

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas

**ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DEL
SECTOR CACAOTERO DEL ECUADOR.**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Economista

Presentado por:

Marcos Emmanuel González Auhing

Denisse Arian Romero Vallejo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de investigación a nuestras familias, amigos y profesores, quienes nos supieron guiar a lo largo de nuestra carrera universitaria para convertirnos en los que somos hoy en día. Dedicamos este trabajo a nuestra querida ESPOL, por convertirse en nuestro hogar durante 5 años.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi familia: ustedes siempre me apoyaron y me dieron una ayuda incalculable a lo largo de mi carrera profesional, me enseñaron lo importante que es esforzarme y dedicarme para superar las adversidades; a pesar de que seamos distintos, siempre convergemos para estar juntos. Agradezco a mis amigos y compañeros: gracias por estar a lo largo de mi carrera, son los incalculables momentos que hemos pasado juntos; estudiando, riendo y superando malos momentos. Finalmente, agradezco a mis profesores: gracias por su pasión por enseñar sin egoísmo, por motivarme a pasar mis límites y por enseñarme la importancia del sacrificio y del esfuerzo para alcanzar las metas propuestas.

Marcos González A.

Agradezco profundamente a mis padres: ustedes me enseñaron a ver el mundo desde otra perspectiva, con la visión necesaria de amor hacia el esfuerzo y dedicación; porque lo esencial es invisible a los ojos. Gracias por su amor y apoyo incondicional, y por una de las lecciones más valiosas para este camino:

*“No te des por vencido ni aún vencido,
No te sientas esclavo ni aún esclavo,
Trémulo de pavor piénsate bravo,
Y arremete feroz, ya mal herido.”*

Pedro Bonifacio Palacios.

A los hermanos y hermanas que la vida me dio: gracias por estar a mi lado en los días buenos y en los no tan buenos, por siempre alentarme a seguir adelante. A mis amigos: gracias por acompañarme en este camino, por compartir grandes momentos y por enseñarme a sonreír aún cuando las cosas no eran tan fáciles. A cada uno de mis profesores: gracias por enseñarme el valor de la perseverancia y el trabajo duro, por su incansable labor de convertirnos en las mejores semillas para el futuro.

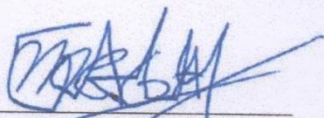
Esto es para ustedes.

Denisse Romero V.

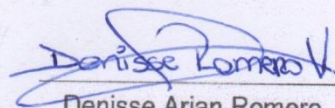
Agradecemos de manera especial a nuestro tutor de tesis, Msc. Milton Paredes por guiarnos en este camino y por impulsarnos a dar siempre lo mejor de nosotros.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Marcos Emmanuel González Auhing y Denisse Arian Romero Vallejo damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Marcos Emmanuel
González Auhing



Denisse Arian Romero
Vallejo

EVALUADORES

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Milton Paredes', is written over a horizontal dashed line.

Ing. Milton Paredes

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Ecuador es el mayor proveedor de cacao fino y de aroma a nivel mundial, con una tasa de crecimiento promedio de 7% durante los últimos 10 años, sin embargo, en el año 2017, Ecuador obtuvo una productividad de 0.44 toneladas por hectárea siendo el país menos productivo frente a los demás. El presente trabajo tiene como objetivo estimar la función de producción del cacao a nivel nacional con el fin de brindar un acercamiento hacia cambios en la productividad, identificando aquellos insumos en los que se debe invertir en mayor cuantía.

Para ello, se dividió los datos en cuatro grupos: CCN51 en baba y en seco, y cacao nacional en baba y en seco. Se utilizó el modelo FGLS de dos etapas solucionando la presencia de heterocedasticidad en los residuos y que no son independientes e idénticamente distribuidos, debido a la alta dispersión entre los datos. A partir de esta metodología, se obtuvo cuatro funciones de producción de tipo Cobb-Douglas en las que se incluyó tres factores: tierra, mano de obra y fertilizantes; además de obtener rendimientos de escala para cada uno de ellos.

Se concluye que, en términos de productividad, el cacao CCN51 es una mejor opción para los agricultores ya que presenta rendimientos de escala crecientes, mientras que el cacao nacional presenta rendimientos de escala constantes. En cuanto a los factores de producción, destaca el uso de tierra como aquel que tiene mayor incidencia en el proceso, seguido por la mano de obra y fertilizantes de manera respectiva.

Palabras clave: Productividad, Cobb-Douglas, factores productivos, agricultores, cacao.

ABSTRACT

Ecuador is the largest supplier of fine and aromatic cocoa worldwide, with an average growth rate of 7% during the last 10 years, however, in 2017, Ecuador obtained a productivity of 0.44 tons per hectare being the less productive country when compared to other producers. The objective of this paper is to estimate the cocoa production function at the national level in order to provide an approach towards changes in productivity, identifying those inputs in which greatest economic resources must be invested.

For this, the data was divided into four groups: CCN51 in drool and dry, and national cocoa in drool and dry. The two-stage FGLS model was used to solve heterocedasticity in the residues and that they are not independent and identically distributed, due to the high dispersion between the data. From this, four Cobb-Douglas production functions were obtained, in which three factors were included: land, labor and fertilizers; In addition to obtaining returns of scale for each of them.

Thus, it is concluded that, in terms of productivity, CCN51 cocoa is a better option for farmers as it has increasing returns to scale, while national cocoa has constant returns to scale. As for the factors of production, the use of land stands out as the one that has the highest incidence in the process, followed by labor and fertilizers respectively.

Key words: *Productivity, Cobb-Douglas, productive factors, farmers, cocoa.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
CAPÍTULO 1	13
1. Introducción.....	13
1.1 Descripción del problema	15
1.2 Justificación del problema	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Marco teórico	16
1.4.1 Evolución del cacao en Ecuador	16
1.4.2 Contexto sectorial	17
1.4.3 Revisión de la literatura	18
CAPÍTULO 2	20
2. Metodología.....	20
2.1 Acercamiento sectorial	20
2.2 Datos y fuentes	21
2.2.1 Muestreo de la ESPAC	21
2.3 Selección de variables.....	22
2.4 Estudio de la función de producción	24
2.4.1 Especificación de la función de producción.....	25

2.5	Estimación Econométrica	25
2.6	Análisis de la función de producción.....	27
2.7	Estrategia Empírica	28
CAPÍTULO 3		30
3.	Resultados y análisis	30
3.1	Análisis descriptivo.....	30
3.2	Resultados: estimación de la función de producción	31
3.2.1	Dos factores de producción	32
3.2.2	Estimación MCO con tres factores de producción.....	33
3.2.3	Estimación FGLS con tres factores de producción.....	35
3.3	Residuos	37
4.	Conclusiones y recomendaciones	38
4.1	Conclusiones.....	38
4.2	Entrevista a expertos.....	39
4.3	Recomendaciones.....	41
APÉNDICES		46
APÉNDICE A: Producción mundial del cacao		46
APÉNDICE B: Producción de cacao en Ecuador		47
APÉNDICE C: Residuos de la estimación OLS		48
APÉNDICE D: Criterios de selección		49
APÉNDICE E: Intervalo de confianza de los rendimientos de escala		50
APÉNDICE F: Entrevistas con expertos		50

ABREVIATURAS

ANECACAO	Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador
CCN51	Colección Castro Naranjal 51
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
MCGF	Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles
MCO	Mínimos Cuadrados Ordinarios
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
PMG	Productividad Marginal
TMST	Tasa Marginal de Sustitución Técnica

SIMBOLOGÍA

UME	Unidad Mínima de Estratificación
UPM	Unidades Primarias de Muestreo
Ha	Hectáreas
T	Toneladas
Tm	Toneladas métricas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Marco de la Agricultura Sostenible y el Desarrollo Rural	21
Tabla 2.2 Variables Seleccionadas	23
Tabla 2.3 Tipos de rendimientos a escala	28
Tabla 3.1 Estadística Descriptiva	30
Tabla 3.2 Regresiones realizadas (1)	32
Tabla 3.3 Función de producción Cobb Douglas (1)	33
Tabla 3.4 Rendimientos de escala (1)	33
Tabla 3.5 Regresiones realizadas (2)	34
Tabla 3.6 Función de producción Cobb Douglas (2)	34
Tabla 3.7 Rendimientos de escala (2)	35
Tabla 3.8 Regresiones realizadas (3)	36
Tabla 3.9 Función de producción Cobb Douglas (3)	36
Tabla 3.10 Rendimientos de escala (2)	36

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola representa actualmente el 3.89% del PIB a nivel mundial, movilizandando una cantidad significativa de insumos en relación con el crecimiento de las naciones. Vincula actividades económicas primarias, secundarias y terciarias, como el cultivo de sembríos, la producción de alimentos y su posterior comercialización tanto en mercados nacionales como internacionales, convirtiéndola en una actividad de carácter integral. Se trata de un sector caracterizado por la implementación de tecnologías emergentes y herramientas de innovación que responde a constantes cambios marcados desde el período de la Revolución Verde donde prima la mecanización de procesos, hasta la etapa contemporánea donde prima la concientización ambiental.

Durante el período actual, se intenta encontrar un balance entre productividad, eficiencia y medio ambiente pues, de acuerdo con Climate Change, Agriculture and Food Security (2019), la actividad agrícola, la actividad forestal y el cambio del uso de tierra en América Latina y el Caribe son responsables en un 22,68% de las emisiones de efecto invernadero; sin embargo, sigue siendo una de las actividades principales para las economías de la región. A partir de esta disyuntiva, se exhorta a buscar una solución que garantice una producción y consumo responsable, por lo que resulta imprescindible examinar los factores involucrados en el proceso.

Uno de los subsectores de la agricultura que afronta esta problemática con mayor dificultad, es el sector del cacao pues, de acuerdo con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2017): “a partir del año 2011 se denota una importante reducción de la tasa de crecimiento que traía la producción de cacao a nivel mundial, estimándose una reducción de 30,000 toneladas métricas con respecto a la alcanzada en la cosecha del 2011”. Esto se debe a que el proceso productivo del cacao depende fuertemente de la variabilidad de los factores climáticos que afectan el ciclo fisiológico del cultivo, motivo por el cual la producción de cacao ha sido creciente pero interanualmente errática.

De acuerdo con información provista por el Banco de Desarrollo de América Latina (2017), la producción de cacao es uno de los principales movimientos para la economía de la mayoría de los países de América Latina, región que se encarga de la producción del 80% del cacao que se consume a nivel mundial. Dentro de los países que producen esta fruta en mayor cuantía, se encuentran Bolivia, Perú, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, República Dominicana y Panamá, quienes se encargan del cultivo aproximado de 1.7 millones de hectáreas.

En términos nacionales al ser un país rico en flora y fauna, Ecuador es un importante productor de cacao a nivel de América Latina. Según datos del Banco Central del Ecuador (2019), el país es el mayor proveedor de cacao fino y de aroma a nivel mundial, con una tasa de crecimiento promedio de 7% durante los últimos 10 años, por lo que cambios en su productividad resultan de vital importancia para la economía del país. En el año 2018, el 40.9% de los terrenos dedicado a los cultivos permanentes del Ecuador correspondieron a las plantaciones del cacao (Instituto de Estadísticas y Censos, 2018).

El dinamismo de este sector está relacionado con fluctuaciones tanto en eficiencia como en productividad; ambas variaciones vienen dadas por la distribución de los factores durante el proceso de cultivo. Esto considerando que, por parte de la oferta se busca mantener y ampliar la base genética que representan la principal ventaja comparativa regional, mientras que, por parte de la demanda, se trata de armonizar los procesos de identificación, cata y clasificación del cacao, sobre la perspectiva de sabores y aromas.

El presente trabajo realizará la estimación de la función de producción para el sector cacaotero del Ecuador a partir de información obtenida en la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2017. De esa forma, se obtendrá un acercamiento hacia indicadores marginales en cuanto a factores productivos, permitiendo evaluar la situación actual de los productores del cacao CCN51 y Nacional.

1.1 Descripción del problema

Como antecedente, se conoce que los productores ecuatorianos modificaron la variedad de cacao cultivado hasta obtener el tipo CCN51, ya que este es resistente a múltiples plagas y enfermedades, lo que ha llevado a un aumento sostenido de la producción. Sin embargo, esta no logra alcanzar a los mayores productores debido a un lento crecimiento generado por el aumento en los costos de los factores productivos (FAO, 2010). En el año 2017, Ecuador obtuvo una productividad de 0.44 toneladas por hectárea siendo el país menos productivo comparado con los principales productores de cacao (Apéndice A). Costa de Marfil, su principal competencia, tiene una productividad por hectárea de 0.4904, México de 0.4649, Ghana de 0.5228 y Perú de 0.839 (FAO, 2019).

Si bien este sector es uno de los más tradicionales del Ecuador, su industria busca desarrollar nuevos métodos de innovación para aprovechar el máximo de su productividad por medio de maquinarias, procesos y tecnologías emergentes. Por ello, en base a la obtención de la ecuación de producción de este subsector, se pueden obtener indicadores de productividad como la elasticidad, la productividad y la relación marginal de sustitución entre los factores. La función de producción propuesta responde a una estructura Cobb-Douglas, cuyas variables se basan en insumos de trabajo, terreno y materiales; como producción en toneladas, superficie plantada por hectárea, número de trabajadores, fertilizantes utilizados, entre otros.

1.2 Justificación del problema

Dependiendo del tratamiento que se le dé al cacao luego de su cosecha se pueden distinguir dos tipos de productos: el cacao tipo CCN51 almendra seca y el cacao de fino aroma almendra seca. En términos económicos, el cacao tipo CCN51 almendra seca tuvo un precio local para enero del 2015 de USD 1072 e inició enero del 2018 con un precio de USD 712, una disminución aproximada de 33.58%. Mientras que, el cacao de fino aroma almendra seca tuvo un precio en enero del 2015 de USD 1015 cerrando el período en enero del 2018 con un precio de USD 705, es decir, una variación negativa del 30.54%. Estas cifras son atribuibles tanto a factores exógenos (como cambios climáticos) como endógenos (productividad del sector), por lo que es necesario contar

con un plan de contingencia que permita distribuir los factores de acuerdo con las condiciones emergentes del sector (Coporación Financiera Nacional, 2018).

Según Adwoa, Justina, Mahama, et al (2013), la mejora en productividad y eficiencia de los sectores agrícolas permite producir mayor cantidad de alimento a menor costo, además de liberar recursos para que estos sean utilizados en otros sectores de la economía. Se debe considerar que el uso eficiente de los recursos no solo se encuentra afectado por una inadecuada distribución o asignación, sino también por la dificultad de acceso a estos. Algunos de los factores considerados para el ámbito de la productividad son el nivel de habilidades técnicas, el nivel de utilización de capital, el compromiso de la fuerza laboral y la tecnología en uso, por lo que se deben examinar tanto de manera individual como colectiva al momento de encontrar una distribución adecuada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Estimar la función de producción de haciendas cacaoteras en Ecuador, para obtener la productividad marginal de los insumos y los rendimientos de escala de los agricultores.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Elaborar un modelo de funciones de producción que se ajusten de mejor manera al escenario del sector cacaotero en el Ecuador y sus supuestos.
2. Medir rendimientos de escala de los agricultores y la productividad marginal de los factores involucrados en la obtención de las variedades de cacao.
3. Proponer un enfoque asociativo basado en la ponderación de los factores productivos de los agricultores.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Evolución del cacao en Ecuador

La producción de cacao es una de las actividades con mayor historia dentro de la economía del Ecuador. Su historia data de 1780, año en el que esta fruta se empezó a

cosechar de manera comercial principalmente en los alrededores de la ciudad de Guayaquil. Cincuenta años después, esta fruta se convertiría en uno de los mayores productos de exportación para la economía nacional (Guerrero, 2014). En el año 1915 se desencadenaron fuertes enfermedades y plagas que afectaron de manera interna al fruto del cacao, razón por la cual Ecuador perdió el primer lugar como proveedor y se sumió en una época de baja productividad. Es así como se inicia un proceso de investigación genética del cacao para desarrollar una variedad inmune a estas enfermedades y plagas.

El cacao tipo CCN51, cuyas siglas significan “Colección Castro Naranjal”, es un cacao clonado, que se obtuvo en el año 1965 a partir de la modificación de numerosas variedades del grano, siendo la número 51 aquella que resultó tolerante a las enfermedades que aquejaban al cultivo de productores ecuatorianos. Esta variedad, además de evadir la mayoría de las plagas conocidas hasta el momento, trajo como beneficios la alta productividad del grano (de entre 2 a 2.5 toneladas por hectárea), un incremento en el tamaño de la semilla (con un fruto de 1.4 a 1.5 gramos) y una disminución en el tamaño del árbol, lo que implica su fácil manejo (Cedeño, 2011).

Por parte de la oferta como insumo para la obtención de un producto de mayor elaboración, esta variedad de cacao otorgó mayor rendimiento, puesto que este tipo de cultivo ofrece un aproximado de 54% de manteca, contenido elevado en comparación a los que proveen otros países exportadores. Sin embargo, en temas de fragancias y sabores frutales y florales, la mayor parte de los consumidores demandan el cacao de fino aroma, ya que resulta más apetecible en la industria de confitería (Anecacao, 2015) (Apéndice B). Esta actividad agrícola involucra a un aproximado de 329,607 productores y, dentro del ámbito social, promueve indirectamente la inclusión económica y mejora los estándares de vida de más de 3 millones de latinoamericanos.

1.4.2 Contexto sectorial

En cuanto al análisis de este subsector, se deben tomar en cuenta la medición de productividad agrícola, su eficiencia y el impacto ambiental que genera para poder implementar un cambio específico. El análisis de productividad agrícola para este subsector puede medirse en función de la capacidad de producción por unidad de

trabajo, superficie de tierra cultivada o algún factor adicional de gran relevancia dentro del proceso productivo. Así, cuando se habla de la productividad de una economía, la atención se centra en el uso óptimo de los recursos que las empresas implementan durante su proceso de producción, sin embargo, pueden distinguirse dos tipos de productividad: técnica y económica (Chambers, 1988).

La productividad técnica se refiere a alcanzar la máxima producción en un tiempo determinado a partir de un número determinado de factores, mientras que la productividad económica se refiere a la relación entre cantidad de producción y factores medidos en términos monetarios, es decir, alcanzando el máximo valor monetario de la producción con costes específicos durante un período de tiempo. En temas de competitividad, evaluar este sector generaría una mejora en la distribución de los recursos lo que, a su vez, promueve una ventaja comparativa a partir de la producción de la misma cantidad de toneladas a un costo menor (Palomino, 2019).

Por ello, a medida que los cultivos se vuelven más productivos, el salario real de las personas empleadas en la agricultura, y específicamente en el ámbito del cacao, tendería a aumentar. Por parte de la eficiencia, se debe distinguir una medición en dos partes: la eficiencia de los recursos naturales (expresada como eficiencia energética) y la eficiencia económica (expresada como rendimiento neto). La eficiencia energética comprende la optimización de la razón entre la entrada y salida de unidades energéticas con el fin de reducir los costos económicos y las repercusiones medioambientales negativas. Esto implica que una mejor gestión de los insumos agrícolas y alimentarios puede contribuir positivamente a reducir las emisiones agrícolas de gases de efecto invernadero contribuyendo con el objetivo de producción y consumo responsable de desarrollo sostenible presentado por la ONU (FAO, s.f.).

1.4.3 Revisión de la literatura

Iqbal y Maqbool (2018) hacen referencia a la manera en que los insumos utilizados en la agricultura juegan roles asimétricos durante el proceso de producción. Los insumos de tipo *crecimiento* se convierten en parte del crecimiento biológico de las plantas, mientras que los insumos de tipo *facilitación* ayudan a regular las funciones de los insumos de crecimiento desde el exterior de las plantas. El objetivo de este estudio fue

analizar el efecto de facilitar los insumos en la eficiencia técnica de los insumos de *crecimiento*. Los resultados de su estudio indican que los pesticidas, el capital y el trabajo familiar aumentan la eficiencia técnica de los insumos de *crecimiento*, mientras que la mano de obra contratada reduce significativamente esta eficiencia.

Shao et al (2019) realizó un estudio donde encuesta a 308 agricultores en cinco distritos de Beijing. Ellos emplearon una función de costo translog para comparar el impacto de los patrones de operación en costo de producción de duraznos y cerezas al estimar las elasticidades de sustitución entre los insumos. Descubrieron que la elasticidad del precio de todos los factores de entrada era negativa, mientras que las relaciones de sustitución que existían entre mano de obra y tierra, mano de obra y fertilizantes, fertilizantes y estiércol, y estiércol y pesticida. Esto indica que existen sectores que requieren de gran mano de obra, mientras que los fertilizantes y pesticidas son apenas utilizados.

Li J y Li Y (2018) menciona en su estudio que el período de rápida urbanización, alta inversión técnica y de capital generó una mejora en la eficiencia de la producción agrícola y aumentó los ingresos de los agricultores. Sin embargo, en los últimos años también se presentaron serios problemas para la producción agrícola, incluidos el envejecimiento de los agricultores y el debilitamiento de los mercados laborales, la conversión de tierras agrícolas y la contaminación del suelo. Estimaron los coeficientes de elasticidad de los factores de producción agrícola, incluyendo mano de obra, capital y técnica, utilizando la función de producción mejorada de Cobb-Douglas y los datos del panel provincial de 2000 a 2015.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El diseño de esta investigación consiste en su mayor parte de un análisis cuantitativo a partir de las variables seleccionadas y la esencia comparativa del estudio. Sin embargo, mantiene un enfoque cualitativo basado en entrevistas a expertos en el ámbito de la investigación del sector cacaoero en Ecuador. En cuanto al análisis cuantitativo, los datos serán tratados bajo un modelo que permita el correcto manejo de unidades obtenidas de manera anual y agrupados por agricultor.

2.1 Acercamiento sectorial

La actividad agrícola puede valorarse en dos formas: de manera intrínseca y de manera extrínseca. Aquella que genera réditos económicos a través de transferencias es la valoración extrínseca, pues se basa en la comercialización del producto obtenido luego del proceso de cultivo; aquella que no genera réditos económicos es la valoración intrínseca, ya que comprende el estado en el que se encontrarán los factores ambientales durante el proceso de cultivo (Herrera, et al., 2017). El estudio de la distribución de recursos del sector cacaoero del Ecuador no se enfoca únicamente en señalar el uso eficiente o ineficiente de los recursos para fines productivos, sino también en crear un impacto positivo (o disminuir el impacto negativo) de la actividad agrícola, pues el factor medio ambiental también es considerado.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2015) establece cuatro áreas que forman parte del Marco de la Agricultura Sostenible y el Desarrollo Rural, desarrolladas para proporcionar un acercamiento a las prioridades de los indicadores y las necesidades de información. A continuación, los ejes del marco mencionado:

Tabla 2.1 Marco de la Agricultura Sostenible y el Desarrollo Rural

Ajustes de las Políticas y Asistencia en la Planificación.
Fortalecimiento de los Recursos Humanos y de la Capital Institucional.
Mejor Manejo de los Recursos Naturales.
Uso Razonable de los Insumos Agrícolas.

Elaboración: Por los autores

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

2.2 Datos y fuentes

Se obtuvo la información del año 2017 presentada en la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), la cual consiste en “la principal fuente de información oficial sobre el sector agropecuario, con un marco de muestreo adoptado de acuerdo con las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura” (Instituto de Estadísticas y Censos, 2018). Para el Marco de Muestreo de la ESPAC, se utilizó un Marco de Muestreo Múltiple, el cual consiste en una combinación entre un Marco de Área y un Marco de Lista.

2.2.1 Muestreo de la ESPAC

Un Marco de Área se forma a partir de la división del área que será investigada en distintos segmentos. Se comienza definiendo una malla cuadrada homogénea de 576 hectáreas sobre el territorio continental del Ecuador, formando un recubrimiento finito del mismo. A los elementos de la malla homogénea se los denomina Unidad Mínima de Estratificación (UME). Se excluyeron las áreas donde la producción agrícola es ínfima y con características como: segmentos completamente contenidos en superficies mayores a los 3000 metros a nivel del mar, segmentos contenidos en reserva naturales, selva amazónica y superficies urbanas (Instituto de Estadísticas y Censos, 2018).

El Instituto Nacional de Estadística y Censo sigue los estándares recomendados por la FAO para clasificar los segmentos en 4 estratos de acuerdo con el porcentaje de uso agrícola de cada UME y a las regiones biogeográficas del Ecuador. Para obtener Unidades Primarias de Muestreo (UPM) acordes a las características de producción se

dividieron los segmentos del estrato 1 con un uso agropecuario entre el 60% y 100% de la región sierra (producción intensiva) en 64 partes iguales, del estrato 2 con un uso agropecuario entre el 60% y 100% de la región Costa y Amazonía (producción extensiva) en 16 partes iguales, del estrato 3 con un uso agropecuario entre el 20% y 60% en 4 partes iguales y, finalmente, los segmentos del estrato 4 con un uso agropecuario entre el 0% y 20% no se dividieron. Se obtuvo un total de 357.062 UPM con un global de 12.111.948 de hectáreas (Instituto de Estadísticas y Censos, 2018).

Dentro de marco de lista se tomaron en cuenta los productos que actualmente son de importancia macroeconómicamente y determinados como “sensibles” o “estratégicos” para las instituciones como el Banco Central del Ecuador, Ministro de Agricultura, Secretaria Nacional de Planificación y desarrollo, y Vicepresidencia de la Republica; con un total de 14 productos incluyendo el cacao (Instituto de Estadísticas y Censos, 2018).

En el marco de área, se selecciona una tasa de muestreo por cada estrato; el estrato 1 y 2 tienen una tasa de muestreo del 1.50%, el estrato 3 del 1.20% y el estrato 4 del 4%, obteniendo una muestra de 5683 UPM. Dentro del marco de lista, se levanta la información de todos los productores de los bienes considerados dentro de este marco. Es decir, el tamaño de muestra es igual al de la población (Instituto de Estadísticas y Censos, 2018).

2.3 Selección de variables

En cuanto a la selección de variables, se realizó una revisión literaria metodológica que sugiere el uso de ciertos determinantes como indicadores de valoración intrínseca y extrínseca:

- Justina Adowa Onumah, Ramatu Mahama Al-Hassan y Edward Ebo Onumah (2013) establecen que existe una correlación directa entre programas de intervención que implican aspectos de uso de suelo y su productividad.
- Pilar Useche y Trent Blare (2013) se basan en el capital humano, pues realizan una estimación del salario indirecto para desarrollar un salario para los productores ecuatorianos de cacao que incluya beneficios no comerciales.

- Fernando Manzaneda Delgado y José Antonio Cortez Torrez (2016) realizan un análisis de regresión sobre los determinantes socioeconómicos de la producción de cacao, como el capital, trabajo y precio, demostrando un efecto positivo en la producción de cacao.
- María Alejandra Clavijo Lemus y Pahola Andrea Ardila Saavedra (2015) realizan un análisis de eficiencia en el que se observa que las variables mano de obra familiar, mano de obra contratada y el nivel de fertilizantes orgánicos e inorgánicos empleados en la producción de cacao tienen un efecto positivo y significativo sobre la eficiencia económica.

Por lo tanto, las variables que serán seleccionadas parten de un análisis que pueda contribuir a ambas valoraciones y que brinden un indicador comparable.

Tabla 2.2 Variables Seleccionadas

Sección del ESPAC	Variables
Uso del suelo	Clave de cultivo publicación
	Cultivos permanentes en hectáreas
	Superficie total en hectáreas
Empleo en los terrenos	Total de trabajadores
	Subtotal persona productora y/o familiares
	Subtotal remunerado permanente
	Subtotal remunerado ocasional
Cultivos permanentes	Superficie plantada hectáreas
	Superficie cosechada hectáreas
	Uso de riego (Variable Binaria)
	Equivalencia en libras de la unidad cosechada
	Cantidad de fertilizante orgánico
	Cantidad de fertilizante químicos NPK
	Cantidad de fertilizante químicos Nitrogenado
	Cantidad de fertilizante químicos Fosfatado
	Cantidad de fertilizante químicos Potásico
	Producción toneladas métricas

Elaboración: Por los autores

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)

2.4 Estudio de la función de producción

Para obtener una función de producción para este sector, pueden considerarse diferentes insumos; la mayoría se puede agrupar en tres principales categorías: capital, trabajo y materiales. Los insumos de capital corresponden a los de larga vida como la tierra, edificios y equipamiento; los insumos de trabajo corresponden a las horas dedicadas a la producción de bien; y, finalmente, los materiales que provienen de recursos naturales y bienes primarios. La función de producción muestra las distintas maneras en que una firma puede transformar los insumos o factores productivos a bienes, sea por la relación entre las cantidades de insumos utilizados o por la cantidad máxima de producto que se puede generar (Perloff, 2014).

Las dos funciones de producción mejores conocidas y utilizadas corresponden a la función Leontief y Cobb-Douglas (Chambers, 1988). La forma general de la función Cobb-Douglas corresponde a:

$$f(x) = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}, \alpha > 0, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.1)$$

Donde:

A hace referencia a la tecnología,

$x = [x_1, \dots, x_n]$ hace referencia al vector de n insumos, y

$\alpha = [\alpha_1, \dots, \alpha_n]$ se refiere al vector de entradas.

A partir de la obtención de funciones de producción, se pueden derivar análisis de productividad marginal, de tasas de sustitución e incluso de elasticidades. En cuanto al análisis de productividad marginal de un factor, se obtendría la variación en la cantidad producida de determinado bien, en base al empleo de una unidad adicional de este, siempre y cuando se mantenga constante el uso de los demás factores.

Por parte de la tasa marginal de sustitución técnica, se entiende que, manteniendo la producción total constante, la cantidad empleada de un factor de producción tendería a aumentar cuando el otro factor aumenta en una unidad. De acuerdo con Godínez, García, Fortis, et al (2007), estos indicadores, dentro del sector agrícola, contribuyen con la valoración económica de determinado producto, cuya referencia permitiría

identificar si resulta más costosa la producción del cacao frente al precio al que se vende en el mercado nacional o internacional.

2.4.1 Especificación de la función de producción

En la función de producción Cobb-Douglas no existe linealidad entre los parámetros. Sin embargo, se puede transformar el modelo a una función logarítmica para poder estimar los parámetros (Greene, 2018).

$$f \ln(y_t) = B_0 + B_i \ln x_i + u_i \quad (2.2)$$

Donde y corresponde a la producción de cacao en kilogramos, β_i corresponde a los coeficientes de la función de producción Cobb-Douglas, x_i corresponde a las factores e insumos que serán analizados.

2.5 Estimación Econométrica

Marschak y Andrews (1944), argumentan que la cantidad de inputs no corresponden a variables exógenas ya que existe una correlación con la perturbación aleatoria; esto se debe a que son decididas por el productor en función a determinado nivel de producción. De esta forma, no resulta viable estimar la función de producción utilizando la metodología de mínimos cuadrados ordinarios puesto que los estimadores son sesgados e inconsistentes, lo que los autores llaman sesgo de simultaneidad.

Sin embargo, Drèze, Kmenta y Zellner (1966) comentan que, si la actividad productiva se desarrolla en ciertas condiciones de riesgo, se puede suponer que el objetivo del productor será maximizar los beneficios esperados. Los autores examinan este argumento bajo el escenario agrícola, ya que gran parte de la perturbación aleatoria de la función de producción como el clima, plagas y demás, no puede ser anticipado por los productores. Esto implica que no estaría correlacionado con los inputs, logrando que los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios mantengan sus propiedades originales (insesgados y consistentes).

En cuanto a la presencia de valores cero en el uso de ciertos insumos agrícolas, como el fertilizante y plaguicidas, provocan una pérdida de observaciones al momento de

estimar una función de producción Cobb-Douglas, dando como resultados estimadores sesgados. Battese (1997), muestra que el problema por la pérdida de observaciones puede ser solucionado creando variables ficticias las cuales toman el valor de uno, cuando la variable es igual a cero y toma el valor de cero, cuando la variable de interés es mayor o igual que 1. Luego, la variable de interés toma el valor de uno si los datos originales son ceros. Obteniendo la siguiente función:

$$\ln(y) = B_0 + \gamma D_j + B_i \ln x_i + B_j \ln x_j + u_i \quad (2.3)$$

Donde x_j corresponde a las variables con valores ceros.

Este modelo permite estimar el efecto sobre una variable dependiente al existir una variación en un regresor manteniendo constantes los demás. Incluye un término de error estocástico debido al error de observaciones por variables no controladas. El objetivo de la estimación de los coeficientes de los regresores con mínimos cuadrados ordinarios es la minimización de la suma de los cuadrados de los errores de predicción (Stock & Watson, 2015). La ecuación (2.3) corresponde a la minimización de los errores de la función linealizada de Cobb- Douglas incluyendo las variables ficticias.

$$\text{Min } u_i : \{ \ln(y) - B_0 - \gamma D_j - B_i \ln x_i - B_j \ln x_j \} \quad (2.4)$$

La regresión múltiple se la puede representar de forma matricial, así como al estimador de mínimos cuadrados ordinarios. El vector resultante de coeficientes es obtenido de la siguiente forma:

$$\beta = (X^t X)^{-1} X^t Y \quad (2.5)$$

Existen cuatro principales supuestos que se toman en consideración para la estimación por MCO. El primer supuesto indica que la distribución condicional del error dados los regresores tiene una media igual a cero. El segundo supuesto, indica que las variables independientes son aleatorias y están distribuidas de forma independiente e idéntica; este supuesto se cumple cuando los datos han sido obtenidos por muestreo aleatorio. El tercer supuesto indica que los valores atípicos son poco probables. El cuarto supuesto indica que las variables dependientes no deben ser perfectamente

multicolineales, es decir, que uno de los regresores es función lineal perfecta con el resto de los regresores (Stock & Watson, 2015).

Se utilizaron errores estándares robustos a heterocedasticidad para no tener posibles errores de especificación en el modelo, ya que la estimación por MCO asume que la varianza es homocedastica y los coeficientes pueden ser sesgados ante el incumplimiento de este supuesto (Stock & Watson, 2015).

La estimación eficiente de los coeficientes en el modelo de regresión generalizada requiere el conocimiento de Ω , pero no siempre se lo conoce y por lo tanto se lo debe estimar. Un estimador FGLS asintóticamente eficiente no requiere que se cuente con un estimador eficiente; solo requiere uno consistente para lograr la eficiencia total del estimador FGLS (Greene, 2018).

$$\beta = (X^t \Omega^{-1} X)^{-1} X^t \Omega^{-1} Y \quad (2.6)$$

2.6 Análisis de la función de producción

El producto marginal de un insumo productivo es el producto adicional que podemos obtener empleando una unidad más de ese factor productivo, manteniendo los demás factores constante. Se utilizan derivadas parciales para calcular la productividad marginal de los insumos, las cuales dependen de la cantidad utilizada de ese factor. Presentan una forma decreciente cuando aumenta el uso de un solo factor, manteniendo los demás factores constantes. Es decir, si solo aumenta el trabajo, manteniendo constantes a los demás factores, presentará un deterioro de su productividad (Perloff, 2014).

$$PMg_{x_i} = \frac{\delta q}{\delta x_i} \quad (2.7)$$

Los rendimientos de escala nos indican cómo la producción cambia si la firma incrementa el uso de factores de manera proporcional, ayudando a la firma a determinar su escala o tamaño a largo plazo. Los rendimientos constantes a escala hacen referencia al escenario en que los insumos y la producción incrementan en la misma proporción. Si la producción aumenta en mayor cuantía que la variación de los insumos, se lo conoce como rendimientos crecientes a escala. Sin embargo, puede

existe problemas de coordinación e interacción de actividades al momento en que se incrementa el uso de insumos, provocando que la variación de la producción sea menor al incremento de los insumos, la cual hace referencia al rendimiento decreciente a escala. En la tabla 2.3, se muestran los rendimientos de escala de acuerdo con la suma de los coeficientes de la función de producción (Perloff, 2014).

Tabla 2.3 Tipos de rendimientos a escala

Rendimiento creciente a escala	$\sum_{i=0}^{\{n\}} \beta_i > 1$
Rendimiento constante a escala	$\sum_{i=0}^{\{n\}} \beta_i = 1$
Rendimiento decreciente a escala	$\sum_{i=0}^{\{n\}} \beta_i < 1$

Elaboración: Por los autores

Generalmente, y de acuerdo con la literatura, las funciones de producción presentan rendimientos crecientes a escala para pequeñas cantidades de producción, rendimientos constantes a escala en cantidades moderadas y rendimientos decrecientes para cantidades altas de producción. Por ejemplo, se trata de una firma que utiliza pequeñas cantidades de factores productivos, el aumento de estos puede generar ganancia. A medida que la empresa crece, los rendimientos a escala finalmente se agotan. Sin más retornos a la especialización, el proceso de producción exhibe rendimientos constantes a escala. Si la empresa continúa creciendo, la gestión del personal se vuelve más difícil, por lo que la empresa sufre de rendimientos decrecientes a escala (Perloff, 2014).

2.7 Estrategia Empírica

Se procedió a agrupar la información asociada al terreno de los encuestados de la ESPAC 2017. Luego del tratamiento de los datos; se realizaron las estimaciones de los coeficientes de la función Cobb-Douglas linealizada, mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios, agregando un insumo distinto en cada modelo. Para el primer modelo, se

realizó una estimación de producción (Y) con la superficie cultivada en hectáreas (X) y cantidad de trabajadores (x_2).

$$\ln(y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + u_i \quad (2.8)$$

En el segundo modelo, se agregó la variable del total de fertilizantes (x_3) y se agregó una variable ficticia para solucionar el problema de observaciones con valor cero, siguiendo la recomendación de Battese (1997) descrita anteriormente.

$$\ln(y) = \beta_0 + \gamma_1 D_{x_3} + \beta_1 \ln(x_1) + \beta_2 \ln(x_2) + \beta_3 \ln(x_3) + u_i \quad (2.9)$$

Luego de la estimación de los coeficientes, se procedió a establecer la función de producción, las características de rendimientos de escala, e incluso un acercamiento hacia las elasticidades de los factores productivos y productividad marginal por cada insumo de corto plazo. Se realizaron estimaciones mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios y Mínimos Cuadrados Generalizado Factible, así como entrevistas a expertos en el tema como complementos cualitativos.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis descriptivo

Una vez seleccionadas las variables y su respectivo tratamiento, se procedió a realizar un análisis descriptivo para obtener un primer acercamiento a los futuros resultados, así como un comportamiento aproximado de los factores que podrían explicar a cada una de las variables. La tabla se presenta a continuación:

Tabla 3.1 Estadística Descriptiva

	N	Media	St.Dev	Varianza
Producción	4804	4.7	36.208	1311.054
Terreno	5533	6.128	25.237	636.884
Trabajadores	5533	4.075	16.447	270.515
Fertilizantes Orgánicos	5533	310.222	5244.513	2.75e+07
Fertilizante Químicos	5533	796.893	9872.084	9.75e+07
Total de fertilizantes	5533	1106.134	11249.44	1.27e+08

Elaborada por: Autores

De acuerdo con la tabla 3.1, se observa una gran dispersión para cada variable debido a los diversos tamaños en cuanto a la extensión de terreno de cada agricultor, pues estos se clasifican en pequeño, mediano y grande dependiendo de la superficie que ocupa cada uno.

A partir de las variables analizadas, se puede identificar que aquellas con mayor medida de dispersión corresponden a fertilizantes químicos y fertilizantes orgánicos, precisamente por la alta volatilidad que existe entre los agricultores al momento de elegir el tratamiento de sus cultivos. Si bien, algunos optan por fertilizantes químicos, también están quienes deciden combinar ambos tipos o probar uno y luego suplantarlos por otro tipo, práctica que ha sido adoptada recientemente gracias a la introducción de métodos orgánicos en la agricultura. De acuerdo con el artículo de investigación presentado por Álvarez-Carrillo, Rojas-Molina y Suárez-Salazar, “los esquemas de

manejo orgánico son una alternativa para las plantaciones de cacao debido al crecimiento y producción encontrado en comparación al manejo químico.” (2015)

En cuanto a la variable producción se obtuvo un promedio de 4.7 toneladas métricas, lo cual, al ser contrastado con el promedio de otros países productores de la región como Brasil, toman una ventaja del 14.5%, con un valor medio de 5.4 toneladas métricas. A su vez, la superficie plantada obtuvo un promedio de 6.1 hectáreas producidas, siendo superada en un 26.4% por Brasil, cuya media se encuentra en 7.7 hectáreas dedicadas al cultivo de cacao. Sin embargo, obtuvo una ventaja de 68.9% en relación con la superficie cultivada de países vecinos como Perú y Colombia, con una media similar de 1.9 hectáreas para ambos. Si bien Ecuador mantiene una fuerte ventaja frente a sus países vecinos, en términos regionales mantiene una desventaja considerable frente a Brasil, lo que podría atribuirse a superficies superiores de cultivo, mejor manejo de los recursos e incluso mayor participación en prácticas de innovación.

El sector productor de cacao se caracteriza por utilizar intensa mano de obra sin especialización y con especialización para el tratamiento del cultivo. En cuanto a valores estadísticos, Ecuador es uno de los países de la región con mayor índice de empleabilidad, con Brasil y Colombia en primer y segundo lugar respectivamente. La volatilidad de su mano de obra es baja, ya que gran parte de los cultivos son manejados bajo calidad de tierras familiares, por lo que el número de personas empleadas en la cosecha y en el cultivo varía en cantidades mínimas; el valor medio de la mano de obra se encuentra en 4 personas empleadas aproximadamente.

3.2 Resultados: estimación de la función de producción

Para el procesamiento de datos se agrupó a las variables de acuerdo con las características de los agricultores de cacao; según la variedad del árbol, CCN51 y nacional, y según la forma de presentación de venta del grano, en seco o en baba, obteniendo cuatro grupos de agricultores para los cuales se estimaron sus respectivas funciones de producción.

Se utilizó la función Cobb Douglas linealizada por lo que, las variables presentadas anteriormente fueron transformadas mediante el uso de logaritmos naturales; esto se

debe a que muchas distribuciones de datos económicos, o de consumo, se convierten en simétricas al tomar la transformación logarítmicas. Con ello, se soluciona el problema de alta varianza dentro de los datos descritos previamente.

3.2.1 Dos factores de producción

En la tabla 3.2, se muestra la estimación de la ecuación 2.8 por cada grupo de agricultores según el tipo de cacao cultivado y la presentación de venta del grano. Analizando la productividad a corto plazo, por una variación de trabajadores del 1%, la producción puede aumentar en 0.291% para el cacao CCN51 en la presentación en baba, 0.180 % para el CCN51 en seco, 0.142% para el cacao nacional en baba y un 0.121% para el cacao nacional en seco. Todos los coeficientes son estadísticamente significativos con un nivel de confianza de 95%.

De la tabla 3.2, se puede observar que el R cuadrado (coeficiente que define el porcentaje explicativo de la variable dependiente frente a un cambio en las independientes) es mayor a 0.50 para cada grupo, siendo mayor para el grupo de agricultores de cacao CCN51 con presentación para la venta en grano, en seco con 0.774, y el menor para los agricultores de cacao nacional en baba con 0.502.

Tabla 3.2 Regresiones realizadas (1)

VARIABLES	CCN51 en baba	CCN51 en seco	Nacional en baba	Nacional en seco
Terreno en Ha	0.933*** (0.0265)	0.987*** (0.0178)	0.819*** (0.0287)	0.827*** (0.0233)
Trabajadores	0.291*** (0.0431)	0.180*** (0.0246)	0.142*** (0.0490)	0.121** (0.0486)
Constante	-1.503*** (0.0433)	-0.855*** (0.0268)	-1.732*** (0.0558)	-1.483*** (0.0409)
Observaciones	1,260	1,579	775	683
R-squared	0.572	0.774	0.502	0.703

Errores estándar robusto en parentesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Elaborada por: Autores

Con los coeficientes de la tabla anterior, se representó de la siguiente forma la función de producción Cobb Douglas con dos factores para cada grupo de agricultores:

Tabla 3.3 Función de producción Cobb Douglas (1)

CCN51 en baba	$y = T^{0.933}L^{0.291}$	3.1
CCN51 en grano seco	$y = T^{0.987}L^{0.18}$	3.2
Nacional en baba	$y = T^{0.819}L^{0.142}$	3.3
Nacional en grano seco	$y = T^{0.827}L^{0.121}$	3.4

Nota: Se ignoran los demás coeficientes para la representación de la función.

Elaborada por: Autores

A continuación, como se muestra en la tabla 3.4, se calcularon los rendimientos de escala con los resultados presentados anteriormente. Los agricultores que siembran cacao CCN51 presentan rendimientos crecientes de escala y los agricultores de cacao nacional presenta rendimientos decrecientes de escala.

Tabla 3.4 Rendimientos de escala (1)

Tipo de agricultor	Rendimientos de escala
CCN51 en baba	1.224
CCN51 en grano seco	1.167
Nacional en baba	0.961
Nacional en grano seco	0.948

Elaborada por: Autores

3.2.2 Estimación MCO con tres factores de producción

En la tabla 3.5, se muestra la estimación mediante Mínimo Cuadrados Ordinario de la ecuación 2.9, donde se añade la variable del total de fertilizantes correspondiente a la suma del total de fertilizantes químicos y orgánicos en unidad de kilogramos utilizados por los agricultores. También, se añade la variable ficticia según las recomendaciones de Battese (1997) para evitar un posible sesgo en los coeficientes por la eliminación de las observaciones con valores ceros en la regresión. Analizando la productividad a corto plazo, una variación del 1% de fertilizante en kilogramos, puede representar un aumento en la producción de un 0.115% para el cacao CCN51 en la presentación en baba, 0.079% para el cacao CCN51 en grano seco, 0.436% para el cacao nacional en baba y un 0.107% para el cacao nacional en grano seco.

Adicionalmente, se puede observar que el R cuadrado para cada grupo de agricultores es mayor a 0.50, siendo mayor para el grupo de agricultores con cacao CCN51 con presentación para la venta en grano en seco con 0.784 y el menor para los agricultores de cacao nacional en baba con 0.516.

Tabla 3.5 Regresiones realizadas (2)

VARIABLES	(1) CCN51 en baba	(2) CCN51 en seco	(3) Nacional en baba	(4) Nacional en seco
Terreno en Ha	0.868*** (0.0270)	0.934*** (0.0193)	0.815*** (0.0288)	0.818*** (0.0232)
Trabajadores	0.236*** (0.0416)	0.123*** (0.0253)	0.103** (0.0502)	0.0756* (0.0410)
Fertilizantes	0.115*** (0.0206)	0.0739*** (0.0139)	0.0436* (0.0256)	0.107*** (0.0315)
D.fertilizante	0.199* (0.120)	0.0897 (0.0793)	-0.172 (0.151)	0.247 (0.155)
Constante	-1.764*** (0.114)	-1.021*** (0.0670)	-1.593*** (0.149)	-1.738*** (0.154)
Observaciones	1,260	1,579	775	683
R-squared	0.597	0.784	0.516	0.716

Errores estandar robusto en parentesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Elaborada por: Autores

Con los coeficientes de la tabla anterior, se representó de la siguiente forma la función de producción Cobb Douglas de tres factores para cada grupo de agricultores:

Tabla 3.6 Función de producción Cobb Douglas (2)

CCN51 en baba	$y = T^{0.868} L^{0.236} F^{0.115}$	3.5
CCN51 en grano seco	$y = T^{0.934} L^{0.123} F^{0.0739}$	3.6
Nacional en baba	$y = T^{0.815} L^{0.103} F^{0.0436}$	3.7
Nacional en grano seco	$y = T^{0.818} L^{0.0759} F^{0.107}$	3.8

Nota: Se ignoran los demás coeficientes para la representación de la función

Elaborada por: Autores

En la tabla 3.7, se calculó el promedio de los rendimientos de escala con los resultados presentados anteriormente. De acuerdo con la tabla 3.7, los agricultores que siembran cacao CCN51 presentan rendimientos crecientes de escala y los agricultores de cacao nacional presenta rendimientos constantes a escala.

Tabla 3.7 Rendimientos de escala (2)

Tipo de agricultor	Rendimientos de escala
CCN51 en baba	1.219
CCN51 en grano seco	1.131
Nacional en baba	0.962
Nacional en grano seco	1

Elaborada por: Autores

3.2.3 Estimación FGLS con tres factores de producción

Con el objetivo de obtener coeficientes consistentes, se realizó la estimación de la ecuación 2.9 mediante el estimador Mínimo Cuadrados Generalizados Factible de dos etapas para tomar en cuenta los residuos no independientes e idénticamente distribuidos y heterocedásticos. En la tabla 3.8, se muestran los coeficientes de la estimación para cada grupo de agricultores; se puede observar que los coeficientes no difieren de la estimación MCO pero presentan un mayor R cuadrado en los grupos de agricultores de cacao CCN51 y del cacao nacional en seco. La estimación FGLS para los agricultores del cacao nacional en baba se muestra no estadísticamente significativa.

Adicionalmente, se observa que el R cuadrado para cada grupo de agricultores es mayor a 0.60, siendo mayor en el grupo de agricultores con cacao CCN51 con presentación para la venta en grano en seco con 0.824 y menor para los agricultores de cacao nacional en baba con 0.632.

Tabla 3.8 Regresiones realizadas (3)

VARIABLES	(1) CCN51 en baba	(2) CCN51 en seco	(3) Nacional en baba	(4) Nacional en seco
Terreno en Ha	0.871*** (0.0265)	0.943*** (0.0194)	0.0736 (0.0680)	0.826*** (0.0210)
Trabajadores	0.224*** (0.0420)	0.136*** (0.0258)	-0.359*** (0.108)	0.0850** (0.0380)
Fertilizante	0.118*** (0.0201)	0.0752*** (0.0129)	0.160*** (0.0594)	0.0924*** (0.0230)
D. fertilizante	0.212* (0.120)	0.120 (0.0759)	1.065*** (0.315)	0.187 (0.115)
Constante	-1.768*** (0.113)	-1.059*** (0.0624)	-2.142*** (0.306)	-1.687*** (0.112)
Observaciones	1,260	1,579	775	683
R-squared	0.632	0.824	0.029	0.737

Errores estandar robusto en parentesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Elaborada por: Autores

Con los coeficientes de la tabla anterior, se representó de la siguiente forma la función de producción Cobb Douglas de tres factores para cada grupo de agricultores:

Tabla 3.9 Función de producción Cobb Douglas (3)

CCN51 en baba	$y = T^{0.871} L^{0.224} F^{0.118}$	3.9
CCN51 en grano seco	$y = T^{0.943} L^{0.136} F^{0.0752}$	3.10
Nacional en grano seco	$y = T^{0.826} L^{0.085} F^{0.0924}$	3.11

Nota: Se ignoran los demás coeficientes para la representación de la función

Elaborada por: Autores

En la tabla 3.7, se calculó el promedio de los rendimientos de escala con los resultados presentados anteriormente, donde los agricultores que siembran cacao CCN51 presentan rendimientos crecientes de escala y los agricultores de cacao nacional en grano en seco presenta rendimientos constantes de escala.

Tabla 3.10 Rendimientos de escala (2)

Tipo de agricultor	Rendimientos de escala
CCN51 en baba	1.213

CCN51 en grano seco	1.154
Nacional en grano seco	1

Elaborada por: Autores

3.3 Residuos

En cuanto a la prueba de normalidad realizada a los residuos de cada regresión, se obtuvo como resultado el rechazo de la hipótesis nula, es decir, la no distribución normal los residuos (Apéndice C). Esto se atribuye a los problemas de procesamiento que los datos suelen esconder, de acuerdo con el contexto en que se los maneje.

Considerando la revisión literaria realizada por Appelbaum en 1978, ciertas funciones de costo o beneficio no cumplieron con las propiedades consideradas fundamentales para la validación de un modelo econométrico. Por lo tanto, el aporte de este autor consistió en el estudio de varios artículos econométricos, de los cuales “el 45% de los artículos no contrastaban ninguna de esas propiedades, y en aquellos casos en los que sí se contrastaban, se rechazaba con un porcentaje muy elevado”. Es decir, dependiendo del contexto de la muestra se puede obtener un resultado alineado a las características fundamentales o no. Para este caso en particular, en el que el comportamiento de las variables agrícolas no se encuentra ponderado hacia los valores centrales sino hacia los extremos, es de esperar un residuo que no se alinee a las características fundamentales.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

A partir de los resultados presentados, se obtuvo una función de producción individual para los cuatro escenarios planteados. Se sabe que, para poder aplicar supuestos y bases teóricas, que son el pilar de todo estudio económico, se debe partir de una función que modele el comportamiento de los factores que influyen en la producción de determinado bien. Una vez obtenida esta función, se desprende una gran variedad de posibles análisis que parten desde el cálculo de productividades marginales, en términos de procesos, hasta elasticidades de sustitución, en términos de manejo de recursos.

En el apéndice D, se muestran los criterios de selección Akaike y Bayesiano para comparar las estimaciones mediante OLS y FGLS, con los que se concluye que el modelo FGLS tiene una mayor relevancia para los grupos de agricultores de cacao CCN51 y nacional en seco, mientras que la estimación OLS tiene una relevancia para los agricultores de cacao nacional en baba. De esta forma, las conclusiones que se desprenden de las funciones obtenidas señalan que, en términos de productividad, el cacao CCN51 es una mejor opción para los agricultores ya que presenta rendimientos de escala crecientes, mientras que el cacao nacional presenta rendimientos de escala constantes (Apéndice E).

Adicionalmente, se concluye que la producción marginal de los fertilizantes tiene una mayor contribución en la variedad Nacional, coincidiendo también con lo mencionado por el INEC (2018) donde se indica que los fertilizantes tienen un papel importante en la productividad de los cultivos y los agricultores de la variedad CCN51 son los que más aplican fertilizantes comparado con otras variedades, es decir, los agricultores de la variedad CCN51 pueden estar sobre utilizando los fertilizantes.

En cuanto a los factores de producción, destaca el uso de tierra como aquel que tiene mayor incidencia en el proceso, seguido por la mano de obra y los fertilizantes respectivamente. Por parte de la estructura del trabajo, se destacó que el problema común en los análisis de producción radica en la estratificación de datos, puesto que en algunas ocasiones se tiene productores muy grandes o pequeños, sugiriendo la creación de clusters por hectáreas, pues en caso de no separar por categorías, los datos se verían fuertemente afectados por valores atípicos y no permitirían brindar información precisa.

El terreno presenta una mayor producción marginal en ambas variaciones de cacao, es decir, para poder aumentar la producción de cacao se puede aumentar los terrenos cultivables, pero esto significa utilizar una hectárea adicional que podría ser utilizada por otros productos agrícolas que son igual de importantes para el país. Por ello, se debe considerar que utilizar más terreno para plantaciones de cacao no es una solución para la productividad, sino un enfoque basado en los insumos de corto plazo. Así, estos serán más eficientes utilizando las mismas cantidades de terreno con la que cuentan los agricultores actualmente.

Una limitante para este estudio radica en el precio de los insumos ya que, con esta variable se puede determinar la función de costo marginal y promedio que podrían tener un mayor impacto para sugerir políticas públicas en el sector cacaotero. La encuesta no incluye variables económicas por lo que se dificulta obtener directamente la información de costos por cada agricultor. El presente trabajo de investigación demuestra la importancia de estudiar objetivamente el comportamiento de un sector para poder proponer en un futuro políticas públicas basadas en el estudio de estructuras de producción.

4.2 Entrevista a expertos

En la entrevista realizada al Ph.D, Daniel Ortega, director del Centro de Desarrollo de Políticas Públicas, se discutieron las posibles implicaciones de la estimación de una función de producción dentro del panorama cacaotero actual, ya que los estudios son limitados en cuanto al análisis del uso de los factores productivos, y serían de gran

aporte para la generación de nuevas políticas públicas. Comentó que, la optimalidad en la que se puede obtener un acercamiento a los retornos de escala radica en utilizar una mezcla de inputs necesarios. Esto generaría una reducción de costos y mejoraría la producción, por lo que este estudio daría paso hacia un enfoque práctico de nutrición agrícola, con el fin de corroborar la mejora tanto en costos como en producción.

A nivel de políticas públicas en el sector agrícola, el tema central del país radica en la asistencia técnica que grandes compradores otorgan a los pequeños productores para convertirlos en beneficiarios de rendimientos de escala, pues esto ayudaría al diseño de un nuevo programa para el país donde se le agregue valor al producto final.

Por su parte, en la entrevista realizada al Ph.D. en ciencias económicas aplicadas Paúl Herrera, se realiza una consideración en cuanto a la disponibilidad del agricultor sobre el factor tierra, pues normalmente este no tiene como variable de decisión las dimensiones necesarias de terreno para conseguir mayor productividad; se trata de un factor limitante. Por ello, Herrera sugiere abordar el tema de la asociatividad generando una escala en grupo, mas no de manera individual, pues a partir de esto los agricultores podrían beneficiarse en mayor porcentaje de los rendimientos de escala. De la misma manera, en cuanto al factor de mano de obra y fertilizantes, el establecimiento de una asociación pretendería combinar la contribución de todos sus participantes para promover una productividad mayor a la que tendrían por separado, e incluso aumentarla si involucraran mano de obra familiar.

Con respecto al marco nacional, el Ph.D. en economía agrícola Leonardo Sánchez, mencionó que en Ecuador no existe un análisis sobre sistemas productivos agrícolas para fijar precios, y que generalmente, suele hacerse sin conocer la estructura de mercados, suponiendo un escenario de competencia perfecta donde el precio debe igualar al costo marginal. Por ello, la metodología utilizada para el tratamiento de datos en este estudio produce un acercamiento para el manejo de datos agrícolas, que permite cuestionar el marco tradicional.

Así, en el caso de la mano de obra, sugiere que es necesario identificar qué determina la producción, ya que no siempre se trata de calcular la cantidad de insumos para luego afectar a la producción, sino que en base a la producción que el agricultor desea, este

determinará cuál será la cantidad de insumos que necesitará. Finalmente, se discutió la posibilidad de incluir variables de costos con el fin de realizar un modelo Translog (sistema de ecuaciones), a partir del cual se puedan obtener los costos totales de producción segmentados por cada etapa del proceso y determinar en cuál de ellas se debería invertir mayor o menor cantidad de recursos para conseguir una mejor productividad.

4.3 Recomendaciones

En cuanto a los supuestos realizados en este estudio, el argumento presentado por Kmenta y Zellner (1966), se basa en la búsqueda de maximización de beneficios de los agricultores y, suponen que la mayor parte de las perturbaciones aleatorias de la función de producción no pueden ser anticipadas por los agricultores; por ello, esta información no puede estar correlacionada con los factores productivos. El argumento de los autores ha sido mencionado en varios trabajos empíricos para justificar la estimación de la función de producción sin utilizar las condiciones del primer orden, como fue realizado en el presente trabajo (Álvarez, Arias, & Sánchez, 2003).

Sin embargo, Griliches y Mairesse (1995) comentan sobre el trabajo de Kmenta y Zellner, pues la incertidumbre de ciertos autores al momento de utilizar MCO para estimar una función de producción puede tener varias aristas. Ellos utilizan diferentes metodologías que pueden ser aplicadas para futuros trabajos sobre el tema de investigación que se presenta: “A pesar de la eminencia de los autores y del lugar de publicación (*Revista Econometrica*), casi nadie ha empleado este razonamiento para usar MCO sin sentirse culpable por ello”, por lo que ponen en duda el tratamiento sugerido por Kmenta y Zellner.

Por su parte sería recomendable incluir variables sociales y económicas como lo sugiere Meng, Brennan, Purshouse et al (2014), quienes realizaron una estimación de elasticidades de la demanda sobre el precio del alcohol utilizando una encuesta realizada por muestreo aleatorio de los años 2001 – 2009, formando un pseudo panel de datos asociando los individuos por variables endógenas y estimando una función Translog con efectos fijos.

Adicionalmente, se puede realizar una estimación basándose en un sistema de ecuaciones que genera un modelo de regresiones aparentemente no relacionado, partiendo de una función translog; este puede utilizarse para estimar los parámetros del modelo. La función transcendental logarítmica o translog es la función flexible más utilizada en el trabajo empírico para la estimación de ecuaciones de costos y demanda; ya sea demandas de productos, demandas de factores o ecuaciones de participación de factores en estudios de producción (Greene, 2018).

Para futuro trabajos, se puede tomar cuenta lo propuesto por Zellner y Revankar (1969) sobre la generalización de la función Cobb Douglas. Sin embargo, para realizar esta propuesta, el modelo debe ser lineal en los parámetros, pues se necesita de al menos un parámetro conocido para estimar por MCO. Siguiendo el modelo propuesto, Zellner y Ryu (1998) estimaron simultáneamente los parámetros de una función de producción de la fabricación de equipos de transporte utilizando el modelo de máxima verosimilitud.

Finalmente, en cuanto a los datos utilizados, la planeación de la ESPAC 2019 agrega formularios relacionados a características sociales y económicas de los agricultores; esta información será publicada dentro del primer trimestre del año 2020. Las variables socioeconómicas de los encuestados pueden aportar significativamente para un futuro trabajo de investigación ya que permite una mayor libertad al momento de decidir la metodología que se podría utilizar.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., Arias, C., & Sánchez, L. (2003). *Introducción al Análisis Empírico de la Producción*. Oviedo: Universidad Oviedo.
- Álvarez-Carrillo, F., Rojas-Molina, J., & Suárez-Salazar, J. (2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L. bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu*, 16(2), 307-314.
- Adwoa, J., Mahama, R., & Ebo, E. (2013). Productivity and Technical Efficiency of Cocoa Production in Eastern Ghana . *Journal of Economics and Sustainable Development*, 106-117.
- Anecacao. (2015). Obtenido de Cacao CCN51: <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacaoccn51.html>
- Banco Central del Ecuador. (29 de marzo de 2019). *La economía ecuatoriana creció 1.4% en 2018*. . Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1158-la-economia-ecuatoriana-crecio-14-en-2018>
- Banco de Desarrollo de América Latina. (15 de noviembre de 2017). Obtenido de Latinoamérica produce el 80% del cacao prime del mundo: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/11/latinoamerica-produce-el-80-del-cacao-prime-del-mundo/>
- Battese, G. (1997). A Note on the Estimation of Cobb-Douglas Production Functions When Some Explanatory Variables Have Zero Values. *Journal of Agricultural Economics* , 250-252.
- Cedeño, S. (2 de 4 de 2011). *App Cacao*. Obtenido de La Revolución del cacao CCN51 en el Ecuador: <http://appcacao.org/descargas/seminario2011/Revoluci%F3n%20del%20Cacao%20CCN-51%20en%20Ecuador%202011%20%20Marzo.pdf>
- Chambers, R. G. (1988). *Applied production analysis* . Cambridge: Cambridge University Press.
- Clavijo Lemus, M., & Ardila Saavedra, P. (2015). *Repositorio USTA*. Obtenido de Eficiencia Económica en la Producción de Cacao en Rionegro-Santander: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1066/2015-ClavijoLemus%2cMairaAlejandra-Trabajodegrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Climate Change, A. a. (2 de 12 de 2019). *Latinoamérica y el Caribe: ¿metas más ambiciosas contra cambio climático?* Obtenido de Climate Change, Agriculture and Food Security: <https://ccafs.cgiar.org/es/news/latinoamérica-y-el-caribe-¿metas-más-ambiciosas-contra-cambio-climático#.Xf0DEi2ZM6U>
- Coporación Financiera Nacional. (2 de 2018). Obtenido de Ficha sectoria: cacao y chocolate: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>
- Corporación Financiera Nacional . (20 de marzo de 2016). *Cambio de la Matriz Productiva*. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/progresar-cambio-de-la-matriz-productiva/>
- Du, N., Shao, Q., & Hu, R. (2019). Price Elasticity of Production Factors in Beijing's Picking Gardens. *Sustainability*, 2 - 16.
- FAO. (2010). *Cacao*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/y5143s/y5143s0w.htm>
- FAO. (2015). Obtenido de Agricultura sostenible : Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y e I Caribe: <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>
- FAO. (2019). Obtenido de Cacao: <http://www.fao.org/3/y5143s/y5143s0w.htm>
- FAO. (s.f.). *Boletín Agrario*. Obtenido de <https://boletinagrario.com/ap-6,eficiencia,957.html>
- Godínez, L., García, J., Fortis, M., Mora, J., Martínez, M., Valdivia, R., & Hernández, J. (2007). Valor económico del agua en el sector agrícola de la comarca Lagunera. *Terra Latinoamérica*, 51-59.
- Greene, W. H. (2018). *Econometric Analysis* (Octava ed.). New York: Pearson Education.
- Griliche, Z., & Mairesse, J. (1995). Production Function: The Search for Identification. *National Bureau of Economic Research*.
- Guerrero, G. (2014). El cacao ecuatoriano. Su historia comenzó antes del siglo XV. *Líderes*.
- Herrera, P., Villa Cox, G., Chavez, E., Calderon, M., Alava, E., Santos, A., & Troya, F. (2017). Integración del Valor de los Servicios Ecosistémicos en la Cadena del Cacao.
- Instituto de Estadísticas y Censos. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2017*. Boletín Técnico, Quito.

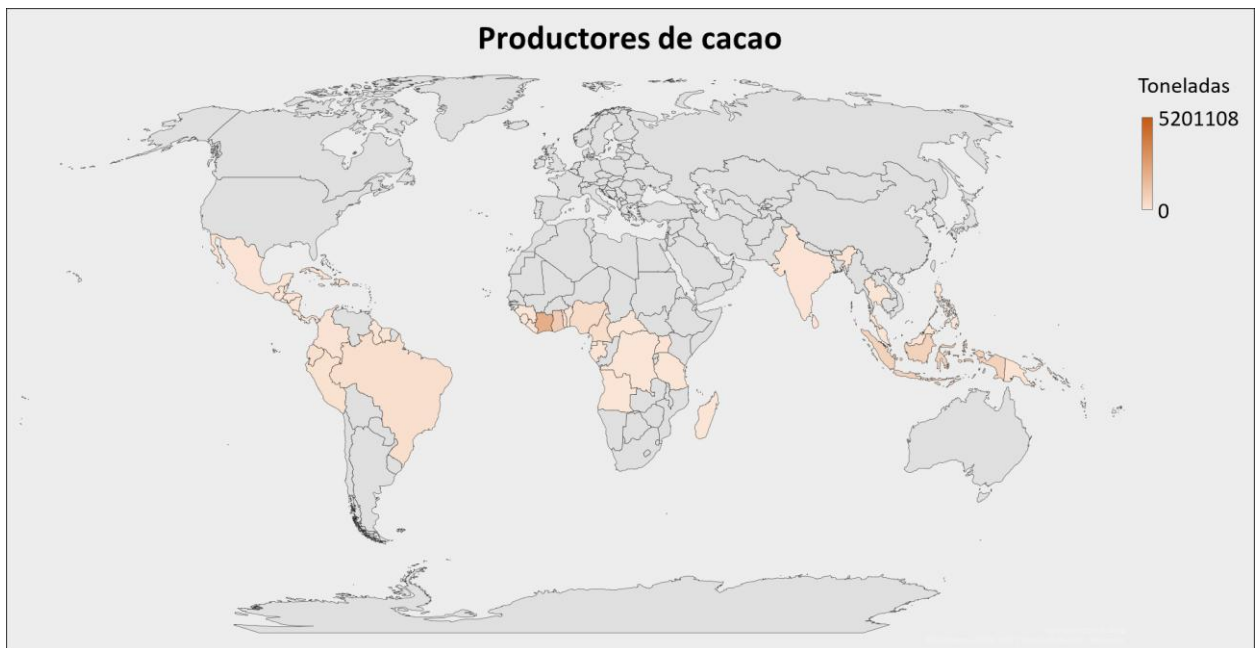
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2017). *CEPAL*. Obtenido de Repositorio CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42281/1/PerspAgricultura2017-2018_es.pdf
- Iqbal, N., & Maqbool, H. (2018). Semi-parametric analysis of agricultural production under dichotomy of inputs . *CAAS Agricultural Journals*, 378-388.
- Li, J., & Li, Y. (2018). Influence Measurement of Rapid Urbanization on Agricultural Production Factors Based on Provincial Panel Data . *Socio-Economic Planning Sciences*, 69-77.
- Manzaneda Delgado, F., & Cortez Torres, J. (2016). Efectos de los factores productivos sobre el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao*) en Alto Beni del departamento de La Paz. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica - UMSA*.
- Marschak, J., & Andrews., W. (1944). Random Simultaneous Equations and the Theory. *Econometrica*, 143 - 205.
- Meng, Y., Brennan, A., Purshouse, R., Hill-McManus, D., Angus, C., Holmes, J., & Meier, P. (2014). Estimation of own and cross price elasticities of alcohol demand in the UK - A pseudo- panel approach using the Living Cost and Food Survey 2001 - 2009. *Journal of Health Economics*, 96-103.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/012/k4987t/k4987t.pdf>
- Palomino, N. (20 de 8 de 2019). *Rikolto en Latinoamérica*. Obtenido de <https://latinoamerica.rikolto.org/es/noticias/nueva-iniciativa-latinoamericana-incrementara-productividad-del-cacao-ecuadoriano>
- Perloff, J. M. (2014). *Microeconomics with Calculus*. Berkeley: Pearson Education .
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2015). *Introducción a la econometría*. Madrid: Pearson.
- Useche, P., & Blare, T. (2013). Traditional vs. modern production systems: Price and nonmarket considerations of cacao producers in Northern Ecuador. *Elsevier*.
- Zellner, A., & Revankar, N. (1969). Generalized Production Functions. *Review of Economic Studies*, 241 - 250.
- Zellner, A., & Ryu, H. (1998). Alternative Functional Forms for Production, Cost and Returns to Scale Functions. *Journal of Applied Econometrics*, 101-127.
- Zellner, A., Kmenta, J., & Drèze, J. (1966). Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Function Models. *Econometrica*, 784 - 795.

Zellner, A., Kmenta, J., & Drèze, J. (1966). Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Function Models. *Econometrica*, 784 - 795.

APÉNDICES

APÉNDICE A: Producción mundial del cacao

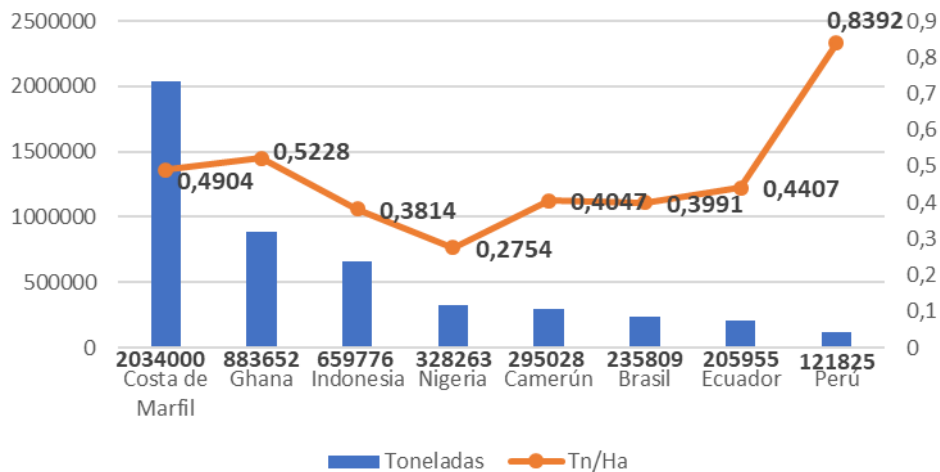
Ilustración 6.1 Distribución de la producción del cacao

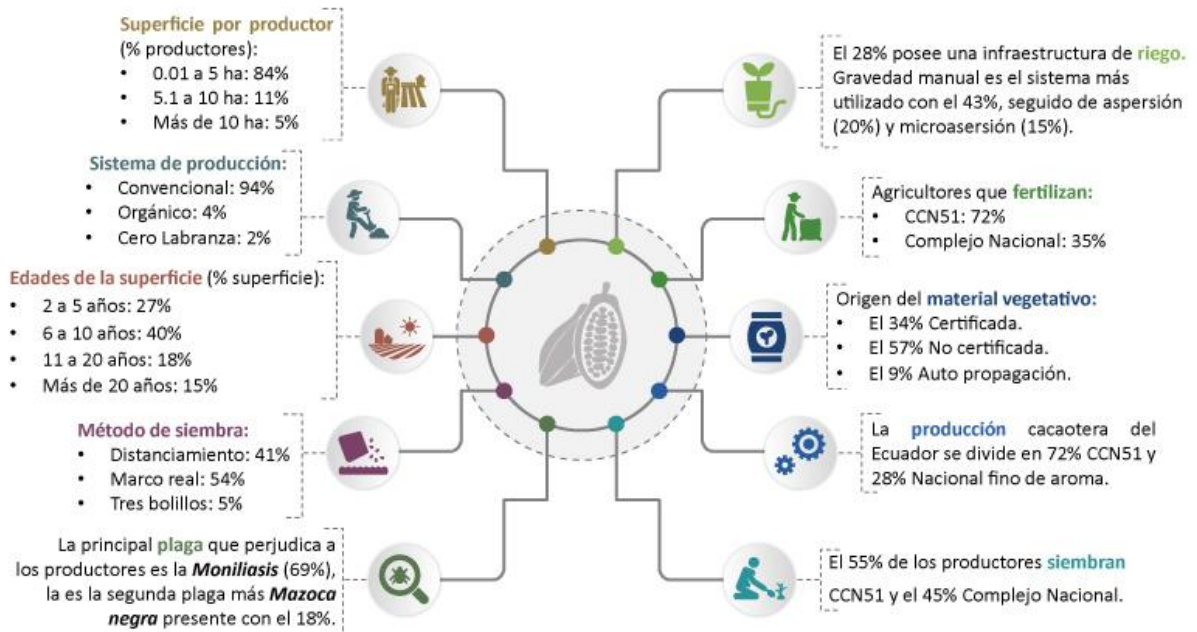


Elaboración: Por los autores

Fuente: FAO STAT

Ilustración 6.2 Mayores productores de cacao

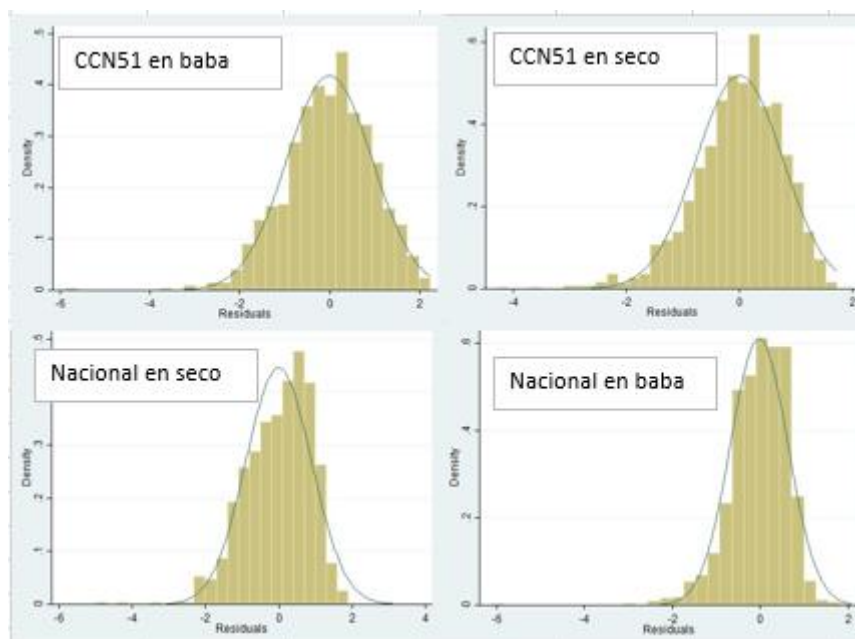




Elaboración y fuente : Ministerio de Agricultura y Ganadería

APÉNDICE C: Residuos de la estimación OLS

Ilustración 6.5 Residuos de la estimación OLS



Elaboración: Por los autores

APÉNDICE D: Criterios de selección

Tabla 6.1 Criterio de información de Akaike

Grupos	OLS	FGLS
CCN51 en baba	3468,19	3441,82
CCN51 en seco	3664,92	3625,24
Nacional en baba	2038,45	3304,48
Nacional en seco	1324,24	1314,103

Elaboración: Por los autores

Tabla 6.2 Criterio de información bayesiano

Grupos	OLS	FGLS
CCN51 en baba	3493,88	3467,51
CCN51 en seco	3691,74	3652,06
Nacional en baba	2061,72	3327,74
Nacional en seco	1346,87	1336,74

Elaboración: Por los autores

APÉNDICE E: Intervalo de confianza de los rendimientos de escala

Tabla 6.3 Rendimientos de escala para la estimación OLS

Grupos	Min	Max	Promedio	Igual a uno
CCN51 en baba	1,045	1,394	1,219	NO
CCN51 en seco	1,015	1,245	1,131	NO
Nacional en baba	0,757	1,167	0,862	SI
Nacional en seco	0,812	1,188	1,000	SI

Elaboración: Por los autores

Tabla 6.4 Rendimientos de escala para la estimación FGLS

Grupos	Min	Max	Promedio	Igual a uno
CCN51 en baba	1,039	1,386	1,213	NO
CCN51 en seco	1,040	1,267	1,154	NO
Nacional en seco	0,933	1,165	1	SI

Elaboración: Por los autores

APÉNDICE F: Entrevistas con expertos



