



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Jurídica, Social y Administrativa.

Carrera de Economía

“Incidencia de la tecnología agrícola ecuatoriana en el sector de la producción agrícola durante el período 1990 – 2019”.

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

AUTOR:

Edinson Francisco Robles Saritama

DIRECTOR:

Econ. Pablo Vicente Ponce Ochoa Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 15 de junio del 2023

Econ. Pablo Vicente Ponce Ochoa Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **“Incidencia de la tecnología agrícola ecuatoriana en el sector de la producción agrícola durante el período 1990 – 2019”.**, previo a la obtención del título de **Economista**, de la autoría del estudiante **Edinson Francisco Robles Saritama**, con **cédula de identidad Nro. 1105408544**, 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 la respectiva sustentación y defensa.

Econ. Pablo Vicente Ponce Ochoa Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Edinson Francisco Robles Saritama**, 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: 1105408544

Fecha: Loja, 13 de octubre del 2023

Correo electrónico: edinson.robles@unl.edu.ec

Teléfono: 0996185511

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 **Edinson Francisco Robles Saritama**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Incidencia de la tecnología agrícola ecuatoriana en el sector de la producción agrícola durante el período 1990 – 2019.**, 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 23 días de enero del año dos mil veinte tres.

Firma:

Autor: Edinson Francisco Robles Saritama

Cédula: 1105408544

Dirección: Ciudad de Loja

Correo electrónico: edinson.robles@unl.edu.ec

Celular: 0996185511

DATOS COPLEMENTARIOS

Director de Trabajo de Integración Curricular: Econ. Pablo Vicente Ponce Ochoa. Mg.Sc.

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios por brindarme la sabiduría y fuerza de un guerrero, lo que me ha permitido seguir adelante para alcanzar los triunfos y fracasos que se me presentan día a día. A mis padres, con cariño e infinito amor que han sido la luz que alumbraron mi camino, inculcándome un sin número de valores que han contribuido a mi formación tanto personal como profesional. A mis hermanos y hermanas, que siempre han estado pendientes de mi superación, apoyándome en cada momento, dándome la fortaleza y enseñándome que todo es posible con paciencia u esfuerzo y que todas las metas se alcanzan cuando tienes pilares fuertes y sueños grandes.

Edinson Francisco Robles Saritama

Agradecimiento

En primera instancia deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres y hermanos por todo su apoyo en cada etapa de mi vida procurando siempre mi bienestar al darme consejos recibidos que me ayudaron mucho para poder cumplir con el objetivo propuesto.

Además, quiero agradecerles a mis amigos dentro y fuera de la universidad, por las gratas experiencias que hemos disfrutado, compartiendo bellos momentos que se quedaran guardados para siempre, porque a lo largo de la vida nos encontramos con excelentes personas que nos ofrecen un aprecio y cariño sincero.

De la misma manera, quiero dejar en constancia mi gratitud hacia mi docente, Michelle López, y al personal docente de la Carrera de Economía, quienes con mucho aprecio y dedicación me supieron guiar y transmitir sus conocimientos, que han sido la base principal para llegar a la meta propuesta. Al igual a la prestigiosa Universidad Nacional de Loja por brindarme la oportunidad de ser parte de su comunidad estudiantil y ser el lugar propicio para alcanzar una de mis metas.

Edinson Francisco Robles Saritama

Índice de contenidos

Portada	i
Autoría.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	7
5. Metodología.....	16
5.1. Ubicación del estudio	16
6.1. Variables morfológicas y de crecimiento vegetativo	34
7. Discusión	34
8. Conclusiones	44
9. Recomendaciones	46
10. Bibliografía	48
11. Anexos	53

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de variables	16
Tabla 2. Estadísticos descriptivos.....	17
Tabla 3. Resultados de la prueba de Dickey y Fuller (ADF) raíces unitarias.....	25
Tabla 4. Coeficientes de largo plazo y forma de cointegración.....	26
Tabla 5. Resultados del modelo bounds test ARDL.....	27
Tabla 6. Resultados de las pruebas de causalidad de Granger.....	29

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de la producción agrícola e implementación tecnológica, 1990-2019.....	23
Figura 2. Correlación de la producción agrícola e implementación tecnológica, 1990-2019.....	24

1. Título

Incidencia de la tecnología agrícola ecuatoriana en el sector de la producción agrícola durante el período 1990 – 2019.

2. Resumen

En la presente investigación se da a conocer cómo, en los diferentes países, la economía depende de las exportaciones agrícolas y manufactureras de origen agropecuario y de los efectos adversos del cambio climático, lo que es una amenaza para su desarrollo; América Latina representa el 13% de la producción mundial de agricultura y pesca, en el Ecuador, la producción agrícola representa el 7,7 % del PIB (Producto Interno Bruto) total. Por ello se sugiere la obtención de la tecnología internacional para el aumento de la producción, la cual no se ha ajustado a las condiciones territoriales y regionales, debido a que dichas innovaciones han sido entregadas por los países desarrollados. La investigación señala como objetivo general realizar un análisis sobre **la incidencia de la implementación tecnológica en la producción agrícola en el Ecuador durante el período 1990-2019**. Desde allí es importante señalar que la base de datos ha sido tomada del Banco Mundial y donde fue necesario aplicar la estadística descriptiva, explicativa y correlacionada, se hizo uso de un modelo ARDL (modelo autoregresivo con retardos distribuidos) permitiendo verificar su relación en un largo plazo, al igual que un modelo de causalidad tipo Granger, para determinar la relación causal. Dado esto, los principales hallazgos muestran evidencia que correlaciona la producción agrícola y la implementación tecnológica. Por tanto, el modelo ARDL permitió evidenciar la existencia de relación a largo plazo entre las variables de estudio, así mismo, la prueba de causalidad de Granger arrojó evidencia de relación causal entre algunas variables utilizadas para este estudio. Dejando como resultados que la implementación tecnológica es poco eficiente para la producción agrícola ecuatoriana, debido al atraso tecnológico y la mala utilización de los paquetes tecnológicos, donde las políticas deben estar orientadas al uso de nuevos paquetes tecnológicos que respeten el medio ambiente y mantengan los nutrientes orgánicos de la tierra.

Palabras clave: Agricultura; Medio Ambiente; Implementación; ARDL; Series de tiempo.

Códigos JEL: O13; Q16; Q17; O33; C22

2.1. Abstract

In this research it is revealed that in different countries the economy depends on agricultural and manufacturing exports of agricultural origin and the adverse effects of climate change are a threat to their development; Latin America represents 13% of world agricultural and fishing production. In Ecuador, agricultural production represents 7.7% of the total GDP (Gross Domestic Product). For this reason, it is suggested to obtain international technology to increase production which has not been adjusted to territorial and regional conditions, because these innovations have been delivered by developed countries. The general objective of the research is to carry out an analysis of the incidence of technological implementation on agricultural production in Ecuador during the period 1990-2019. From there it is important to note that the database has been taken from the World Bank and where it was necessary to apply descriptive, explanatory and correlated statistics, an ARDL model (autoregressive model with distributed lags) was used, allowing to verify their relationship in the long run. term, as well as a Granger causality model, to determine the causal relationship. Given this, the main findings show that there is evidence that correlates agricultural production and technological implementation. Therefore, the ARDL model allowed us to demonstrate the existence of a long-term relationship between the study variables. Likewise, the Granger causality test provided evidence of a causal relationship between some variables used for this study. Leaving as results that technological implementation is inefficient for Ecuadorian agricultural production, due to technological backwardness and poor use of technological packages, where policies must be oriented to the use of new technological packages that respect the environment and maintain the organic soil nutrients

Keywords: Agriculture; Environment; Implementation; ARDL; Time Series.

JEL Code: O13; Q16; Q17; O33; C22

3. Introducción

Es de gran interés abordar el tema sobre el cambio tecnológico, puesto que es primordial para el desarrollo de las sociedades y una herramienta que ayuda a aumentar la producción con el menor trabajo posible, también constituye un factor determinante para dinamizar el desarrollo de la agricultura. El panorama presente se distingue por la urgencia de aumentar las exportaciones y la expansión de las actividades económicas mediante la introducción a nuevos mercados y la intensificación de la competencia. Esto implica que el sector agrícola debe ser eficaz y competitivo para cumplir con las exigencias de un entorno globalizado. Sin embargo, esto depende crucialmente del avance y aplicación de tecnologías innovadoras en sus procesos. Según la FAO (2019), la producción agrícola mundial aumentará en aproximadamente un 1,4 % durante la próxima década.

Por otro lado, las proyecciones indican que América Latina podrá contribuir con alrededor del 10 % de la producción de alimentos, así como Europa y Asia Central cooperaran con al menos el 9 % en los cultivos y la producción ganadera. En el Ecuador, la productividad agrícola es importante, al considerar las características agroecológicas de la nación, siendo relativamente favorable para el desempeño de la actividad agrícola ya que el 31,99 % de la superficie agrícola del país es apta para cultivos y el 23,54 % es apta para pastos (estos se encuentran principalmente en la costa), de igual forma, se presentan limitaciones topográficas en las tierras altas ecuatorianas (FAO, 2021). Según El Ministerio de Economía y Finanzas (2020), en Ecuador, uno de los sectores más importantes es la agricultura, que participa con cerca del 8 % de la producción del país y, además, absorbe la mayor cantidad de mano de obra.

En ese sentido, el problema que se aborda en la producción agrícola ecuatoriana es en cuanto al uso de la tecnología (agroquímicos) que ha aumentado de manera continua; en la actualidad, en el país se encuentran en uso cientos de productos agroquímicos, que aportan a solucionar problemas causados por plagas y enfermedades; sin embargo, los monocultivos y el uso irracional del suelo para la producción intensiva han llevado a la consecuencia de la aplicación indiscriminada de plaguicidas, ocasionando la pérdida de la biodiversidad y alternando el equilibrio de los agroecosistemas.

Es por ello que el propósito de este trabajo se centra en medir los daños y los beneficios que aportan las tecnologías más utilizadas para el aumento de la producción agrícola ecuatoriana, permitiendo, mediante un análisis cuantitativo de cointegración y causalidad entre la

producción agrícola y la implementación tecnológica empleada para el aumento de la producción, medir el grado de asociación que se han mantenido durante el periodo de análisis, causas y efectos que se encuentran presentes en la producción agrícola actual. Por lo tanto, generalmente no se encuentran estudios desde esta perspectiva, y aquellos que existen suelen corroborar el daño causado por el uso incorrecto de las tecnologías aplicadas.

Los estudios relacionados a este contexto son los realizados por Martínez (2009), donde nos afirma que, mediante un análisis exploratorio, el uso de la tecnología actual mediante tecnologías duras (agroquímicos), y tecnologías suaves son utilizadas por las poblaciones indígenas, campesinas denominadas agroecología, cuyos resultados muestran el deterioro del suelo por parte de las tecnologías duras. Asimismo, Viteri y Tapia (2018), manifiestan la medición de la producción nacional mediante el método deductivo con datos cuantitativos, donde su análisis se centra en el PIB ecuatoriano, tomando en cuenta la realidad del sector productivo y el gasto en investigación agropecuaria donde los resultados más sobresalientes muestran que las importaciones de recursos con valor agregado generan saldos negativos en la balanza de pagos.

Los resultados que se pretenden dar en el campo de estudio es medir las consecuencias del atraso tecnológico en el Ecuador, donde los principales problemas se derivan del uso deficiente de los recursos naturales, ya que en el país existe gran diversidad de ecosistemas que están degenerando por el exceso de agroquímico. Es por ello que se ha visto conveniente medir los grados de causa y efecto que en investigaciones anteriores no están presentes, puesto que se limitan a realizar análisis exploratorios y descriptivos de la producción nacional, y no miden la relación causal entre estas variables de producción y tecnologías, solamente recalcan los daños que producen al medio ambiente y los ecosistemas que amenazan la seguridad alimenticia.

Por tanto, la presente investigación se basó en la teoría de la innovación inducida del autor Hicks (1932), que fue introducida desde la perspectiva neoclásica, y que expresa que el cambio innovador puede ser ahorrador de capital, trabajo o imparcial, en cuanto al ahorro de estos componentes en el ciclo útil. Además, los principales estudios empíricos encontrados son los realizados por Sánchez y Zambrano (2019), donde analizan la adopción de tecnologías agrícolas generadas en Ecuador, utilizando datos de series temporales, estas investigaciones revelaron que, en promedio, el 37% de las variedades creadas por el INIAP fueron adoptadas a nivel nacional, presentando una tasa de retorno interno promedio del 33%. Además, el

estudio realizado por Trigo y Elverdin (2020), en su informe sobre los Sistemas de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de América Latina y el Caribe, muestran relación en cuanto al aumento de producción mediante innovaciones genéticas conocidas como nueva biología.

Para el desarrollo del trabajo se plantearon objetivos específicos que contribuyeron en la investigación: 1) Analizar la evolución y correlación de la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990 – 2019, mediante un análisis gráfico y estadístico; 2) Analizar la relación de largo plazo entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990 –2019, mediante un modelo ARDL; 3) Examinar la relación de causalidad entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990 -2019, mediante el test de Granger.

La investigación pretende dar respuesta a las siguientes preguntas: 1) ¿Cuál ha sido la evolución y correlación de la implementación tecnología sobre la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990 – 2019?; 2) ¿Cómo afecta la implementación tecnológica en la producción agrícola a largo plazo?; 3) ¿Hay una conexión causal entre la implementación de tecnología y la productividad agrícola en Ecuador en el lapso de 1990 a 2019?

Para concluir, este estudio se organiza en las siguientes secciones, además del título, resumen e introducción: la sección (4) incluye la revisión de literatura, abarcando antecedentes y hallazgos empíricos; en la sección (5) se detallan los materiales y métodos utilizados para alcanzar los objetivos propuestos; en la sección (6) se exponen los resultados, acompañados de análisis e interpretaciones según los objetivos específicos; la sección (7) aborda la discusión, comparando los resultados con los de otros estudios; la parte (8) presenta las conclusiones; (9) las recomendaciones; y las secciones (10) y (11) contienen la bibliografía y anexos, respectivamente.

4. Marco teórico

4.1. Antecedentes

La agricultura es un proceso de producción determinado, histórica y socialmente. En este proceso, el ser humano emplea su sabiduría y capacidades mediante sus herramientas de trabajo, con el fin de modificar el entorno físico y biológico, logrando así extraer productos valiosos de plantas y animales para su uso personal o para la venta (Parra et al., 1986). Según Vera y Toral (2018), la agricultura representa solo uno de los ámbitos de producción humana; junto con la industria, los servicios y la artesanía, constituye el fundamento de la economía social. En esta sección se muestran teorías sobre producción agrícola. De acuerdo con Vera y Toral (2018), la agricultura es apenas una de las áreas de actividad productiva del ser humano; esta, en conjunto con la industria, los servicios y la artesanía, establece las bases de la economía de la sociedad.

Para los fisiócratas, la agricultura era la única fuente de riqueza que guiaba las acciones de toda actividad económica productiva, los cuales sostenían que la tierra era la única entidad generadora de riqueza, por ello se debía fomentar las actividades agrícolas. Asimismo, Quesnay (1750) menciona que la naturaleza, en general, y la agricultura, en particular, son las fuentes principales de la riqueza, también menciona que el estado debe fomentar libertades tales como el transporte de los productos agrícolas. A su vez, Smith (1776) incluye las variables de tierra, trabajo y capital que se consideran como factores de producción siendo el trabajo el que construye mayor valor, gracias a que se puede medir por valor de uso o de intercambio. Ricardo (1818) propone la idea de salario, beneficio e ingreso, cuyas definiciones varían según la productividad del suelo, la acumulación de terrenos, la población, y los instrumentos y herramientas empleados en el trabajo agrícola.

De esta manera, para Malthus (1820), la interacción económica en el sector agrícola era esencial a través de la producción de alimentos, la producción agrícola y las relaciones sociales, pues permiten la reinversión, generando así acumulación de capital, donde creía que, sin el aumento de la producción agrícola, la población no tendría recursos para la alimentación, y esta, a su vez, no podría expandirse. No obstante, Say (1821) sostiene en sus análisis económicos que el elemento crucial para el crecimiento económico radica en la producción agrícola, a través de la gestión de los conceptos de demanda de productos básicos. Al igual que, Davis y Goldberg (1957), menciona que, la producción agricultura, debe ser vista bajo la teoría de la organización industrial, esto debido a la integración de la producción

primaria a sectores de la economía, asociando la administración y el negocio agrícola con las etapas posteriores de la agroindustria y el comercio de alimentos. Por otra parte, Schultz (1964) afirmó que los pequeños productores agrícolas respondían satisfactoriamente a los esfuerzos de la extensión agrícola, esto cuando se ofrecen innovaciones beneficiosas, comprobadas mediante los diferentes sistemas utilizadas en la extensión agropecuaria. Sin embargo, Brown (1966) expuso un proceso de producción agrícola a corto y largo plazo, donde la relación se centra en el fondo disponible de conocimientos técnicos que se abandonan para admitir las posibilidades potencialmente invéntales, y posteriormente pasar de una producción normal a una meta producción. Así mismo, Ahman (1966) demostró, sin lugar a duda, que la producción agrícola se debe determinar siempre y cuando un factor se convierte en más caro en comparación a otro a lo largo del tiempo, estos esfuerzos innovadores de los productores agrícolas deben orientar el ahorro de ese factor que se ha encarecido, siempre que dichos productores ideen nuevas posibilidades técnicas alternativas que sean igual al coste de investigación.

Así mismo, Kennedy (1967) menciona que, si un país que tenga una relación de costes de los factores agrícolas más alta que en un segundo país, los esfuerzos de innovación se orientan al ahorro de los factores relativos más caros. No obstante, según Marx (1971), el capital se expande en aquellos sectores y actividades económicas que facilitan la obtención de una tasa de ganancia que satisfaga sus requerimientos de reproducción, donde son clave la tasa de explotación laboral y la estructura del capital fijo. Las exigencias de reproducción del capital lo impulsan a incorporar y explotar de manera subordinada formas o sistemas de producción no capitalistas. Así mismo, Mellor (1972) analizó el desarrollo agrícola mediante la expansión simétrica de los insumos, utilizando aquellos de baja productividad que son abundantes. De igual forma, Mill (1978) reconoce que las mercancías tienen un Valor de cambio natural y uno del mercado, donde el primero está determinado por los costos de producción, mas no incluyendo la renta de la tierra.

Sin embargo, según Parra y colaboradores (1986), la generación de valores de cambio, esto es, de productos agrícolas que pueden intercambiarse por bienes no agrícolas o por otros productos agrícolas distintos, se encuentra en constante crecimiento. Por su parte, Machado (1987) señala que el objetivo primordial del proceso de producción agrícola es la generación de valores de uso, o sea, de productos vegetales o animales que cumplan con una necesidad específica humana. A lo largo de la historia, la actividad agrícola ha evolucionado desde la

producción de valores de uso destinados a satisfacer las necesidades inmediatas del productor, hacia la producción de bienes demandados por las poblaciones urbanas.

Por ejemplo, después de la Segunda Guerra Mundial, la tasa de crecimiento de la población aumentó sin precedentes; lo que según (Ehrlich, 1993), este aumento puede llevar a predecir que, a partir del crecimiento de la población en los países subdesarrollados, las condiciones alimentarias se deteriorarán.

Por otro lado, Altieri (1994) menciona que el manejo agrícola sustentable o sostenible debe permitir tener una producción de alimentos, fibra u otros productos vegetales o animales, empleando técnicas que protegen el medio ambiente, la salud pública, las comunidades humanas y el bienestar de los animales. Esta forma de agricultura nos asegura producir alimentos sanos sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para que hagan lo mismo. Del mismo modo, Sweeney (1995) afirmaba que durante este período la agricultura se distinguía por sus reducidos rendimientos, resultado del escaso uso de tecnología, lo que a su vez implicaba un impacto ambiental mínimo. Esto se evidencia en los análisis de producción de cereales, que en promedio alcanzaban 0.5 toneladas por hectárea. Las tierras eran dejadas en barbecho cada tres años, no se aplicaban fertilizantes y los cultivos sufrían importantes pérdidas debido a enfermedades y plagas. Por lo que, Jeffrey Sachs (2014) plantea que una de las vías directa para el desarrollo es la productividad agrícola.

4.2. Evidencia Empírica

Esta sección analiza la evidencia empírica relacionada con la producción agrícola y la implementación tecnológica, así como también, mano de obra, producción de cereales y tierras cultivables. Tiene una división de tres partes donde se analiza la evidencia relacionada con los objetivos específicos de esta investigación. En este sentido, la primera parte habla sobre la relación entre productividad agrícola e implementación tecnológica, mano de obra, producción de cereales y tierras cultivables, la segunda parte muestra estudios relacionados con la relación a largo plazo entre implementación tecnológica y producción agrícola, a través de un modelo ARDL; la última parte muestra estudios relacionados con la causalidad en el sentido de Granger. A continuación, se presenta evidencia empírica sobre la relación entre las variables dependiente e independiente y de control.

En este sentido, el estudio realizado por Sánchez y Zambrano (2019), analiza la adopción de tecnologías agrícolas generadas en Ecuador; estos estudios arrojaron resultados que muestran que la adopción promedio a nivel nacional de las variedades desarrolladas por el INIAP fue

del 37 %, con una tasa interna promedio de retorno del 33 %. A su vez, el estudio realizado por Trigo y Elverdin (2020), En su análisis sobre los Sistemas de Investigación y Transferencia de Tecnología, así como la fuerza laboral Agropecuaria en América Latina y el Caribe dentro del contexto de los nuevos paradigmas de Ciencia y Tecnología, se destaca que, en términos de agricultura y alimentación, los progresos en lo que se denomina nueva biología han convertido a la investigación y el desarrollo en procesos más exactos y fiables. Estos avances son aplicables a todas las áreas de la actividad agroalimentaria, ofreciendo la oportunidad de profundizar el entendimiento de los recursos naturales y los ecosistemas.

Otro estudio de Vértiz (2020) propone una sustitución de las importaciones tecnológicas por participación estatal a través de diversos productos tecnológicos que pueden desarrollarse en el país, donde los resultados muestran un aumento en la producción por parte de las tecnologías desarrolladas localmente. Dicho de otra forma, un estudio realizado por Quintero et al., (2021), relaciona el conocimiento tecnológico y la producción de café colombiano, donde da a conocer que existe baja correlación entre las funciones de generación y la capacidad de apropiación, esto podría deberse a la insuficiente capacidad para traducir la innovación y el desarrollo en procesos de producción de café. Así mismo, un estudio realizado por Suárez et al., (2020), donde analiza el estado de la transición agroecológica de los sistemas productivos de la provincia de Imbabura mediante la prueba de Cramer para determinar la relación de los ítems, muestra que existe alto grado de confianza para adoptar la agroecología, pero es necesario políticas públicas más robustas.

El análisis efectuado por Amaro y Rosales (2016) acerca de la innovación inclusiva en la agricultura de México, específicamente entre productores de café en Veracruz, indica que el progreso ha sido visto como un elemento clave para el desarrollo tecnológico y económico; sin embargo, raramente se considera su impacto social y los desafíos específicos que enfrentan ciertos grupos o comunidades agrícolas para participar, adaptarse y adoptar innovaciones.

De manera similar, la investigación de Cáceres y colaboradores (2017) sobre la adopción de tecnología en sistemas agropecuarios de pequeños productores señala que este proceso es complejo, ya que no solo entran en juego aspectos técnicos y productivos, sino también una compleja red de relaciones sociales. En este entramado, los distintos actores enfrentan

desafíos únicos, llevan a cabo actividades diversas y luchan por obtener una posición más favorable dentro de su entorno socioeconómico.

Así mismo, Reymond y Rivas (2017), en su informe “Gestión de información para la innovación tecnológica agropecuaria y aplicación de mano de obra local”, indica que la información técnica es un elemento clave de cualquier proceso de innovación o investigación que se lleve a cabo en el sector agrícola. El informe realizado por Ramírez et al., (2015) sobre la Innovación Tecnológica en el sector Agropecuario, indica que las actividades incrementan de manera sustancial los rendimientos productivos gracias a la implementación de varias innovaciones tecnológicas que han ido cobrando protagonismo en distintos momentos de la historia reciente de la humanidad.

Por consiguiente, Vela (2016) relaciona las tecnologías agropecuarias y su relación con los ingresos y salarios económicos de los productores agrarios del distrito Pinto Recodo, donde el resultado del análisis de los datos concluye que no existe relación entre las variables objeto de estudio, esto debido a que la hipótesis nula de investigación se muestra ineficiente ante las tecnologías agropecuarias y el ingreso económico. Por otro lado, el estudio realizado por Torres et al., (2018), en su modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica y empleo de mano de obra en la rama agropecuaria, señala que es posible un modelo estadístico para la medición del impacto en el proceso de innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria, dando como resultado el aumento de la producción debido a la correlación entre la innovación y producción final.

Del mismo modo, el informe realizado por Vargas (2017) sobre aspectos del desarrollo tecnológico agropecuario, examina algunos de los elementos determinantes en el proceso de adopción de tecnología para el país; señala las desventajas de la economía y el desarrollo general del país, afirmando que una desventaja es la dependencia tecnológica importada. Igualmente, el estudio realizado por Aramburu et al., (2014) señala un análisis de corto plazo sobre los impactos de la adopción tecnológica agropecuaria en Bolivia; los resultados obtenidos a corto plazo son significativos en cuanto a las variables de destino a la producción. Sin embargo, el estudio realizado por Guillermo y Barrientos (2015), en su investigación sobre el Sistema Tecnológico, concluye que la tecnología tiene tal impacto en la estructura socio productiva agrícola que se relaciona directamente con el modelo de desarrollo que prevalece en la región.

Así también, un estudio realizado por Volkind (2019), donde da a conocer la dependencia de mano de obra de la agricultura pampeana en las primeras décadas del siglo XX con el caso de la maquinaria agrícola, concluye que la incorporación de maquinaria agrícola en la región pampeana jugó un papel significativo en la puesta en producción de miles de nuevas hectáreas, permitiendo un incremento del rendimiento del trabajo humano. Sin embargo, Gras y Hernández (2013) señalan que la dimensión tecnológica representa uno de los fundamentos esenciales del nuevo modelo de organización de las actividades agropecuarias, estando estrechamente relacionado con las tendencias mundiales del capital en el sector agroalimentario.

Asimismo, en esta parte se muestra evidencia empírica entre la producción agrícola y la mano de obra, donde Molinero (2020), analiza la dependencia de la mano de obra para las actividades agrícolas, utilizando datos de sobre entradas anuales de trabajadores temporales, y los rendimientos de estos en los países desarrollados, cuyo resultado muestra que la mano de obra es esencial para el desarrollo de la producción en dichos países, y a su vez aumenta la migración hacia estos países, por el aumento de los salarios que ahí se perciben.

Pérez et al., (2019), menciona la influencia de adopción de tecnología y la mano de obra en la eficiencia productiva en el sector agrícola de México, 1979-2014, donde los resultados muestran que la utilización de la superficie en riego y la mano de obra son las variables más importantes para el crecimiento del sector agrícola. Por otra parte, Capdevila et al. (2014), describe en su estudio sobre la contratación de mano de obra temporal en la agricultura hortofrutícola española, mediante un análisis exploratorio determina que la agricultura hortofrutícola moderna aún mantiene la necesidad de mano de obra temporal para realizar ciertas tareas como la recolección, ya que no existe maquinaria que pueda reemplazar la mano de obra que cualifica para este tipo de trabajo.

Benites et al. (2019), analiza el uso de la mano de obra como medida positiva en su investigación denominada “Importancia de la producción de banano orgánico, caso: provincia del Oro, Ecuador”, basándose en la utilización de la metodología explicativa que analiza los factores productivos importantes dentro de este sector. Los resultados muestran que el uso de la mano de obra es importante ya que, por lo general, no usa tanta maquinaria porque el control es personalizado y asistido por el hombre.

A continuación, se muestra evidencia empírica sobre la producción de cereales, el estudio realizado por Alava et al., (2018) menciona que la producción de arroz en la costa ecuatoriana tiene un rubro importante en la economía nacional; utilizando una metodología descriptiva en el proceso y evolución de la producción arrocería en el Ecuador, los resultados muestran que es el principal cereal que se consume en los hogares ecuatorianos, y que en algunas ocasiones su producción se puede ver afectada por las condiciones climáticas. Pullas (2017) analiza la productividad de la producción de harina en el Ecuador, mediante análisis descriptivo de la producción durante 1990-2010; los resultados demuestran que la producción nacional no satisface la demanda interna, por lo que es necesario la importación, esto se debe a que los agricultores mantienen en promedio la misma superficie sembrada, ya sea por la tecnología utilizada y los factores ambientales.

Siguiendo con lo establecido en el modelo, en esta sección se presenta evidencia empírica sobre la variable de tierras cultivables, donde Tene (2020) muestra una relación entre las variables tierras agrícolas, tierras cultivables y área selvática, el autor describe que desde el año 1960 hasta 2019 el área de tierras cultivables ha disminuido debido a que son destinadas a la agricultura. Soza y Ruíz (2017) relaciona variables tales como productividad agrícola, tierras destinadas al cultivo y tierra per cápita, donde concluye que, si queremos aumentar la producción para el futuro, las acciones deben enfocarse en aumentar los rendimientos por hectárea sembrada, ya que en el futuro las áreas de cultivo se reducirán. De la misma forma, Tobar y Cepeda (2022), analizan la relación empírica entre los efectos del cambio en los usos de suelos y de los usos agrícolas a urbanos y su impacto en el cultivo de alimentos, donde destaca el deterioro de las tierras cultivables debido al uso de monocultivos y deterioro de nutrientes, por lo que son destinadas para otros fines como la construcción.

Seguidamente se presenta evidencia sobre relación a largo plazo utilizando modelos ARDL, un balance de Berrocal (2020), muestra una relación a largo plazo entre la producción agrícola no tradicional y la tradicional, donde los resultados demuestran un impacto positivo en las exportaciones agrícolas no tradicionales en el largo plazo para Perú, debido a que la producción no tradicional tenía un menor costo de producción, esto debido al uso de paquetes tecnológicos que mejoraron el rendimiento.

Otro estudio realizado por Montejó (2020), donde busca identificar la relación a largo plazo entre la producción de azúcar y su precio en insumos agrícolas, muestra que los precios

mantiene patrones de comportamiento similares y altos niveles de correlación, no obstante, existe una relación de equilibrio a largo plazo entre los dos mercados, ya que los precios de los insumos y la producción de azúcar tienden a equilibrarse con el paso de los años.

Velásquez (2022), busca determinar la incidencia del crédito agrícola sobre la productividad de los cultivos de fresa, utilizando un modelo ARDL a largo plazo, donde la conclusión más importante que surge de este análisis es que el crédito agrícola tiene un impacto significativo en la productividad del capital, ya que, al elevar los niveles de inversión, promueve el mejoramiento técnico del cultivo. Otro estudio similar, desarrollado por Heredia (2020), pretende analizar y cuantificar el comportamiento de las exportaciones de espárragos frescos en el mercado internacional y su impacto en el Producto Interno Bruto (PIB) agrícola peruano, donde utiliza un modelo ARDL para analizar el largo plazo, muestra que existe un aumento en la cantidad exportada de espárragos frescos en una tonelada y que este influye en la tasa de crecimiento del PIB agrícola promedio en 0.5 %.

Por consiguiente, Ortega et al. (2020), analizan estimaciones para documentar tendencias a largo plazo en el consumo y producción agroecológica, explicando el ciclo productivo en Chile durante el período 1980-2018, donde utilizó un modelo con rezagos distribuidos y corrección de errores (ARDL), concluyendo que las estimaciones a largo plazo en la producción está respondiendo positivamente al precio de venta, principalmente debido a la respuesta positiva de los cultivos, esa respuesta de los cultivos es gracias a las semillas mejoradas y el uso de agroquímicos, disminuyendo así el tiempo de crecimiento.

Infante (2016), en su informe sobre la importancia de los factores productivos y su impacto en las organizaciones agrícolas en León Guanajuato-México, demuestra que existe relación de largo plazo con la actividad de la producción agrícola en sus parcelas. Es decir, se conoce la rentabilidad de los agricultores el largo plazo y el uso de fertilizantes mejorados. En este contexto, resulta crucial destacar que hay pruebas empíricas de causalidad al estilo de Granger, en las cuales Pardey y Craig (2018), a través de sus investigaciones sobre la relación entre la producción agrícola y la inversión en investigación pública, y más recientemente, entre la productividad agrícola y el gasto total en investigación, identifican una conexión causal entre estas variables.

Schimmelpfening y Thirtle (2018), en su estudio para un conjunto de países europeos, admiten la existencia de relaciones causa-efecto entre la producción agrícola frente a las innovaciones. En contraste, el estudio de causalidad realizado por Hallan (2018) para Gran Bretaña, no encuentra una relación causal entre los gastos de investigación agrícola y la productividad total de los factores (PTF), donde menciona dos razones que pueden explicar la falta de una relación causal clara entre la investigación y el desarrollo agrícola (I+D) y la PTF. Hallan (2019), da a saber que esto se debe al uso de medidas imperfectas e incompletas de los insumos de investigación agrícola; esto ocurre, por ejemplo, cuando no se consideran los gastos de I+D en el sector privado.

Posteriormente, estudios realizados por Chung (2022) dan a conocer los efectos causados por la investigación y desarrollo en el sector agrícola, demostrando que se pudo verificar la no estacionariedad de las variables independientes y su impacto significativo en la producción agrícola nacional mediante el aumento de la producción de productos agrícolas. El estudio realizado por Carrera (2020), da a entender la relación causal entre la calidad de la relación comercial entre el proveedor y el productor agrícola y su efecto en la innovación tecnológica, y determina que existe una relación directa y positiva entre la calidad de la relación comercial con los proveedores y las variables que impactan tecnológicamente la innovación en agronegocios.

Finalmente, Rparticipated (2019), muestra la relación causal entre el gasto en Ciencia y Tecnología (C y T) y el Producto Interno Bruto, un análisis empírico entre América Latina y el Caribe y Ecuador, donde se muestra en el caso de América Latina y el Caribe la inexistencia de causalidad aprobando que el PIB no causa en el sentido de Granger un gasto en C y T. Es decir, que en C y T no existe una causa en el sentido de Granger al PIB con respecto en el caso de Ecuador, pues muestra una unidireccionalidad aprobando que el PIB no causa en el sentido de Granger un C y T y rechazando la hipótesis nula de que C y T no causa en el sentido de Granger al PIB. Para concluir, Palacios y Huamán (2021), afirman que en el impacto de las Exportaciones de Café en el PIB Agropecuario del Perú se encuentra una relación directa de las exportaciones de café con el crecimiento económico agrícola.

5. Metodología

5.1. Estrategia metodológica

En el siguiente trabajo de investigación se utilizó la estadística descriptiva, ya que es el método que permite organizar, resumir y presentar los datos a investigar de manera informativa. Este modelo de investigación permitió de manera muy minuciosa establecer los comportamientos que presenta el sector agrícola del Ecuador, así como las diversas tecnologías que se usan en este campo permitiendo exponer de manera muy detallada las cifras, elementos y situaciones que existen dentro del sector a partir de las cifras de producción. El sector agrícola cuenta con un sin número de datos numéricos que deben ser descritos a partir de la estadística elegida, la investigación es de carácter explicativa y correlacionada. Posteriormente, para una mejor presentación y análisis de la problemática, se trabajó con datos de serie de tiempo, los cuales nos permitieron medir las variables cuantitativas del periodo elegido e identificar tendencias, realizar predicciones, comprender relaciones y, por último, obtener resultados generales de poblaciones.

De esta manera, este proceso se llevó a cabo con el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar el problema de investigación, que en este caso es de la producción agrícola. Igualmente, este estudio tiene un enfoque explicativo, ya que, tras seleccionar, recolectar y aplicar el modelo econométrico adecuado, será posible discernir a partir de los resultados el impacto real de la implementación tecnológica en la producción agrícola. Así se procedió a efectuar la correspondiente interpretación y a deducir las implicaciones políticas que podrían contribuir a resolver los problemas identificados en este sector. Por otro lado, la investigación se clasifica dentro del ámbito correlacional, permitiendo así establecer el efecto del uso de tecnología agrícola en la producción de Ecuador. Obteniendo los resultados econométricos podemos conocer la relación entre las variables de estudio para posteriormente aplicar implicaciones de política.

5.2. Tratamiento de datos

Para la presente investigación los datos serán tomados del World Development Indicators del Banco Mundial (BM, 2020). Los datos están direccionados para Ecuador y comprendidos entre el periodo 1990 hasta 2019, donde la descripción de las variables se detalla en la Tabla 1; las variables utilizadas en el modelo econométrico se basan en el uso de series de tiempo como la producción agrícola al ser una variable dependiente y donde la medida por el porcentaje del PIB de la producción anual como variable independiente. Además, es

importante señalar el uso de fertilizantes y plaguicidas en la actividad agrícola y la medida en kilogramos por hectárea de tierras cultivables, las cuales fueron incluidas por la teoría de la innovación inducida; luego se incluirá otras variables de control, la mano de obra empleada para la actividad agrícola medida mediante el porcentaje anual utilizado en este sector. Como segunda variable de control tenemos la producción de cereales, esta hace referencia al total de la producción de un año medida en toneladas métricas y muestra la producción mayoritaria en el territorio ecuatoriano. Como tercera variable de control se encuentran las tierras cultivables, que son las que se utilizan para realizar los sembríos y se mide en hectáreas.

Tabla 1.

Descripción de variables

Tipo de variable	Variable	Notación	Unidad de medida	Descripción
Dependiente	Producción agrícola	Pg	Porcentaje	Es el porcentaje del PIB con respecto a la producción agrícola de un año
Independiente	Implementación tecnológica (uso de agroquímicos)	Tg	Kilogramos	Mide la cantidad de elementos nutritivos de las plantas por unidad de tierra cultivable
	Mano de obra	Mo	Porcentaje	Porcentaje del empleo en la agricultura
De control	Producción de cereales	Pc	Toneladas métricas	Este es el porcentaje anual de la producción de cereales nacional
	Zonas cultivables	Zc	Hectáreas	Se refiere a las zonas de cultivo que existen en el Ecuador

Nota: elaborado con base de datos de banco mundial 2020.

A continuación, en la Tabla 2 se detallan los resultados obtenidos de los estadísticos descriptivos de la variable dependiente, independiente y las de control. Los resultados reflejan que todas las variables son categóricas con 30 observaciones cada una. Además, la media muestra el promedio de los datos, la desviación estándar indica qué tan dispersos están los valores con respecto a su media: los valores mínimos y máximos que puede tomar la variable en toda la serie estadística.

Por consiguiente, tomando en cuenta las dos variables principales de esta investigación, tenemos que la media de la variable dependiente producción agrícola es de 81.40 %, esto nos indica que la producción agrícola nacional está en manos de pequeños productores. La

mayoría de los alimentos consumidos en el Ecuador provienen de la agricultura familiar campesina, su desviación estándar nos indica que cada unidad de producción agrícola produce en promedio 16.75 %, es necesario también señalar el uso de fertilizantes donde se muestra que anualmente se utilizan en promedio 189.88 kilogramos de fertilizantes y plaguicidas, igualmente, muestra una desviación estándar muy dispersa, esto se debe a los rendimientos decrecientes que tiene el uso de estos productos, ya que siempre se requiere añadir más para el siguiente año, el valor es de 119,56 %. Con relación al empleo de mano de obra en la agricultura, el 61.56% de la población se ocupa en este sector, que se divide entre la Agricultura Empresarial (AE) y la Agricultura Familiar Campesina (AFC), presentando significativas distorsiones. En la Agricultura Empresarial, el 80% de la tierra está concentrada en solo el 15% de las Unidades de Producción Agrícolas.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Uso de agroquímicos	30	189,88	110,56	42,41	428,80
Tierras cultivables	30	55,483	2,605	50,830	60,120
Producción de cereales	30	342,74	1404,120	-1865,648	3198,692
Mano de obra	30	61,56	2,31	57,663	64,964
Producción agrícola	30	81,40	16,75	46,81	103,51

5.3. Estrategia econométrica

5.3.1. Para cumplir el objetivo específico 1

Analizar la evolución y correlación de la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990 – 2019, mediante un análisis gráfico y estadístico.

En esta etapa se procederá a determinar la relación entre las variables expuestas anteriormente, para ello se emplearán gráficos de evolución y correlación para determinar el nivel de relación existente entre las variables principales, las mismas que se dividirán en la evolución de la implementación tecnológica en Ecuador durante el periodo 1990 – 2019 y la evolución en la producción agrícola del Ecuador durante el periodo 1990 – 2019; de igual forma, se efectuará la correlación entre la implementación tecnológica y la producción agrícola para Ecuador durante el periodo 1980 – 2019, permitiendo llevar a cabo este objetivo mediante el análisis estadístico donde nos permite observar la intensidad de la relación de las variables principales, mediante la correlación de Pearson.

5.3.2. Para cumplir el objetivo específico 2

Analizar la relación de largo plazo entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990–2019, mediante un modelo ARDL.

Para poder llevar a cabo el objetivo 2 que es analizar la relación de largo plazo entre la implementación tecnológica y la producción agrícola, primeramente, se debe determinar la longitud del rezago, las variables producción agrícola, implementación tecnológica y las variables de control como lo son: mano de obra, producción de cereales y tierras cultivables. De tal manera, se determinó la longitud del rezago mediante el criterio de información de Akaike (1974). Luego debemos determinar la presencia de raíz unitaria, donde se garantice que ninguna variable sea superior a segundo orden; la prueba de Fisher basado en la prueba de Dickey-Fuller Aumentada (1979) y la prueba Phillips- Perron (1988).

La hipótesis nula examina la presencia de raíces unitarias en la serie. Se establecen dos hipótesis:

H_0 , que indica la existencia de raíces unitarias (es decir, la serie es estacionaria) y H_1 , que señala la ausencia de estacionariedad. Si el valor de $z(t)$ calculado es inferior al valor crítico para los niveles de 1%, 5%, y 10%, se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 , indicando la presencia de estacionariedad, según el método de Dickey y Fuller (1979). Posteriormente se procede a realizar el modelo Autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), propuestos por Pesaran, Shin (1999) y Smith (2001). Los modelos ARDL son regresiones de mínimos cuadrados ordinarios que incorporan rezagos tanto de la variable dependiente como de las variables explicativas, un modelo ARDL se representa comúnmente como $ARDL(p, q_1, \dots, q_k)$, donde p es el número de rezagos de la variable dependiente y , q_1 corresponde al número de rezagos de la primera variable explicativa X_1 , y q_k al número de rezagos de la k -ésima variable explicativa X_k . Este modelo se especifica en la ecuación (1).

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p Y_i y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \sum_{i=0}^{qj} X_{j, t-1}' \beta_{j, i} + \epsilon_t \quad (1)$$

Esta técnica econométrica facilita la inclusión de efectos dinámicos para analizar la dinámica de la producción agrícola y estudiar la existencia de una relación de cointegración a largo plazo entre las variables, conforme al enfoque de Pesaran y Shin (1999). La ecuación de primeras diferencias, tal como se especifica en un modelo ARDL general, se describe en la ecuación (2):

$$\begin{aligned} \Delta P g_t = & \alpha + \sum_{i=1}^p Y_i \Delta P g_{t-1} + \sum_{i=0}^q \Delta T g_{t-1} + \sum_{i=1}^q \Delta M o_{t-1} + \sum_{i=1}^q \Delta P c_{t-1} \\ & + \sum_{i=1}^q \Delta Z c_{t-1} \beta_i + \epsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

Donde $\Delta P g$ es el cambio contemporáneo en la producción agrícola, $\Delta P g_{t-i}$ es el i -ésimo rezago de la variable endógena que aparece como variable explicativa, $\Delta T g$ es la primera diferencia de la implementación tecnológica, así también como $\Delta M o$ representa la fuerza de trabajo; $\Delta Z c$ representa las zonas cultivables, $\Delta P c$ representa la producción de cereales como aproximación a su crecimiento entre períodos, variable explicativa que aparece con q términos rezagados, α es el intercepto, γ_i son los parámetros que recogen la influencia de los rezagos de los cambios en la producción agrícola, β_i son los coeficientes que recogen el efecto de la variación del producto en la producción agrícola.

Es relevante entender que el modelo puede ser transformado en una representación a largo plazo, la cual ilustra la reacción de la variable dependiente a largo plazo ante variaciones en la variable explicativa. El método para calcular el coeficiente a largo plazo θ , basado en la estimación, se expone en la ecuación (3).

$$\theta = \frac{\sum_{i=0}^q \beta_i}{1 - \sum_{i=1}^p \gamma_i} \quad (3)$$

La ventaja de este modelo muestra que, las variables dependientes y regresores en la relación de cointegración pueden ser cualesquiera $I(0)$ o $I(1)$, sin necesitar preespecificar cuáles son $I(0)$ o $I(1)$, a diferencia de otras pruebas de cointegración que sí requieren que las variables sean integradas de orden uno (Pesaran et al., 2001). Además, es importante señalar que la metodología ARDL no demanda simetría en la selección de los rezagos; es decir, cada

variable puede tener un número distinto de términos rezagados, con p rezagos de la producción agrícola Pg y q rezagos del producto real y , los coeficientes de largo plazo son θ_0 para la constante y θ_1 para las variables explicativas, y se calculan como se muestran en la ecuación (4), (5) y (6).

$$\bar{\theta}_0 = \frac{\bar{\alpha}}{1 - \sum_{i=1}^p y_i'}, \bar{\theta}_1 = \frac{\sum_{i=0}^q \hat{\beta}_i}{1 - \sum_{i=1}^p \hat{Y}_i} \quad (4)$$

$$Pg = \bar{\theta}_0 + \bar{\theta}_1 y_t + \epsilon_t \quad (5)$$

$$\epsilon_t = ECt = Pg_t - (\bar{\theta}_0 + \bar{\theta}_1 y_t) \quad (6)$$

Donde ECt recoge un componente de la relación a largo plazo representada por una constante, más los niveles rezagados de la tasa de desempleo y los valores rezagados de la variable explicativa. Para ello, se emplea la metodología de Pesaran et al. (2001) contenida en el enfoque de prueba de límites para el análisis de la relación a largo plazo. Estos autores utilizan la relación de cointegración y describen una prueba para comprobar si el modelo ARDL contiene relaciones a largo plazo o de nivel entre las variables.

5.3.3. Para cumplir el objetivo específico 3

Examinar la relación de causalidad entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990-2019, mediante test de Granger.

En la prueba de causalidad de Engle y Granger (1987), se establece que si el evento X se considera como la causa del evento Y, entonces X debe ocurrir antes que Y (Hamilton, 1994, p.303). Siguiendo esta lógica, Hamilton (1994) introduce una ecuación causal sin restricciones, tal como se detalla en la ecuación (7).

$$Y_t = c_{1+} + \sum_{i=1}^p a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p b_i X_{t-i} + \mu_t \quad (7)$$

Es decir:

$$Y_c = C_o + \sum_{i=1}^P b_i y_{t-i} + u_t \quad (8)$$

La ecuación (8) sugiere que Y se relaciona tanto con sus propios valores anteriores como con los valores previos de X. Reforzando la idea anterior, si Y es causa de X en el sentido de Granger, se establece que la causalidad es unidireccional; por otro lado, si X es causa de Y, entonces la causalidad se considera bidireccional.

6. Resultados

6.1. Objetivo específico 1

Analizar la evolución y correlación de la implementación tecnológica y la producción agrícola en Ecuador durante el periodo 1990 – 2019, mediante un análisis gráfico y estadístico.

Para alcanzar el primer objetivo específico, se llevó a cabo un estudio de la evolución y la correlación de las variables principales empleadas en la investigación. Según la FAO (2021), en el Ecuador la productividad agrícola es importante considerando las características agroecológicas de la nación, siendo relativamente favorable para el desempeño de la actividad agrícola; el 31,99% de la superficie agrícola del país es apta para cultivos y un 23,54% apta para pastos. Estos porcentajes se encuentran principalmente en la costa y con fuertes limitaciones topográficas en las tierras altas ecuatorianas. Según los datos del Ministerio de Economía y Finanzas, durante el periodo 2000-2019, los sectores de gran importancia son la agricultura con el 8% de la producción del país en la que se absorbe la mayor cantidad de mano de obra.

Como se muestra en la Figura 1, tanto la productividad agrícola como la implementación tecnológica han mostrado una tendencia al alza, alcanzando su punto máximo en el año 2007. Este aumento se debe a la adopción y expansión de nuevas técnicas agrícolas que hacen un uso intensivo de químicos para el control de plagas y para mejorar la fertilidad del suelo, junto con la implementación de sistemas de riego para incrementar la productividad por hectárea.

Es importante señalar que el inicio del proceso de la revolución verde tuvo como objetivo principal disminuir la brecha entre el crecimiento poblacional y la disponibilidad de alimentos, siendo la Fundación Rockefeller uno de los primeros en financiar este proceso.

Al igual, es importante señalar que en estos años el gobierno apostó por la producción agraria con incentivos como la adquisición de urea para los campesinos rurales a precios accesibles, Esto contribuye a una distribución más equitativa de los recursos de producción, en particular la tierra y el agua, así como de otros servicios relacionados directa o indirectamente con el sector, incluyendo crédito, asesoramiento técnico, transferencia tecnológica, investigación e innovación, colaboración entre productores y acceso a mercados.

En relación con el año 2013, se observa una disminución atribuida a la ampliación de contratos promovida por la intervención gubernamental, que ese mismo año implementó el Plan Semillas de Alto Rendimiento (PSAR) para incrementar la productividad. Este plan se llevó a cabo en colaboración con seis empresas: Agripac, Ecuaquímica, India11, Interoc S.A., Afecor, y Del Monte, para la comercialización de paquetes subsidiados de maíz y arroz (Yumbra y Herrera, 2013).

Por este motivo, los suelos de cultivo no estaban adecuados para estas nuevas semillas, lo que llevó a una pequeña caída en la producción y posteriormente a su recuperación. La Figura 1 muestra otra caída desde el año 2016, lo que significa una reducción del 1,11 % respecto al año 2015. Este comportamiento fue ocasionado por la reducción del rendimiento de productos como: arroz, palma africana, cacao y caña de azúcar, que en conjunto representan el 55 % de la superficie cosechada a nivel país.

Con respecto a la evolución de implementación tecnológica en América Latina, la adopción de prácticas agrícolas es altamente dependiente de agroquímicos, esto se evidencia principalmente en México, la cual se da en principio por la Fundación Ford (FR). Para el caso ecuatoriano se muestra un incremento del uso de agroquímicos desde el año 1991, la cual se establece gracias a la difusión de las tecnologías en América Latina y la modernización de la agricultura como resultado de los patrones secuenciales que se aplicaban desde la revolución verde, siendo el tercer ciclo que enfatizaba el uso de semillas mejoradas de alto rendimiento, principalmente híbridas, y posteriormente de manera complementaria se centró en una difusión extensiva de pesticidas y fertilizantes.

A lo largo del periodo de estudio se muestra un comportamiento cíclico, este comportamiento podría deberse por lo descrito por Wooldridge (2008), donde menciona que, si se añade un punto porcentual de implementación tecnológica, en este caso fertilizantes por cada unidad utilizada, esta reduce la productividad media en aproximadamente 0,04 %, a partir de la segunda unidad porcentual, lo cual provoca rendimientos marginales decrecientes. Esto implica que el uso de un fertilizante sólido puede tener efectos adversos cuando se aplica en cantidades superiores a aproximadamente 3,2 toneladas por hectárea. No obstante, dado que los casos en los que se excede este límite son bastante raros, representando solo alrededor del 0,61% del total, se pueden considerar como insignificantes.

De igual forma, desde el año 2010, se ha observado un aumento en el uso de agroquímicos, según datos compilados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la

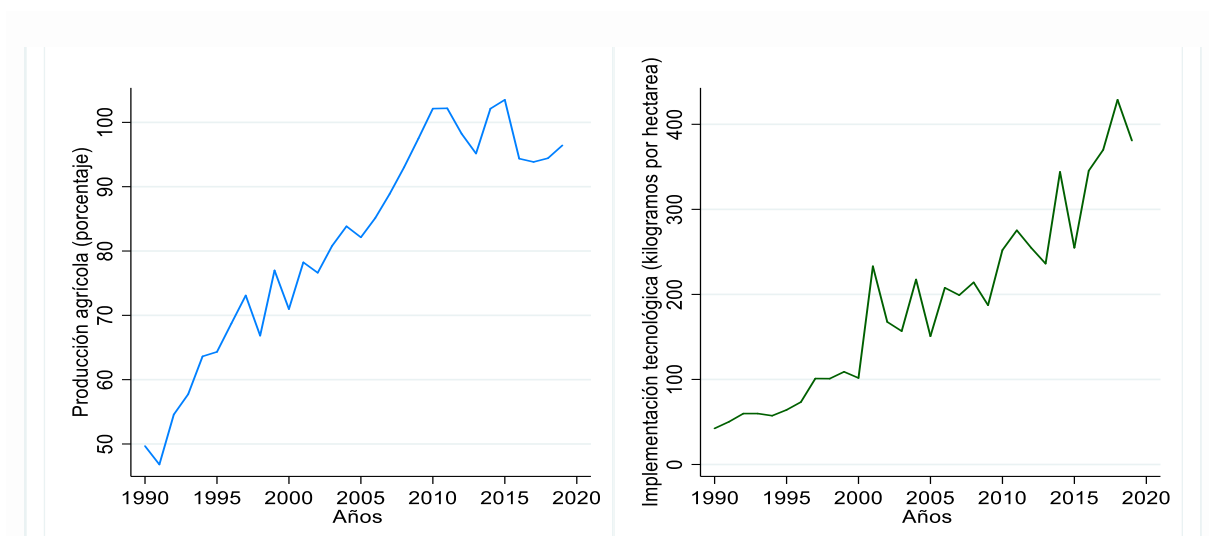
Alimentación. Específicamente, en América Latina y el Caribe en 2010 se registró un consumo de 222.367 toneladas de plaguicidas, siendo los herbicidas los más empleados con 11.788 toneladas, seguidos por los insecticidas con 46.994 toneladas y, finalmente, los fungicidas y bactericidas con 61.584 toneladas.

Los principales países consumidores de estos productos incluyen a Colombia, Bolivia, Ecuador y Guatemala. Por esta razón, Ecuador importó aproximadamente 14.394 toneladas de estos productos. Dentro de los insecticidas más utilizados se encuentran aquellos del grupo de los organofosforados, seguidos por los carbamatos y los piretroides, con Ecuador posicionándose como el tercer mayor consumidor de insecticidas, con un total de 7.689 toneladas (Tubiello et al., 2013).

Por esta razón, Ecuador es un país que se apoya considerablemente en el uso de agroquímicos para incrementar su producción agrícola. Sin embargo, no existen regulaciones adecuadas para el manejo de estas sustancias, como los pesticidas, que son el único grupo de compuestos que se liberan intencionadamente en el medio ambiente. A pesar de ello, el uso reiterado en el manejo fitosanitario acarrea efectos ambientales adversos, impactando negativamente en la calidad del agua y del suelo. Esto resulta en la presencia de residuos contaminantes que deterioran las características físico-químicas, microbiológicas y biológicas del agua.

Figura 1

Evolución de la producción agrícola e implementación tecnológica, 1990-2019



Como se indicó, dentro del presente objetivo se procedió a realizar el análisis de la correlación de las variables a estudiar, utilizando la correlación de Pearson, en este sentido se

realizó dicha prueba, los resultados del análisis de la correlación de la producción agrícola y la implementación tecnológica, como se observa en la Figura 2, se muestra que la correlación entre estas variables tiene una relación positiva, con un valor de correlación de 0.85 bastante fuerte, lo cual nos indica que aumentará la producción agrícola si se aumentara la implementación tecnológica.

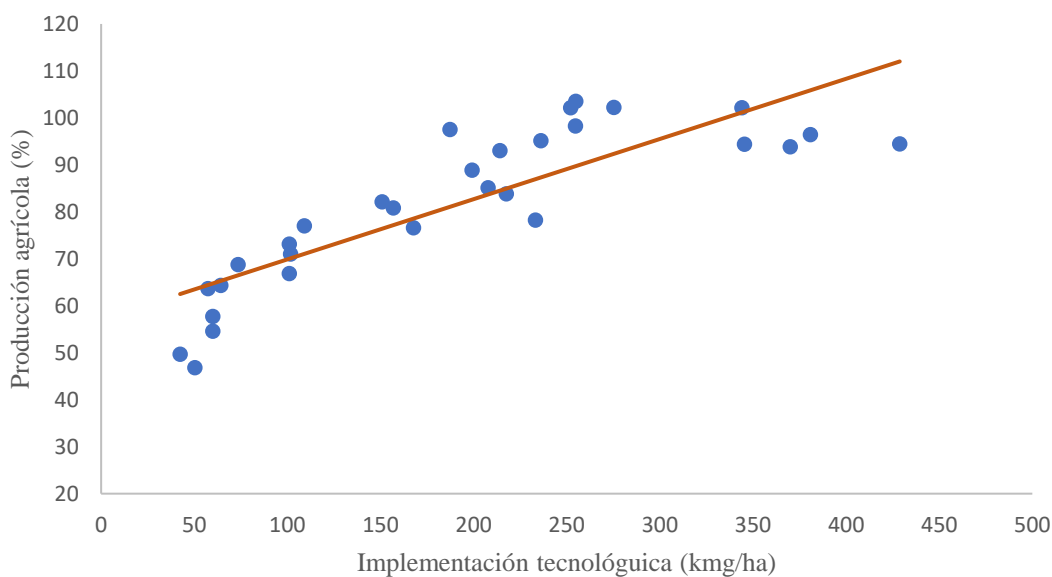
Previamente analizamos un ejemplo en cuanto al uso de pesticidas líquidos (si tiene un efecto similar a los fertilizantes), pues ante el paso de 0 % a 1 % de pesticida líquido va existir un aumento en la productividad media del 0,0701 %, por otra parte, ante el aumento de 1 % a 2 %, la productividad media incrementaría en 0,0558 %, es decir, cada punto porcentual adicional de pesticida a partir de la segunda unidad porcentual reduce la productividad media en 0,0103 %, esto puede deberse tal como lo dice Huang et al. (1993) y Zhang et al. (2015), debido a que el desconocimiento de la cantidad óptima de aplicación de productos químicos trae consigo pérdidas aceleradas de nutrientes en el suelo, lo que a su vez trae pérdidas marginales en la productividad.

Sin embargo, nuestro país se ha caracterizado por un elevado consumo de agroquímicos, productos fitosanitarios y fertilizantes en la agricultura en todas las escalas; el gobierno subsidió la importación de aproximadamente 62.500 Tm de urea para la agricultura de todo el país, lo cual se determina como uno de los países con mayor consumo de fertilizantes de la región.

En el año 2011 y 2012 se registraron importaciones de insumos agrícolas privados, de los cuales el 62 % fueron fertilizantes, 32 % agroquímicos, 4 % semillas y 2 % en bombas y equipos. De tal manera, se evidencia que el mayor consumo de agroquímicos en el país corresponde a funguicidas, siendo el cultivo de banano donde más se aplican estos insumos. Los herbicidas ocupan el segundo lugar de consumo, donde el cultivo del arroz es el más demandante. En tercer lugar, lo ocupan los insecticidas, donde la mayor demanda de aplicación se realiza al cultivo de flores. En general, el cultivo con mayor demanda en agroquímicos es el banano con un consumo del 38 % del total registrado en el estudio, seguido por el cultivo de flores con un consumo del 11.9 %; en tercer lugar, el cultivo de arroz con un consumo del 10.6 %, en cuarto y quinto lugar están los cultivos de maíz y papa respectivamente (MAGAP, 2012).

Figura 2

Correlación entre productividad agrícola e implementación tecnológica, 1990-2019



6.2. Objetivo específico 2

Analizar la relación de largo plazo entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990–2019, mediante un modelo ARDL.

Para la aplicación del modelo autorregresivo distribuido de retardos (ARDL) Pesaran et al. (2001), Pesaran y Shin (1995) recalcan que una buena práctica para llevar a cabo un modelo econométrico es que exista cointegración entre las variables del modelo, ya que muy a menudo los investigadores han ignorado las características dinámicas a lo largo del tiempo, y han asumido que la media y la varianza son constantes y no dependen del tiempo, lo que ha llevado a la estimación clásica de modelos econométricos que conducen a resultados espurios (Uko, 2016).

Por lo tanto, antes de proceder con la estimación del modelo ARDL y el análisis de causalidad de Granger, se examinó el orden de integración de las variables utilizadas en este estudio. La Tabla 3 presenta los resultados de la Prueba Aumentada de Dickey y Fuller (1979) para las cinco variables, tanto en niveles como en primeras diferencias. Al comparar los valores calculados de las variables en primeras diferencias, se observa que pierden su tendencia; es decir, los resultados de la prueba de Dickey y Fuller (1979) indican que el efecto de tendencia se elimina al diferenciar las variables por primera vez, y las pruebas de raíces unitarias confirman que las variables presentan un orden de integración $I(1)$. Tras realizar las primeras diferencias, las variables dejaron de mostrar un patrón tendencial para adoptar uno cíclico.

Tabla 3*Resultados de la prueba de Dickey y Fuller (ADF) raíces unitarias.*

Variables	Niveles				1 era diferencia			
	Valor calculado	Valor critica 1%	Valor critica 5%	Valor critica 10%	Valor calculado	Valor critica 1%	Valor critica 5%	Valor critica 10%
Producción agrícola	-1,78	-3,72	-2,99	-2,63	-7,21	-3,73	-2,99	-2,63
Implementación tecnológica	-0,93	-3,72	-2,99	-2,63	-10,11	-3,73	-2,99	-2,63
Producción de cereales	-2,00	-3,72	-2,99	-2,63	-7,58	-3,73	-2,99	-2,63
Tierras cultivables	-1,85	-3,72	-2,99	-2,93	-6,94	-3,73	-2,99	-2,63
Mano de obra	-1,32	-3,73	-2,99	2,93	-3,11	-3,73	-2,99	-2,53

Para elaborar el modelo ARDL, se empleó el criterio de información de Akaike (AIC) para determinar el número óptimo de rezagos del modelo. Esto llevó a estimar hasta un máximo de cinco rezagos para variables como la producción agrícola, la implementación tecnológica, la mano de obra, la producción de cereales y las tierras cultivables. Así, se determinó un modelo ARDL (2,4,1,2,2) de entre treinta (30) modelos analizados, con una especificación que incluye una constante y sin la inclusión de otros regresores fijos. Esto indica que, desde un enfoque estadístico, no todos los coeficientes son significativamente distintos de cero al 5% de significancia, excepto para la variable de tierras cultivables, mientras que la variable de implementación tecnológica y la de mano de obra son significativas al 10%, según se observa en los resultados presentados en la Tabla 4. Además, el modelo no muestra indicios de autocorrelación ni de heteroscedasticidad, con residuos que siguen una distribución normal y una buena capacidad de ajuste del 77% (detalles en el anexo 1).

Tabla 4*Coefficientes de largo plazo y forma de cointegración.*

<i>ADJ</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>t</i>	<i>P>t</i>	<i>[95% Conf.</i>	<i>Interval]</i>
Producción agrícola	-2,053	0,574	-3,58	0,006	-3,352	-0,754
<i>LI.</i>						
<i>LR</i>						

Implementación tecnológica	-0,132	0,069	-1,91	0,089	-0,288	0,025
Mano de obra	-30,918	15,650	-1,98	0,080	-66,320	4,485
Producción de cereales	-0,001	0,001	-1,02	0,332	-0,004	0,001
Tierras cultivables	-2,351	0,600	-3,92	0,004	-3,709	-0,994

El coeficiente de largo plazo que recoge el efecto de la producción agrícola presenta el signo correcto según la teoría y es significativo al 5 %. Posteriormente, el modelo apunta a un efecto a largo plazo bastante cercano a los encontrados en la literatura, revelando que por cada 1 % de aumento de las variables utilizadas en el modelo, la tasa de producción aumentaría en casi 2 puntos porcentuales, estadísticamente este coeficiente es significativo al 5 %, por lo tanto, de nuevo, se demuestra que el aumento de las variables entre períodos ayuda a explicar el comportamiento de la producción agrícola en el período. Asimismo, las variables como implementación tecnológica, mano de obra, producción de cereales y tierras cultivables rezagada en período tiene un efecto directo en la tasa de producción agrícola, siendo estadísticamente significativas al 5 % las variables tales como la implementación tecnológica y mano de obra, a excepción de la variable tierras cultivables que se muestra significativa al 5 %.

Los coeficientes indican que, si en el período siguiente se aumentara un kilogramo de agroquímicos (implementación tecnológica), la producción agrícola aumentara 0.13 puntos porcentuales. De tal manera, si se aumenta en 1 % la mano de obra en el siguiente periodo, la producción agrícola aumentara 31 puntos porcentuales. Finalmente, si se destinara una hectárea más en el periodo siguiente a cultivos, la producción agrícola aumentara 2 puntos porcentuales. Es crucial mencionar que el coeficiente asociado a la ecuación de cointegración a largo plazo es estadísticamente significativo al 5%, presentando el signo negativo esperado. Esto sugiere que la variable dependiente tiende a ajustarse hacia su nivel de equilibrio a largo plazo con el tiempo (Ibarra, 2011). Por tanto, cualquier desequilibrio en la relación a largo plazo entre la producción agrícola y las variables relacionadas con este modelo será corregido rápidamente en el período subsiguiente.

Una vez obtenido el modelo se procedió a comprobar la relación de equilibrio a largo plazo complementaria, donde la hipótesis nula no existe en relación de largo plazo, y la hipótesis alternativa indica que sí existe relación de equilibrio a largo plazo. Una vez obtenidos los resultados, se aplicó el modelo ARDL para examinar la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables del modelo en niveles. Es crucial entender que la

hipótesis nula, que postula la ausencia de una relación de cointegración a largo plazo, es rechazada si el valor absoluto del estadístico F supera el valor crítico del límite superior para $I(1)$. Los valores tabulados para una variable explicativa en la prueba con intercepto sin restricciones y sin tendencia, según Pesaran et al. (2001), muestran que el límite superior para $I(1)$ al 10% es de 3,52. En este caso, el valor del estadístico F es de 12,17, lo cual es estadísticamente significativo al 1%, 5%, 10% y 25%. Por tanto, los resultados conducen al rechazo de la hipótesis nula de ausencia de cointegración al 1%, 5%, 10% y 25%, lo que indica que existe una relación a largo plazo entre las variables analizadas en el período estudiado.

Tabla 5

Resultados del modelo bounds test ARDL

K-4	Valores crítico							
	10%		5%		2.50%		1%	
	(I_0)	(I_1)	(I_0)	(I_1)	(I_0)	(I_1)	(I_0)	(I_1)
Prueba F	L_1	L_1	L_5	L_5	L_025	L_025	L_01	L_01
12,17	-2,45	3,52	2,86	4,01	3,25	4,49	3,74	5,06

Nota: aceptar si $F <$ valor crítico para $I(0)$ regresores y rechazar si $F >$ valor crítico para $I(1)$ regresores

6.3. Objetivo específico 3

Examinar la relación de causalidad entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990-2019, mediante test de Granger.

Finalmente, tras estimar la relación a largo plazo, se llevó a cabo la prueba de causalidad de Granger para profundizar en el análisis. Esta prueba permite determinar si las variables en estudio tienen una relación de causalidad ya sea unidireccional o bidireccional. Es decir, se explora si una serie temporal X es causa de Granger de Y , lo cual se puede establecer, generalmente, mediante una serie de pruebas t y pruebas f aplicadas a los valores rezagados de X (y también incluyendo valores rezagados de Y), donde se examina si los valores de X ofrecen información estadísticamente significativa sobre los valores futuros de Y . Dicho lo anterior, la Tabla 6 nos muestra los resultados de las pruebas de causalidad de Granger que, de acuerdo con lo obtenido, muestra que la casualidad es bidireccional con un nivel de significancia del 5 % entre la variable mano de obra y producción agrícola. Por lo tanto, se

confirma que existe información importante en el uso de mano de obra que precede al comportamiento de la producción agrícola y de este último al primero.

De igual manera, se determinó la existencia de causalidad unidireccional entre la producción agrícola y la variable tierras cultivables, es decir, ahora la causalidad es unidireccional, la producción agrícola causa el aumento de tierras cultivables a un nivel de significancia del 5 %. Además, se encontró la causalidad unidireccional desde las tierras cultivables hacia la producción de cereales, es decir, que la mayoría de las tierras que se destina para la labor agrícola son ocupadas, en su mayoría, para el cultivo de cereales que son el mayor rubro de cultivo en Ecuador, esto es estadísticamente significativo a un nivel de confianza de 5 %.

En cuanto a la causalidad entre la implementación tecnológica y la producción agrícola, que son las variables principales, los resultados obtenidos muestran que no existe relación causal donde relativamente la implementación tecnológica no causa a la producción agrícola, ni la producción agrícola causa a la implementación tecnológica. Finalmente, esto se puede justificar en que la producción agrícola puede desarrollarse sin la necesidad de implementar tecnología, esta solo aumenta un cierto porcentaje de la producción total, asimismo, la producción agrícola no determina el uso de incorporar nuevas tecnologías, ya que este ámbito no solo se desarrolla para el aumento de producción, sino que ayuda a reducir el trabajo y facilita la vida en todos los aspectos.

Tabla 6

Resultados de las pruebas de causalidad de Granger.

<i>Granger causality Wald</i>		<i>Tests</i>	
Variables		chi2	Prob > chi2
Producción agrícola	→ Implementación tecnológica	3,694	0,449
Implementación tecnológica	→ Producción agrícola	8,511	0,075
Producción agrícola	→ Tierras cultivables	21,188	0,000
Tierras cultivables	→ Producción agrícola	11,182	0,025
Producción agrícola	→ Producción de cereales	0,844	0,932
Producción de cereales	→ Producción agrícola	3,613	0,461
Producción agrícola	→ Mano de obra	8.411	0,078
Mano de obra	→ Producción agrícola	11,021	0,026
Producción de cereales	→ Tierras cultivables	16,074	0,003

Tierras cultivables	→	Producción de cereales	6,014	0,198
Mano de obra	→	Producción de cereales	1,909	0,752
Producción de cereales	→	Mano de obra	4,280	0,369
Producción de cereales	→	Tierras cultivables	6,013	0,198
Tierras cultivables	→	Producción de cereales	16,074	0,003

Los resultados obtenidos, sin duda alguna, reflejan la situación de la economía ecuatoriana, ya que la producción agrícola, como se manifestó anteriormente, no se traduce en un mayor crecimiento por la deficiente de la implementación tecnológica que se ha incorporado a través de los años y por la mejora de su competitividad en sus productos exportables, sino más bien, esta influye por factores que son más relevantes para la producción agrícola actual, ya que la implementación tecnológica no causa directamente a la producción agrícola, como se esperaría, puesto que aún en el Ecuador no se la ha aplicado de manera correcta.

En lo que compete a la investigación se evidencia que el país depende mucho de sus recursos naturales, como es el caso de las tierras cultivables, así lo demuestra la prueba de causalidad de Granger, en este sentido se entendería que la forma más rápida para aumentar la producción en Ecuador es incrementando una hectárea más para el cultivo, lo que a su vez causa un incremento adicional de la mano de obra, ya que, al extender más territorio dedicado al cultivo, se necesita mano de obra para poder dedicar los esfuerzos necesarios para el sembrío, cuidado y recolectado del mismo. Es así que puede evidenciarse según lo muestra la tabla de causalidad unidireccional desde la mano de obra hacia la producción agrícola.

Como se explicó anteriormente, se da esta relación debido a la poca tecnificación que existe en la agricultura ecuatoriana, pues, cabe reconocer que el Ecuador es un país netamente agrícola, tal como lo describe el INEC, ya que cerca del 58 % del PIB nacional ocupa este rubro, por lo tanto, es necesario que la mano de obra que se necesita para las diferentes actividades agrícolas tengan un papel importante a la hora de buscar causalidad hacia la agricultura, también debemos tomar en cuenta que en el sector En Ecuador, la agricultura familiar en áreas rurales representa una de las principales fuentes de empleo e ingreso. No obstante, en la última década, el sector rural ha enfrentado significativos cambios sociodemográficos que reflejan una disminución gradual de la relevancia de la agricultura y del empleo campesino tradicional. Este fenómeno podría contribuir a la comprensión de la causalidad desde la mano de obra hacia la agricultura, dado que constituye la principal fuente de empleo en las zonas rurales.

En cuanto a las tierras cultivables sobre la producción agrícola podemos deducir que en el Ecuador existe gran variedad de suelo gracias a que se encuentra ubicado en la cordillera andina, por este motivo tiene distintas altitudes y climas propicios para cultivar distintas variedades de alimentos y un tipo de fauna que sirve para satisfacer las necesidades del ser humano, es por ello que gran parte de la superficie terrestre está destinada a pastos cultivados y pastos naturales, destinados a cultivos permanentes y cultivos transitorios y barbecho. Asimismo, se destaca que una considerable proporción del terreno está asignada a montes y bosques.

En cuanto a la región costera, es pertinente analizar la producción de cultivos como banano, café, cacao y arroz, los cuales son predominantes debido a las condiciones climáticas y de suelo favorables; mientras que, en la Región Sierra, el terreno cultivable se utiliza principalmente para pastos naturales y cultivados. Aunque los agricultores de esta área se dedican al cultivo de una amplia variedad de cultivos de ciclo corto, la extensa área ocupada por pastos, tanto cultivados como naturales, indica que la actividad ganadera es la más predominante en la región.

En la zona Oriental, la presencia predominante de montes y bosques, seguida por áreas de pastos cultivados y cultivos permanentes, indica que la actividad ganadera es la principal, similar a lo que sucede en la Región Sierra. Por consiguiente, mediante el análisis anterior podemos notar, sin lugar a duda, que en el Ecuador se cultiva una gran variedad y se evidencia la gran necesidad y utilidad que tiene este rubro para la producción agrícola, por lo tanto, es sensato pensar que las tierras cultivables causan directamente a la producción agrícola ya que el ser humano está orientado a buscar la subsistencia y aprovecha las ventajas en su entorno.

En cuanto al Ecuador, es muy dependiente el uso de agroquímicos, que deterioran más rápido la fertilidad del suelo, por lo que se tendría que buscar nuevamente tierras con un alto grado de nutrientes, lo que a su vez traería como consecuencia desforestar zonas selváticas con el fin de extender las tierras de cultivo, como es el caso de cultivos de alimento para la ganadería que reduce más las zonas selváticas.

Del mismo modo, notamos que la producción de cereales causa a las tierras cultivables como el arroz, que es uno de los cultivos de ciclo corto más extensamente cultivado en el Ecuador, por este motivo se esperaría que se destinen nuevas áreas de cultivo para satisfacer la demanda del mismo, de igual manera, otro cereal importante es el maíz duro, que es de las

pocas especies que se cultivan en todo el territorio nacional, de igual forma, el trigo y la cebada son los cereales de mayor importancia en el Ecuador, por ello es lógico pensar que esta producción de cereales causen el aumento de las tierras cultivables, ya que, al tratarse de mono cultivos, se estaría produciendo un degrado de las tierras por cada hectárea cultivada, lo que a su vez causaría el uso de nuevas hectáreas de tierra cultivables con nutrientes esenciales para una producción más eficiente.

Tras aplicar la metodología adecuada para alcanzar los objetivos propuestos, se presentaron los resultados de forma breve y coherente. Esto se debe a que, en la sección de discusión, se abordarán estos hallazgos con mayor detalle, teniendo en cuenta toda la revisión bibliográfica realizada a lo largo de la investigación. Esto permitirá explicar de manera más adecuada los resultados obtenidos y, a su vez, la problemática planteada.

7. Discusión

7.1. Discusión del objetivo específico 1

Analizar la evolución y correlación de la implementación tecnológica y la producción agrícola en Ecuador durante el periodo 1990 – 2019, mediante un análisis gráfico y estadístico.

Mediante el análisis de gráficas de tendencias se analizó la evolución y la correlación de las variables principales. En la sección de resultados encontramos que las dos variables principales utilizadas en este modelo son la implementación tecnológica y la producción agrícola, donde determinamos la evolución a través de los años de estudio; en el caso de la producción agrícola, la evolución muestra un crecimiento constante en el Ecuador desde el 2010, y se visualiza un crecimiento promedio del 3.76 % (CEPAL, 2016). Por ello, se considera tradicionalmente a Ecuador como un país con vocación agrícola que no explota plenamente el potencial que su entorno natural le ofrece (Javier Cevallos, 2016). Así, el sector agrícola, junto con el sector industrial, juega un papel crucial en el desarrollo económico del país.

Se ha identificado que los pequeños agricultores necesitan incentivos económicos vinculados a su producción para no solo diversificar los cultivos, sino también para mejorar la distribución de la riqueza. Es importante destacar que, sin una productividad industrial adecuada, la acumulación de capital resulta inviable, lo que a su vez limita la inversión en diferentes sectores económicos, es decir, es esencial fortalecer la cohesión económica promoviendo actividades productivas integradas en el país.

Por ende, actualmente el Ecuador no está preparado en estructura tecnológica, lo que hace imposible convertirse en una potencia agroalimentaria, para lo cual se necesita innovación gerencial y políticas dirigidas a impulsar el motor productivo del país, que es la agricultura. Es necesario indicar que la pérdida de competitividad de los productos agrícolas se debe a las fluctuaciones del mercado, por lo que es importante dar un salto en la tecnología agrícola más específica asociada a la producción.

Ante la evolución de la competitividad en el sector agrícola, la producción de alimentos requiere aumentar los niveles de productividad y calidad, por esta razón, en países como Estados Unidos y España existe el término “Agricultura de Precisión”, que permite mejorar el rendimiento de la producción agrícola y, a su vez, implementar un manejo comercial adecuado de los cultivos; la agricultura de precisión permite el uso de tecnologías como el

GPS y las TIC de la información. Además, la agricultura de precisión es una tecnología de la información basada en el posicionamiento por satélite, cuyo objetivo es optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo mediante el uso de tecnologías más eficientes para reducir la variabilidad de un proceso específico, en definitiva, la agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientadas a optimizar el uso de insumos agrícolas.

Las nuevas tecnologías en la agricultura pueden ser analizadas como cualquier otra tecnología innovadora, pero lo que debe considerarse sumamente importante es el tratamiento de la información, ya que representa otro insumo en el proceso productivo, como pesticidas, fertilizantes, entre otros. La agricultura de precisión es un tema relativamente nuevo, sin embargo, tiene grandes avances en el desarrollo de maquinaria con la implementación tecnológica adecuada como GPS, sensores y el uso de las TIC necesarias para el desarrollo de la agricultura (Best et al., 2010). En la actualidad, la agricultura nacional se encuentra en una situación que requiere la necesidad de innovaciones tecnológicas, basadas en el uso de ciencias debidamente integradas como la física, la agronomía, la química, entre otras, está claro que, en la era actual, debe existir una gestión del conocimiento que permita generar una mayor competitividad del sector.

La importancia de la innovación tecnológica radica en los desafíos que tiene la humanidad en mejorar la competitividad, la sostenibilidad y la equidad en la agricultura con el fin de aumentar la producción de alimentos en una población en crecimiento, todos estos desafíos apuntan a intensificar el uso del conocimiento en la producción, es decir, "innovar" (IICA, 2014). La incorporación de la innovación en los procesos productivos agrícolas, sin duda, permitirá la dinamización de la economía de la agricultura, es decir, cualquier país que haga uso de prácticas tecnológicas, aumentará la productividad, la calidad y la competitividad en el mercado de productos agroalimentarios.

Es así que, En Ecuador, la evolución de la implementación tecnológica en el sector agrícola se caracteriza principalmente por el uso de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, semillas mejoradas, y maquinaria para la preparación del suelo. Esta tendencia subraya la importancia de evaluar los efectos de las tecnologías desarrolladas, lo cual es crucial para las instituciones de Investigación y Desarrollo (I+D). Esto les permite demostrar la efectividad de los productos creados y justificar las inversiones hechas (Feinstein, 2012). Por lo tanto, la generación de tecnología, especialmente aquella financiada en parte con fondos públicos, representa un alto costo de oportunidad en los países en desarrollo, dado que el

financiamiento gubernamental para ciencia y tecnología es limitado debido a la necesidad de atender otras prioridades sociales (López et al., 1992). Esta realidad podría explicar la baja inversión en I+D en Ecuador, que para el año 2014 era solo del 0,44% del Producto Interno Bruto, y para el sector agropecuario en específico, menos del 0,03% del Producto Interno Bruto (SENESCYT e INEC, 2014). En el ámbito agrícola de Ecuador, las iniciativas llevadas a cabo por entidades de investigación han estado enfocadas en aumentar la productividad de los cultivos. Por esta razón, una amplia parte de la tecnología ofrecida se ha orientado hacia la provisión de material genético (semillas) y el asesoramiento en prácticas de cultivo.

Para finalizar, con respecto a la correlación se muestra una tendencia positiva y estadísticamente significativa moderada, los estudios son similares a los encontrados por Sánchez y Zambrano (2019), donde se analiza la adopción de tecnologías agrícolas generadas en Ecuador que demuestran una relación directa con un 37 % de tasa interna promedio de retorno. Este estudio es similar a los hallazgos encontrados por Vértiz (2020), en el cual utiliza las variables producción agrícola y mejoras de cultivos, sus resultados muestran un aumento en la producción.

Por otro lado, este estudio es contrario al estudio realizado por Quintero et al. (2021), donde se relaciona el conocimiento tecnológico y la producción de café colombiano, mencionando la baja correlación entre las funciones de generación y la capacidad de apropiación que se podría deberse a la insuficiente capacidad para traducir la innovación y el desarrollo. Continuando con los estudios relacionados a los resultados obtenidos de Suárez et al. (2020), se analiza el estado de la transición agroecológica de los sistemas productivos de la provincia de Imbabura; los resultados muestran que existe un alto grado de confianza respecto a la relación de los ítems tecnología y producción agrícola.

7.2. Discusión del objetivo específico 2

Analizar la relación de largo plazo entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990–2019, mediante un modelo ARDL.

Mediante el modelo ARDL, encontramos relación a largo plazo con respecto a la producción agrícola ecuatoriana durante el periodo expuesto, los resultados obtenidos muestran que la implementación tecnológica, mano de obra, producción de cereales y zonas cultivables tienen una relación a largo plazo. La relación entre la agricultura y la tecnología agrícola tiene por objeto aumentar el rendimiento de la tierra. Las ventajas que podemos encontrar en la tecnología agrícola aplicada a cultivos son varias, principalmente la tecnología va de la mano

de la agricultura, pues desde siempre el agricultor ha procurado facilitar la ardua labor que implica el campo, representando un aumento de la producción de hasta un 15 % y 20 % en comparación con el mismo cultivo en suelos poco fértiles, por lo cual definimos a la tecnología en la agricultura como cualquier herramienta que suponga un avance en el modelo de trabajo, mejorando así la eficiencia de una explotación pues, aunque apenas lo percibamos, muchas de las actividades y tareas que se realizan en una jornada laboral en el campo implican el uso de la tecnología.

El modelo arrojó la significancia por variables, mostrando que la variable tierras cultivables es significativa al 5 %, esta significancia muestra su nivel de importancia como la literatura lo sugiere, ya que es la materia primordial para el desarrollo de la producción agrícola; se conoce que en la superficie ecuatoriana se encuentra gran cantidad de suelos fértiles propicios para la actividad agrícola, es por ello que el modelo sugiere que si la producción agrícola necesita aumentar y ajustarse en el tiempo, lo más efectivo es añadir más territorio para la actividad agrícola, sin embargo, con respecto a la variable principal utilizada en el modelo que es la implementación tecnológica, muestra que no es significativa al 5 %.

La respuesta que sugiere la literatura es que las prácticas que se usan en el Ecuador sobre este rubro son poco eficientes, por lo que no se muestran como una solución de ajuste en el largo plazo, ya que la poca tecnificación y el atraso tecnológico que se mantiene no permite que se desarrolle la producción agrícola sostenible y amigable con el medio ambiente, esto también se puede deberse al limitado acceso a las innovaciones tecnológicas enfocadas a la agricultura, el bajo suministro de energía e infraestructura, así como el escaso desarrollo del conocimiento y la incapacidad de ponerlo en práctica; estos puntos restringen al país para acercarse a las tendencias globalizadas, por lo que se define como una nación con bajo contenido de conocimiento al no contar con una oferta intensiva de bienes y servicios, al igual que las actividades vinculadas a la mano de obra no calificada.

Esto explica el tipo de producción que genera el Ecuador, con procesos tradicionales que incluyen alimentos procesados bajo un sistema tecnológico primario, uso excesivo de fertilizantes agroquímicos y fertilizantes químicos, estudios e invenciones agrícolas limitados, entre otros, por lo que es importante transformar este sistema agrícola primario en procesamiento con sistemas de calidad, abonos orgánicos y fertilizantes químicos que no afecten el medio ambiente.

Con respecto a la variable mano de obra, a pesar que la literatura la describe como un factor de producción principal, el modelo plantea que no es significativa al 5 %, lo que sugiere es que no se presenta como una solución de ajuste en el largo plazo para la producción agrícola, ya que, si bien la mano de obra es un factor principal en la agricultura del Ecuador, la adición de una unidad más no responderá de igual manera sobre la producción agrícola ecuatoriana, ya que, al no poseer nuevas parcelas de territorio para desarrollar la actividad, esa unidad añadida caería en rendimientos marginales decrecientes.

Así mismo, la variable producción de cereales se muestra no significativa para el modelo, ya que su probabilidad es mayor al 5 %, por lo que la producción agrícola no se ajustará en el largo plazo por la adición de cultivar una parcela más de cereales; si bien la literatura muestra que esta producción está presente en la mayor parte del territorio nacional, este rubro no representa a la producción total nacional, lo que a su vez significa que, si queremos aumentar la productividad agrícola, el utilizar la producción de cereales no ajustaría el comportamiento de la producción agrícola si solo se añadiera esta variable.

Se ha descubierto que tanto la mano de obra como la producción agrícola son estadísticamente significativas únicamente al 10% a largo plazo. Esto se debe a que la demanda de mano de obra está influenciada directamente por cuatro aspectos: el tamaño del área agrícola, la variedad de cultivos, los rendimientos físicos y el nivel de mecanización. Además, es importante considerar que las necesidades de mano de obra fluctúan notablemente de un mes a otro debido a la estacionalidad de las actividades agrícolas, lo que hace relevante el análisis de los efectos estacionales sobre el empleo agrícola.

Por lo tanto, es crucial reconocer que un incremento en el área destinada a la agricultura conllevará, inevitablemente, a un aumento en la demanda de mano de obra. La intensidad de este aumento dependerá de los tipos de cultivos asignados a esta nueva área agrícola y del nivel de mecanización empleado, ya que estos factores determinarán la cantidad de trabajadores necesarios.

Por lo cual, si dicha área contiene un sistema de riego, será necesario aumentar la mano de obra, ya que se necesita la limpieza de canales, construcción y administración de zanjas, por esta razón, el sistema por riego causa un efecto positivo indirecto en el uso de mano de obra, ya que esta aumenta el rendimiento de los cultivos y a su vez aumenta el uso de mano de obra, en ese sentido, la intensidad en el uso del factor referido varía considerablemente entre cultivos, independientemente del grado de mecanización utilizado.

Por ejemplo, el empleo de maquinaria en la agricultura resulta en que una hectárea dedicada al cultivo de algodón necesita cinco veces más mano de obra que una hectárea de maíz, y esta última requiere casi el doble de trabajadores que una hectárea de trigo. Por lo tanto, la cantidad de mano de obra necesaria para producir un cultivo específico varía según la tecnología utilizada, ya que su influencia en la demanda de trabajo difiere entre cultivos.

Por consiguiente, a la relación a largo plazo entre la tierra cultivable y la producción agrícola, los resultados muestran que es estadísticamente significativa al 5 %, este resultado concuerda con la teoría ya que la tierra es el primer factor de producción más importante en la agricultura, por lo tanto, es el que más absorbe el uso de la tierra, ya que la población mundial depende de estos para la alimentación.

La evolución de métodos agrícolas y la adquisición de nuevos conocimientos han provocado múltiples cambios en los métodos de producción agrícola. Hoy en día, se identifican diferentes estilos y técnicas de cultivo que permiten explotar los campos de manera extensiva o intensiva, ya sea mediante monocultivos permanentes o transitorios, y tanto en zonas urbanas como rurales, adoptando formas de agricultura urbana, periurbana, hidropónica, entre otras.

La necesidad de una mayor producción de alimentos ha llevado a un crecimiento excesivo en la capacidad del suelo, esto sucede especialmente en el cultivo de gramíneas, tubérculos y tallos, lo que genera directamente su deterioro y, en el peor de los casos, desencadena una erosión irreversible por el uso de elementos químicos contaminantes como los glifosatos. Sin embargo, se estima que gran parte de esta tierra está perdiendo nutrientes y minerales debido a los efectos del mal uso agrícola que se le ha dado, principalmente con la expansión de monocultivos de cereales y pastizales que conducen a la deforestación y la fertilización química excesiva, por esta razón, se degrada la tierra y hace que la productividad caiga al tomar tierras primarias como bosques, selvas y páramos, cabe destacar que las tierras agrícolas no se están reduciendo, al igual que las tierras destinadas a la producción de cereales están aumentando.

En el caso de las tierras agrícolas, según el Banco Mundial (2020), ha aumentado durante el período 2005-2010, lo que correspondería a un aumento del 1,57 % correspondiente a 8,7 millones de hectáreas.

Los resultados de este estudio no son coincidentes con los encontrados por Berrocal (2020), donde se analiza una relación a largo plazo entre la producción agrícola no tradicional y

nuevos procesos innovadores, que se traduciría como implementación tecnológica en los cultivos, los hallazgos encontrados en este trabajo muestran que la implementación tecnológica no se observa como una solución de ajuste en el largo plazo para la producción agrícola ecuatoriana. También, el estudio realizado por Montejo (2020) busca identificar la relación a largo plazo entre la producción de azúcar y nuevas plantaciones con regadíos innovadores, muestra la relación de ajuste en el largo plazo, donde la producción azucarera aumenta notablemente, esto debido a que existen altos niveles de correlación y una relación de equilibrio a largo plazo entre dichas variables. De tal manera, Velásquez (2022) busca determinar la incidencia del crédito agrícola dirigido a la innovación sobre la productividad de los cultivos de fresa, utilizando un modelo ARDL en el largo plazo, la conclusión más importante que surge de este análisis es que la cantidad de tierras dedicadas al cultivo agrícola con procesos innovadores tiene un impacto significativo en la productividad del capital al elevar los niveles de inversión y promover mejoras técnicas en el campo del cultivo.

7.3. Discusión del objetivo específico 3

Examinar la relación de causalidad entre la implementación tecnológica y la producción agrícola en el Ecuador durante el periodo 1990-2019, mediante test de Granger

La prueba de causalidad de Granger determinó la existencia de causalidad unidireccional entre la producción agrícola y la variable tierras cultivables. También se encontró la causalidad bidireccional desde la producción agrícola y la variable mano de obra, así mismo, se detectó la causalidad unidireccional desde tierras cultivables hacia la producción de cereales. En cuanto a la causalidad entre la implementación tecnológica y la producción agrícola, los resultados obtenidos muestran que no existe relación causal, esto se explica como una de las grandes falencias que siguen vigentes en el Ecuador, siendo esta la ineficiencia del sector agro productivo en materia de tecnología industrial. Sin embargo, el limitado acceso a las TIC (tecnología de información y comunicación), la baja oferta energética e infraestructura, el escaso desarrollo del conocimiento y la imposibilidad de ponerlo en práctica, son los puntos esenciales que restringen al país para acercarse a las tendencias globalizadas, por lo que se define como una nación con bajo contenido de conocimiento al no contar con una oferta intensiva de bienes y servicios, o con actividades vinculadas a la mano de obra no calificada.

Esto explica el tipo de producción que genera el Ecuador con procesos tradicionales que incluyen alimentos procesados bajo un sistema tecnológico primario y uso extrínseco de

fertilizantes agroquímicos, fertilizantes químicos, estudios limitados e invenciones agrícolas, entre otros, por lo que es importante transformar este sistema agrícola primario en procesamiento con sistemas de calidad, abonos orgánicos y fertilizantes químicos que no afecten el medio ambiente, tomando en cuenta factores que avalen la gestión de la tecnología al obtener mayores niveles de productividad para otorgar una mayor contribución a la balanza comercial a través de las exportaciones tradicionales, no tradicionales y no petroleras a través del sector agropecuario y agroindustrial.

En el Ecuador, el problema radica en la incapacidad de crear y entregar rentablemente los productos agrícolas, por lo que se traduce a que se necesita nuevos campos de cultivo que tengan nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, implementando agroquímicos que permitan el incremento del rendimiento del suelo.

En lo que concierne a la relación causal entre la producción agrícola y la implementación tecnológica ecuatoriana es inexistente, debido a que el modelo de causalidad de Granger no muestra evidencia suficiente para determinar dicha relación, en pocas palabras, se traduce a que la producción ecuatoriana no mantiene estrecha relación con respecto a la búsqueda de nuevas estrategias y métodos para el aumento de la producción agrícola, esto se evidencia dentro del sector agro productivo ya que este sigue un modelo más tradicional que no ha evolucionado con el tiempo, es decir, continúa con el cultivo de manera poco tecnificada.

Agregado a ello, la mano de obra no calificada ha llevado a la producción a seguir con los mismos métodos de cultivo, donde se podría explicar la no causalidad de que la producción agrícola ecuatoriana no busca innovaciones en los procesos de producción ya que, al mantener la producción equilibrada con respecto al consumo nacional, no se busca la manera más eficiente de aumentar la producción.

Los datos estadísticos de investigación cuantitativa de organismos como la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo y la CEPAL, demuestran que se ha concebido un desarrollo económico equilibrado, producto del progreso de su actividad productiva agroindustrial con base tradicional de producción primaria, donde mantiene un promedio sostenible de crecimiento de 3,8 %, lo que demuestra que la producción agrícola no busca nuevos avances para incentivar el uso de nuevos implementos tecnológicos.

Ineludiblemente, la producción agrícola causa tierras cultivables debido a que se necesita explotar nuevas tierras fértiles, esto se contrasta con los datos del INEC (2012), donde Según la serie estadística de la ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria

Continua) desde 2005 hasta 2012, se destaca que la superficie dedicada a cultivos permanentes muestra una tasa media de crecimiento positiva del 1,35 % en esos años. El año con el mayor crecimiento fue 2009, con un 6,73 %, mientras que en 2012 se registró un aumento del 0,25 %. La variación más significativa ocurrió en 2006, con un decremento del 5,01 %. Hasta 2008, se observó un decrecimiento continuo, con una tasa del -0,71 %, pero en 2012 hubo un crecimiento del 3,93 %, un aumento mayor que el -1,01 % de 2011.

En cuanto a los pastos cultivados, entre 2005 y 2012 se observa una tasa media de variación del -0,05 %. En 2012, hubo un incremento del 3,72 % en comparación con 2011. Para los pastos naturales, la tasa media de variación entre 2005 y 2012 fue del 0,25 %. En 2012, se registró un aumento del 2,71 % con respecto a 2011, es decir, la superficie ocupada por montes y bosques registró una tasa media anual del 0,19 %, entre 2005 y 2012; en el último año se observa un incremento de 1,32 % con relación al 2011, de tal manera, la producción de cereales registra la mayor superficie dedicada al cultivo por tratarse de los cultivos más importantes del Ecuador.

En el caso del cultivo de arroz, las zonas más dedicadas a este cultivo se encuentran en el litoral debido a la fertilidad del suelo y su capacidad para retener agua. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en 2013, se sembraron 338,130 hectáreas de maíz duro en el país, de las cuales 133,876 se ubicaban en la provincia de Los Ríos, 70,007 en Manabí, 49,903 en Guayas y el resto en Loja. Es relevante destacar que alrededor del 90 % de la siembra de maíz se realiza durante la época lluviosa. El trigo es uno de los cereales más consumidos a nivel nacional, con una producción estimada de más de 450,000 toneladas al año.

Con respecto a la relación causal de la mano de obra hacia la producción agrícola, es importante recalcar que se necesita de este rubro para la actividad agrícola, ya que en el Ecuador se realiza esta actividad de manera rústica y poco tecnificada. Según, ESPAC (2021), el empleo agropecuario está constituido principalmente por adultos de entre las edades de 45 y 65 años (44,89 % de la población), y de la tercera edad, 65 años o más (31,07 %). Por lo tanto, el INEC (2022) considera que, apenas el 6,54 % de los trabajadores, tienen entre las edades de 25 y 34 años, dando a conocer las condiciones de trabajo donde se señala aspectos débiles del sector; La gran mayoría de trabajadores en la zona no reciben remuneración, con un 73,93 %. De los jornaleros que sí reciben remuneración, el 15,9 % lo hace solo de forma ocasional, mientras que solo el 10,17 % recibe una remuneración de forma permanente.

Finalmente, estos últimos hallazgos son contrarios a los hallazgos por Carrera (2020), Rparticipated (2019) y Huamán (2021), quienes demuestran causalidad desde la implementación tecnológica hacia la producción agrícola, mencionan que el problema radica en que en América Latina se utiliza un porcentaje mínimo dedicado a este sector, por lo que la implementación tecnológica no causa a la producción agrícola.

Por el contrario, estos hallazgos concuerdan con el estudio de causalidad realizado por Hallan (2018) para Gran Bretaña, en el que no encuentra una relación causal entre los gastos de investigación agrícola y la productividad total de los factores, por último, es importante señalar que Hallan (2019), menciona dos razones que pueden explicar la falta de una relación causal clara entre la investigación y el desarrollo agrícola (ID) y la producción agrícola, en primer lugar, el uso de medidas imperfectas e incompletas de los insumos de investigación agrícola; esto ocurre, por ejemplo, cuando no se consideran los gastos de I+D en el sector privado, de la misma manera, Gunby y Reed (2017), afirman que el fomento de la inversión en investigación y desarrollo (IED) no siempre mejora la economía, más bien las relaciones de causalidad pueden darse de manera inversa.

8. Conclusiones

Mediante el uso de gráficos estadísticos, se determinó que la producción agrícola mantuvo una tendencia creciente durante los años 1990-2019 en todo el territorio ecuatoriano, donde se analiza que, gracias a su crecimiento a través de los años, se pudo satisfacer la demanda; posteriormente se concluye que el Ecuador es un país netamente agrícola y que no aprovecha el potencial que le ofrece la naturaleza, ya que se investigó que el país cuenta con suficiente superficie agrícola que es apta para los cultivos; de igual manera, se muestra que es la actividad de producción del país que absorbe la mayor cantidad de mano de obra y que las técnicas intensivas en uso de químicos destinados al control de plagas y el aumento de la fertilidad del suelo sumado a la baja disponibilidad de riego es destinada para incrementar la productividad por hectárea. Por otro lado, se observó que la implementación tecnológica se mantuvo creciente durante el periodo de análisis donde se examinó un comportamiento cíclico durante todo el periodo de estudio.

Debido a que Latinoamérica es altamente dependiente en la adopción de prácticas agrícolas con agroquímicos, en las cuales se vierten químicos sobre el suelo, esto provoca que cada vez vayan perdiendo sus nutrientes, por lo que es necesario el uso de altas cantidades de agroquímicos y fertilizantes. En el contexto nacional y latinoamericano, la modernización tecnológica debe estar respaldada por procesos autónomos de investigación científica. De lo contrario, la simple adopción de tecnología extranjera basada únicamente en el cálculo de mercado y su beneficio para ciertos sectores generará una mayor fragmentación dentro de la estructura heterogénea del sector agropecuario.

Posteriormente, mediante un modelo ARDL se constató que existe relación de largo plazo entre la implementación tecnológica y la producción agrícola durante el periodo de estudio, esta relación es mínima entre la agricultura y la tecnología, donde el principal objeto es aumentar el rendimiento de la tierra.

Las ventajas encontradas en la tecnología agrícola aplicada a cultivos son varias, lo que lleva a definir la tecnología en la agricultura como cualquier herramienta que suponga un avance en el modelo a trabajar y que mejore la eficiencia de una explotación de recursos agrícolas, siguiendo con esta lógica, Ecuador y Latinoamérica debe determinar los mecanismos óptimos para responder a la creciente demanda de productos agrícolas, buscando así un equilibrio con el medio ambiente e incorporando tecnologías que aumenten la producción.

Por consiguiente, al igual se determinó que esta relación de largo plazo evidencia que la población mundial puede duplicar los niveles de nutrición y mejorar notablemente la salud de todos los habitantes. Así mismo, las tierras cultivables son significativas a largo plazo, por lo que es necesario que cada vez aumente su extensión debido al aumento de la población, así pues, se debe buscar ampliar las tierras destinadas al cultivo para satisfacer la demanda de alimentos, por ello, las nuevas tecnologías deben ser asequibles para los pobres y los desnutridos para satisfacer sus necesidades. Es así cómo la biotecnología promete ser un medio para mejorar la seguridad alimentaria y reducir las presiones sobre el medio ambiente, siempre y cuando se aborden los peligros ambientales observados por la propia biotecnología.

De acuerdo con la prueba de causalidad, se determina la relación causal unidireccional entre la producción agrícola y la variable tierras cultivables. El análisis determina que la producción agrícola aumenta cada año para satisfacer la demanda de la población creciente, por lo que es necesario descubrir mayores extensiones de terreno, lo que a su vez causa que se requieran mayores extensiones de tierra virgen; es verdad que, gracias a la implementación tecnológica, se ha podido aumentar la producción en pequeñas extensiones de tierra pero, debido a los rendimientos decrecientes por el uso de estas, es necesario buscar nuevos terrenos fértiles.

Analizando la presente investigación se evidenció la relación causal bidireccional que existe entre la mano de obra y la producción agrícola, esta relación causal explica que se necesita más mano de obra debido a la baja distribución en el Ecuador, que se caracteriza por ser un país con bajo contenido de conocimiento; se plantea un ejemplo básico que define este concepto donde se radica la producción de banano como principal producto de exportación que necesita ser trabajado por aproximadamente ocho hombres por hectárea, mientras que países como Costa Rica llegan a cinco hombres, gracias al apoyo tecnológico.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, esta investigación cumple con el principal aporte de sumar investigativamente, ya que, de alguna manera, contribuyen a la escasa evidencia empírica que existe para dar respuesta al uso en cuanto a la implementación tecnológica que se da debido a la poca inversión y desarrollo (I-D), por lo tanto, no se lo ha desarrollado eficientemente para satisfacer las necesidades que se presentan en la región, además, cabe mencionar que existe poca información acerca de los avances tecnológicos en el país, lo que genera falta de datos con respecto a la implementación tecnológica.

9. Recomendaciones

Es importante señalar que está en el poder del país implementar políticas apropiadas de acuerdo con sus prioridades de desarrollo sectorial y dirigido a la protección de los productores locales que simplemente no pueden competir con empresas extranjeras, se debe alentar el cierre de brechas y revisar los modelos de producción establecidos a considerar en el conocimiento local con un ajuste al marco legal y regulatorio del sector agrícola y comercial, además que las políticas públicas para la agricultura deben ser consideradas efectivamente en términos del beneficio para los pequeños y medianos agricultores, desde una perspectiva más justa y solidaria en el marco de una planificación más integral del enfoque territorial para lograr hacer efectivos los derechos humanos y de la naturaleza.

Se debe tener en cuenta que los paquetes tecnológicos deben ir más allá del celo productivista, al considerarse la perspectiva de una producción respetuosa con el medio ambiente, y el reemplazo de nutrientes orgánicos extraídos de la tierra, el entorno ecológico y social de los agricultores y las capacidades del productor. El enfoque de los paquetes debe hacerse desde consideraciones técnicas y sociales, en el marco de los derechos de la naturaleza, donde se sabe, por experiencia, que la intensificación productiva basada en los agroquímicos no resuelve el problema de la fertilidad, más bien suelen agravarlo. Es importante señalar que se necesitarán grandes esfuerzos para implementar nuevos manejos alternativos basados en la diversificación de cultivos, el uso de rotaciones y otras medidas para evitar la pérdida de grandes producciones por monocultivo.

El sector productivo debe ser analizado como un entorno complejo y vivo que presenta sistemas de relaciones, en el marco de una política estatal de cambio en la matriz productiva es posible que el aumento de la competitividad conduzca a un mayor debilitamiento del agricultor, una política neoliberal de eliminación eventual de los subsidios conducirá necesariamente a la pérdida de los medios de producción en manos del pequeño agricultor y abandono del campo.

Es así que, utilizar los residuos ganaderos para complementar el suministro de nutrientes en los cultivos con economía circular, busca el fomento de la investigación y desarrollo para generar avances que sean beneficiosos acorde a las distintas regiones y tierras diversificadas del Ecuador. De la misma manera, los gremios de agricultores deberían concentrarse en la negociación de nuevos paquetes tecnológicos con el fin de encontrar el mejor para ser aplicado de acuerdo con las necesidades, también cabe mencionar que la complejidad de los

procesos crediticios donde BanEcuador es parte de las interrelaciones con empresas agroquímicas para la entrega de paquetes tecnológicos o con proyectos para el crédito de capital de trabajo son escenarios que deben estudiarse en fondo para conocer las implicaciones del apoyo financiero del estado, la subvención y el valor de Beneficio para el pequeño productor en estos procesos de interdependencia.

En definitiva, la capacitación y seguimiento de los productores ha sido uno de los problemas más importantes de los proyectos productivos gestionados por el Estado, aunque la comercialización ha sido masiva, ha aumentado y se ha extendido por todo el país; el apoyo del Ministerio debe incluir la gestión de estos paquetes o la colaboración de técnicos de los comercializadores en el seguimiento a los productores como contraparte del negocio de los paquetes tecnológicos, evitando que la responsabilidad al final recaiga en el productor que tiene que enfrentarse a una tecnología modernizadora y que, al final de su cultivo, debe entregar un producto con alta calidad a la agroindustria o enfrentar la pérdida y pago de pasivos causados por el alto riesgo de la producción agrícola.

Cabe destacar que el seguro agrícola y los proyectos de subsidios financiados por el Estado son herramientas positivas para el desarrollo de los productores en el campo, es importante plantearse la propuesta adecuada en función para servir al campo y al agricultor a salir de la pobreza, dándole la oportunidad de mantener su producción y mejorar sus medios de vida. Lo que se recomienda al final del estudio es dar un incentivo al campesino, que es el eslabón más débil de la cadena y quien debería, en última instancia, tener la decisión de su forma de producir, tener conciencia de su familia, su esfuerzo y uso del fruto de su trabajo.

Por último, en la extensión de la investigación, se podrían considerar variables como el uso de préstamos en la adquisición de tecnologías agrícolas y productividad por hectárea sembrada, con el fin de identificar y analizar dichos determinantes, el efecto mejora o, al contrario, solo aumenta los costos de producción, además, se debería analizar periodos en los que exista mayor auge de producción, con el fin de determinar cuáles fueron los determinantes más sobresalientes que incidieron en el aumento de la producción, si incluyéramos modelos más robustos con metodologías que ayuden a buscar la mayor eficiencia y las medidas óptimas que identifiquen los factores claves en el equilibrio entre producción agrícola y cuidado del medio ambiente, sería un tema para considerar en futuras investigaciones.

10. Bibliografía

- Acosta. (2010). Productividad, capacidad tecnológica y de innovación, y difusión tecnológica en la agricultura comercial moderna en el Perú: un análisis exploratorio regional. *Economía*, 39(77), 103-144.
- Ahmad, S. (1966). On the Theory of Induced Invention, *Economic Journal*, vol. 76, no. 302, pp. 344-357.
- Arosa-Carrera, C. (2020). La calidad de la relación comercial entre el proveedor y el productor agrícola y su efecto en la innovación tecnológica.
- Berrocal Mendez, A. L. (2020). El impacto de la volatilidad del tipo de cambio real sobre las exportaciones agrícolas no tradicionales: Aplicación para el Perú durante el 2003 al 2019.
- Brown, M. (1966). *On the Theory and Measurement of Techbological Change*. (Cambridge, England, Cambridge University Press).
- Carrasco. (2008). El proceso de modernización de la agricultura latinoamericana: características y breve interpretación.
- David, Anderson., D, Valenzuela. (2010). *Estadísticas para negocios y economía* (Vol. 11). México: CENGAGE Learning.
- Capa Benítez, L. B., Alaña Castillo, T. P., & Benítez Narváez, R. M. (2016). Importancia de la producción de banano orgánico.: caso: provincia el oro, ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 64-71.
- Tene, E. (2020). Evolución de la tierra agrícola en el Ecuador, en el período de.
- Dickey, D. A., y Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- Rengifo Tobar, D. X. (2022). *Impacto de la expansión urbana sobre tierras productivas y sus repercusiones en la producción agrícola Caso Cantón Mejía-Ecuador, período 2005-2015* (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Solé, T. T., Capdevila, R. A., & Márquez, M. G. (2014). La contratación de mano de obra temporal en la agricultura hortofrutícola española. *Ager. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, (16), 7-37.

- Eiseley, L. (1961). *Darwin's Century*. New York.
- Engle, R.F., y Granger, C.W.J., 1987. Co-integration and error-correction. Representation, estimation and testing. *Econometrica* (55), 252-276.
- Pullas Cabezas, E. P. (2017). *Relación del sector agrícola del trigo en la producción de harina en la provincia de Pichincha–Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Sosa Baldivia, A., & Ruíz Ibarra, G. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de población*, 23(93), 207-230.
- Feinstein, O. (2012). «La institucionalización de la evaluación de políticas públicas en América Latina». En: Presupuesto y gasto público 68, 41-52. Online: <https://bit.ly/33hBq3B>.
- Pérez Fernández, A., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Martínez Luis, D., & Reza Salgado, J. (2019). Influencia de adopción de tecnología y la mano de obra en la eficiencia productiva en el sector agrícola de México, 1979-2014. *Acta universitaria*, 29.
- Finucci, M., Giordano, V., Glave, U., Delbianco, F., Larrosa, J., Muñoz de Toro, G. R., & Uriarte, J. I. (2021). Determinantes de la variación de precio semanal de cortes de carne vacunos en una región de Argentina. *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, 16(1).
- Alava-Vera, M. F., Poaquizza-Cornejo, J. T., & Castillo, G. H. (2018). La producción arrocería del Ecuador: Caso Samborondón, 2011–2015. *Revista espacios*, 39(34), 1-16.
- Gliessman, S. (2002) Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, Costa Rica. Guzmán Casado, G. I.; González de Molina, M. y Sevilla
- Guzmán, E. (2000) Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi-Prensa.
- Hallan, D. (1990): Agricultural Research Expenditures and Agricultural Productivity Change, *Journal of Agricultural Economics*, 41 pp. 434-439

- Heredia Heredia, E., & Palomino Huayanay, L. (2020). Análisis del comportamiento de las exportaciones de espárragos frescos en el mercado internacional y su impacto en el PBI agropecuario peruano durante 2007-2019.
- Infante Franco, F. S. (2016). La importancia de los factores productivos y su impacto en las organizaciones agrícolas en León Guanajuato México. *El Ágora USB*, 16(2), 393-406.
- Johnston, J.; & Dinero, J. (1997). *Econometría Methods*. McGraw-Hill, fourth. Editan.
- Kay, C. (2002). Reforma Agraria, industrialización y desarrollo: ¿por qué Asia Oriental supero a America Latina? *Debate Agrario*.
- Kennedy, C. (1964). Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution. *Economic Journal*, vol. 74, no.295, pp. 541- 547.
- López C., Salazar L. y De Salvo C. (2017). Gasto Público, Evaluaciones de Impacto y Productividad Agrícola: Resumen de Evidencias de América Latina y el Caribe. Inf. téc. Banco Interamericano de Desarrollo, División del Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. Online: <https://bit.ly/2yFGnFl>.
- Marx, Karl. (1977). *El Capital*. Tomo 1. (3 VoL). México Siglo XXI editores. 1163 pp.
- Montejo Alvaro, R. (2020). Transmisión del precio internacional del azúcar al mercado doméstico en México (1994-2020) (Master's thesis).
- Ortega, J., Valdés, A., Foster, W., & Aguirre, R. (2020). Ciclo Ganadero y Oferta de Carne Bovina en Chile, 1980-2018: implicancias de política.
- Pardey, G, P. y Craig, B. (1989). Causal Relationships between Public Sector Agricultural Research Expenditures and Output. *American Journal of Agricultural Economics*. 71 pp. 9-19
- Parra, V., Fausto Inzunza M., Carlos Solano S., Carlos- Guadarrama Z., y Daniel Zizumbo V.. (1986). El proceso de la producción agrícola. *Boletín*. (17)
- Pesaran, M., Shin, Y Smith, R., (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16. Pp. 289–326.
- Quinde-Rosales, V. X., Bucaram, R. M., Bucaram, M. R., & Silvera, C. K. (2019). Relación entre el gasto en Ciencia y Tecnología y el Producto Interno Bruto. Un análisis empírico entre América Latina y el Caribe y el Ecuador. *Revista Espacios*, 40(04).

- Quintero, S., Ruiz-Castañeda, W., Jiménez, S. C., Sánchez, B. M. M., Giraldo, D. P., & Acosta, L. M. V. (2021). Medición de las capacidades tecnológicas para la innovación en los sistemas de conocimiento e innovación agrícola. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1).
- Ramón, Rosales., Edson, Apaza., Jorge, Alexander, Bonilla, Londoño., (2004). " Economía De La Producción De Bienes Agrícolas ", Documentos CEDE 002390, Universidad de los Andes – Facultad de Economía – CEDE.
- Schimmelpfennig, D. y Thritle, C. (1994). Cointegration, and Causality: Exploring the Relationship between Agricultural R&D and Productivity, *Journal of Agricultural Economics*, 45 pp. 220-231.
- Schoijet, M. (2004). La recepción e impacto de las ideas de Malthus sobre la población. *Estudios demográficos y urbanos*, 569-604.
- SENESCYT e INEC. n.d, ed. (2014). Indicadores de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) del Ecuador, Período 2009-2014. Quito. Online: <https://bit.ly/2ON21Cm>: EditogramMedios Públicos.
- Skoet., Anríquez., y Carisma. (2012). Modelos de desarrollo e innovación tecnológica. *Revista una revolución conservadora Mundo agrario*, 17(36), 45-57
- Smith, B. D. (2005). Reassessing Coxcatlan Cave and the early history of domesticated plants in Mesoamerica. *Proc Natl Acad Sci U S A*: 102(27): 9438–9445.
- Stads, G. y col. (2016). Ecuador: Ficha técnica - indicadores de I+D agropecuario. Inf. téc. International Food Policy Research Institute (IFPRI) y National Institute for Agricultural Research. Online: <https://bit.ly/2yJ19Ui>.
- Suarez, M. C., Urdaneta, F., Jaimes, E., & Balza, M. R. (2020). Transición agroecológica de los sistemas de producción agrícola de la provincia de Imbabura Ecuador. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 37(1), 69-94.
- Tubiello, Francesco N., Mirella Salvatore, Simone., Rossi, Alessandro, Ferrara., Nuala, Fitton., and Pete, Smith. (2013). "The FAOSTAT Database of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture." *Environmental Research Letters* 8(1). doi: 10.1088/1748-9326/8/1/015009.

Molinero Gerbeau, Y. (2020). La creciente dependencia de mano de obra migrante para tareas agrícolas en el centro global. Una perspectiva comparada.

Velasquez Brigada, G. (2022). Crédito agrícola y la productividad del cultivo de fresa en el distrito de Aucallama, Huaral durante el periodo 2019.

11. Anexos

Anexo 1. Estimación de modelo ARDL, pruebas para detectar normalidad, heteroscedasticidad y correlación serial de los residuos

ARDL(2,4,1,2,2) regression

Sample: 1995 - 2019 Number of obs = 25
 R-squared = 0.9131
 Adj R-squared = 0.7683
 Log likelihood = -55.055748 Root MSE = 3.6478

D.dpa	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ADJ						
dpa						
L1.	-2.052774	.5741644	-3.58	0.006	-3.351624	-.7539235
LR						
dit	-.1314873	.0690065	-1.91	0.089	-.2875908	.0246162
dea	-30.91783	15.64987	-1.98	0.080	-66.3203	4.484636
dpc	-.0011708	.0011432	-1.02	0.332	-.0037569	.0014152
dtc	-2.351163	.6000485	-3.92	0.004	-3.708567	-.9937593

Pruebas para detectar correlación serial de los residuos

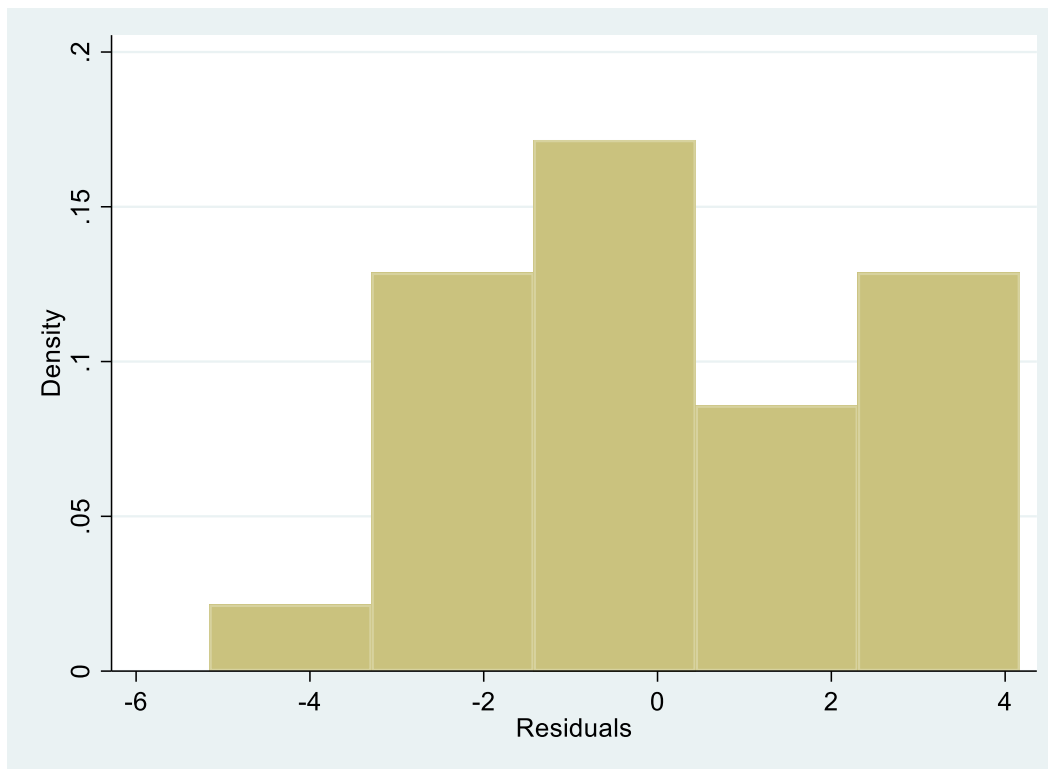
. estat bgodfrey, lag (2 4 1 2 2)

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags (p)	chi2	df	Prob > chi2
1	0.685	1	0.4080
2	5.543	2	0.0626
2	5.543	2	0.0626
2	5.543	2	0.0626
4	7.980	4	0.0923

H0: no serial correlation

Pruebas para detectar normalidad de los residuos



Pruebas para detectar heterocedasticidad de los residuos

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	25.00	24	0.4058
Skewness	7.11	15	0.9545
Kurtosis	0.65	1	0.4187
Total	32.76	40	0.7846