

Aplicación de la matriz insumo producto a la producción de granadilla en el GAD parroquial de Cahuasqui

Application of the Input-Product Matrix to the Production of Granadilla in the Parish GAD of Cahuasqui

Luis German Castro-Morales

Universidad Regional Autónoma de los Andes
Ecuador

 0000-0002-7521-923X

ui.luiscastro@uniandes.edu.ec

Wilmer Medardo Arias-Collaguazo

Universidad Regional Autónoma de los Andes
Ecuador

 0000-0002-1438-4012

ui.wilmerarias@uniandes.edu.ec

Carlos Wilman Maldonado-Gudiño

Universidad Regional Autónoma de los Andes
Ecuador

 0000-0001-8784-211X

ui.carlosmaldonado@uniandes.edu.ec

Olga Germania Arciniegas-Paspuel

Universidad Regional Autónoma de los Andes
Ecuador

 0000-0002-9161-4846

ui.olgaarciniegas@uniandes.edu.ec

Fecha de enviado: 08/09/2021

Fecha de aprobado: 11/11/2021

RESUMEN: La actividad agrícola, necesita de soluciones prácticas para optimizar de mejor forma sus recursos, y la modelación matemática puede aportar con insumos más técnicos para la correcta toma de decisiones, así como para la elaboración de estrategias para obtener un mejor beneficio en la producción como en la utilidad del producto. Por tal razón se estableció como objetivo desarrollar alternativas de modelación matemática basado en la matriz insumo producto para la determinación de los niveles de producción y dar solución al conocimiento empírico que tiene el sector agrícola en el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui, el diseño metodológico se fundamenta en un enfoque cuantitativo, aplicando métodos de nivel de conocimiento teórico y empírico, y obteniendo como resultado los valores de producción de Granadilla a través de una matriz insumo producto.

PALABRAS CLAVE: política; derecho y economía; organización y gestión; modelado matemático.

ABSTRACT: Agricultural activity needs practical solutions to better optimize its resources, and mathematical modeling can provide more technical inputs for correct decision-making, as well as for the development of strategies to obtain a better benefit in production as well as in the usefulness of the product. For this reason, the objective was to develop mathematical modeling alternatives based on the input-product matrix for the determination of production levels and to provide a solution to the empirical knowledge that the agricultural sector has in the Autonomous Decentralized Parish Government of Cahuasqui, the methodological design is It is based on a quantitative approach, applying theoretical and empirical knowledge level methods, and obtaining as a result the production values of Granadilla (*Passiflora ligularis*) through an input-product matrix.

KEYWORDS: politics; law and economics; organization and management; mathematical modeling.

La Parroquia Cahuasqui se caracteriza por su atractivo natural indiscutible: terrenos, bosques, montañas y ríos de gran atractivo. Posee una riqueza tradicional importante ya que su población tiene raíces tradicionales indígenas. Su diversidad de recursos naturales hace de ella una región donde se prefiera la agricultura y la ganadería como las aristas principales de la economía. Actualmente el cultivo de la granadilla conocida como *Passiflora Ligularis* resulta una alternativa muy prometedora para el mejoramiento de los ingresos de estos pequeños agricultores, en su mayoría de ascendencia aborígen. Por lo que la mejora de los procesos productivos se traduciría en el logro de una economía estable y creciente en el tiempo.

Se sabe que estos procesos agrícolas, debido a la influencia tradicional, no poseen un alto nivel de industrialización y existen anualmente pérdidas por no implementar acciones que tributen al logro de una eficiencia tanto en el aprovechamiento de la tierra como en la comercialización de sus recursos. Por su importancia e impacto social se hace necesaria la búsqueda de la eficiencia para estos procesos.

La granadilla es una fruta comestible teniendo el segundo lugar en importancia dentro de su grupo de especies de la pasiflora, además es muy apetecida por lo que se la comercializa en los mercados nacionales e internacionales. Es de clima templado adaptándose su producción a niveles de altitud de 1400 a 1700 msnm (Galecio, Peña & Peña, 2020). En el Ecuador la granadilla se la cultiva a una altitud de 800 a 2600 msnm con un clima que oscila entre los 15 y 20 grados centígrados, en la provincia de Imbabura alcanza una producción entre las 4,5 a 6 toneladas por hectárea, considerando que esta producción es baja en relación con Colombia cuya producción es

de 10 a 14 toneladas por hectárea (Gaona et al., 2020).

Para maximizar la producción agrícola de la granadilla en el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasquí como parte de un proyecto de vinculación entre la universidad y los agricultores, se procedió a realizar un estudio. Se inició con la recogida de las preocupaciones y luego se identificaron sus problemáticas.

Se plantea como objetivo desarrollar alternativas de modelación matemática basado en una matriz insumo producto para la determinación de los niveles de producción y dar solución al conocimiento empírico que tiene el sector agrícola en el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui.

Desarrollo

Para algunos autores, la eficiencia de la producción en cualquier tipo de proyectos se encuentra en la optimización de los recursos económicos, humanos, y materiales. Todos ellos deben contribuir al esfuerzo de alcanzar los objetivos estratégicos planteados en una planificación (Blanco, Muñoz & Palacios, 2017).

Igualmente, es necesario tener en cuenta que para lograr los objetivos planteados y optimizar los recursos, se deben aplicar modelos matemáticos, ya que su aplicación permite presentar una solución cuantitativa basada en información que les facilita a los administradores tomar decisiones que permiten implementar estrategias adecuadas para la optimización de dichos recursos (De la Hoz, Vélez & López, 2017).

En el caso particular de las actividades agropecuarias Alvarado, Almeida, Vélez y Cornejo (2020) plantean que están a merced de factores exógenos (clima, plagas, desertificación, pérdida de nutrientes) pero también puede estar

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

afectada por factores económicos (caída de precios, inflación, falta de financiamiento, encarecimiento del acceso al capital). Estos factores pueden provocar desde una disminución del rendimiento agrícola hasta la parada total de la producción.

Estos elementos afectan negativamente la viabilidad de éxito para obtener una rentabilidad aceptable de los pequeños agricultores. Entre los más importantes se encuentra la competencia desleal, la concentración de tierras, la falta de incentivos, o incluso tratados de libre comercio, variables que no son tomadas en cuenta dentro de procesos administrativos tradicionales (Centanaro & Nava, 2021).

Por su parte, Villafuerte, Franco y Luzardo (2016) recomiendan la aplicación de métodos técnicos para mejorar la administración agropecuaria y que en este análisis se incluyan los costos, la inversión, variables que tomen en cuenta a la competencia, es decir todos aquellos elementos que estén en función de la obtención de beneficios.

A su vez, Rivera, Estrada, Quiñonez y Moreno (2020) recomiendan que las actividades agrícolas debería integrar en sus procesos algunos métodos de administración científica, aplicando modelos matemáticos para predecir, conforme con las variables identificadas para cada caso de actividad agrícola. Su implementación podría dar soluciones a los problemas que no son considerados y que son necesarios para que los agricultores puedan obtener beneficios.

Se considera que la aplicación de modelos matemáticos a la actividad agrícola puede generar una ventaja competitiva sobre todo al dar solución a los problemas que se identifiquen. Otro aspecto importante para la actividad agrícola es que la aplicación de modelos matemáticos pueden revelar dificultades en la producción, para

los cuales la administración podría preparar estrategias basadas en información tanto estadística y proyectiva para solucionarlos (Blanco, Muñoz & Palacio, 2017; Aldás, Reyes, Morales & Sánchez, 2018).

Osejo (2017) acota que existen varios métodos o modelos matemáticos para resolver un problema y otorgar una respuesta a las situaciones no favorables que tengan lugar y sean objeto de análisis.

Sin embargo, Cevallos et al. (2016) plantean que se necesita identificar y reconocer las variables, así como los recursos necesarios para mejorar la producción de las actividades agrícolas, y cuya definición se las podría realizar en inecuaciones.

Metodología

La metodología utilizada para la realización de la presente investigación está fundamentada en un enfoque cuantitativo, tomando en cuenta que la problemática a identificar está basada en información primaria tomada de las bases de datos del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cahuasqui, con la colaboración del presidente del Gobierno, del personal administrativo, pero sobre todo, de los comuneros pertenecientes a la asociación de agricultores.

La información recogida se basó en métodos histórico-lógicos de tipo documental y observacional, por lo tanto, se puede considerar a la investigación retrospectiva y transversal debido a que se ubicó la problemática en tiempo específico.

Otros métodos que se consideraron están en el nivel empírico del conocimiento como:

- Observación científica: se realizó desde el inicio del desarrollo de la investigación. Se partió aplicando para ello fichas de

Aplicación de la matriz insumo producto a la producción de granadilla en el GAD parroquial de Cahuasqui pp. 291-300

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

- observación intencional, las mismas que se llenaron conforme se inspeccionaba los terrenos, y se realizaban las visitas de campo.
- **Medición:** para su ejecución fue necesario establecer una línea de base en los proyectos para lo cual el reconocimiento de superficies, áreas cultivadas, metros cúbicos utilizados en agua para los terrenos, cantidades de semilla expresados en quintales y kilogramos, fueron algunas de las unidades identificadas para iniciar un modelado matemático.
 - **Análisis documental:** se centró en recuperar información, de la planificación de ordenamiento territorial de la parroquia, así como información que se obtenía de los ministerios, los mismos que debían ser sintetizados y analizados muy detenidamente para rescatar lo más importante que pudiera servir al modelado matemático.

- **Método de expertos:** se procesó la información obtenida por medio de entrevistas con el presidente, el personal administrativo y los comuneros, la cual resultó muy importante para entender la situación de las actividades agrícolas. De otra parte se obtuvieron datos de especialistas en agricultura, economistas, contadores y administradores. Todo ello con el objetivo de elaborar un modelado matemático más integral.

Para la ejecución de la investigación fue necesario identificar la población objeto de estudio, para ello se tomaron datos del Censo de Población y Vivienda disponibles en la página web del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. La base de datos se filtró por cantones y parroquias rurales obteniendo el siguiente resultado (ver Tabla 1).

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.

Para determinar la población económicamente activa, se procedió a realizar una investigación documental, para lo cual se revisaron las estadísticas y planificaciones que fueron

otorgadas por el personal administrativo del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui (ver Tabla 2).

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

Aplicación de la matriz insumo producto a la producción de granadilla en el GAD parroquial de Cahuasqui pp. 291-300

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

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 (2019).

De los documentos facilitados por la administración del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cahuasqui, se recuperaron datos relacionados con la cobertura

vegetal de la parroquia, así como de las actividades ganaderas. Lo cual fue muy relevante para la investigación (ver Tabla 3).

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 (2019).

Resultados y discusión

Para mejorar el análisis de la información obtenida se procedió a elaborar una tabla en la cual se registraron los recursos identificados objeto de optimización, como son el terreno, la demanda y la producción total. Se definieron las variables establecidas en unidades de medición y se registró el límite de los recursos en unidades

de medición. La información está realizada considerando la producción de terreno I con una extensión de 6250 metros cuadrados y del terreno II cuya área es de 8250 metros cuadrados, los cuales cuentan con las características necesarias para este tipo de cultivo, además de tener agua de riego cada 15 días.

Tabla 4. Matriz insumo producto a la producción de granadilla.

	Terreno I	Terreno II	Demanda	Producción total
Producción del terreno I	100	150	630	880
Producción del terreno II	140	200	810	1150
Insumos mano de obra	400	640		

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

Para armar la matriz insumo producto con la información de la tabla, se divide los valores de la columna del terreno I para la producción total del mismo terreno, de igual forma se lo hace con la columna del terreno II, dando como resultado la matriz **A**.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{100}{880} & \frac{140}{1150} \\ \frac{140}{880} & \frac{200}{1150} \end{bmatrix} \text{simplificar} \cong A = \begin{bmatrix} \frac{10}{88} & \frac{14}{115} \\ \frac{14}{88} & \frac{20}{115} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} \frac{5}{44} & \frac{14}{115} \\ \frac{7}{44} & \frac{4}{23} \end{bmatrix}$$

Matriz demanda

$$D = \begin{bmatrix} 630 \\ 810 \end{bmatrix}$$

La ecuación insumo producto es

$$X = AX + D \text{ de donde}$$

X es la matriz de producción

A es la matriz insumo producto

D es la demanda final

Dedución de la fórmula para determinar los niveles de productividad.

$X = AX + D$ Modelo de una ecuación matricial

$X - AX = D$ Transposición de términos

$IX - AX = D$ Para poder sacar factor común en ecuaciones matriciales, se aumenta una I de matriz de identidad en vez de uno en ecuaciones algebraicas.

$(I - A)X = D$ Factor común

$X = \frac{D}{(I-A)} \cong$ Se despeja y sube el denominador al numerador

$(I - A)^{-1} * D$ con exponente negativo

$$X = (I - A)^{-1}$$

* D

Se calcula

$$I - A =$$

se sabe que I es una matriz de identidad

$$\text{Si la matriz } A = \begin{bmatrix} \frac{5}{44} & \frac{14}{115} \\ \frac{7}{44} & \frac{4}{23} \end{bmatrix} \text{ es de orden } 2 \times 2,$$

La matriz de identidad debe ser del mismo orden $I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Entonces

$$I - A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{5}{44} & \frac{14}{115} \\ \frac{7}{44} & \frac{4}{23} \end{bmatrix}$$

$$I - A = \begin{bmatrix} \frac{39}{44} & -\frac{14}{115} \\ -\frac{7}{44} & \frac{19}{23} \end{bmatrix}$$

Reglón 1

Reglón 2

A esta matriz se debe buscar la matriz inversa aplicando el método de reducción de reglones de Gauss Jordán, el cual consiste en que los valores de la matriz se conviertan en valores de la matriz de identidad y los valores que resulten en la matriz de identidad serían los valores de la matriz inversa.

$$\begin{bmatrix} \frac{39}{44} & -\frac{14}{115} \\ -\frac{7}{44} & \frac{19}{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \frac{44}{39} * R_1 \\ \text{Regla para que} \\ 23/33 \text{ se convierta} \\ \text{en uno} \end{array}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -\frac{616}{4485} \\ -\frac{7}{44} & \frac{19}{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{44}{39} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} R_2 = R_2 + \frac{7}{44} R_1 \\ \text{Regla para que -} \\ 13/33 \text{ se convierta} \\ \text{en cero} \end{array}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -\frac{616}{4485} \\ 0 & \frac{3607}{4485} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{44}{39} & 0 \\ \frac{7}{39} & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \frac{4485}{3607} * R_2 \end{array}$$

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

Regla para que
5212/11385 se
convierta en uno

$$\begin{bmatrix} 1 & -\frac{616}{4485} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{44}{39} & 0 \\ 805 & 4485 \end{bmatrix}$$

$$R_1 = R_1 + \frac{616}{4485} R_2$$

Regla para que -
44/115 se convierta
en cero

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{4108}{3607} & \frac{616}{3607} \\ 805 & 4485 \end{bmatrix}$$

Matriz inversa $(I - A)^{-1}$

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{4108}{3607} & \frac{616}{3607} \\ 805 & 4485 \end{bmatrix}$$

$$X = (I - A)^{-1} * D$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{4108}{3607} & \frac{616}{3607} \\ 805 & 4485 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 630 \\ 810 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{4108(630)}{3607} + \frac{616(810)}{3607} \\ \frac{805(630)}{3607} + \frac{4485(810)}{3607} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{2588040}{3607} + \frac{498960}{3607} \\ \frac{507150}{3607} + \frac{3632850}{3607} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{3087000}{3607} \\ \frac{4140000}{3607} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 855,835 \\ 1147,768 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 856 \\ 1148 \end{bmatrix}$$

¿Cuáles serán los valores de las unidades producidas en el terreno I y en el terreno II, si la demanda se incrementa en un 15 %?

Para la determinación de los valores de producción de granadilla con un incremento de 15 % en la demanda es necesario determinar la matriz inversa de la matriz $I - A$, para lo cual se aplicó el método de reducción de reglones o de Gauss Jordán, el cual exige juntar una matriz de identidad al lado derecho de la matriz y transponer

sus elementos a la inicial, aplicando sus reglas básicas como intercambiar reglones, sumar o restar entre reglones y multiplicar un escalar por un reglón, determinado así una matriz inversa de orden 2×2 , cuyo determinante es 3607.

Además, para el desarrollo de la matriz insumo producto se la puede realizar por el método de cofactores o determinantes menores para lo cual se debe aplicar la siguiente fórmula de solución $(I - A)^{-1} = \frac{1}{|I - A|} * Adj(I - A)^t$, donde se debe calcular el determinante de la matriz y aplicando el método de los determinantes menores se determina la matriz adjunta de la matriz transpuesta que se va a buscar la matriz inversa. A continuación se muestran los resultados de la aplicación de la herramienta para la predicción.

$$D = \begin{bmatrix} 630 \\ 810 \end{bmatrix} + 0,15 \begin{bmatrix} 630 \\ 810 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 630 \\ 810 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 94,5 \\ 121,5 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 724,5 \\ 931,5 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 724 \\ 932 \end{bmatrix}$$

$$X = (I - A)^{-1} * D$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{4108}{3607} & \frac{616}{3607} \\ 805 & 4485 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 724 \\ 932 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{4108(724)}{3607} + \frac{616(932)}{3607} \\ \frac{805(724)}{3607} + \frac{4485(932)}{3607} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{2974192}{3607} + \frac{574112}{3607} \\ \frac{582820}{3607} + \frac{4180020}{3607} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} \frac{3548304}{3607} \\ \frac{4762840}{3607} \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 983,727 \\ 1320,443 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 984 \\ 1320 \end{bmatrix}$$

El resultado de "X" al ser la matriz de producción indica los niveles alcanzados dada

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

una condición. Por tanto para este estudio, si se eleva la demanda un 15 % la producción de ambos terrenos llegará aproximadamente a 984 y 1320 unidades respectivamente. Lo cual desde el punto de vista social, al compararse con la tabla 4, se puede observar que se incrementaría la producción del terreno 1 al 111 % mientras que la del terreno 2 un 114 %. Por lo tanto, el cálculo de la matriz insumo producto da como resultado que el terreno I debe producir 984 cajas de granadilla de 18 kg y que el terreno II debe producir 1320 cajas de granadilla para poder satisfacer el incremento de la demanda en un 15 %. Es decir un total de 2304 kilos en una extensión de una hectárea más un quinto de esta que comparando con la investigación de Gaona una hectárea produce 2045 kilos como mínimo observando un margen de error mínimo.

Razón por lo cual los insumos en mano de obra para el terreno I es de 400 unidades monetarias para tener una producción total de 880 cajas de granadilla, dando una razón de insumos primarios de $400/880=0,45$ de la producción total, así el 0,45 por la nueva producción da un valor de 447,27 unidades monetarias. Para el terreno II, la razón es de 640 unidades monetarias para tener una producción total de 1150 cajas de granadilla, dando una razón de insumos primarios de $640/1150=0,56$ de la producción total, así el 0,56 por la nueva producción (1320), da un valor de 739,20 unidades monetarias. En consecuencia, los nuevos insumos primarios para los dos terrenos serán de 447,27 y 739,20.

Luego de la aplicación de la matriz insumo se pudo determinar el número de unidades de producción de granadilla en la caja tanto para el terreno I como para el terreno II, siendo la producción de 984 y de 1320 cajas por terreno respectivamente, valores que transformados a kilogramos da un total de 41472 kilos,

considerando que cada caja de esta fruta pesa aproximadamente 18kg, cabe mencionar que la producción no se realiza técnicamente debido a diversos factores como son los económicos, pero sí cuenta con asesoría esporádica de casas comercializadoras de insumos agrícolas. Este sería el mejor de los escenarios ya que se cumpliría el objetivo del monitoreo y se aumentaría la cantidad de productos agrícolas para el disfrute de los pobladores incrementando a su vez el ingreso de los productores. Todo ello contribuiría a la mejora de la situación económico-social de la parroquia.

Para el complemento del análisis se desea exponer la verificación de la utilidad de la matriz desde el punto de vista teórico práctico confirmando el criterio de Hernández (2012) cuando expone que esta herramienta cuantifica los niveles de producción sectorial que satisfacen determinados niveles de consumo e inversión, lo cual sirve como punto de partida para proyectar las necesidades de producción dando un incremento.

Los autores de la investigación coinciden de forma práctica con el criterio del autor mencionado. La herramienta aplicada resulta muy favorable de pronosticar de forma cuantitativa la producción y dota a los especialistas agrícolas de una forma de predicción, lo cual tiene un impacto social importante. La prestación de este servicio a los agricultores por parte de las autoridades del gobierno y la universidad resulta un intercambio de información que permitirá estructurar la siembra, producción y recolección de la producción. La mejora en este sector y de paso, dotar a los productores de datos para poder planificar sus cosechas es vital para realizar un análisis cuantitativo logrando así tener un conocimiento real de la situación de la producción

y poder realizar una toma de decisiones adecuada.

Conclusiones

La región de Cahuasqui tiene un importante componente agrícola en su economía. La parroquia tiene un amplio potencial en la agricultura pero sus habitantes carecen, en su mayoría, de tecnologías para el desarrollo de la actividad. La agricultura presente se fomenta en las tradiciones aborígenes, lo cual conlleva a que la eficiencia sea un concepto aislado, lo cual contrasta desfavorablemente con la necesidad de ingresos por parte de los pequeños agricultores.

La intervención de la universidad en el análisis de la problemática resulta de mutuo beneficio. La reatralimentación consiguiente del intercambio con la academia dota de herramientas, posibilita que los agricultores y especialistas posean herramientas de análisis para la toma de decisiones de forma eficiente y eficaz. Cualidades que resultan necesarias para mantener el negocio de forma competitiva y mejorar las condiciones económicas familiares de la zona.

Los granjeros con esta matriz resultante podrán contar con una forma de predecir un comportamiento social, económico y productivo sobre situaciones agrícolas permitiendo maximizar utilidades o minimizar costos en la producción de un bien. Se pudo comprobar la utilidad de la matriz insumo producto en el cálculo de la productividad y demanda. Lo cual permitirá determinar sus mejores niveles de producción en relación con los insumos necesarios y por ende proyectar el trabajo y el capital de forma efectiva, minimizando las pérdidas de los pequeños agricultores. Esta evaluación permite estimar de forma cuantitativa la producción categórica y matemática.

Referencias bibliográficas

- 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/articloe/view/670/643>
- 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>
- 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*, 25 (37), 71-86. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8002/Art%C3%ADculo%204.pdf?sequence=1>
- 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>
- 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>
- 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>

Luis G. Castro-Morales, Wilmer M. Arias-Collaguazo, Carlos W. Maldonado-Gudiño, Olga G. Arciniegas-Paspuel

- GAD Cahuasqui. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Cahuasqui*. Cahuasqui: Gobierno Autónomo Descentralizado de Cahuasqui. Obtenido de <https://www.imbabura.gob.ec/index.php/comp-onente-territorial/instrumentos-de-planificacion/pdot-parroquial/file/512-pdot-cahuasqui>
- Galecio, M., Peña, T. & Peña, R. (2020). Efecto de la fertilización orgánica y densidad para la producción de granadilla *Passiflora ligularis* Juss eco tipo Colombiana en la Comunidad Campesina San Miguel de Tabaconas. *Pakamuros*, 8 (3). Obtenido de <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/136>
- Gaona, P., Vásquez, L., Aguayo, S., Viera, W., Viteri, P., Sotomayor, L., . . . Cartagena, Y. (2020). Respuesta del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) cultivar "Colombiana" al suministro de nitrógeno y potasio por fertirriego. *Manglar*, 17 (1). Obtenido de <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/149/265>
- Hernández, G. (11 de Julio de 2012). Matriz Insumo Producto y Análisis de Multiplicadores. *Revista de Economía Institucional*, 14 (26). Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2103760
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Censo de Población de Vivienda*. Quito: INEC. Obtenido de <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&BASE=CPV2010>
- 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>
- 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>
- 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.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Luis German Castro-Morales: Investigación e idea inicial, recolección, interpretación y análisis de los datos, redacción del manuscrito, elaboración de las conclusiones y aprobación en su versión final.

Wilmer Medardo Arias-Collaguazo: Interpretación y análisis de los datos, redacción del manuscrito, revisión de las referencias bibliográficas, adecuación a las normas de la revista y aprobación en su versión final.

Carlos Wilman Maldonado-Gudiño: Interpretación y análisis de los datos, redacción del manuscrito, revisión de las referencias bibliográficas, adecuación a las normas de la revista y aprobación en su versión final.

Olga Germania Arciniegas-Paspuel: Interpretación y análisis de los datos, redacción del manuscrito, revisión de las referencias bibliográficas