

# Evaluación de escenarios de acceso a crédito en explotaciones lecheras de la provincia de Cotopaxi

Nelson Rodrigo-Lascano<sup>1</sup>, Daniel Castillo<sup>1</sup>, Ana Córdova<sup>1</sup>, Lilian Victoria Morales-Carrasco<sup>1</sup>, Christian Franco-Crespo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Ambato, Ecuador

\*Autor para correspondencia: franco.crespo.ec@gmail.com

Recibido: 2022/04/12

Aprobado: 2022/05/19

DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i26.798>

## RESUMEN

La exportación e importación de leche fresca representan una generación de recursos que aportan a la economía mundial (11 380 millones de dólares, para el 2020). En el Ecuador la producción pecuaria y especializada en producción lechera genera ingresos para grandes y medianas explotaciones. Sin embargo, en el caso de las pequeñas se ha convertido en una fuente del sustento familiar. Por este motivo, el presente estudio tiene como propósito analizar la realidad de la producción de leche cruda en la provincia de Cotopaxi. La metodología tiene un enfoque cuantitativo, bajo un análisis transversal de los datos obtenidos durante el año 2018 mediante encuestas, bajo preguntas semiestructuradas a 366 productores de la provincia de Cotopaxi. Se analizan las características estructurales de tenencia de tierra, mediante el índice de Gini, así como la aplicación de modelos matemáticos para simular escenarios de política pública de incentivos de acceso al crédito. Los resultados demuestran una desigualdad en el acceso a tierra (0,68 índice de Gini). Además, ante el escenario convencional de acceso a crédito, las grandes explotaciones (> 1 ha) mantienen un mayor aprovechamiento de factores de producción y rendimiento. Sin embargo, ante la simulación de un escenario en el que se mejora el acceso a crédito de los pequeños productores (< 0,5 ha) se produce una distribución más uniforme entre todos los grupos observados. Se concluye que al generarse un cambio en la política de acceso a créditos se podría mejorar el acceso a tecnología y contratación de mano de obra en explotaciones medianas (0,5 ha – 1 ha) y pequeñas.


**Palabras clave:** explotaciones familiares, modelos matemáticos, índice de Gini, optimización matemática


## ABSTRACT


The export and import of fresh milk represent a generation of resources that contribute to the world economy (US D11380 million for 2020). In Ecuador, livestock production and specialized dairy production generate income for large and medium-sized farms. However, small dairy farms have become a source of income. The purpose of this study is to analyze the certainty of raw milk production in the Province of Cotopaxi. The methodology has a quantitative approach, under a cross-sectional analysis of the data obtained during the years 2018, through surveys. A semi-structured survey was used to collect data with a sample of 366 farmers in the province of Cotopaxi. Therefore, the research analyzes the structural characteristics of land tenure, analyzed the Gini index, and a mathematical model application to simulate public policy scenarios of access to credit. The results show inequality in access to land (0.68 Gini index). Furthermore, in a conventional scenario of access to credit, large farms (> 1 ha) maintain a greater use of production factors. However, a simulated scenario, where small producers (< 0.5 ha) have access to credit, enables more uniform distribution of resources among all the groups observed. The study concludes that a change in the access to credit could promote an improvement in access to technology and hiring of labor in medium (0.5 ha – 1 ha) and small farms.


**Keywords:** household farming, mathematical models, Gini index, mathematical optimization

Nelson Lascano  [orcid.org/0000-0001-6735-8873](https://orcid.org/0000-0001-6735-8873)

Daniel Castillo  [orcid.org/0000-0002-0991-2570](https://orcid.org/0000-0002-0991-2570)

Ana Córdova  [orcid.org/0000-0001-6330-3306](https://orcid.org/0000-0001-6330-3306)

Lilian Morales  [orcid.org/0000-0001-7026-4544](https://orcid.org/0000-0001-7026-4544)

Christian Franco  [orcid.org/0000-0002-4818-4350](https://orcid.org/0000-0002-4818-4350)



## INTRODUCCIÓN

La explotación bovina a nivel mundial representa uno de los sectores que más aporta a la seguridad alimentaria (Dominguez-Salas et al., 2018). El desarrollo económico (Piao et al., 2021). La generación de empleo (Martínez & Martínez, 2019), entre otros aspectos globales. Las cualidades lo convierten en un sector que se coordina con programas de alimentación para la población (Smith et al., 2013). La estabilidad de la balanza comercial, por medio de sus exportaciones e importaciones (The World Bank, 2013). Así como el desarrollo territorial promovido por la introducción de prácticas de innovación a pequeña, mediana y gran escala (Escobar et al., 2008).

La producción anual de leche fresca de producción bovina a nivel mundial cuantifica en alrededor de 682,9 Mg, de acuerdo con datos publicados por FAOStat para el 2020. Esta producción se basa en una población de cerca de 1 400 millones de vacas en todo el mundo. La productividad media se establece en niveles de entre 4 litros vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> hasta los 28 l vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Estos niveles están sujetos a mejora genética del hato, sistemas intensivos/extensivos de producción, así como desarrollo de tecnología y aplicación de estrategias de innovación, lo cual se ve reflejado en incrementos de los rendimientos por unidad bovina. En Latinoamérica el promedio de rendimiento es 18,81 litros (Faye & Konuspayeva, 2012). De tal forma, el rendimiento de producción lechera, así como la inversión realizada en la mejora del hato influyen significativamente en la actividad económica, así como en el valor de la tierra y los ingresos para los agricultores (FAO, 2015).

En cuanto a las transacciones monetarias se estima que a nivel global las cifras por la exportación e importación de leche fresca sobrepasan los USD11 380 millones para el 2020, según cifras de FAOStat. Se debe considerar que Sudamérica representa una región con una alta participación en la producción bovina y de producción de subproductos tanto cárnicos, lácteos y derivados del procesamiento de los animales. Es así que solo esta región para el 2020 generó transacciones de importación y exportación de USD16,65 millones.

El mercado local ecuatoriano se caracteriza por ser productor y consumidor de leche cruda (Sánchez et al, 2020). La región Sierra es la que genera el mayor aporte a la producción nacional, mientras que la región Costa se ha especializado en ganado bovino de carne y doble propósito. En menor proporción esta dinámica se repite para el caso de la región Amazónica. El destino de este producto es el procesamiento de leche pasteurizada, también, se emplea para la elaboración de subproductos como quesos, mantequilla, yogur, crema de leche, entre otros (CFN, 2020). A partir del año 2019, mediante el Acuerdo Ministerial 117, las carteras de Estado relacionadas con la producción, salud y agricultura suscribieron una regulación para el uso de lactosuero, con la finalidad de encontrar mecanismos de recuperación del uso de la leche cruda como materia prima para leche pasteurizada y derivados lácteos, que parcialmente fue reemplazada por suero de leche. afectando a los productores de leche (MAG, MPCEIP, & MSP, 2019). Para el año 2020 en el Ecuador, la producción diaria de leche a nivel alcanza 6,15 millones de litros. La provincia de Pichincha produce el 13,49% del total nacional, con un rendimiento de 10,48 litros/vaca según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020 (2021).

En el Ecuador el nivel per cápita de consumo se sostiene en alrededor de 110 litros año<sup>-1</sup>. Este valor aun es inferior a la media latinoamericana (150 l año<sup>-1</sup>) (Flores, 2019). Parte de la política pública alrededor de la producción de la leche estimula el consumo en niños y adolescentes.

El programa nacional de alimentación suministra diariamente leche en la colación escolar (Ponce, 2011). Por otra parte, se han generado mejoras e innovación en los canales de captación de la leche a nivel de las parroquias rurales. Además, otra parte de la política se ha enfocado en la estabilización de los precios del productor por medio de lo que se denomina "precio oficial", el cual genera un piso de 0,42 USD l<sup>-1</sup>. Es así que existen los incentivos fiscales para promover la producción de leche y, con ello, facilitar al sector la generación de ingresos para las y los productores. El análisis del sector lácteo, por lo tanto, resulta relevante, por los volúmenes de producción de leche cruda y el aporte de esta actividad a la liquidez de las familias de pequeños productores, en la Sierra andina del Ecuador.

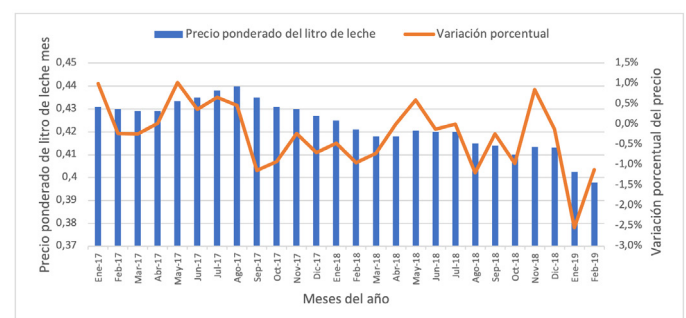
**Tabla 1.** Rendimiento de la producción de leche por unidad bovina - UB en Ecuador

Año	Número de UB	Producción (litros)	Rendimiento (litros UB <sup>-1</sup> )
2014	979.848	5.490.359	5,60
2015	860.886	4.982.370	5,79
2016	896.170	5.319.288	5,94
2017	856.164	5.135.405	6,00
2018	832.528	5.022.056	6,03

Fuente: INEC. Elaboración propia

Según los resultados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua - ESPAC (2018) existen alrededor de 832 528 vacas ordeñadas que producen 5 022 056 litros de leche. De acuerdo con estos datos a nivel nacional existe un rendimiento de alrededor de 6,03 litros vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y como se observa este rendimiento se ha incrementado año a año (tabla 1). Al enfocar el análisis sobre el rendimiento, resalta una diferencia según la región donde se realiza la producción lechera. Es decir, en la Sierra se obtienen de 8,3 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> a 14,3 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Requelme & Bonifaz, 2012).

Particularmente, en la región Sierra la provincia de Pichincha presenta el rendimiento más alto, de entre otras provincias, con 10,35 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, equivalente a 790 666 l día<sup>-1</sup>. Tungurahua se ubica en segundo lugar con 9,39 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y Cotopaxi con alrededor de 8,26 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, lo que equivale a cerca de 527 182 l día<sup>-1</sup> para las dos provincias. En comparación, en la Costa se calcula entre 3,1 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 3,7 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Resalta la provincia de Manabí con el 12% del total nacional (603.384 litros/día) (INEC, 2019). Por otra parte, las explotaciones de la Sierra centro (Cotopaxi Tungurahua y Chimborazo), aportan con 64,31% de leche a nivel nacional, con un crecimiento del 0,29% anual (INEC, 2019). En cuanto al destino de esta producción de leche el 73% se consume en líquido, un 17% se procesa en in situ, 8% se destina al autoconsumo y el 2% se usa para alimentación de terneros.



**Figura 1.** Evolución de los precios de la leche cruda, Ecuador 2017 – 2019

Fuente: INEC (2019). Encuesta de Superficie

La producción de leche representa una alternativa de ingresos, no solamente para las explotaciones de mediana y gran escala, sino corresponden a un mecanismo de resiliencia ante la reducción de la fuerza laboral en los sectores rurales donde se concentran pequeños productores (Escobar et al., 2008). Así también, facilita dinero circulante en las familias procedente de la venta de la leche (Prajapat et al, 2017). Inclusive, en casos más extremos, las y los productores utilizan la venta de unidades bovinas como una forma de venta de patrimonio para la obtención de efectivo ante casos de emergencia.

Estudios similares han demostrado que los ingresos para la producción de leche dependen del tamaño de la explotación. Es así que, de 1 a 5 vacas se obtienen 386,00 USD mes<sup>-1</sup>, de 6 a 10 vacas generan un promedio de 600,00 USD mes<sup>-1</sup> y con más de 11 vacas alcanzan alrededor de USD 900,00 mes<sup>-1</sup> (Franco, et al., 2019). Al considerar el precio por litro, los pequeños hatos lecheros (entre 1 y 4 vacas) venden la leche entre USD 0,36 litro<sup>-1</sup> y USD 0,37 litro<sup>-1</sup>, valores inferiores al precio oficial. Por otra parte, los hatos con más de 5 vacas obtienen de 0,38 USD litro<sup>-1</sup> a USD 0,40 litro<sup>-1</sup>. Gómez (2010) por ejemplo, demuestra que las granjas lecheras con una cercanía a las ciudades obtienen precios más altos, en contraste con explotaciones que se encuentran en sectores más apartados de zonas rurales.

La diferencia de precio que reciben los productores se relaciona con el volumen diario de entrega. Sin embargo, la recolección de leche a pie de finca se realiza por medio de intermediarios conocidos como “piqueros”. Ellos determinan el precio de la compra y son los responsables de la venta a las industrias. Por lo tanto, existe un margen de ganancia que queda en manos de los “piqueros”. Es así que las industrias mantienen un precio de compra de entre USD 0,40 a USD 0,42 (2020), pero en realidad los productores reciben USD 0,38 por litro de leche (CFN, 2020; INEC, 2019; Sánchez et al., 2020). Durante los años 2020 y 2021, los precios descendieron hasta los USD 0,24 litro<sup>-1</sup>, como consecuencia de la dificultad de captar la leche de las explotaciones, la disminución del consumo por efecto del confinamiento social decretado entre los meses de marzo y junio 2020, provocado por la pandemia del COVID-19. Por otra parte, García et al., (2007) establecen características comunes en la producción lechera latinoamericana, principalmente por los altos costos de producción, el uso intensivo de los recursos y el bajo análisis de los factores que influyen en el nivel de productividad. Ante esta realidad, se calcula que la modernización de la agricultura en los países latinoamericanos depende del correcto planteamiento de políticas agrícolas que deben estar destinadas a mejorar los bajos niveles de conocimientos técnicos y de productividad, el alto grado de vulnerabilidad económica y natural (Astaíza et al., 2017). Es así como la política pública agropecuaria es considerada un instrumento de gestión que permite el desarrollo económico a partir de la importancia del sector primario en la economía nacional. Para ello, se plantean algunos criterios de modernización (tabla 2).

En relación con el financiamiento, las instituciones públicas que otorgan crédito al sector productivo poseen un enfoque de fortalecimiento e impulso de la competitividad de la cadena productiva del sector ganadero. El enfoque se desarrolla hacia el mejoramiento de pastos e inversión en equipos para la ganadería. Sin embargo, la colocación de líneas de crédito en el sector de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca se ubican en el cuarto lugar con el 12,54% del total de colocaciones según datos abiertos de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS, 2019).

**Tabla 2.** Factores que inciden en la modernización e innovación de los hatos pequeños y medianos productores de leche en Ecuador

Factores	Características
<b>Factores estructurales</b>	Desigual estructura y distribución en la tenencia de tierra para uso productivo. Barreras para el desarrollo territorial rural y acceso inequitativo, distribución y gestión del riego parcelario.
<b>Factores ambientales</b>	Deficiencia en manejo, recuperación, mantenimiento y conservación de los suelos. Uso excesivo de fertilizantes.
<b>Factores económicos</b>	Barreras en el acceso a los canales de comercialización y mercados. Escasa investigación e innovación y desarrollo tecnológico. Mercados inequitativos de productos e insumos para la producción.
<b>Factores sociales</b>	Presencia de pobreza en zonas rurales acompañado de falta de acceso a servicios básicos. Amplificación de los riesgos para la seguridad alimentaria de la población.

**Fuente:** Plan Nacional Agropecuario MAGAP (2016)

El rango de fijación de las tasas para crédito se establece referencialmente por medio de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera (Resolución No. 437-2018). Para enero del 2018 las tasas referenciales para crédito productivo pymes fue del 10,45% y máxima 11,83%. Mientras, en el caso de microcrédito minorista este se fija como referencial en 27,67% y máxima 30,50%. En cambio, para enero del 2022 se observa una ligera variación de disminución. Para crédito productivo pymes del 10,23% y como tasa máxima el 11,26%. Mientras, que para microcrédito minorista es del 19,92% y máxima del 28,23%. Esto demuestra un panorama de los costes que demanda el acceso a financiamiento para el caso de los pequeños productores. En especial, cuando el crédito corporativo y empresarial acceden con crédito al 9,3% y 7,39%, respectivamente y máximo del 9,89% y 8,86%, respectivamente. Es decir, existe una diferencia de alrededor de 0,9% y 1,8%, correspondientemente, en el porcentaje de las tasas para acceso a crédito (Banco Central del Ecuador, 2022).

Ante situaciones adversas, Hentschel y Waters (2002) señalan que el acceso a crédito se convierte en un mecanismo para mejorar las condiciones de vida de poblaciones rurales y facilitar la salida de la pobreza. Sin embargo, dicho acceso, se enfrenta a barreras al crédito, como las garantías que las instituciones financieras requieren para otorgar el crédito y en el caso del Ecuador las altas tasas de interés de los microcréditos. Además, se observa que los requisitos para ser sujeto de crédito en algunos casos son excluyentes, principalmente porque demanda de un título de propiedad como garantía por el valor a percibir. Esta situación en algunos casos se convierte en un limitante por la irregularidad de la tenencia de tierra en traspaso, tierra comunitaria o falta de registro del título de propiedad. En este sentido, el crédito se establece como una condición que puede ser cumplida por un segmento de la población que lo requiere.

Por otra parte, Nguema et al. (2012) plantean que la agricultura de la región andina se encuentra limitada por el acceso a recursos que influyen en la reducción de los rendimientos. El estudio emplea modelos de optimización para observar el impacto sobre los rendimientos de los productores. De tal forma que la identificación de restricciones provista de información observada puede facilitar la generación de escenarios que simulen cambios en los sistemas. En este caso, los modelos de

optimización matemática representan una herramienta ampliamente utilizada en sistemas agrícolas para observar cambios y permitan definir escenarios de uso eficiente de recursos (tierra, agua, mano de obra, acceso a crédito, tecnología, rotación de cultivos, entre otros).

De tal forma que el presente estudio tiene como objetivo analizar la realidad de la producción de leche cruda en la provincia de Cotopaxi en el marco de la política agropecuaria. Para el cumplimiento de este propósito se parte de bases de datos de fuente primaria que son analizadas mediante métodos estadísticos y modelación matemática para observar las variaciones de producción ante la presencia de incentivos crediticios, en diferentes niveles de producción.

## MÉTODOS

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo dentro del paradigma positivista bajo un análisis transversal de los datos obtenidos durante los años 2018 mediante encuestas, bajo un instrumento con preguntas semiestructuradas en los puntos muestrales de la provincia de Cotopaxi. La investigación se basa en indagar las características de los productores de leche en la provincia de Cotopaxi y realizar un análisis del impacto de las políticas públicas agropecuarias relacionadas con el otorgamiento de líneas de créditos sobre el rendimiento de la producción de leche cruda.

La zona de estudio representa un sector con alta participación de pequeños productores de leche. Esto ha incentivado a que empresas procesadoras se instalen dentro de la provincia de Cotopaxi para aprovechar el potencial productivo y calidad del producto. En este caso, los datos obtenidos corresponden a una muestra de 366 productores de leche determinados a partir de una muestra intencional, calculados con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. La población es de alrededor 13 000 productores de leche en toda la provincia (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC- Encuesta Nacional de Superficie ESPAC, 2019). Los datos obtenidos provienen de varias encuestas validadas y realizadas en Belisario Quevedo, Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo, Pastocalle, San Buena Ventura, Tanicuchí, Cusubamba, Panzaleo y Santa Ana, parroquias pertenecientes a localidades de los cantones de Latacunga y Salcedo de la provincia de Cotopaxi, durante el año 2018.

La información empleada en este estudio comprende las dimensiones relacionadas con las condiciones sociales y económicas de los productores. Así también, se consideran a las características de la producción: tipo de alimentación del ganado, volumen, recursos de producción: infraestructura, instalaciones, acceso a agua de regadío, asistencia técnica y tecnológica en la producción, además de costos relacionados con producción de leche cruda. Inclusive, para contrastar la información obtenida se consideraron fuentes de datos secundarias como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2016), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2019). Además, informes presentados por los diferentes portales como son: Fondo para la Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, 2017).

En la primera fase del estudio se describieron las condiciones de producción del sector de leche cruda en la provincia de Cotopaxi en relación con los indicadores de las variables relacionadas con la política pública como: acceso a agua de regadío, frecuencia de acceso a agua de riego, fuente de regadío, precio de venta según tipo de cliente, nivel de asociatividad en los productores de leche cruda, porcentaje de acceso a asistencia técnica,

acceso a crédito público y desigualdad en distribución de tierras medido a través del coeficiente de Gini (Vollrath, 2007). El objetivo del presente análisis es evaluar los indicadores respecto a los lineamientos de la política pública. Para medir el índice de Gini se utilizó la siguiente fórmula aplicada por Gómez Cabarcas (2017):

$$G = 1 + \frac{1}{N} - \frac{2}{\mu N^2} \sum_i Y_i(N + 1 - i) \tag{1}$$

Donde: G= es el coeficiente de Gini para medir la desigualdad en la distribución de tierras, i=indexa a las personas o grupos de personas, N=es el número de personas o estratos de tierra, M= indica la mediana de hectáreas de tierra, Yi=el número de hectáreas de la persona o estrato i.

La principal ventaja del coeficiente de Gini es que puede cuantificar las diferencias, y es muy intuitivo porque se basa en la curva de Lorenz. El coeficiente de Gini de acuerdo con (Zheng et al.,2013) el land Gini coefficient (LGC) fue utilizado originalmente para cuantificar las diferencias en los ingresos, pero se reintrodujo para analizar la racionalidad de la estructura en relación con la tenencia de la tierra. De tal forma que el índice de Gini aplicado a la distribución de tierras puede adoptar valores entre 0 y 1, donde los valores cercanos a 0 representan mayor igualdad (todos tienen la misma extensión de tierra) y los cercanos a 1 mayor desigualdad en la distribución de tierra (una persona tiene toda la extensión de tierra y los demás ninguna).

**Tabla 3.** El estándar para evaluar diferentes niveles de coeficiente de Gini aplicado a la distribución de tierras

Coeficiente de Gini	Menos de 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	Mayor que 0,5
Nivel	Absolutamente igual	Relativamente igual	Razonable	Relativamente desigual	Absolutamente desigual

Fuente: Zheng et al.,2013

Se continuó el estudio con la curva de Lorenz, que es una representación gráfica en relación con la desigualdad en la tenencia de la tierra existente en un determinado territorio, en función de la proporción de propietarios. La metodología utilizada por Rodríguez & Cepeda Cuervo (2011) para la construcción de la curva de Lorenz es la siguiente: (1) ordenar los datos del área de tierra, medida en hectáreas, en sentido ascendente y establecer el número de rangos, (2) calcular la frecuencia acumulada del número de hectáreas y de propietarios, según los rangos establecidos, (3) ubicar en el plano cartesiano los pares ordenados (x, y), donde y representa el porcentaje acumulado de hectáreas y x corresponde al porcentaje acumulado de propietarios, (4) la curva de Lorenz se representa uniendo los puntos correspondientes a los pares ordenados (x, y) mediante una línea continua.

La fórmula indica la relación entre la cantidad de litros de leche obtenidos y el número de vacas ordeñadas en producción. Respecto a los indicadores de productividad deben variar entre tipo de explotación, debido a diferencias entre la utilización de factores de producción (tierra: área total, forma de tenencia; capital: autofinanciamiento y crédito; mano de obra: división de trabajo en la unidad productiva) considerando que las comparaciones deben hacerse en sistemas productivos similares.

En una segunda fase del estudio, se establecen escenarios sobre los sistemas de producción, por acción de una política pública que genere facilidades de acceso a crédito a los tres niveles de producción.

**Tabla 4:** Campo de actuación del modelo

Sistema Real	Modelo de simulación 1	Modelo de simulación 2
Sin disponibilidad de líneas de crédito	Asignación de líneas de crédito convencional (1 SBU para las pequeñas explotaciones, 2 SBU para las medianas explotaciones, 3 SBU para las grandes explotaciones).	Asignación con incentivo a pequeñas explotaciones (3 SBU para las pequeñas explotaciones, 2 SBU para las medianas explotaciones, 1 SBU para las grandes explotaciones).

La construcción del modelo de optimización se realizó a partir de la programación lineal (LP). De acuerdo con Hazell y Norton (1986) es una técnica de cálculo eficiente utilizada para el análisis de decisiones económicas, que permite calcular el mejor uso de los factores de producción, seleccionando aquellas actividades que permiten una mayor productividad respecto a cada uno de los recursos utilizados. Un modelo de programación lineal se encuentra compuesto por:

La función objetivo consiste en maximizar el rendimiento de la producción de leche cruda en la provincia de Cotopaxi según los diferentes tipos de explotaciones y se encuentra expresada de la siguiente forma:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^n \text{Rend}_t * x_t \quad (2)$$

$$i = \{1,2,3,4 \dots m\}$$

Donde: Z=función objetivo, rend = relación entre la cantidad de litros de leche cruda obtenida por vaca y el número de vacas, t = tipo de explotación (grande, mediano, pequeño); x = % de uso de los factores de producción tierra, capital, trabajo.

Para la optimización de la función objetivo se determina un conjunto de restricciones que determina la disponibilidad de recursos de producción. El modelo matemático expresado tiene en cuenta las limitaciones como disponibilidad de mano de obra, disponibilidad de superficie de pastoreo y disponibilidad de crédito.

Cantidad de mano de obra disponible para cada tipo de explotación.

$$\sum_t \text{reqmo}_t * x_t \leq dm \quad (3)$$

Donde: reqmo = requerimiento de mano de obra para la producción de leche cruda según tipo de explotación, dmo= mano de obra disponible, Restricción de hectáreas de superficie naturales y cultivadas disponibles para pastoreo.

$$\sum_t \text{reqpastoreo}_t * x_t \leq dt \quad (4)$$

Restricción de crédito

$$\sum_t \text{reqcrédito}_t * x_t \leq dcrédito \quad (5)$$

$$x \geq 0 \quad (6)$$

Donde: reqpastoreo= requerimiento de superficie de pastoreo para la alimentación de ganado bovino, dt disponibilidad de hectáreas destinadas para pastoreo, reqcrédito= requerimiento de crédito según tipo de explotación, dcrédito línea de crédito disponible. La condición de no negatividad permite asegurar que las variables de decisión Xi no adopte un valor negativo que satisfaga con la condición de la función objetivo.

El tercer paso para calcular y analizar los resultados o alternativas óptimas del modelo de programación lineal se desarrolló el código GAMS (*General Algebraic Modeling System*) que permite resolver problemas lineales, enteros y no lineales con lenguaje de programación.

Los siguientes datos son el resultado del procesamiento de las encuestas aplicadas en la provincia de Cotopaxi clasificadas por tipo de explotación. Resalta que los niveles de producción promedio de leche obtenidos no presentan una diferencia representativa en cuanto a los l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el empleo de otros recursos de producción si existe un mayor consumo por parte de las unidades de más de 1 ha (tabla 5).

Entonces, la productividad genera un incremento en los ingresos por hato de producción.

**Tabla 5:** Resumen de información obtenida según requerimiento de factores de producción según tipo de explotación

Tamaño de la explotación	Producción (l UB <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	UB en producción	Requerimiento de mano de obra (jornal día <sup>-1</sup> )	Requerimiento de superficie de pastoreo (ha UB <sup>-1</sup> )	Requerimiento de crédito (USD ciclo <sup>-1</sup> )	Promedio ingresos (USD mes <sup>-1</sup> )
0 – 0,05 ha	8,04	2	1	0,045	107,31	327,60
0,06– 1 ha	8,24	4	2	0,139	568,20	634,73
> 1 ha	9,45	7	3	0,244	1088,92	730,28

Para la simulación de los escenarios se consideró como base los valores que se presentan en la Tabla 5. En este caso los montos de crédito según tamaño de explotación se modificaron a partir de los valores promedios reportados en las encuestas. Así, se estableció un incremento del valor de crédito en el modelo de optimización para observar la variación en cada escenario simulado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de las explotaciones

Los resultados obtenidos demuestran que el tipo de explotación > 5 ha posee el mayor rendimiento con 9,45 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, mientras el tipo de explotación mediana tiene un rendimiento de 8,24 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la pequeña con 8,04 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. Se observa que en las explotaciones grandes se emplea un menor número de vacas (2 UB ha<sup>-1</sup>) y obtiene un mayor número de litros de leche (> 11 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) (tabla 6).

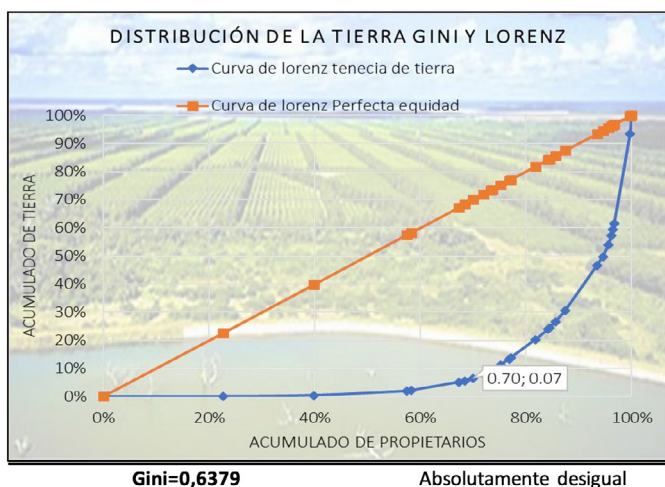
**Tabla 6.** Resumen descriptivo de datos obtenidos durante el año 2018

	Rendi- miento (l UB <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Pro- duc- ción (l día <sup>-1</sup> )	Nú- mero UB	Exten- sión tierra	Monto de solicitud de crédito	Mano de obra	Mano de obra fami- liar
Media	9,02	53,82	6	7,30	2853,41	2	3
Mediana	8,40	36	4	3	1500	2	3
Moda	8	18	3	3	0	2	3
Des- viación estándar	3,63	67,24	6,24	13,17	5361,76	0,89	1,41
Mínimo	3	7	1	0,08	0	0	0
Máximo	22,5	650	53	120	40000	4	10

En este sentido, en cuanto a la tecnificación, alrededor del 50% (124) no especificó la forma de acceso, mientras que el 16% (40) mostró que se han tecnificado mediante el mejoramiento de la raza, un 15% (36) mejoró la alimentación, un 11% (26) modificó las instalaciones y un 8% (21) requirió información en otras fincas para tecnificarse. Se observa que en mayor porcentaje los productores mejoran la raza, alimentación de ganado e instalaciones para incrementar su producción. Por otra parte, 119 encuestados respondieron esta pregunta, el 73% (87) del total de encuestados indican que un factor que ha impedido la tecnificación es la falta de recursos, el 19% (22) manifestó que no posee capacidad productiva para tecnificarse y el 8% (10) restante indica que es por falta de conocimiento del tema.

**Estructura de la tierra. Índice de Gini**

La estructura de tenencia de tierra en función de la proporción de propietarios representada a partir de la curva de Lorenz muestra que el 70% de los propietarios con extensiones de tierra inferiores a 0,5 hectáreas concentran apenas el 7% del total de los terrenos y, por otra parte, la mayor concentración de tierra se encuentra en el 30% restantes de los propietarios que poseen el 93% de terrenos superiores a 0,5 hectáreas. Es decir, se observa que la mayor concentración en la tenencia de tierras se encuentra en las explotaciones medianas y grandes productoras de leche cruda (Figura 2).

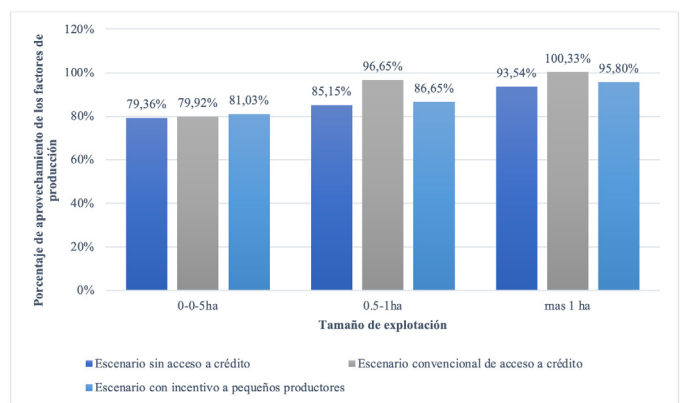


**Figura 2.** Cálculo del Índice de Gini y Lorenz para la zona, 2018

**Modelación escenarios de incentivos de crédito**

De los 59 productores de leche cruda que manifestaron haber solicitado un crédito, el 81% (48) lo realizaron en cooperativas de ahorro y crédito y el 19% (11) lo efectuaron en bancos. Se observa que los productores prefieren acudir a cooperativas de ahorro y crédito en relación con el financiamiento proveniente de los bancos. Respecto a las políticas públicas una de ellas precisamente se enfoca en fortalecer las cooperativas, bancos comunales entre otras instituciones financieras, lo que permitirá la obtención de créditos de consumo, productivos y el ahorro de las familias.

En cuanto al financiamiento, el 65,02% de los productores han realizado una solicitud de crédito para la ejecución de sus actividades productivas. En promedio el monto solicitado por los productores de la parroquia Toacaso en la provincia de Cotopaxi, fue de USD 2 850 ante las distintas entidades financieras, tal como bancos y cooperativas de ahorro y crédito.

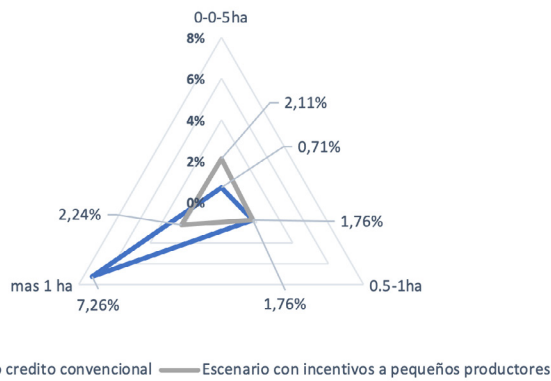


**Figura 3.** Aplicación de política de créditos

De acuerdo con la Figura 3, se observa que los resultados planteados mediante el modelo matemático y la optimización de la producción, sujeto al conjunto de restricciones que incluye al crédito como una ecuación, se establecen tres escenarios.

- (a) sin acceso a crédito,
- (b) con acceso convencional que requiere de garantías o patrimonio que respalde el acceso a crédito, y
- (c) con crédito orientado al incentivo de pequeños productores.

Con esta simulación dado por la restricción de crédito, se observa que en el primer escenario (a) sin disponibilidad de crédito para la explotación pequeña (0 – 0,05 ha) utiliza el 79,36% de los factores de producción (mano de obra, tierra, agua). Por otra parte, en un escenario convencional (b) las explotaciones grandes son aquellas que tienen un mejor aprovechamiento de recursos (100,33%) frente a los otros dos grupos analizados (79,92% pequeñas y 96,65% medianas). En cambio, al analizar el tercer escenario (c), se observa una mejor distribución sobre el aprovechamiento de recursos, con una diferencia superior para las pequeñas explotaciones (81,03%) frente a los escenarios sin incentivo de crédito.



**Figura 4.** Comparación del cambio de aprovechamiento de recursos por tipo de explotación y acceso a crédito

En la Figura 4, los resultados de la optimización sujeta a cambios en la restricción de acceso a crédito demuestran que existe una variación entre explotaciones al comparar el escenario convencional de acceso a crédito, frente al escenario con incentivos de acceso a pequeños productores, ya descritos. Las grandes explotaciones se permiten mejorar sus condiciones de producción, pero las pequeñas no pueden hacerlo.

Por otra parte, el impacto en las pequeñas explotaciones es menor en cuanto al rendimiento alcanzado (0,71% frente al 7,26%). Finalmente, al generar un cambio de incentivos de acceso a crédito, se observa que los pequeños productores de leche incrementan su producción de forma más proporcional, es decir, se produce una mejor distribución entre pequeñas, medianas y grandes explotaciones.

Los resultados alcanzados, por lo tanto, demuestran que, de generarse una política pública de apoyo a pequeñas explotaciones, se logra favorecer considerablemente a la eficiencia de todas las explotaciones en relación con el uso de los recursos y el rendimiento. Entonces, el financiamiento permite invertir en factores como insumos, asistencia técnica, tecnología o maquinaria, por lo tanto, es la mejor forma de asignación de créditos.

A decir de Martínez V y Martínez G (2019), la capacidad de incorporar tecnología y mejorar la producción del hato lechero corresponde a las grandes haciendas ganaderas en la sierra andina del Ecuador Mientras, que las explotaciones < 0,5 ha presentan la menor productividad (8,04 l UB<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), por la baja inversión en mejora genética de las UBA o ya sea renovación oportuna de pastos que demanda de una inversión permanente. Considerando estudios como el de Galarza y Díaz (2015), en el cual se menciona que existe una diferencia entre la parte de la producción, que se encuentra explicada por los insumos y otra por el nivel de productividad, los resultados demuestran que la parte explicada por los insumos puede incrementar la producción, a través del aumento en el uso de factores o mediante aumento en la eficiencia de la producción, siendo ambos no necesariamente relacionados. Esto conlleva a entender que, según los resultados observados, los factores de producción tienen un costo asociado y que el productor toma decisiones sobre su nivel de uso en función de sus capacidades y recursos disponibles, lo cual también genera un techo a la generación de ingresos agrícolas. Por lo tanto, se observa que uno de los principales factores que impiden la tecnificación es la falta de recursos, en contraste con el estudio de Astaiza et al. (2017) donde demuestra que la tecnificación es considerada como uno de los procesos clave para orientar el desarrollo productivo y tecnológico del sector rural.

En cuanto a las condiciones de la estructura agraria, la desigualdad en la distribución de la tierra en la provincia de Cotopaxi, se redujo en el año 2018 evidenciando un índice de Gini de 0,63 comparado con un 0,76 en el año 2011 (Rodríguez & Cepeda, 2011). Sin embargo, y a pesar de esta disminución del índice de concentración de la tierra agrícola, la distribución de la tierra sigue siendo desigual.

El 84% de los productores de leche cruda encuestados manifestaron que el financiamiento para sus actividades proviene de fuentes propias y tan solo un 16% acude a crédito. En este sentido, estos resultados coinciden con la problemática establecida por el MAG (2016) en la asimetría en el acceso al crédito para pequeños productores que es determinado fundamentalmente por su limitada capacidad de producción y por encontrarse fuera de los parámetros convencionales de financiamiento que los obliga a recurrir a microcréditos por fuera del sistema formal bancario. Por lo tanto, al modelar un cambio en la forma de acceso a crédito, vía reducción de requisitos o facilitando mecanismos no financieros para acceso a préstamos entre 100 y USD 500, se logra incrementar la productividad de las explotaciones más pequeñas, equilibrando el acceso a los demás recursos de producción. Los resultados son concluyentes ya que demuestran que estos préstamos permiten a los productores realizar inversiones que mejoren la productividad del sector a través de la adquisición de insumos eficientes (Galarza & Díaz, 2015). Esto se resume en una mayor posibilidad de innovación dentro de los hatos ganaderos y, por ende, la mejora en la calidad del su producto.

## CONCLUSIONES

El presente estudio tuvo como propósito analizar la realidad de la producción de leche cruda en la provincia de Cotopaxi en el marco de la política agropecuaria. Los resultados obtenidos permiten concluir que se produce una limitación por la alta concentración de la tierra entre grupos de productores, especialmente los de gran tamaño (> 1ha). Entonces, con el índice de Gini (0,64) calculado se observa una distribución desigual de la tierra. Por otra parte, al analizar el rendimiento de las explotaciones, se observa que las pequeñas explotaciones (< 0,05 ha) presentan un menor rendimiento. En consecuencia, las características de empleo de mano de obra familiar, así como las limitaciones del acceso a tecnificación del hato lechero, influyen en la baja producción de leche por unidad bovina – UB de las explotaciones observadas. Finalmente, al desarrollar la metodología de optimización matemática para escenarios simulados de incentivo de acceso a crédito, como política pública, se logra establecer los efectos por la manipulación de las restricciones de factores de producción. Así también, se observa que el acceso a crédito promueve una mejora en el acceso y distribución de los factores de producción, rompiendo con la concentración de las explotaciones grandes (> 1ha). Es decir, de generarse un cambio en la política de acceso a créditos se podría impulsar una mejora en el rendimiento mejorando el acceso a tecnología y contratación de mano de obra en explotaciones medianas y pequeñas analizadas en la provincia de Cotopaxi.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

**Contribución de los autores:** Los autores declaran su participación en el desarrollo del presente artículo, propuesta de estudio, recolección de datos, revisión y análisis de los mismos.

## REFERENCIAS

- Astaiza M, Muñoz O., Benavides M., Vallejo T., & Chaves V. (2017). Caracterización técnica y productiva de los sistemas de producción lechera del valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*, 34 (34), 31. <https://doi.org/10.19052/mv.4253>
- CFN (2020). *Ficha sectorial: Leche y sus derivados*. Quito. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2020/ficha-sectorial-2-trimestre-2020/Leches-y-derivados.pdf>
- Dominguez-S, P., Galiè, A., Omoro, A., Omosa, E., & Ouma, E. (2018). Contributions of milk production to food and nutrition security. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 278-291. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21526-6>
- Escobar, G., Mladinic, C., Sanhueza, R., & Diaz, O. (2008). Rural territorial development: The milk territory in southern Chile. En *Trabajo de investigación*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/9200>
- FAO (2015). *Milk Production and Dairy Sector Profiles*. <https://www.fao.org/3/i1522e/i1522e03.pdf>
- FAO (2017). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*. <https://www.fao.org/3/i7695s/i7695s.pdf>
- Faye, B., & Konuspaveva, G. (2012). The sustainability challenge to the dairy sector - The growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal*, 24 (2), 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.12.011>
- Flores, J. M. T. (2019). Análisis del mercado de la leche en Ecuador : factores determinantes y desafíos. *Departamento de Economía y Ciencias Sociales -Universidad Politécnica de Valencia*, 67.
- Franco-crespo, C., Morales, L., Lascano, N., & Cuesta, A. (2019). Small-farmers dynamics in the Sierra of Ecuador. *La Granja*, 30 (2), 94-110.
- Galarza, F. B., & Díaz, G. (2015). Productividad total de factores en la agricultura peruana: estimación y determinantes. *Economía, XXXVIII*, 77-116. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/download/14672/15261/>
- García-M, J. G., Mariscal-A, D. V., Caldera-N, N. A., Ramírez-V, R., Estrella-Q, H., & Núñez-D, R. (2007). Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia*, 32 (12), 841-846.
- Gomez C, A. A. (2017). *Concentración de la tierra y desarrollo socioeconómico rural*. (Tesis de Maestría), Universidad del Norte. <http://hdl.handle.net/10584/8104>
- Hazell, P., & Norton, R. (1986). *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. Berkeley: University of California, Berkeley. [file:///home/yulii/.local/share/data/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Unknown - Unknown - Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture.pdf\(2\).pdf](file:///home/yulii/.local/share/data/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Unknown - Unknown - Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture.pdf(2).pdf)
- Hentschel, J., & Waters, W. (2002). Rural Poverty in Ecuador : Assessing Local Realities for the Development of Anti-poverty Programs. *World Development*, 30 (1), 33-47. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00000-0](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00000-0)
- INEC- ESPAC. (2019). *Principales Resultados ESPAC*. 43.
- INEC (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018*. Quito. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion\\_de\\_principales\\_resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion_de_principales_resultados.pdf)
- MAG (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana*. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. Recuperado de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca [http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La\\_Politicas\\_Agropecuarias\\_al\\_2025\\_I\\_parte.pdf](http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La_Politicas_Agropecuarias_al_2025_I_parte.pdf)
- MAG, MPCEIP, & MSP. *Acuerdo-ministerial-177\_sostenibilidad\_cadena\_láctea.pdf*. (2019). Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Martínez V, L., & Martínez G, D. (2019). Territorial dynamics and social differentiation among peasants in the northern highlands of Ecuador. *Journal of Agrarian Change*, 19(4), 635-653. <https://doi.org/10.1111/joac.12322>
- Nguema, A., Norton, G., Alwang, J., Taylor, D., Barrera, V., & Bertelsen, M. (2012). Farm-level Economic Impacts of Conservation Agriculture in Ecuador. *Expl Agric*, 49 (1), 134-147. <https://doi.org/10.1017/S0014479712001044>
- Piao, R. S., Macchione Saes, M. S., Silva, V. L., & Bronzatto, F. B. (2021). Shaping the sustainable supply chain of organic milk in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126688. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126688>
- Ponce, J. (2011). *Impacto del Bono de Desarrollo Humano en matrícula escolar y trabajo infantil en el área urbana y rural de Ecuador*.
- Prajapat, R., Jheeba, S. S., & Verma, V. K. (2017). Impact of dairy co-operatives on milk production, income and employment in Jaipur district of Rajasthan. *Indian Journal of Economics and Development*, 13 (2a), 151. <https://doi.org/10.5958/2322-0430.2017.00057.9>
- Requelme, N., & Bonifaz, N. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *La Granja*, 27 (1), 68-109. <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.02>
- Rodríguez, D., & Cepeda C, E. (2011). Concentración de la tierra en Colombia. *Comunicaciones en Estadística*, 4 (1), 29. <https://doi.org/10.15332/s2027-3355.2011.0001.02>
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). *El sector lechero en el Ecuador*. Ambato. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Sector-lechero-Ecuador.pdf>
- Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS) (29 de 10 de 2019). *Seps.gob.ec* <https://www.seps.gob.ec/estadistica?captaciones-y-colocaciones>
- Smith, J., Sones, K., Grace, D., MacMillan, S., Tarawali, S., & Herrero, M. (2013). Beyond milk, meat, and eggs: Role of livestock in food and nutrition security. *Animal Frontiers*, 3 (1), 6-13. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0002>
- The World Bank (2013). Trade in Value Added (TiVA) Developing New Measures of Cross-Border Trade. En S.-J. W. Aaditya Mattoo, Zhi Wahng (Ed.), *OECD Quarterly International Trade Statistics*. Washington. [https://doi.org/10.1787/int\\_trade-v2018-2-40-en](https://doi.org/10.1787/int_trade-v2018-2-40-en)
- Vollrath, D. (2007). Land distribution and international agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, 89 (1), 202-216. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2007.00973.x>
- Zheng, X., Xia, T., Yang, X., Yuan, T., & Hu, Y. (2013). The Land Gini Coefficient and Its Application for Land Use Structure Analysis in China. *PLoS ONE*, 8 (10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076165>