Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada. Toluca, Estado de México. 7223898475
RFC: ATI120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.
http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/
Año: VIII Número:3 Artículo no.:46 Período: 1ro de mayo al 31 de agosto del 2021.

TÍTULO: Análisis del modelo de optimización aplicado a la producción agrícola en la Asociación del Gobierno Autónomo Parroquial de Cahuasqui.

AUTORES:

1. Máster. Wilmer Medardo Arias-Collaguazo.
2. Máster. Luis Germán Castro-Morales.
3. Máster. Carlos Wilman Maldonado-Gudiño.
4. Máster. Lenin Horacio Burbano-García.

RESUMEN: La investigación de operaciones y el diseño de modelos de optimización son fundamentales en el desarrollo de soluciones prácticas a problemas de producción sobre todo en el sector agrícola que necesita de insumos técnicos para desarrollar estrategias para maximizar beneficios; por lo tanto, se plantado como objetivo desarrollar un modelo de optimización por medio del método simplex para el desarrollo de estrategias de maximización de beneficios en el sector agrícola de la asociación del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui. La metodología utilizada es cuali-cuantitativa aplicando métodos de nivel teórico y empíricos, y estadísticas registradas por los miembros de la asociación, dando como resultados una solución de maximización de beneficios basados en el uso de recursos seleccionados para el estudio.

PALABRAS CLAVES: política, derecho y economía, organización y gestión, programación lineal.

TITLE: Analysis of the optimization model applied to the agricultural production in the Association of the Autonomous Parochial Government of Cahuasqui.

AUTHORS:

1. Master. Wilmer Medardo Arias-Collaguazo.
2. Master. Luis Germán Castro-Morales.
3. Master. Carlos Wilman Maldonado-Gudiño.
4. Master. Lenin Horacio Burbano-García.

ABSTRACT: Operations research and the design of optimization models are fundamental in the development of practical solutions to production problems, especially in the agricultural sector that needs technical inputs to develop strategies to maximize profits; Therefore, the objective was to develop an optimization model through the simplex method for the development of profit maximization strategies in the agricultural sector of the association of the Autonomous Decentralized Parish Government of Cahuasqui. The methodology used is quali-quantitative, applying theoretical and empirical methods, and statistics registered by the members of the association, resulting in a profit maximization solution based on the use of resources selected for the study. The result is a profit maximization solution based on the use of the resources selected for the study.

KEY WORDS: politics, law and economics, organization and management, linear programming.

INTRODUCCIÓN.

Es indudable que la optimización de recursos es importante para una correcta inversión que corresponda en esfuerzos, tiempos y capital, que garantice la ejecución de proyectos y que estos contribuyan con los objetivos estratégicos de una empresa o entidad (Blanco, Muñoz, & Palacio, 2017).

En este contexto, la investigación de operaciones constituye un área de la ciencias económicas, administrativas, contables y financieras muy importante para la toma de decisiones; así como la aplicación de modelos matemáticos, los cuales son necesarios para solucionar problemas de asignación de recursos, sobre todo cuando estos factores son escasos (De la Hoz, Vélez, & López, 2017).

Estos recursos, que en las actividades agropecuarias y ganaderas son muy limitados y que se encuentran a merced de diversos factores tanto ambientales, políticos como económicos, deberían repensarse en dinámicas productivas desde una perspectiva empresarial, vinculando en todas sus fases administrativas (Alvarado, Almeida, Vélez, & Cornejo, 2020); para ello, es necesario implementar alternativas técnicas que permitan tomar decisiones a nivel de la administración agropecuaria, relacionando el costo beneficio, al invertir en sembradíos que tienen mucha competencia en el mercado, pero que sin embargo los agricultores sienten que no obtienen beneficios (Villafuerte, Franco, & Luzardo, 2016).

La percepción de incertidumbre que genera la actividad agrícola por la volatibilidad de los precios del mercado, así como los desastres naturales a los cuales están expuestos, o los agentes exógenos como las plagas, que acaban con los cultivos y generan perdidas, que los productores no saben analizar, y en consecuencia, detectar errores y corregirlos (Centanaro & Nava, 2021).

Es importante tratar las actividades agrícolas como si fueran parte de una empresa, que puede clasificarse en micro, pequeña o mediana empresa según el caso que se estudie, y a cuyo proceso productivo se le deberá sumar los procesos comerciales y distributivos, así como considerar los avances tecnológicos, la política agraria del país, los cambios de comportamiento del consumidor, y las fluctuaciones de los rendimientos (Rivera, Estrada, Quiñonez, & Moreno, 2020).

Los modelos de investigación de operaciones aplicados a casos de actividades empresariales son muy útiles para lograr un resultado óptimo que podría constituir en una ventaja competitiva al momento de ajustar la realidad de los problemas a soluciones óptimas (Aldás, Reyes, Morales, & Sánchez, 2018), las mismas que podrían ser aplicables a la solución de cuellos de botella del sector agrícola como los problemas de financiamiento, recursos limitados de riego y tierras que se puedan dedicar a la agricultura intensiva de ciclo corto (Blanco, Muñoz, & Palacio, 2017).

Por tal razón, la presente investigación surgió de la necesidad de conceder una respuesta a los pequeños agricultores asociados en el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasquí, para lo cual desean aprovechar al máximo sus limitados recursos para producir papa superchola y frejol rojo tierno en vaina con una disponibilidad mínima de tierra, agua y recursos financieros, plantándose como pregunta lo siguiente ¿Cuánto se debe producir de cada producto para maximizar la ganancia?

Para ello, es necesario identificar el problema y traducirlo a un modelo matemático en la cual se definan las variables, los recursos y las disponibilidades, con sujeción a una función objetivo que será una igualdad, así como también, se definirá las restricciones que se traducirán en inecuaciones, y cuyas variables no podrán ser negativas (Cevallos, Guijarro, & Torres, 2016).

El modelado para definir la solución de variables de programación lineal puede ser resuelto por el método algebraico, el método gráfico y el método simplex, entre otros, que en cierta forma se usan en conjunción entre el método gráfico con el simplex para encontrar la respuesta a la función objetivo planteada (Osejo, 2017).

DESARROLLO.

Metodología.

El diseño de la metodología está basado en el enfoque cuanti-cualitativo tomando en cuenta que se inicia el estudio caracterizando la problemática de optimización de beneficios en el sector agrícola del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui; como fuentes de información se utilizó los datos de la asociación de agricultores, al mismo tiempo que se recogió información estadística con el propósito de construir un modelo matemático para solucionar el problema determinado. Como plataforma de programación lineal se utilizó una hoja de cálculo Excel 2016 para un sistema operativo de 64 bits en Windows Versión 10 y con una memoria instalada RAM de 12 GB.

La metodología se basa en un tipo de investigación en primera instancia observacional, ya que no existió intervención del investigador en la medición de los resultados cuyos datos fueron de tipo retrospectivo y de variables transversales recolectadas en un tiempo específico de la investigación.

Cabe señalar, que los métodos seleccionados, para el desarrollo del presente estudio estuvo basada en el nivel empírico del conocimiento, aplicando el método de medición sobre las actividades que se fundamenta en el proceso de agrícola y en el estudio de los recursos operacionalizando estos en unidades y partes medibles, al mismo tiempo se aplicó el método del análisis documental que fue importante durante el procesamiento de archivos y documentos de reservados y de libre acceso, y por último, el método de expertos basado en la recopilación de opiniones durante los acercamientos con los responsables de la asociación de agricultores de Cahuasqui.

La población del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui es eminentemente agrícola, conforme al último censo de la población y vivienda del año 2010, se presenta con una población donde mínimamente los hombres son un 4% mayor que la población de las mujeres, véase tabla.

Tabla 1. Población del GAD Parroquial de Cahuasqui, según el sexo.

Sexo	Población 2010	Proyección Población 2020	%
Hombre	936	1055	52
Mujer	877	974	48
Total	1813	2029	100

Fuente. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010).

El mercado laboral de la parroquia y la población económicamente activa conforme al último censo poblacional, se ha desarrollado en actividades mayoritariamente comerciales y agrícolas seguidas de obreros privados y empleados públicos, véase tabla.

Tabla 2. Clasificación ocupacional de la población económicamente activa.

Categoría de ocupación	Casos	%
Empleado del Estado.	24	3.38
Empleado privado	31	4.36
Jornalero/a	277	38.96
Patrono/a	4	0.56
Socio/a	9	1.27
Comerciante	308	43.32
Trabajador no remunerado	11	1.55
Empleada doméstica	12	1.69
Se ignora	35	4.92
Total	711	100%

Fuente. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cahuasqui (GAD Cahuasqui, 2015).

Con respecto a la cobertura vegetal, se encuentra distribuido en áreas de arbustivas, así como herbáceas las cuales predominan en la parroquia, seguido de áreas destinadas al cultivo intensivo y a las actividades ganaderas, véase tabla.

Tabla 3. Distribución del uso del suelo.

Cobertura	Uso	Actividades	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agropecuarias	Agrícola y pecuario	Cultivos de ciclo corto, pastos, invernaderos	4850.13	43.81
Vegetación arbustiva y herbácea	Áreas protegidas	Actividades turísticas	6219.46	56.18
Otras áreas	Tierras improductivas	No se realizan actividades	0.05	0.0005

Fuente. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cahuasqui (GAD Cahuasqui, 2015).

Diseño del modelo.

A continuación, se formuló un modelo matemático, para lo cual fue necesario definir las variables en forma de incógnita (x_1, x_2, x_3, ….x_n) que sirvieron para construir la función objetivo cuyo propósito fue la de maximización de beneficios o minimización de costos, para lo cual es necesario encontrar una combinación de magnitudes que generen una respuesta óptima (Osejo, 2017; Cevallos, Guijarro, & Torres, 2016), tanto la función objetivo como las restricciones deberán ser ecuaciones o inecuaciones lineales.

$$Max! = \sum_{i=1}^{N} C_i \times X_i$$

Donde:

C_i= Coeficientes son relativos iguales a cero.

X_i= Las variables, y son números reales mayores o iguales a cero. $X_i \geq 0$

Es decir:

$$Maximizar\ Z = C_1X_1 + C_1X_1 + \cdots + C_nX_n$$

Definición de las restricciones

$$A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + A_{13}x_3 + \cdots + A_{1n}x_n \quad T_1 \quad B_1$$

$$A_{21}x_1 + A_{22}x_2 + A_{23}x_3 + \cdots + A_{2n}x_n \quad T_2 \quad B_2$$

$$A_{31}x_1 + A_{32}x_2 + A_{33}x_3 + \cdots + A_{3n}x_n \quad T_3 \quad B_3$$

$$A_{m1}x_1 + A_{m2}x_2 + A_{m3}x_3 + \cdots + A_{mn}x_n \quad T_n \quad B_n$$

En donde:

A_{ij}= Coeficiente que acompaña a las variables de las restricciones

x_1, x_2, x_3, x_n= Variables de decisión del problema

T_1, T_2, T_3, T_n= Signo de restricción del problema ($\geq$; $\leq$; $=$).

B_1, B_2, B_3, B_n= Disponibilidad del problema.

Luego de definir el modelo de optimización para maximizar beneficios solicitado por los pequeños agricultores del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui, se procedió a recabar la información con los agricultores acerca de los recursos disponibles, llegándose a determinar un terreno de 4 hectáreas, que se utiliza para cultivo de papa superchola y frejol rojo tierno en vaina.

Según las observaciones y el registro de las opiniones de un experto, así como de las experiencias de los agricultores, se calcula que una hectárea se puede producir 25 toneladas; es decir, 250 quintales si solo siembra papas superchola, o 17 toneladas; es decir, 170 quintales si solo se cultiva frejol rojo tierno en vaina.

Con respecto a los recursos, los agricultores cuentan además del terreno con 8000 dólares, que la distribuyen para la siembra de papa superchola por hectárea un capital de 1000 dólares y para la siembra de frejol rojo tierno en vaina destinan un capital 3000 dólares; esto debido a que es necesario sogas y carrizos para el mantenimiento de las plantas.

Con respecto al riego, se determinó que las necesidades de agua son satisfechas con 6 horas para cada terreno; sin embargo, se ha calculado conforme a la profundidad de las raíces y al almacenamiento de agua según el tipo de suelo, determinando para las papas superchola (400 mm x 0.225) = 90 m3 x

6 horas = 540m3 y para el frejol rojo tierno en vaina (400mm x 0.225) = 90 m3 x 6 horas = 540 m3 por hectárea.

La disponibilidad de agua en ese sector es de 2160 m3. Si los precios de venta son de 11.65 dólares por quintal de papas y 37.30 dólares por quintal de frejol rojo tierno en vaina, ¿Cuánto se debe producir de cada producto para maximizar la ganancia?

Resultados.

Para mejorar el análisis de la información obtenida se ha procedido a elaborar una tabla en la cual se registró los recursos identificados objeto de optimización, como son el terreno, el capital y el agua; en las siguientes columnas se definieron las variables establecidas en unidades de medición, y por último, está la columna de disponibilidades en la cual se registra el límite de los recursos en unidades de medición.

Tabla 4. Resumen de los recursos y disponibilidades.

Recursos	**Variables**		**Disponibilidad**
	X_1	**X_2**	
Terreno h	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{170}$	4 hectáreas
Capital	$\frac{1000}{250}$	$\frac{3000}{170}$	8000 dólares
Agua	$\frac{540}{250}$	$\frac{540}{170}$	2160 m^3

Fuente. Asociación de agricultores de Cahuasqui.

Definición de variables.

x_1= Quintales de papa chola

x_2= Quintales de frejol tierno en vaina

Función objetiva.

Z (max) = $11.65x_1+37.30x_2$

$$Z(max) = \frac{233}{20}x_1 + \frac{373}{10}x_2$$

Restricciones.

Inecuación (1)

$$\frac{1}{250}x_1 + \frac{1}{170}x_2 \leq 4$$

Inecuación (2)

$$\frac{1000}{250}x_1 + \frac{3000}{170}x_2 \leq 8000$$

Inecuación (3)

$$\frac{540}{250}x_1 + \frac{540}{170}x_2 \leq 2160$$

No negación:

$$x_1; x_2 \geq 0$$

La resolución del modelo del método simplex, al ser un procedimiento que ha permitido determinar una solución óptima por medio del modelado de las relaciones lineales, se le ha aplicado una vez determinado la función objetiva y sus restricciones; por tal razón, para resolver el algoritmo por maximización se podía aplicar como técnica la resolución en dos fases o la aplicación de la gran M (Moncayo & Muñoz, 2018).

En este caso, se aplicó la técnica de la gran M, que se iguala la ecuación de la función objetivo a 0 (cero) y a las restricciones se les agrega una variable artificial, sobre todo cuando el signo de la inecuación es $\leq$, a lo que se sumó una variable de holgura definida con la letra S ($+S_1$), para convertirla en una igualdad.

Fila objetivo:

$-11.65x_1 - 37.30x_2 + Z = 0$

$$-\frac{233}{20}x_1 - \frac{373}{10}x_2 + Z = 0$$

Igualdades:

1) $\frac{1}{250}x_1 + \frac{1}{170}x_2 + 1S_1 + 0S_2 + 0S_3 = 4$

2) $\frac{1000}{250}x_1 + \frac{3000}{170}x_2 + 0S_1 + 1S_2 + 0S_3 = 8000$

3) $\frac{540}{250}x_1 + \frac{540}{170}x_2 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 = 2160$

Simplificado la ecuación dos y ecuación tres queda lo siguiente:

1) $\frac{1}{250}x_1 + \frac{1}{170}x_2 + 1S_1 + 0S_2 + 0S_3 = 4$

2) $4x_1 + \frac{300}{17}x_2 + 0S_1 + 1S_2 + 0S_3 = 8000$

3) $\frac{54}{25}x_1 + \frac{54}{17}x_2 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 = 2160$

Tabla 5. Suma de restricciones con variables artificiales.

Variables Básicas	x_1	x_2	**S_1**	**S_2**	**S_3**	**R**
Z	$-\frac{233}{20}$	$-\frac{373}{10}$	0	0	0	0
S_1	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{170}$	1	0	0	4
S_2	4	$\frac{300}{17}$	0	1	0	8000
S_3	$\frac{54}{25}$	$\frac{54}{17}$	0	0	1	2160

Fuente. Vinculación Universidad Regional Autónoma de Los Andes.

Una vez determinada la matriz en la que se incorpora las variables artificiales de holgura a la función objetivo, se procede con la identificación de la condición de optimalidad (variable entrante/ columna) y condición de factibilidad (variable saliente/ fila), el modelo exige reconocer el mayor cociente negativo que no coincida con la ($x1, x2 \geq 0$). A continuación, la columna solución (R) con la columna entrante (x_2).

Tabla 6. Identificación del elemento pivote.

Variables Básicas	$\boldsymbol{x_1}$	$\boldsymbol{x_2}$	**S₁**	**S₂**	**S₃**	**R**				
Z		$-\frac{373}{10}$				0				
S_1		$\frac{1}{170}$				4	÷	$\frac{1}{170}$	=	680
S_2		$\boldsymbol{\frac{300}{17}}$				8000	÷	$\frac{300}{17}$	=	$\frac{1360}{3}$
S_3		$\frac{54}{17}$				2160	÷	$\frac{54}{17}$	=	680

Fuente. Vinculación Universidad Regional Autónoma de Los Andes.

Identificado el elemento pivote, se procede aplicar las operaciones de Gauss Jordan para obtener la nueva fila pivote.

Fila nueva pivote = Fila pivote ÷ elemento pivote.

Tabla 7. Determinación de la fila nueva pivote.

Variables Básicas	$\boldsymbol{x_1}$	$\boldsymbol{x_2}$	$\mathbf{S_1}$	$\mathbf{S_2}$	$\mathbf{S_3}$	**R**
Z	$-\frac{4793}{1500}$	0	0	$\frac{6341}{3000}$	0	$\frac{50728}{3}$
S_1	$\frac{1}{375}$	0	1	$-\frac{1}{3000}$	0	$\frac{4}{3}$
x_2	$\frac{17}{75}$	1	0	$\frac{17}{300}$	0	$\frac{1360}{3}$
S_3	$\frac{36}{25}$	0	0	$-\frac{9}{50}$	1	720

Fuente. Vinculación Universidad Regional Autónoma de Los Andes.

Elaborada la nueva fila pivote, se procedió a calcular la nueva fila de las siguientes variables (Z, S1, S3), aplicando la siguiente fórmula:

Nueva fila = Fila actual – (Coeficiente en la columna pivote x Nueva fila pivote)

Tabla 8. Determinación la matriz de solución.

Variables Básicas	x_1	x_2	S_1	S_2	S_3	R			
Z	$-\frac{4793}{1500}$					$\frac{50728}{3}$			
x_1	$\mathbf{\frac{1}{375}}$					$\frac{4}{3}$	÷	$\frac{1}{375}$	=	500
x_2	$\frac{17}{75}$					$\frac{1360}{3}$	÷	$\frac{17}{75}$	=	2000
S_3	$\frac{36}{25}$					720	÷	$\frac{36}{25}$	=	500

Fuente. Vinculación Universidad Regional Autónoma de Los Andes.

El procedimiento se repite hasta que las variables (x1, x2 ≥ 0).

Tabla 9. Determinación de la matriz solución.

Variables Básicas	x_1	x_2	S_1	S_2	S_3	R
Z	0	0	$\frac{4793}{4}$	$\frac{6857}{4000}$	0	18507
x_1	1	0	375	$-\frac{1}{8}$	0	500
x_2	0	1	-85	$\frac{17}{200}$	0	340
S_3	0	0	-540	0	1	0

Fuente. Vinculación Universidad Regional Autónoma de Los Andes.

Como resultado, luego de aplicar el procedimiento de solución óptima, se obtuvo como solución de la función objetivo Z=18507, y de las variables: $x_1 = 500$; $x_2 = 340$.

Discusión de resultados.

Según Alvarado (2013), solucionar un problema que hace referencia a la gestión productiva se puede por medio del diseño de un modelo de optimización que permite el aprovechamiento del máximo de los recursos disponibles en la asociación. Bocco et al. (2002) concuerdan que este tipo de modelos pueden ser aceptables para la predicción, considerando distintivos factores que pueden ser considerados como restricciones.

En este sentido, Alvarado (2011) explica que lo más importante de la aplicación de un modelo por resolución simplex, en la cual se obtiene una respuesta al planteamiento de la función objetiva que está sujeta a un conjunto de restricciones, siempre será el análisis posterior que se realiza con las soluciones de la variable Z que representa a la maximización de un beneficio, así como a las variables X1 que representa a los quintales de papa superchola y la variable X2 que representa a los quintales de frejol tierno en vaina.

El análisis inicia con la variable Z cuyo resultado obtenido fue de $18.507,00 dólares americanos. Este resultado según el modelo de optimización se podría obtener a futuro si la asociación aplica la propuesta que se ha obtenido. Este valor, según el análisis realizado, es el máximo beneficio que la asociación podría alcanzar, para lo cual debe considerar sembrar según las cantidades calculadas para X1 y X2.

Con respecto a la variable X1, el modelo arroja un resultado óptimo de 500 quintales que se debería cosechar de papa chola, considerando los recursos que han sido tomados en cuenta para el cálculo de obtener un máximo beneficio, el mismo que es proyectado por el modelo de optimización.

La siguiente variable por tomar en cuenta es la X2, que según el modelo, arroja un resultado óptimo de 340 quintales que se debería cosechar de frejol tierno en vaina, también considerando los recursos que la asociación tiene para obtener un beneficio proyectado en el modelo de optimización.

En respuesta a los limitados recursos disponibles identificados como la tierra, el capital y el agua, se ha encontrado una respuesta aplicando un modelo matemático a la agricultura. Determinado bajo el modelo de optimización se asignaron las variables S1 para el terreno, S2 para el capital y S3 para el agua, para lo cual se procede analizar las holguras.

Con respecto a la primera variable S1, el modelo arroja que fue reemplazada por la variable X1, lo que significa que el recurso es limitado, ya que la asociación dispone de 4 hectáreas para la siembra de sus productos; por tal razón, el planteamiento original es aprovechar al máximo este activo solicitando un uso adecuado para obtener beneficios.

Luego está otra variable considerada S2, que también en el modelo fue reemplazado por X2, significa que no ha quedado ninguna holgura, debido a que el recurso también es limitado, ya que la asociación se gestiona bajo un presupuesto, que es aprobado en asamblea y que por lo general tiene un techo de $8.000,00 dólares americanos.

Por último, está la variable S3 que no fue reemplazada por otra variable asociada del modelo considerando que puede existir una holgura; sin embargo, debido a que la respuesta fue cero, el recurso también se consideraría escaso como las variables anteriores que también ya fueron calculadas.

CONCLUSIONES.

Es posible calcular un máximo de beneficios diseñando un modelo matemático adaptado a las realidades de las comunidades en países como el ecuatoriano, en el cual la tierra, el capital y el agua son un limitante como recursos para el desarrollo de una economía agrícola eficiente.

El diseño de modelos de optimización puede tener una función importante en la administración de la asociación de agricultores del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui, que generalmente es manejado en función de experiencias de sus directivos y no en datos técnicos.

Se demuestra que la programación lineal como parte de la materia de investigación de operaciones es práctica y es importante en el desarrollo de las habilidades de los estudiantes de las ciencias contables y administrativas; su estudio y formación en sus diferentes métodos debe ser fortalecido en un profesional que desee dedicarse a la dirección de empresas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Aldás, D., Reyes, J., Morales, L., & Sánchez, S. (2018). Optimización de costos de inventarios con algoritmo de programación lineal. Optimización de costos de inventarios con algoritmo de programación lineal. INNOVA Research Journal, 3(2), 77-83. Obtenido de http://201.159.222.115/index.php/innova/article/view/670/643
2. Alvarado, J. (2011). El análisis post-optimal en programación lineal aplicada a la agricultura. Revista Reflexiones, 90(1), 161-173. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/729/72918776010.pdf
3. Alvarado, J. (2013). Modelo de optimización para un asentamiento agrícola en La Cruz de Guanacaste, Costa Rica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, 14(29), 19-42. Obtenido de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66629448002
4. Alvarado, J., Almeida, J., Vélez, G., & Cornejo, D. (2020). Estado del proceso administrativo en las unidades de producción agropecuaria de Santo Domingo, Ecuador. Revista Espacios, 41(5), 8. Obtenido de http://www.revistaespacios.com/a20v41n05/a20v41n05p08.pdf
5. Blanco, M., Muñoz, F., & Palacio, O. (2017). Optimización de portafolio de proyectos a través de la aplicación de programación lineal y el CAPM. Revista Ciencias Estratégicas.
6. Bocco, M., Sayago, S., & Tártara, E. (2002). Modelos multicriterio: una aplicación a la selección de alternativas productivas. Agricultura Técnica, 62(3), 450-462.
7. Centanaro, P., & Nava, J. (2021). Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades productivas de banano, Milagro, Ecuador. Revista CEA, 7(13), 2-16. Obtenido de https://doi.org/10.22430/24223182.1554
8. Cevallos, L., Guijarro, A., & Torres, I. (2016). Relación teórica-práctica para la investigación de operaciones: caso práctico en modelos de programación lineal. Didasc@lia: Didáctica y Educación., 7(1), 29-40. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6568034

9. De la Hoz, E., Vélez, J., & López, L. (2017). Modelo de Programación Lineal Multiobjetivo para la Logística Inversa en el Sector Plástico de Polipropileno. Información Tecnológica, 28(5), 31-36. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n5/art05.pdf

10. GAD Cahuasqui. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Cahuasqui 2015-2019. Cahuasqui: Gobierno Autónomo Descentralizado de Cahuasqui. Obtenido de https://www.imbabura.gob.ec/index.php/componente-territorial/instrumentos-de-planificacion/pdot-parroquial/file/512-pdot-cahuasqui

11. Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2010). Censo de población y vivienda 2010. Quito-Ecuador. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/memoriasCenso/Memorias-light.pdf

12. Moncayo, L., & Muñoz, D. (2018). Un sistema de apoyo para la enseñanza del método simplex y su implementación en computadora. Formación Universitaria, 11(6), 29-40. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v11n6/0718-5006-formuniv-11-06-29.pdf

13. Osejo, C. (2017). Aproximaciones iniciales a la resolución de problemas modelados con sistemas de ecuaciones lineales de tres variables en programación lineal usando por primera vez un método gráfico. Revista Sigma, 13(2), 16-27. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6726709

14. Rivera, M., Estrada, J., Quiñonez, R., & Moreno, R. (2020). Interrelación entre el desarrollo sostenible y la diversificación de cultivos mediante el modelo integrador de dimensiones en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, República del Ecuador. Revista Espacios, 41(19), 257-270. Obtenido de http://www.ifac.portafolio.revistaespacios.com/a20v41n19/a20v41n19p18.pdf

15. Villafuerte, J., Franco, O., & Luzardo, L. (2016). Competencia y competitividad en la gestión de organizaciones agrícolas en Ecuador: El caso de los productores de Manabí y Esmeraldas. ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales, 1(2), 57-74.

DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Wilmer Medardo Arias-Collaguazo.** Magíster de Gestión Empresarial. Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ui.wilmerarias@uniandes.edu.ec
2. **Luis Germán Castro-Morales.** Magíster en Ciencias de la Educación. Docente de la Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador. E-mail: ui.luiscastro@uniandes.edu.ec
3. **Carlos Wilman Maldonado-Gudiño.** Magíster en Gestión y Desarrollo Social. Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador. E-mail: ui.carlosmaldonado@uniandes.edu.ec
4. **Lenin Horacio Burbano-García.** Magíster en Gerencia de la Educación Abierta. Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: direccionibarra@uniandes.edu.ec

RECIBIDO: 3 de marzo del 2021. **APROBADO:** 19 de marzo del 2021.