



Aplicación de modelo matemático para la variación de ingresos de productores de arroz. La Troncal – Cañar

Walther Jacinto Jiménez Murillo

walther_j53@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6742-042X>

Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa Arízaga,
La Troncal, Ecuador

Edwin Mauricio Garcés Pérez

mauricio_garces1974@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6875-3373>

Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa Arízaga,
La Troncal, Ecuador

Jiménez Murillo Cesar Alberto

uemcesarjimenez155@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5835-8051>

Instituto Superior Tecnológico Enrique Noboa Arízaga,
La Troncal, Ecuador

RESUMEN

El propósito de este documento es examinar los factores que afectan la variabilidad en los ingresos agrícolas de las explotaciones arroceras del cantón La Troncal, en la región costera del Ecuador. Aquí se presenta una discusión sobre los resultados de la estimación con respecto a los impactos de los factores que condicionan las variaciones en los ingresos agrícolas y no agrícolas. El documento concluye con una discusión sobre las condiciones que motivan a las variaciones de los ingresos y su interpretación.

Palabras clave: modelación; ingresos agrícolas; productores de arroz; Ecuador

Application of a mathematical model for the variation of income of rice producers. La Troncal – Cañar

ABSTRACT

The aim of this thesis is to analyze the variables that have a relation with the variability in farm income of small structures of rice farms, in the canton La Troncal, in the Coastal region of Ecuador. This paper discuss some preview works and then presents a mathematical model for simulate the variation of the revenue with respect to the impacts of the factors that condition the variations in agricultural and non-agricultural income. The document concludes with a discussion about the conditions that motivate variations in income and its interpretation.

Keywords: modeling; agricultural income; rice producers; Ecuador

Artículo recibido: 15 enero 2022

Aceptado para publicación: 08 febrero 2022

Correspondencia: walther_j53@hotmail.com

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollar un modelo de optimización matemática para reconocer los factores que influyen sobre los productores de arroz que se ubican en el cantón La Troncal, de la provincia del Cañar, en las derivaciones de la Costa del Ecuador. Esta información permitirá identificar las principales restricciones que atañen la productividad del cultivo de arroz, conociendo de antemano que el acceso al agua de riego que abastece a la zona agrícola de la Troncal tiene varios inconvenientes en la repartición de turnos que se establecen por el sistema de riego Manuel de Jesús Calle. En este sentido, se plantea el desarrollo de una función objetivo-sujeta a un conjunto de restricciones que optimizan los recursos disponibles para la producción, en este caso, del cultivo de arroz. La información que se emplea para este trabajo es obtenida de las Encuestas de Superficie y Producción Agropecuaria Continua – ESPAC, que año a año publica el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador y se encuentra en el INEC (2020).

Al conceptualizar la generación de ingresos de los agricultores, necesariamente se debe relacionar con el rendimiento económico que se genera dentro de la explotación agrícola (FIDA, 2014). En este caso, el rendimiento está sujeto a diferentes factores, ya sean estos internos, como obtenidos fuera de la explotación. La productividad del suelo, disponibilidad de agua, la cantidad de mano de obra que participa en la explotación, así como del precio del mercado influyen en la cantidad de ingresos que el agricultor puede alcanzar en un ciclo productivo.

El Ecuador, por su parte, posee particularidades dentro de la agricultura, por su baja inversión tecnológica y también una baja escolaridad entre los agricultores. Además, se caracteriza por la presencia de dos grandes grupos en su estructura agraria: una agricultura familiar, y también, una agricultura de exportación, en donde se concentran los factores de producción y mano de obra asalariada (Chiriboga, 1997). Esto deja como resultado dos modelos distintos de producción que deben ser interpretados, a través de los modelos matemáticos (Brassel, Ruiz, & Zapatta, 2008). Además, si bien la producción está destinada a la generación de ingresos, en el caso de la agricultura familiar se da el caso de un modelo de no-separabilidad, descrito por De Janvry y Sautolet (2004), en donde parte de la producción obtenida pasa a cubrir las necesidades de la familia. Es así que, el uso de mano de obra familiar es una característica de la pequeña agricultura. Así también,

el acceso de recursos como agua, información, tecnología, asistencia técnica e incluso tierra marcan la diferencia entre unos y otros. Es decir que, si se analiza de forma integral, existen limitaciones que inciden en la productividad de las explotaciones que no necesariamente se relacionan con el tamaño de las mismas, como ya se mencionó, sino por la diferencia entre agricultura familiar y agricultura de exportación (Janvry & Sadoulet, 2004), (Arellano, 2015).

Bajo esta perspectiva, toda explotación agrícola tiene la capacidad de producir un beneficio para los agricultores en distintos niveles. Es decir, que la utilidad puede maximizarse según los recursos disponibles que tienen las explotaciones. De esta forma, se puede explicar el funcionamiento de los modelos de producción agrícola mediante algoritmos que simulen el comportamiento económico agrícola, como una forma eficaz para provocar un incremento en las utilidades totales (Arias et al., 2021). En ese sentido, la modelación permite establecer óptimos para obtener una adecuada gestión de los cultivos. Es decir, una vez cuantificados los rendimientos potenciales, estos pueden ser convertidos a rendimientos alcanzables para determinar las magnitudes de la brecha de rendimiento al emplear eficientemente los recursos, conforme a los resultados que arroja el modelo optimizador (Martínez, 2013).

El modelamiento de sistemas de producción de cultivos se puede aplicar para optimizar los recursos agrícolas y así analizar las razones precisas para la brecha de rendimiento entre explotaciones. Varios estudios se han realizado para optimizar el modelo agrícola. Es el caso, de la aplicación de modelos de simulación para ayudar a ajustar las recomendaciones de aplicación de fertilizante de nitrógeno, en el arroz bajo riego (Berger & Bolte, 2004). Los estudios realizados en países con un alto componente agrícola, dentro de su sistema de producción nacional como: China, India, Indonesia y Filipinas, demostraron que al desarrollar un modelo de optimización se pueden establecer recomendaciones que ayudaron a aumentar la eficiencia del uso de fertilizantes en un 15-20%, mejorando el rendimiento neto por hectárea (Cornia, 1985).

Adicionalmente, se observa que la aplicación de modelos matemáticos permite una optimización de los rendimientos en base a simulaciones precisas de superficie y rendimiento antes de la cosecha. Esto permite mejorar la planificación de políticas públicas de desarrollo o incentivo agrícola. Además, el costo y la velocidad, de la evaluación hace que los modelos de simulación de producción de cultivos sean

prometedores para áreas donde existen dificultades de implementar mecanismos tecnificados, ya sea por la falta de presencia de programas gubernamentales o por la poca participación de los agricultores en el desarrollo local (Hernández et al., 2009).

Este artículo, tiene como objeto evaluar una relación económica entre el tamaño de la finca y la productividad, e identificar los factores que inciden entre pequeños agricultores en función de la dotación de recursos, la productividad y la rentabilidad. Los resultados de este trabajo establecen una aplicación práctica entre el desarrollo matemático y el análisis de los sistemas agrícolas, relacionada con el acceso al crédito, precios y las subvenciones que reciben los agricultores. Si bien los resultados del estudio serían aplicables principalmente para la comunidad agrícola de la zona del cantón La Troncal, la generalización de los resultados podría considerar toda la zona arrocerá de la Costa del Ecuador.

En el Ecuador, la producción de arroz es un rubro de alto valor dentro de la agricultura del Ecuador. Su importancia radica en ser el principal alimento básico de los ciudadanos y la primera fuente de carbohidratos disponible, desde inicios del siglo XX, superando la medida de consumo, inclusive, en zonas de producción de patata. Además, este cultivo ocupa una franja importante de la superficie total cultivada, con 340.000 ha, de las cuales el 41% está bajo riego. En general, el 45% de las explotaciones de arroz tienen una extensión menor a 5 ha. Por lo tanto, los gobiernos locales y provinciales están interesados en la formulación de políticas que potencialmente pueden ayudar a estabilizar y promover la producción de cultivos (Senplades, 2013).

La Troncal es un cantón de la Provincia del Cañar, que posee una población de más de 54.000 habitantes, sin embargo, la población puede variar en el transcurso del año, debido a que existe una constante migración de extranjeros y de campesinos de la Sierra que acuden a las plantaciones de Caña de azúcar, banano y arroz en época de cosecha. En este sentido, la población puede alcanzar hasta los 60.000 habitantes, especialmente en época de la zafra (agosto – noviembre). Esto demuestra la gran importancia de la agrícola en el cantón.

Por otra parte, el cultivo de arroz se ha establecido en lo que se denomina la parte baja del sistema de riego denominado Manuel de Jesús Calle. De esta forma, se logra proveer de la cantidad de agua suficiente para cumplir con un ciclo de cultivo en época de verano y una segunda producción en época de invierno. En general, La Troncal compite con

zonas arroceras como la zona norte de la provincia del Guayas y la sección suroeste de la provincia de los Ríos, favorecida por sus tierras bajas que permiten la inundación que es necesaria para el cultivo del arroz. El arroz bajo riego es dominante en la Provincia del Guayas, mientras que el arroz de las tierras altas es dominante en la Provincia de los Ríos. Por otra parte, los modelos matemáticos son conjuntos de ecuaciones, que utilizan representaciones simbólicas de variables cuantitativas en sistemas físicos o sociales simplificados (por ejemplo, crecimiento de la población, economía). Su principal función es la predicción (Just, 2007).

Los modelos matemáticos son parte de la estadística y tienen una amplia aplicación en la economía agrícola y el estudio de sistemas agrarios (McPhee, 2009). Además, por su versatilidad se ampliaron los modelos de programación para ofrecer asesoramiento a nivel regional y nacional sobre cuestiones tan diversas como la política agrícola comercial, la política ambiental, las políticas de conservación del agua y del suelo, y la inversión pública en infraestructura como el desarrollo de vías navegables y riego (Garrido, 2000).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio propone un análisis de los estudios relacionados a la aplicación de optimización matemática, resaltando aquellos trabajos que se enfoquen en la maximización de los ingresos agrícolas. Para dicho efecto, la metodología planteada propone obtener de las Encuestas de Producción y Superficie Agrícola – ESPAC del año 2016, las bases de datos que proporcionaron los datos para la modelación del sistema propuesto mediante algoritmos de una programación lineal. En estas bases de datos se encuentra la información que se incorpora al modelo propuesto en el programa GAMS versión 0.8.6, por medio del cual se introduce el modelo a ser optimizado por medio de una función de maximización, en código abierto basado en lenguaje C+. Se propone determinar una función objetivo, sujeta a un conjunto de restricciones para simular los escenarios en donde se produce una variación de los ingresos de los agricultores. Hasta las restricciones están enmarcadas dentro de las imperfecciones de mercado relacionadas a la pequeña agricultura de arroz.

La modelación mediante programación matemática comprende el planteamiento de algoritmos que recrean el sistema real. Es decir, que mediante el modelo matemático se propone la optimización condicionada por la disponibilidad de factores de producción, tales como: agua, superficie agrícola, fertilizante y mano de obra. La condicionante de

estacionalidad y de tamaño de superficie representa el factor que incide en el rendimiento de las explotaciones agrícolas. El modelo se expresa de forma general de la siguiente manera:

Función objetivo:

$$\mathbf{max Z = \sum G_n - C_n \times X_n - \vartheta} \quad (\mathbf{a})$$

De acuerdo con la Ecuación (a), la función objetivo se ve representada por la optimización de Z (beneficio neto), en donde se produce una sumatoria de las ganancias (G_n) menos los costos (C_n). Aquí se debe considerar que la función de costos está sujeta a la variable dependiente, es decir que esta tendrá una variación conforme X encuentre su valor más óptimo. En esta ecuación se incluye un factor de perturbación, que Olobode, lo considera como una pequeñísima fracción que considera los cambios en el sistema y que no pueden determinarse.

En el caso de las ecuaciones (b-e), donde se presentan las restricciones, que afectan la maximización de Z, se presenta que la disponibilidad de recursos, ubicada a la derecha de la ecuación, condiciona la cantidad con la que X va a obtener su valor. Es decir, X, representa el nivel de actividades (hectáreas) del sistema, tendrá una variación, según se puedan aprovechar los recursos (agua, trabajo, etc) y condicionado por la necesidad de recursos que es la variable que multiplica a X, en el lado izquierdo de la ecuación.

Sujeto a:

$$\mathbf{A_n \times X_n \leq TA} \quad (\mathbf{b})$$

$$\mathbf{X_n \leq TS} \quad (\mathbf{c})$$

$$\mathbf{L_n \times X_n \leq TL} \quad (\mathbf{d})$$

$$\mathbf{F_n \times X_n \leq TF} \quad (\mathbf{e})$$

$$\mathbf{X_n \geq 0} \quad (\mathbf{f})$$

En donde:

X_n : es el nivel de actividades.

n : es el tipo de explotaciones.

G_n : es el total ganancias de las explotaciones n, resultados venta producción arroz

C_n : es total de costos de las explotaciones n, recursos empleados en la producción.

ϑ : es un factor de perturbación $\leq 0,001$, de acuerdo a Olubode (Anderson, 1974).

A_n : es la cantidad de agua requerida para el cultivo de arroz

TA : es la cantidad de agua disponible para el cultivo de arroz

TS : es la superficie total cultivable

L_n : es la cantidad requerida de mano de obra

TL : es la disponibilidad de mano de obra total

F_n : es el requerimiento de fertilizante para el cultivo de arroz

TF : es la cantidad disponible de fertilizante

El precio por tonelada de arroz que se considera durante la realización de esta investigación es de \$379,5 por Ton x año-1. La participación de niveles de explotaciones está subordinada a tres tipos: n1, n2 y n3, en donde: n1 son las explotaciones de entre 0,1 y 5 hectáreas, n2 son las extensiones entre más de 5 ha y 10 ha de producción, y finalmente n3 donde se ubican las explotaciones de entre más de 10 ha y 20 hectáreas cultivadas. Como tal, la superficie destinada al cultivo de arroz está delimitada por cultivos de banano y caña de azúcar, principalmente. Esta área no ha incrementado en los últimos 5 años, por lo que no se considera una variación en la superficie por competencia por el uso del suelo de otro cultivo.

De esta forma se incorpora una ecuación de ingresos que se expresa de la siguiente forma:

$$G_n = (\text{Rendimiento}_n * \text{Precio} + \text{Subenciones}) * x_n$$

Y por otra parte la ecuación de costos se expresa así:

$$C_n = \text{Costo}_{\text{mobra}} + \text{Costo}_{\text{fertilizante}} + \text{Costo}_{\text{riego}}$$

Para este cometido, nos concentramos en tres tipos de explotaciones, ya que el análisis se basa en datos de las pequeñas explotaciones menores a 100 hectáreas que representan aproximadamente el 90% del área sembrada de arroz en el cantón La Troncal. Además, las organizaciones de agricultores incluyen explotaciones menores a 5 hectáreas; por lo tanto, es probable que su decisión de contratar mano de obra para la producción agrícola provoca una diferenciación, respecto a aquellas explotaciones que pueden emplear mano de obra.

El componente básico del modelo de tipo de explotación determina las decisiones de producción, consumo y asignación de trabajo según la optimización plantea que estos

recursos sean utilizados de una manera más eficiente (Bonet & Calzadilla, 2011). Es decir, la explotación maximiza su utilidad a través del consumo de bienes producidos, sujetos a restricciones, dotación de factores y tecnología de producción. El valor total de los bienes consumidos es igual a la suma de todas las ganancias y el valor de mercado total de todas las dotaciones, el ingreso total del hogar agrícola.

3. RESULTADOS

Para la presentación de los resultados se va a simular los escenarios de los ingresos, donde los rendimientos por tipo de explotación demuestran que las explotaciones n_1 son más eficientes al mantener una mayor cantidad de producción de arroz por año. La cantidad de mano de obra familiar que emplea le permite incrementar la producción. Además, que el detalle del trabajo marca una diferencia respecto a la mano de obra asalariada. (Ver Tabla 1)

Tabla 1

Resultado del rendimiento esperado por tipo de explotación de arroz

Tipo de explotación	Rendimiento (Y) esperado (Ton/año)
n_1	307,39
n_2	170,77
n_3	204,92
Total	683,08

El resultado obtenido por la modelización del sistema de producción de arroz en la Troncal demuestra que existe una ganancia total de cerca de \$260 000,00 por año. (Ver Tabla 2). Aquí se debe considerar que existen dos ciclos de producción: uno en la época de lluvia y el segundo en la época de verano pero que es solventado por la disponibilidad de agua de riego. Sin embargo, no todas las explotaciones poseen acceso al sistema de riego. Esto incide en que el rendimiento disminuya y mantenga una variación en los ingresos.

Tabla 2.

Resultado de la optimización por tipo de explotación de arroz

Tipo de explotación	Beneficio de las explotaciones (Z) (USD/año)
n_1	116 654,51

n_2	64 808,06
n_3	77 769,67
Total	\$259 232,26

Por otra parte, los resultados demuestran que los niveles de producción adecuados para el cultivo de arroz más eficientes se encuentran en alrededor de 8,5 hectáreas para aquellos cultivos que poseen riego. Mientras que, por otra parte, la producción durante la época de lluvia, que alcanza niveles eficientes de producción en seco está en el rango de 8 hectáreas.

En la siguiente tabla, se presenta a continuación, se muestran los resultados del uso de recursos que existirá en la producción de arroz, de acuerdo con los datos obtenidos para la zona de La Troncal. Destacan en esta tabla los valores que se consideran como marginales. Es decir, para aquellas restricciones en donde los recursos disponibles se agoten, por ejemplo: la restricción de superficie, y dentro del supuesto en que existe disponibilidad de agua de riego y mano de obra (trabajo), se considera la oportunidad de “cultivar” 665,05 unidades adicionales de arroz, que producirá un beneficio (Z).

Tabla 3.

Resumen de los resultados obtenidos acorde a las restricciones planteadas

	Arroz (Unidades = ha)			
	Invierno		Verano	
	Nivel	Marginal	Nivel	Marginal
Restricción de superficie	16,80	665,05	-	-
Restricción de agua	107035,40	0,17	13371,75	-
Restricción de trabajo	1173,17	-	-	-

Entonces, los valores marginales representan “todo lo que puede producirse” de arroz, aprovechando el máximo de los recursos existentes. Si existiese competencia por la tierra, con otro cultivo, GAMS repartiría la superficie cultivable según el mayor beneficio que se obtiene entre los dos cultivos.

Así mismo, de acuerdo con la disponibilidad de superficie cultivable, el máximo de área destinada a la producción de arroz es en promedio 17 hectáreas. Es decir, que las explotaciones serán eficientes, bajo la restricción actual, empleando los recursos disponibles con una superficie que no supera las 20 hectáreas. En este caso, este valor

correspondería al área factible del resultado de optimización que fue explicada en los apartados anteriores.

Además, dada la restricción de agua, durante la época de verano la demanda de agua de riego se incrementaría considerablemente, como es lógico, para garantizar un rendimiento óptimo. Es así, que la cantidad de litros de agua durante los 8 meses que dura la temporada de sequía es de más de 105 000 litros de agua / año. Este monto, está en relación al área total. Así también, durante la época de invierno, la cantidad de agua de riego llega al 10%, lo que significa que la cantidad natural disponible por lluvia abastece en casi un 90% la necesidad de agua del cultivo de arroz.

En relación con la disponibilidad de mano de obra, el cultivo de arroz para ser eficiente requiere del empleo de más de 1000 jornales de trabajo. Un jornal es considerado una jornada de 8 horas por trabajador. Se debe aclarar que, en este caso, se incluye la mano de obra familiar, que normalmente no se cuantifica por parte de los agricultores, pero que para este trabajo se ha tomado en cuenta como parte de los costos de producción.

Adicionalmente, el total de jornales está distribuido en los dos ciclos de producción que se generan en un año y sirven para realizar todas las labores como: preparación del terreno, siembra, labores de cuidado y mantenimiento del cultivo, fertilización, bombeo del agua a las tierras (inundación) y cosecha del arroz.

Como se había mencionado anteriormente, no toda el área se encuentra bajo riego, ya que existen limitaciones en la cobertura del sistema de riego Manuel de Jesús Calle. En este caso de la superficie óptima para la producción de arroz, se espera que al menos el 50% (8,5 hectáreas), tengan riego para alcanzar los rendimientos señalados al inicio de este apartado.

4. DISCUSIÓN

Conforme los resultados planteados anteriormente, y que pueden derivarse de las tablas, se observa que existe una oportunidad de cultivar arroz en la zona de la Troncal, dadas las restricciones formuladas en el modelo de la Ecuación (a-e). Si bien existe una limitación inicial de 17 hectáreas, como óptima de producción, se observa un valor marginal de más de 600 unidades. Esto se interpreta que la cantidad de agua y mano de obra disponibles en la zona, permiten las condiciones adecuadas para incrementar la extensión total de arroz (Ver Tabla 3), teniendo una comparación general favorable a la

evolución del rendimiento económico del país generada por Mendoza et al. (2010) y el INEC (2020).

Al diseñarse el modelo que representa el sistema de producción de arroz en el cantón La Troncal, se introdujeron los valores que se señalan en las encuestas de superficie, para recrear un fenómeno que corre en la realidad. En este caso, los valores por rendimiento de más de 680 hectáreas representan un rendimiento que permite generar ingresos por más de 259 000 dólares por año para un grupo de agricultores que se encuentran entre las 0,1 y 20 hectáreas de extensión. (Ver Tabla 1), existiendo una gran competitividad y diferencia de utilidad con otros sectores agrícolas del Ecuador en el cultivo del arroz como es en la zona norte de la provincia del Guayas mencionada por Quijije et al. (2019).

Considerando las limitaciones por acceso a factores de producción como: agua, tierra o mano de obra, los rendimientos descontados los costos de producción permiten mantener ingresos suficientes para las familias de agricultores que suman cerca de 105 productores, es decir en promedio los agricultores de arroz recibirán por año en promedio más de \$2380 por familia netos, obtenidos de la división del Beneficio total (Z) para el número de agricultores de arroz (105 UPA's). Este monto, si bien puede ser considerado bajo, no toma en cuenta el valor por mano de obra que fue incorporado dentro del modelo, lo que significa que el agricultor recibe su remuneración básica mensual, por jornal realizado.

Además, es importante considerar que debido a que la época de verano es mayor a la época lluviosa, la dependencia de agua de riego, para que los agricultores mantengan los niveles indicados de producción de arroz, es alta. En caso de problemas con la distribución o fallos en el sistema central de riego, los agricultores verían disminuidos sus ingresos de forma considerable, dejando la superficie alcanzada mediante los resultados obtenidos en este trabajo en barbecho o descanso por falta de agua de regadío, es por ello que González & Milena (2016) menciona que es posible una tecnificación para un uso eficiente del agua determinando un buen futuro para el cultivo del arroz.

5. CONCLUSIÓN

Una función pragmática principal planteada a través de modelos es permitir cálculos y predicciones de fenómenos físicos. Los modelos matemáticos son útiles también para representar aspectos de la realidad que son difíciles de visualizar. En ese sentido, funcionan como metáforas y analogías. Los modelos sirven como marcos conceptuales

que pueden conducir a importantes descubrimientos del comportamiento de los sistemas agrícolas.

El análisis cualitativo y empírico desarrollado en este documento proporcionó una mejor comprensión del mercado de arroz en Ecuador, sus características y comportamiento. Sin embargo, se requieren más investigaciones y análisis para aclarar y ampliar los resultados obtenidos y discutidos en este estudio. Algunos temas que considerar en futuras investigaciones deberían incluir lo siguiente. Primero, es indispensable contar con una base de datos más coherente, completa y validada para los mercados de arroz de Ecuador. Los resultados muestran que dentro de la estructura agraria del tamaño de la explotación que existe en La Troncal evidencia uniformidad en la generación de ganancias para los agricultores. Se necesitan intervenciones de política para eliminar las ineficiencias relacionadas con el manejo en la producción de arroz, ya sea mediante el desarrollo de un mejor sistema de información de precios de mercado o mediante programas efectivos de capacitación técnica dirigidos por los agricultores.

Finalmente, los resultados indican que en las explotaciones modernas de arroz aumentan significativamente las ganancias. Varios factores están disponibles para los agricultores, pero muchas explotaciones no tienen acceso debido a un servicio de distribución de semillas deficiente, y la ineficacia del servicio de extensión. Los resultados alcanzados sugieren firmemente que el incremento en el acceso a factores de producción no debería estar sesgadas en contra de las pequeñas explotaciones de arroz.

6. LISTA DE REFERENCIAS

- Anderson, J. (1974). Simulation: methodology and application in agricultural economics. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 42(1), 3-55.
- Arellano, J. (04 de Febrero de 2015). Efectos de los cambios en el programa Procampo en la economía rural del sureste mexicano. *Economía, Sociedad y Territorio*, XV(48), 363-395. Obtenido de <https://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/595/1080>
- Arias, W., Castro, L., Maldonado, C., & Burbano, L. (Agosto de 2021). Análisis del modelo de optimización aplicado a la producción agrícola en la Asociación del Gobierno Autónomo Parroquial de Cahuasqui. *Scielo*, 8(3), 1-18. Obtenido de <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i3.2670>

- Berger, P., & Bolte, J. (01 de Abril de 2004). Evaluating the impact of policy options on agricultural landscapes: an alternative-futures approach. *Ecological Applications*, 14(2), 342–354.
- Bonet, C., & Calzadilla, M. (2011). Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3), 19-23.
- Brassel, F., Ruiz, P., & Zapatta, A. (2008). La estructura agraria en el Ecuador; una aproximación a su problemática y tendencia. (F. Brassel, S. Herrera, & M. Laforge, Edits.) *Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE)*, 17-30. Obtenido de <https://enviromigration.files.wordpress.com/2016/02/art-la-estructura-agraria-en-el-ecuador-una-aproximacion-a-su-problematika-17-30-17-30.pdf>
- Chiriboga, M. (13 de Marzo de 1997). Desafíos de la pequeña agricultura familiar frente a la globalización. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 1(1), 9-24. Obtenido de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/3385>
- Cornia, J. (Abril de 1985). Farm size, land yields and the agricultural production function: An analysis for fifteen developing countries. *Science Direct*, 13(4), 513–534.
- FIDA. (19 de Febrero de 2014). *Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola*. Recuperado el 21 de Enero de 2022, de <https://www.ifad.org/es/web/latest/-/news/investment-in-smallholder-agriculture-is-the-way-out-of-poverty-says-italian-finance-minister-saccomanni-at-ifad-annual-meeting>
- Garrido, A. (Enero de 2000). A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector. *Operations Research*, 94, 05–123. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1018965016134>
- González, M., & Milena, A. (18 de Octubre de 2016). Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz. *Nova*, 14(26), 63-78.
- Hernández, N., Soto, F., & caballero, A. (marzo de 2009). Modelos de simulación de cultivos: Características y usos. *Cultivos Tropicales*, 30(1), 00. Recuperado el 22 de 01 de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000100014&lng=es&tlng=es
- INEC. (2020). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

- Janvry, A., & Sadoulet, E. (Octubre de 2004). Hacia un enfoque territorial del desarrollo rural. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 21. Obtenido de https://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1363091450de_janvry_y_sadoulet_2004_hacia_un_enfoque_territorial_3_RIMISP_caRDUMEN.pdf
- Just, R. E. (2007). Mathematical Modeling in Agricultural Economics. *Encyclopedia of Life Support Systems*.
- Martínez, L. (Junio de 2013). La Agricultura Familiar en el Ecuador. *Flacso*(147), 1-44. Obtenido de https://flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/la_agricultura_familiar_en_el_ecuador.pdf
- McPhee, M. (2009). Mathematical modelling in agricultural systems: A case study of modelling fat deposition in beef cattle for research and industry. *18th World IMACS Congr. MODSIM09*, 2377–2383.
- Mendoza, L., Racines, M., & Chavez, J. (2010). Retornos económicos de la investigación y transferencia de tecnologías generadas por el INIAP-Ecuador: El caso del arroz. *Repositorio Digital INIAP*(141).
- Quijije, B., Carvajal, S., Garcia, K., & Cedeño, W. (04 de Abril de 2019). Costo, volumen y utilidad del cultivo de arroz, cantón Samborondón (Ecuador). *Espacios*, 40(07).
- Senplades. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir del Ecuador 2013 - 2017*. Obtenido de [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Reforma-Democr% c3% a1 tica-del-Estado.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Reforma-Democr%c3%a1tica-del-Estado.pdf)