio natural o la vida. La pérdida de árboles y otra vegetación puede causar el cambio climático, desertificación, erosión del suelo, daños a la calidad de la tierra ya que los suelos forestales son húmedos, inundaciones, aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera que aumentan el calentamiento global.

7.2. Objetivo específico 2

Estimar la relación de equilibrio a largo plazo entre la agricultura y contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

Por otro lado, los resultados obtenidos del modelo VAR, permitieron evidenciar una relación de largo plazo entre las emisiones agrícolas de gas metano y el valor agregado de la agricultura. Dichos resultados concuerdan con los encontrados por Carro et al. (2018) quien expone que entre 85% y el 95% del metano es generado por el sector ganadero. Dentro del mismo contexto, Cai et al. (2017) determina que la producción y elaboración de piensos, incluyendo la expansión de pastizales y cultivos forrajeros a expensas de los bosques, contribuye con el 45%, la fermentación entérica de los rumiantes

con el 39% y la gestión del estiércol el 10%, el resto corresponde a la elaboración y distribución de los productos.

Es así, que la producción animal evidencia que hay un grado alto de contaminación en el Ecuador, habiendo una estrecha relación a largo plazo entre las dos variables antes mencionadas. La explotación de aves acusa el más rápido crecimiento de población, con una tasa anual del 12%; este incremento se debe a la industrialización de la producción, la cual fue favorecida por una creciente demanda urbana. Sin embargo, la producción avícola sufrió una crisis entre 1982 y 1983. De igual forma, Nieto et al. (2012) determina que la actividad ganadera es una componente contribuyente a la emisión de GEI. El Inventario Nacional de GEI que aparece en la 3ª Comunicación Nacional de Gases de Efecto invernadero (SAyDS, 2015) muestra que un 49% de estas emisiones provienen del sector agropecuario; dentro de este sector, el 58% de los GEI son generados a partir de las distintas fuentes derivadas del ganado bajo pastoreo.

Las emisiones de CH₄ en el Ecuador, se agudizan al largo plazo con un nivel de significancia bastante elevado. La población bovina según el MAG-INEC (2000) se censó en 4'486.020 de esta cantidad el 66.7 % son hembras y el 33.2 % son machos. En la Sierra se encuentra la mayor población, esto es, 2.274.137 que representa el 50.6 %, en la costa 1.628.044 constituyéndose en el 36.2 %, la Región Insular y Amazónica 583.839 que constituye el 13 % de la población bovina. Además, cabe decir que las emisiones esperadas son mayores que las emisiones asignadas por lo que existe un déficit que va aumentando cada uno de los años del periodo de cumplimiento, por ende, se produce una brecha en todo el periodo 2013 al 2018.

Las tierras agrícolas presentan un problema a largo plazo por la explotación de las mismas para destinarlas a cultivos y el pastoreo del ganado. Acorde a los resultados obtenidos en Ecuador las tierras destinadas a uso agropecuario el 36% está cubierto por pastos; existen 4'486.868 ha. de pastizales, según la encuesta de superficie y producción agropecuaria, realizada por el (SICA, 2022). Así también, Battaglini et al. (2014) fija que, en particular, la fauna y flora de las tierras agrarias contaminantes de forma considerablemente como ejemplo destaca que el Índice contaminación por los terrenos agrarios, se han incrementado en un 52% de 1980 a 2010 cifra que es alarmante puesto que las políticas en pro de contribuir a una reducción de la contaminación y bienestar de la sociedad no han sido ejecutadas de la forma correcta.

En el mismo contexto, Ramírez (2016) destaca la relación a largo plazo entre el crecimiento general de la economía y la agricultura haciendo énfasis en la expansión económica normalmente reduce la necesidad de proteger los derechos económicos y aumenta los recursos existentes manteniendo la sostenibilidad económica y ambiental. Además, Ramírez expone la importancia de un gobierno democrático, así como de una oposición política activa, y de una prensa libre, en la alerta y prevención de los problemas ambientales que perjudican a la sociedad en conjunto. Sen (2016) las condiciones agroclimáticas, la agricultura puede fijar de 0,1 a 1,0 toneladas de CH₄ por año, pero no obstante también se maneja la idea de poder reducir las emisiones de metano con disminución químicos en los cultivos.

7.3. Objetivo específico 3

Determinar la existencia de causalidad entre la agricultura y la contaminación ambiental de Ecuador, periodo 1980-2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la causalidad de Granger (1987), se muestra una relación bidireccional entre las emisiones agrícolas de gas metano y la agricultura. Para corroborar la relación causal que existe entre las emisiones agrícolas de gas metano y la agricultura, se tomó en consideración el estudio Hünerberg et al. (2015) la agricultura genera aproximadamente la mitad del total del metano de origen antropogénico en España y el 97,9 % de esta cantidad procede de la actividad ganadera. El metano de origen ganadero puede tener dos fuentes: el 67,2 % procede de la fermentación digestiva de los alimentos (metano entérico) y el 32,8 % se origina por la fermentación de estiércol.

La relación bidireccional de la contaminación y producción animal son persistentes en el tiempo. Es así, que, Crutzen et al. (1986) la cantidad de metano entérico generada diariamente por sector ganadero depende de múltiples factores, pero, como promedio, una vaca lechera, un ternero de cebo, una oveja y una cabra pueden producir diariamente 400, 200, 31 y 19 litros, respectivamente. Por su parte, Reisinger (2010) ratifica la idea de que las emisiones asociadas directamente con la producción animal han aumentado alrededor de 1,1% por año desde el año 2000. Posteriormente Martin et al. (2012) encontró que la mayoría del metano entérico (94,0 %) es producido por rumiantes, mientras que el porcino es la especie que más contribuye al metano generado a partir de estiércol 72,9 %. Por ello, el sector de los animales rumiantes necesita actuaciones a nivel

de la fermentación entérica para reducir las emisiones de este gas sin perjudicar la cantidad y calidad de sus productos.

De igual manera, Gerber et al. (2013) en el caso ecuatoriano se caracteriza por poseer una baja producción de carne y leche de origen animal y con alta producción de emisiones de metano (69 %); los productores poseen muchos animales que son poco productivos, en lugar de mantener pocos animales con alta producción. Se conoce bien que existe una relación inversa entre la productividad animal y las emisiones de CH₄, cuando ésta se expresa como intensificación de la emisión (cantidad de CH₄ emitido por unidad de producto obtenido de carne y leche). Por lo consiguiente, Emmerling (2020) estima que la producción de carne y leche de vacuno es responsable del 41% y del 29% respectivamente de las emisiones totales del sector ganadero mientras que la carne de cerdo contribuye con el 9% y la carne y huevos de aves de corral con el 8% de las emisiones.

La causalidad existente entre la explotación de los bosques y la actividad agrícola se presenta unidireccional, siendo evidente de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, en contraste como en el estudio regional sobre los bosques montanos de los Andes Tropicales, realizado por Ecobona (2009) se remarca que las presiones sobre los bosques vienen de parte la cobertura de minería, densidad poblacional y la aplicación de técnicas agropecuarias que incluyen uso del fuego. Respecto a la vulnerabilidad ante el cambio climático, los escenarios permiten identificar importantes pérdidas potenciales de bosques en las áreas protegidas de la vertiente amazónica de la Cordillera Oriental.

De la misma forma, Mosier (2012) demuestran el nivel de causalidad existente entre contaminación y la agricultura, que se ha convertido en la presión más importante que ejercen los seres humanos sobre la biodiversidad en la tierra, la riqueza de especies está estrechamente relacionada con la superficie de un hábitat salvaje. A medida que disminuye la superficie, lo mismo ocurre con las especies que en ella viven, aunque a una velocidad más lenta. La deforestación, la concentración parcelaria y la consiguiente reducción de linderos y setos, junto con el drenaje de marismas para la explotación agrícola, reducen la superficie global disponible para la vida silvestre y fragmenta los hábitats naturales. El pastoreo hace disminuir la riqueza de especies de los pastos.

De forma simultánea, Kriese (2013) establece que medida que aumenta el número de necesidades de población, los seres humanos irán utilizados una proporción cada vez

mayor de la superficie y de los recursos del planeta para cubrir sus propias necesidades, causando un mayor grado de contaminación. Las estimaciones del número total de especies que viven sobre la tierra, perjudicando enormemente la biodiversidad. Kriese, estima que para los próximos años en cuanto a pérdidas de biodiversidad que incluso lleguen a la extinción especies animales y vegetales a causa de la contaminación, entre el 2 y el 25 por ciento de todas las especies.

En Ecuador, la superficie bajo uso agropecuario es de alrededor de 12'355.881 hectáreas. 12'355.881 hectáreas, de las cuales 3'357.167 hectáreas. corresponden a pastos cultivados en 2'98.962 UPAs y 1'129.701 hectáreas, a pastos naturales en 205833 unidades productivas. y 1'129.701 hectáreas, a pastos naturales en 205833 unidades productivas, lo que significa que el 36% de la tierra de uso agrícola está ocupada por pastos, donde aproximadamente 4'486,486 hectáreas, aproximadamente 4'486,020 unidades de ganado vacuno y 3'517,214 unidades de otros animales (ovejas, caballos, ovejas y cabras). de otros animales (ovejas, caballos, mulas, burros, etc.), y el 32,0% restante está ocupado por cultivos, el 5% de la tierra es de páramos, el 32% de bosques y arboledas, el 3% en descanso y el 3% otros usos (DNA-MAG,2010)

8. Conclusiones

Una vez analizado los tres objetivos específicos, con el objeto de dar cumplimiento al objetivo general se pudo comprobar, que el planteamiento previo a la investigación si se cumplió deduciendo las siguientes conclusiones:

En conclusión, el valor agregado de la agricultura si explica como el sector agrícola y ganadero generan emisiones de gas metano causando un impacto negativo en el medio ambiente, con el análisis de la evolución de las de las variables integradas en el estudio presentan una tendencia creciente a largo plazo durante el periodo establecido, quedando en evidencia que las emisiones de gas metano son constantes dado al incremento de las actividades agrícolas y demás actividades relacionas a este sector. Siendo así, que el incremento de la demanda del mercado ha generado una mayor presión en este sector quien proporciona alimentos en una mayor escala para poder cubrir las necesidades que tiene la sociedad.

El problema de la contaminación se ha ido agudizando de manera constante durante este periodo analizado 1980-2018, de acuerdo a la correlación de las variables es perceptible que en la última década los esfuerzos por tratar de controlar este problema no dan resultados inmediatos puesto que, con la evidente ascendencia de la población ha generado una mayor demanda de recursos provenientes del sector agrícola que han provocado una mayor interacción con el medio ambiente formando una relación negativa; dado que, la agricultura genera emisiones de gas metano que a priori han fragmentado un desequilibrio de sostenibilidad entre el sistema económico y el entorno del medio ambiente.

Continuamente, mediante técnicas de cointegración de series de tiempo, como lo es el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) empleados con la finalidad de demostrar la existencia relación en el largo plazo, dejando en evidencia equilibrio entre las emisiones agrícolas de gas metano y la agricultura, la producción animal, índice de cosecha y tierras agrícolas. Es así que para el largo plazo los estadísticos son significativos ya que a través del modelo VAR, se encontró una relación positiva entre el las emisiones agrícolas de gas metano con el valor agregado de la agricultura, identificándose como la más preciso que el proceso agrícola del Ecuador se mantiene en un modelo conjunto de crecimiento económico y contaminación no controlada.

La correlación entre las variable de estudio con el problema se relaciona de forma directa a medida que avanzan lo periodos de tiempo la producción animal es uno de los grandes retos que comprenden una mayor emisión de CH₄, que en el largo plazo se acrecienta el desarrollo de los productos como leche y carne significa tener una mayor producción que a su vez genera una mayor cantidad de contaminantes que en conglomeración con índice de cosechas y así como la explotación mayores tierras agrícolas ya sea para la implementación de nuevos cultivos o para uso de pastoreo de animales generan miles de toneladas de CH₄, que posteriormente se pueda traducir en afecciones a la economía ecuatoriana.

Segundamente, mediante la prueba de causalidad de Granger (1978) se puede concluir que en Ecuador existe causalidad bidireccional significativa que va desde índice de producción animal hacia el valor agregado a largo plazo; es decir, que las emisiones agrícolas de gas metano es influenciada por las variaciones de esta variable. De la misma forma cabe destacar que el índice de cosechas y las tierras agrícolas también presentan causalidad bidireccional con agricultura y por tanto causalidad con las emisiones de CH₄; sin embargo, su proporción de contenientes es menores cantidades pero que al largo plazo son significativas.

Se demuestra que las variables implicadas en el estudio como la producción animal en su gran medida es causante de una valor agredo de la agricultura siendo de la misma forma causante de las emisiones de CH₄ explicando que en el Ecuador el sector ganadero como el sector es que más aporta a la producción de contaminantes generalizando que hay una pedida de eficiencia puesto que, la mayor parte de ganado es de producción adecuada tanto de leche como de carne ya que si el sector ganadero implementara animales de raza pura podrían obtener mayor producción por animal reduciendo así la contaminación por cada unidad de producción proveniente de los animales.

En general, la persistencia de la contaminación a pesar de los esfuerzos realizados por tratar de controlar las emisiones contaminantes a medio ambiente no genera resultados inmediatos, puesto que la situación se agrava con expansión de la población; las medidas a tomar para mitigar el problema deben estar enfocadas a largo plazo dado que las emisiones de gas metano provienen de los dos sectores más importantes como el agrícola y el ganadero que son de vital importancia para el desarrollo de la economía ecuatoriana es así, que Ecuador al ser un país subdesarrollado no puede fácilmente dejar de depender

de los sectores de los cuales fluctúa su economía sin antes bajar la producción de estos sectores para mejorar su sostenibilidad con el planeta. Es precedente, indicar que la principal limitante para la investigación es la falta de datos más actuales, para poder estimar el problema más a fondo sobre la realidad del problema del país.

9. Recomendaciones

Una vez ya analizados los tres objetivos específicos, se plantean las siguientes recomendaciones:

Después de determinar de que el valor agregado de la agricultura si explica que el sector agrícola como el sector ganadero son la principal fuente de las emisiones de gas metano en el Ecuador, se sugiere que por medio de alianzas tanto públicas como privadas entre las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que desarrollen proyecto basados en la eficiencia que mantenga un equilibrio entre el crecimiento económico y el medio ambiente, generando buenas prácticas agrícolas, ganaderas, mejoras en la calidad de las cosechas y explotación de nuevos suelos agrícolas, para tratar de mitigar la situación actual del país referente al aumento de la contaminación.

Es importante, que el gobierno incremente progresivamente el rubro destinado a la investigación y además en el desarrollo de las propuestas gubernamentales acorde a un crecimiento estable de la económica nacional en base a una armonía con la naturaleza generando una mayor eficiencia el campo desarrollo agrícola como ganadero con la finalidad de frenar la contaminación. La implementación de políticas para proteger la biodiversidad biológica a través de programas binacionales para para la producción racional tanto de productos agrícolas como de la producción animal para preservar la armonía ambiental.

A largo plazo es transcendental una orientación adecuada a las personas involucradas en el sector agrícola y ganadero que puedan generar una mayor eficiencia en sus actividades productivas: en el caso agrícola el desarrollo conjunto de trabajos de adaptación y mejora de especies en busca de mejorar la productividad, particularmente de aquellos productos considerados como básicos para la dieta alimenticia de la población es decir poner en marcha programas concretos de experimentación y el intercambio de especies de semillas mejoradas que reduzcan el uso de agroquímicos que generan CH₄. En cuanto al sector ganadero se debería desarrollar una producción animal con especies de mejor rendimiento productivo que reduzcan la cantidad de animales ineficientes en la producción de leche y carne.

La eficacia del sistema productivo debe tener en cuenta la protección ambiental utilizando técnicas de manejo más adecuadas a los productos agrícolas, la utilización de las tierras con cobertura forestal solamente podrían ser realizadas a largo plazo después de una

rigurosa zonificación económica ecológica y de estudios adecuados sobre técnicas de manejo más adecuadas para producir las menores cantidades posibles de CH₄, por su parte en cuanto a la producción animal sería importante adecuar experimentales para estudiar, adaptar, mejorar y experimentar técnicas y especies mejoradas. En Ecuador se debería establecer organismos responsables de fomento del sector, un programa para mejorar las prácticas de manejo de ganado y pastos, dando asistencia técnica.

La causalidad bidireccional de las variables es de vital importancia para sugerir una política enfocada en el desarrollo sustentable enfocada en la reducción de las emisiones de gas metano, la aplicación de una política verde del uso del suelo deben ser a perspectiva nacional dado que los datos locales demuestran que la deforestación constituye uno de los problemas ambientales más complejos, pues los sistemas de control implementados hasta nuestros días no logran frenar las acciones ilegales y, por otra parte los niveles de conciencia social sobre la necesidad de protección de los bosques no logra frenar actividades productivas que implican reducir la cobertura boscosa del país.

Con fines de mantener la sostenibilidad tanto ambiental como económico es importante enfocarse en políticas verdes, puesto que la causalidad bidireccional entre agricultura y contaminación demuestran que a medida que se incrementan una de las dos a su vez también se traducen en mayores cantidades de contaminantes para medio ambiente; es por ello, que como política preventiva para la reducción de la contaminación es el sector agrícola se debe implementar la eliminación de subvenciones e introducir impuestos medioambientales en el uso de fertilizantes químicos de esta forma también contribuir a mejorar la gestión de los residuos de los cultivos.

Finalmente, para futuras líneas de investigación se recomienda evaluar un análisis más amplio de ciertas variables socioeconómicas que puedan presentar una mayor relevancia en cuanto a la investigación científica tales como: nivel de instrucción, población rural y la tecnificación de la agricultura, puesto que este tipo de variables se ven involucradas en los cambios que se pueden suscitar en el medio ambiente. También cabe acotar, incrementar el tiempo de investigación con información más actual puesto que al no encontrar datos más recientes no es posible tener un panorama de comportamiento a través del tiempo y capturar su efecto ante las distintas situaciones políticas, económicas y sociales que puedan ser eficaces.

10. Bibliografía

Adedoyin, F., Bein, M., Gyamfi, B., & Bekun, F. (2021). *Does agricultural development induce environmental pollution in E7? A myth or reality. Environmental Science and Pollution Research*.

Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). *Theory and practice for a. Environmental Training Network for Latin America and the Caribbean*

Amuakwa-Mensaha, S., & Surry, Y. (2022). *Association between rural electrification and agricultural output: Evidence from Sub-Saharan Africa* ☆. *World Development Perspectives*, 100.

Arfaoui, N., Le Bas, C., Vernier, MF y Vo, LC (2022). ¿Qué importancia tienen los arreglos de gobernanza en la economía circular? Lecciones de cinco proyectos de metalización basados en el marco del sistema socio ecológico. *Economía ecológica*, 197, 107414.

Banco Mundial. (2022). Indicadores del Banco Mundial.
<https://datos.bancomundial.org/indicador>.

Beck, U. (1998). *¿Qué es la globalización?* Paidós. Barcelona

Bruce F. Johnston & John W. Mellor. (1962). El papel de la agricultura en el desarrollo económico

Cao, TND, Mukhtar, H., Yu, CP, Bui, XT y Pan, SY (2022). Biocarbón derivado de desechos agrícolas en celdas de combustible microbianas hacia una economía circular con emisiones de carbono negativas. *Revisiones de energía renovable y sostenible*, 170 , 112965.

Chen, F., & Hu, Y. (2021). *Agricultural and rural ecological management system based on big data in complex system. Environmental Technology & Innovation*, 101-390.

David Iheke koriea, B. L. (2022). *Emissions in agricultural-based developing economies: A case of Nigeria. Journal of Cleaner Production*.

Deng, J., Zhang, ZY, Yang, Q. y Wu, XD (2022). Descripción general de los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano para la economía mundial: desde la fuente de emisión hasta el sumidero de consumo. *Nexo de energía*, 6, 100064.

Dimitre D. Dimitrov, J. W. (2019). *Geographic inventory framework for estimating the spatial pattern of methane and nitrous oxide emissions from agriculture in Alberta, Canada. Environmental Development.*

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2022). Obtenido de <https://www.fao.org/home/es>

G.Newell, R., Prest, B. C., & Sexton, S. E. (2021). *The GDP-Temperature relationship: Implications for climate change damages. Journal of Environmental Economics and, 102.*

Headland, T. (1994).“*Ecological revisionism: recent attacks against myths*”, en *Anthropology and the role of historical ecology in searching out the truth, informed presentado en la Conference on Historical Ecology. Tulane University, Nueva Orleans (Louisiana)*

Hu, S., Yang, Y., Zheng, H., Mi, C., Ma, T., & Shi, R. (2022). *A framework for assessing sustainable agriculture and rural development: A case study of the Beijing-Tianjin-Hebei region, China. Environmental Impact Assessment Review, 106.*

John Tyndall, (1859)"*On the absorption and radiation of heat by gases and vapour, and on the physical connection of radiation, absorption and conduction*" *Philisophical Magazine*

Joseph Fourier (1824)"*Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*" *Annales de Chimie et de Physique*

Keeling. C. D. (1958). *La cuarta transformación: el calentamiento global*

Liu, S., Huang, M., & LIa, Y. (2022). *Chinese Agricultural Insurance Development in a VAR Model. Procedia Computer Science, 399.*

Liu, W., Zhou, W., & Lu, L. (2022). *An innovative digitization evaluation scheme for Spatio-temporal coordination relationship between multiple knowledge driven rural economic development and agricultural ecological environment—Coupling coordination model analysis based on Guangxi. Journal of Innovation & Knowledge, 100-208.*

LixiaoYang, Meng, F., Ma, C., & Hou, D. (2022). *Elucidating the spatial determinants of heavy metals pollution in different agricultural soils using geographically weighted regression. Science of The Total Environment, 158.*

Ludevid, M. (1996). El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas. Barcelona: Marcombo

Möller, F., 1963: Sobre la influencia de los cambios en la concentración de CO₂ tracción en el aire sobre el balance de radiación de la superficie terrestre y sobre el clima

Nathalia Vechia, J. M. (2022). *Quantification of methane emissions from cattle farms, using the tracer gas dispersion method. Agriculture, Ecosystems & Environment.*

Parman, J. (2018). *Good schools make good neighbors: Human capital spillovers in early 20th century agriculture. Explorations in Economic History, 316.*

Pellegrina, H. S. (2022). *Trade, productivity, and the spatial organization of agriculture: Evidence from Brazil. Journal of Development Economics, 102.*

Pindado, E., Sánchez, M., Verstegen, J. A., & Lans, T. (2018). *Searching for the entrepreneurs among new entrants in European Agriculture: the role of human and social capital. Land Use Policy, 19-30.*

Qu, Y., Zhang, Q., Zhan, L., Jiang, G., & Si, H. (2022). *Understanding the nonpoint source pollution loads' spatiotemporal dynamic response to intensive land use in rural China. Journal of Environmental Management, 115.*

Redclift, M. Y WOODGATE, T. (1994) "Sociology and the environment" en REDCLIFT, M. y BENTON, T.: *Social theory and the global environment. Routledge. Londres*

Rehman, A., Jingdong, L., Chandio, A. A., & Hussain, I. (2017). *Livestock production and population census in Pakistan: Determining their relationship with agricultural GDP using econometric analysis. Information Processing in Agriculture, 168.*

Sadi Carnot. (1824). *"Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance" Paris: Bachelier*

Sharma, G. D., Shah, M. I., Shahzad, U., Jain, M., & Chopra, R. (2021). *Exploring the nexus between agriculture and greenhouse gas emissions in BIMSTEC region: The role of renewable energy and human capital as moderators. Journal of Environmental Management, 113.*

- Usted, H., & Zhang, X. (2017). *Sustainable livelihoods and rural sustainability in China: Ecologically secure, economically efficient or socially equitable? Resources, Conservation and Recycling, 1-13.*
- Wang, Y., & Zhao, G. (2019). *Life cycle assessment of potential pollutant-induced human capital loss caused by different agricultural production systems in Beijing, China. Journal of Cleaner Production, 118.*
- Xue, Y., Guo, J., Li, C., Xu, X., Sun, Z., Xu, Z., . . . Zhang, L. (2021). *Influencing factors of farmers' cognition on agricultural mulch film pollution in rural China. Science of The Total Environment, 147.*
- Yang, H., Wang, X., & Bin, P. (2022). *Agriculture carbon-emission reduction and changing factors behind agricultural eco-efficiency growth in China. Journal of Cleaner Production, 130.*
- Yrjälä, K., Ramakrishnan, M. y Salo, E. (2022). *Los flujos de residuos agrícolas como recurso en la economía circular para la producción de biocarbón hacia la neutralidad de carbono. Opinión actual en ciencias ambientales y salud, 100339.*
- Zhang, Y., Wu, X., Guan, C. y Zhang, B. (2021). *Methane emissions of major economies in 2014: A household-consumption-based perspective. Science of The Total Environment, 768, 144523.*

11. Anexos

Anexo 1

Pruebas del factor de inflación de la varianza (VIF)

Variable	VIF	1/VIF
Índice de cosecha	5.19	0.192527
Índice de producción	4.60	0.217471
Agricultura	4.37	0.228642
Tierras agrícolas	2.23	0.449249
Mean VIF	4.10	

En el Anexo 1 se evidencia los valores obtenidos luego de aplicar la prueba de multicolinealidad, en donde se observa que el VIF es menor a 10 lo que significa que no existe problemas de multicolinealidad.

Anexo 2

Determinación del rezago óptimo

Lag	LL	LR	Df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-133.766				.001912	792.947	800.617	81.516
1	-838.512	99.829	25	0.000	.000468	650.578	696.599	78.389
2	-520.093	63.684*	25	0.000	.000348*	6.11482*	6.95853*	855.894

En el Anexo 2 se observa el error de predicción final (FPE), criterio de información de Akaike, criterio de información Bayesiano de Schwarz (SBIC) y el criterio de Hannan y Quinn (HQIC). El (*) indica 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 cuatro, el número de rezagos adecuado para trabajar el modelo es de 2.

Anexo 3.

Prueba de estabilidad

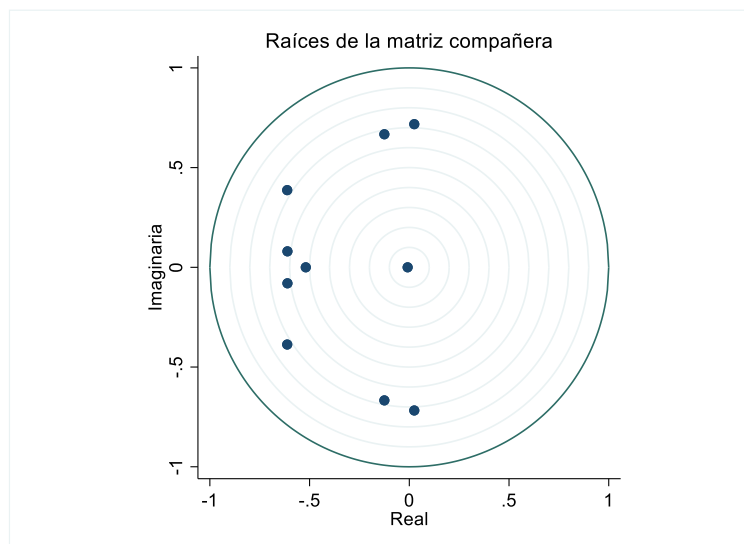
Valor propio	Módulos
-.6122891 +	.3870679i
-.6122891 -	.3870679i
.02483613 +	.7177514i
.02483613 -	.7177514i

-.1251618 +	.6671139i	.678754
-.1251618 -	.6671139i	.678754
-.6110577 +	.08016725i	.616294
-.6110577 -	.08016725i	.616294
-.5190965	.519096	
-.0083244	.008324	

En el Anexo 3 muestra los módulos de estabilidad, para aceptar aquello, es necesario que los mismos sean menores o iguales a uno y de acuerdo a los valores obtenidos, se afirma que los valores se mantienen entre el rango de 1 y -1 presentando así estabilidad.

Anexo 4.

Círculo unitario de la prueba de estabilidad



En el Anexo 4 se muestra la prueba de estabilidad, en donde se evidencia que todos los puntos se encuentran dentro del círculo de unidad y esto indica que el modelo presenta estabilidad al mantenerse dentro del área crítica.

Loja, 09 de junio del 2023

Yo, Viviana Thalia Huachizaca Pugo, con número de cédula **1104112923**, Licenciada en Ciencias de la Educación con Mención Inglés como lengua extranjera.

CERTIFICO:

Haber realizado la traducción textual del documento adjunto, correspondiente al trabajo de titulación denominado: **“IMPACTO DE LA AGRICULTURA SOBRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: UN ESTUDIO DE SERIES DE TIEMPO PARA ECUADOR, PERIODO 1980-2018”**, elaborado por **Edison Fabricio Velez Padilla**, con número de cedula **1150358636**.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.

Atentamente. –

Lic. Viviana Thalia Huachizaca Pugo

Cedula: 1104112923

E – mail: Viviana.huachizaca@unl.edu.ec