

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4908](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4908)

## Modelo de optimización de costos en la bananera Valeria del sitio unión colombiana, el Oro, Ecuador

**Anthony Gabriel Ochoa Feijoo**

[aochoa5@utmachala.edu.ec](mailto:aochoa5@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-8373-9668>

Universidad Técnica de Machala,  
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador.

**Econ. Víctor Javier Garzón Montealegre**

[vgarzon@utmachala.edu.ec](mailto:vgarzon@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4838-402>

Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Ing. Héctor Carvajal Romero**

[hcarvajal@utmachala.edu.ec](mailto:hcarvajal@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-6303-6295>

Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Econ. Jessica Quezada Campoverde**

[jquezada@utmachala.edu.ec](mailto:jquezada@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-2760-4827>

Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Ing. Marcos Antonio Espinosa Aguilar**

[maespinosa@utmachala.edu.ec](mailto:maespinosa@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-2608-0769>

Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Correspondencia: [aochoa5@utmachala.edu.ec](mailto:aochoa5@utmachala.edu.ec)

Artículo recibido 15 enero 2023 Aceptado para publicación: 16 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Ochoa Feijoo, A. G., Garzón Montealegre, V. J., Carvajal Romero, H., Quezada Campoverde, J., & Espinosa Aguilar, M. A. (2023). Modelo de optimización de costos en la bananera Valeria del sitio unión colombiana, el Oro, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 6153-6165. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4908](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4908)

### **Resumen**

En este trabajo de investigación fue posible utilizar un modelo de Investigación Operativa para reducir los costos de mantenimiento de la Bananera Valeria, el sistema fue modelado, después de analizar al detalle el funcionamiento de cada una de las labores que se ejecutan en el campo para el mantenimiento de la plantación del banano, esto nos permitió determinar los datos de entrada del modelo, y formular las respectivas restricciones en función de los recursos disponibles de la empresa, el modelo tuvo como objetivo optimizar los tiempos de ejecución de las labores diarias que se necesitan cumplir para el buen manejo de la plantación, los resultados fueron alentadores desde el punto de vista de la economía, ya que hubo una reducción en los costos de mano de obra de aproximadamente el 41.19 %, debido a la reducción del personal en la empresa.

**Palabras clave:** optimización, mantenimiento, reducción de costos, mano de obra

## Cost optimization model in Valeria banana farm – unión Colombiana, el Oro, Ecuador

### ABSTRACT

In this research work it was possible to use an Operational Research model to reduce the maintenance costs of Valeria Banana, the system was modeled, after analyzing in detail the operation of each of the tasks carried out in the field for the maintenance of the banana plantation, this allowed us to determine the input data of the model, and to formulate the respective restrictions according to the available resources of the company, the model aimed to optimize the execution times of the daily tasks that need to be fulfilled for the good management of the plantation, the results were encouraging from the economic point of view, as there was a reduction in labor costs of about 41.19%, due to the reduction of personnel in the company.

**Keywords:** *optimization; maintenance; cost reduction; labor*

## INTRODUCCIÓN

La situación actual del sector bananero es preocupante e incierta, la crisis internacional ha reducido la demanda de banano a nivel mundial, una sobreoferta de banano ha producido la caída de los precios internacionales y la crisis económica interna ha puesto en conflicto a productores y exportadores (Rendon, 2009, p.2).

En los actuales momentos para pretender ser competitivos además de productivos en este negocio, las técnicas y sistemas de costos que se apliquen deben tener importantes objetivos, como la medición de los costos; la más correcta y precisa asignación de costos por actividad, proceso, producto y servicio; y la manera de reducir los costos (Rendon, 2009, p.3).

El proceso de globalización, el desarrollo tecnológico, así como, la reducción del ciclo de vida de los productos, las cambiantes exigencias del mercado, entre otros muchos factores, ha generado la necesidad de que las empresas realicen modificaciones en la gestión de los procesos de producción y servicios, para ponerse a tono con estas circunstancias (Capa, 2018).

En este contexto la Empresa Bananera Valeria, ubicada en el Sitio Gran Colombiana en la provincia de El Oro no es la excepción, en la actualidad atraviesa por una serie de problemas económicos, por tal circunstancias, es vital, buscar una solución a corto plazo, con el objetivo de incrementar los ingresos, para tal efecto se propone como solución al problema, el diseño de un modelo entero binario, que tendrá como objetivo fundamental, asignar el personal a cada una de las actividades del campo de forma sistemáticas, optimizando las horas requeridas para cumplir con estas dichas actividades en el mantenimiento del cultivo, de esta forma será posible, reducir los costos de operación y mantenimiento, esperando una maximización de los ingresos producidos a causa de la comercialización del banano que oferta la bananera.

La importancia de la matemática en el área de Administración y Recursos Humanos es clave para comprender el desarrollo de esta ciencia. Toda rama de las ciencias económicas busca basar sus principios en la matemática. Las matemáticas aplicadas a la administración son una herramienta para la resolución de problemas, para llevar el control financiero, de contabilidad y de estrategias, esto permitirá a la empresa una buena administración (Insignia, 2022).

La modelación matemática para la solución de problemas en los diferentes campos del conocimiento, a través de la idealización de los sistemas representativos del contexto en el que tiene auge el problema de interés, considerando un nivel de detalle capaz de representar el sistema con un nivel de confianza que el investigador adopta al inicio del análisis se ha convertido en una herramienta de uso global para la toma de decisiones. (Insignia, 2020).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Winston (2015), considera siete pasos para desarrollar un modelo de procesos, estos son, definición del problema, colección de los datos, desarrollo del modelo, verificación del modelo, optimización y toma de decisiones, presentación del modelo y su implementación.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La bananera Valeria está ubicada en el Sitio Gran Colombiana, en el sector 29 de enero, el RUC de la empresa es 0916899553001, cuenta con una extensión de tierra de 20.3 hectáreas dedicadas al cultivo de dos especies de banano, Gran enano, y Williams, las labores registradas en el campo, dedicadas al mantenimiento y operación de la empresa fueron, mantenimiento de canales, roza, abonando, apuntalamiento, bombero, deshije, deshoje, despacho de materiales, enfunde, fumigación, resembrando, riego, roza, para realizar estas labores la empresa cuenta con una nómina de 14 obreros, en la actualidad la empresa se encuentra atravesando problemas de tipo económico, por el incremento de los insumos agrícolas, la baja del precio del banano, de tal forma que es necesario buscar de forma sistemática una solución, para abordar la situación se ha propuesto un modelo de programación lineal entero mixto, con el objetivo de optimizar los recursos disponibles para solventar los costos de operación y mantenimiento de la empresa.

## **Recolección de datos**

La técnica utilizada en la recolección de datos, estuvo, basada en la observación directa del funcionamiento del sistema, además fue posible obtener información documentada de roles de pago, en el cual se observó la dedicación de cada obrero en las diferentes labores de operación y mantenimiento, horas de operación disponibles por cada obrero, sueldos, costos fijos y costos variables, así como los precios de para la demanda del producto.

### **Actividades de mantenimiento**

Entre las actividades de mantenimiento de la bananera, se distinguen, el deshije, el deshoje, fertilización fumigación, roza, mantenimiento de canales, enfunde, abono y resembrado, deschante, resiembra.

Deshije, deschante, deshoje (fitosanitario), deshierba en plantación, aplicación, abono orgánico" aspersión de insecticida (bomba mochila), aplicación de fertilizantes, aspersión manual fungicida (motoblock), enfunde roza (machete), resembrando, deshoje (poda), desflore, apuntalamiento, riego (aspersión), riego (inundación).

### **El deshoje**

El objeto principal es cortar al ras hojas caídas no funcionales. se lo realiza permanentemente, siempre que haya hojas dobladas, maduras secas, hojas puente o que impidan el libre desarrollo del racimo, los ciclos a realizar son de uno por semana (AGRICROP, 2023).

### **Deshije**

La deshija se basa en la selección de un hijo lateral promisorio (los hijos primarios) que va a 13 generar la próxima generación y la eliminación de los otros hijos conocidos como hijos de agua (plantas improductivas); otro de los objetivos de la deshija, es conservar la secuencia de madre, hijo y nieto; así como también mantener el ordenamiento lineal de las plantas dentro de las hileras (Vargas, et al., 2017).

### **Fertilización**

Según Torres, (2012), en la fertilización, hay que tener presente que los rendimientos y la calidad de la producción guarda una relación muy estrecha con el contenido, la disponibilidad y el balance de los elementos

nutritivos que requiere la planta de banano, la nutrición es un proceso bastante complejo que no depende únicamente de la presencia o existencia de los diferentes elementos nutritivos en el suelo, sino también de interacciones entre la planta y el ambiente.

La fertilización se puede realizar de forma granular, orgánica y foliar dependiendo de las necesidades del cultivo en relación con los análisis foliares y de suelo. La dosis por planta varía entre 60-120 gramos por planta dependiendo del estado fenológico del cultivo; no obstante, se recomienda utilizar mayor frecuencia en las fertilizaciones con una menor dosis, por ejemplo: aplicar 3 sacos de 45 kg/ha cada 3 semanas o 2 sacos de 45 kg/ha

cada 2 semanas dependiendo de la formulación requerida por el cultivo (Vargas, 2017)(Vargas, 2017, p.14).

### **Deshije de mantenimiento**

Esta práctica conocida también como “frecuencia de deshije”, se realiza cada dos meses para mantener los hijos de formación ya seleccionados. En total son seis deshijes al año.

### **Deshermane**

Esta actividad consiste en identificar la futura planta madre y eliminar con machete a ras del suelo, los brotes llamados “hermanos”, que no tienen el vigor necesario para obtener una buena producción. Esta técnica es similar a la del deshije, pero se efectúa a los 4 meses después de la siembra, tiempo en el que se puede identificar el mejor brote (Torres, 2012, p.25).

### **Enfunde**

El objeto es proteger al racimo por medio de una funda de polietileno, del ataque de plagas y efectos abrasivos causados por hojas o productos químicos y también contra cambios bruscos de temperaturas, además reduce el intervalo-cosecha, aumenta el grosor de los dedos, peso del racimo y mejora el color y el brillo de la fruta, se lo debe realizar de forma prematura, es decir antes de que el pedúnculo floral muestre su primera mano o en presente después de la tercera mano abierta, los ciclos deben ser dos veces por semana. El procedimiento consiste, en colocar la funda, (tubo) en forma de toldo, amarrada sobre la cicatriz del vástago, (la dejada por la hoja bandera), esta hoja debe ser cortada o volteada hacia atrás (AGRICROP, 2023).

### **Resiembra**

Las plantas pérdidas por pudriciones ocasionadas por plagas, exceso de humedad, caídas y/o eliminadas deben ser reemplazadas, esto puede hacerse con hijuelos tipo espada, cormos y/o plantas de vivero (Torres, 2012, p.21)

### **Apuntalamiento**

El apuntalamiento es una práctica orientada a la prevención de la caída de las plantas de banano o plátano en producción, ocasionando por mal anclaje, elevado peso del racimo, daños ocasionados por nematodos o una práctica severa de deshije (FAO, 2022).

### **Deshoje**

El deshoje es la eliminación sanitaria de hojas, o partes de ellas, infestadas con Sigatoka negra. Las hojas de banano son la única fuente de inóculo de la Sigatoka negra; el hongo

produce más ascoporas en las hojas vivas que en las hojas que se han cortado y caído al suelo. El deshoje aumenta la eficiencia de la aplicación de fungicidas y ayuda a reducir el efecto de maduración temprana (ProMusa, 2023)

### **Riego**

La planta de banano, debido a su naturaleza herbácea y a su gran superficie foliar, requiere de un alto suministro de agua, entre el 85% al 88% de su peso está constituido por agua y esta puede ser un factor limitante. La cantidad o frecuencia de riego va depender del tipo de suelo, necesidades de cultivo según su etapa fenológica y naturalmente de la cantidad y distribución de las lluvias (Torres, 2012, p.29)

### **Deschante (limpieza de tallo)**

Esta labor consiste en eliminar la parte seca del pseudotallo, no se debe realizar de forma severa, solo se debe cortar la parte seca del pseudotallo del banano, ya que las hojas proporcionan un sistema de protección de la planta para que la evapotranspiración sea mínima, no deben eliminarse vainas verdes, desgarrándolas o rasgándolas, ya que por las heridas ocasionadas pueden penetrar bacterias u otros agentes infecciosos (Torres, 2012, p.28).

### **Limpieza de drenajes**

Según Infoagro, (2022), los drenajes se deben realizar en regiones húmedas, donde la precipitación anual es alta y los suelos son planos o ligeramente ondulados. Su objetivo es la evacuación del exceso de agua que se encuentre bien sea en la superficie del suelo o a mayor profundidad, propiciando así buenas condiciones de aireación en la zona radicular, estos pueden ser canales primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios, además su profundidad está determinada por las propiedades físicas del suelo y la intensidad y frecuencias de las lluvias, pero en general tienen una profundidad de 1,20 y 1,50 m (InfoAgro, 2022).

La metodología propuesta en la investigación es de tipo cuantitativa, ya que se propone un modelo matemático de programación entera mixta, para la solución planteada.

### **Desarrollo del modelo de optimización**

Todos los problemas de optimización tienen varios elementos en común, todos tienen variables de decisión, las variables cuyos valores puede elegir el tomador de decisiones, ya sea directa o indirectamente, los valores de estas variables determinan resultados tales como el costo total, los ingresos y las ganancias, esencialmente, son las variables

que una organización debe conocer para funcionar correctamente porque determinan todo lo demás. Todos los problemas de optimización tienen una función objetivo, cuyo valor debe optimizarse, maximizarse o minimizarse, finalmente, la mayoría de los problemas de optimización tienen restricciones que deben ser satisfechas. Suelen ser restricciones físicas, lógicas o económicas que dependen de la naturaleza del problema. Al buscar los valores de las variables de decisión que optimizan el objetivo, debemos elegir valores que satisfagan las restricciones (Winston, 2015, p.73).

El modelo de programación entera binaria, fue desarrollado en una hoja de cálculo, utilizando el complemento Solver Excel 2010, según Winston, (2015), Excel se refiere a las variables de decisión como celdas cambiantes estas celdas deben contener números que pueden cambiar libremente; no se permite que contengan fórmulas, Excel se refiere al objetivo como la celda objetivo, solo puede haber una celda objetivo, que puede contener ganancias, costo total, distancia total recorrida u otros, y debe relacionarse mediante fórmulas con las celdas cambiantes.

#### **Datos de entrada**

Inventarios, números de obreros, remuneraciones del jornal, duración del jornal, rendimientos de los jornaleros, labores desarrolladas en el mantenimiento de la bananera.

#### **Variables de decisión**

Las variables de decisión están conformadas por el número de asignaciones del personal de la empresa a las diferentes labores dedicadas exclusivamente al mantenimiento del cultivo.

#### **Modelo de Restricciones**

Las restricciones del modelo son una función de los recursos disponibles por la empresa, que son destinados a la ejecución de cada una de las actividades relacionadas con las operaciones de mantenimiento de la plantación.

$\sum L_j \leq C_i$ , esta restricción,  $L_j$ , representa la labor que fue asignada a cada trabajador  $T_i$ ; siendo,  $C_i$ , la capacidad que posee cada trabajador, para realizar las diferentes actividades disponibles en el campo.

$\sum T_i = R_j$ , aquí,  $T_i$ , define el número de trabajadores que fueron asignados a la labor  $L_j$ , finalmente,  $R_j$ , representa el número de trabajadores requeridos por cada una de las labores disponibles.



### Rendimientos agrícolas de las labores del campo.

Los parámetros evaluados para la medición de los rendimientos en cada una de las labores fueron las diversas acciones que deben realizar cada uno de los trabajadores diariamente repetidas veces, además de la calidad de la labor para que esté se considere completa. La unidad de medida variara de acuerdo a las características de la labor o labores que se estén evaluando, así como también la forma en cómo se pagará la labor. (Santamaría, 2021, p.37).

La tabla de rendimientos agrícolas por labor le permite a la administración de la finca conocer y manejar el costo directo de mano de obra que requiere ser contratando para las diferentes labores, siendo estos parámetros o indicadores de rendimientos para determinar cuántos jornales se requieren por ciclo por actividad o en la totalidad de la finca. Así como también permite evaluar la productividad del personal que tiene en cada una de las labores de la finca, comparando sus rendimientos entre sí para identificar quienes están superior al promedio e incentivarlos ya sea monetaria con bonificaciones o mejoras laborales o verbalmente por su buen desempeño y los que se encuentran inferior al promedio, evaluar si el bajo rendimiento es debido a una mala actitud por parte del trabajar o es debido aptitud para desarrollar la labor y de acuerdo a esto, reubicarlos de labor o prescindir de sus servicios (Santamaría, 2021, p.37).

**Tabla 1. Rendimientos de labores agrícolas**

Aplicación abono orgánico	Jornal	75 sacos / 25kg	x día
Aplicación Bio Fermentos	Jornal	300 litros	x día
Aplicación Fertilizante "A"	Jornal	12 sacos / <b>25kg</b>	x día
Aplicación Fertilizante "B"	Jornal	6 sacos / <b>50kg</b>	x día
Aplicación Fertilizante "C"	Jornal	8 sacos / <b>25kg</b>	x día
Aspersión de Insecticida (Bomba Mochila)	Jornal	200 litros	x medio día
Aspersión Manual de Fungicida (Motoblock)	Jornal	400 litros	x medio día
Deshoje / Poda	Jornal	45 tareas	x día
Deshoje Fitosanitario	Jornal	30 tareas	x día
Deshije	Jornal	10 tareas	x día
Desbarrigue / Deschante	Jornal	15 tareas	x día
Chapeo de Plantación (machete)	Jornal	4 tareas	x día
Chapeo Mecánizado	Jornal	20 tareas	x día
Deshierba en Plantación (azada)	Jornal	1,5 tareas	x día
Control de Picudos	Jornal	200 tareas	x día
Forqueo	Jornal	5 tareas	x día

### **Limitaciones del Modelo**

El modelo fue diseñado para optimizar los costos de mantenimiento de la bananera, por tal razón no se ha considerado, otras inversiones como herramienta, manual o maquinaria, costos fijos, costos variables, etc.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Fue posible encontrar una solución factible al problema de reducir los costos de la labores de, mantenimiento en la bananera Valeria, mediante la comparación del funcionamiento del sistema antes de la optimización con los resultados del sistema ya optimizado, los resultados son alentadores desde el punto de vista de la economía, el sistema no optimizado funcionaba con 14 empleados para cubrir todas las labores del campo, el costo de inversión en mano de obra en este sistema fue de 1575 dólares, el sistema ya optimizado, sólo necesita 7 obreros, para cumplir con el mismo objetivo, para un costo de 727.50 dólares, representando un ahorro de 46.19 %.

Sería interesante que el modelo nos hubiese dado un poco más de información referente al beneficio que este negocio representa para su propietario, esto no fue posible debido al nivel de detalle, no obstante, esto no es inalcanzable, ya que solo se requieren modificaciones leves para que esto sea posible.

### **CONCLUSIONES**

Los modelos de programación lineal han demostrado ser muy eficientes en la solución de problemas de administración y economía, por lo que es recomendable utilizarlos siempre que las condiciones de un sistema lo permitan.

El modelo, le permitió al administrador de la bananera, asignar los obreros más eficientes a cada labor de mantenimiento en el campo, de forma óptima, considerando sus rendimientos y capacidad, en la ejecución de dichas labores.

En los presupuestos administrativos que se destinan al negocio del banano, se debería considerar una inversión en este tipo de estudios, ya que podrían representar ahorros representativos de inversión maximizando el beneficio de este negocio.

### **REFERENCIAS**

AGRICROP. (9 de 01 de 2023). *AGRI-CROP*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/agricrop4/parte-ii-enfunde-deshoje-y-apuntalamiento-en-el-cultivo-de-banano>

- Borja, J. (2017). La producción de banano bajo el sistema de comercio justo: un. *Siembra* 3, 1-4.
- Capa Benítez, L. B. (2018). Estructura del Capital en las Pequeñas Empresas y Medianas Empresas Bananeras de la Provincia de El Oro. *Revista Universidad y Sociedad*, , 10(2) 304-309.
- FAO. (23 de 12 de 2022). Obtenido de <https://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/447827/>
- Herrera, M. A. (2022). *ESTADO DEL BANANO EN ECUADOR; Acumulación, desigualdad y derechos laborales* (Vol. 2). Quito Ecuador.
- InfoAgro. (23 de 11 de 2022). *EL CULTIVO DEL PLÁTANO (1ª parte)*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm)
- Insignia. (20 de 12 de 2022). Obtenido de <https://elinsignia.com/category/notas/>
- ProMusa. (17 de 01 de 2023). *ProMusa*. Obtenido de <https://www.promusa.org/Deshoj>
- Rendón Guerra, G. D. (2009). *“PROYECCIÓN FINANCIERA DE LOS ESTADOS ECONÓMICOS Y SU INCIDENCIA EN LA PLANIFICACIÓN DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO DE LA HACIENDA BANANERA JOSEFA EN EL SECTOR COSTA AZUL VÍA EL VERGEL – VALENCIA, PARA EL AÑO 2010 PROPUESTA.*
- SANTAMARÍA, J. E. (2021). *ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BANANO*. TURRIALBA, COSTA RICA: CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL.
- Torres, G. A. (2020). *Requerimientos nutricionales de macronutrientes en el cultivo de banano*. Naranjal : Universidad Agraria del Ecuador.
- Torres, S. (2012). *Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira*. Piura: Hidalgo Impresores E.I.R.L.
- Vargas, A. C. (2017). *PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR*. Costa Rica.
- Velasteguí, P. A. (2 de 2014). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS BENEFICIOS MONETARIOS Y NO MONETARIOS DE PRODUCTORES BANANEROS VINCULADOS O NO AL COMERCIO JUSTO*. MACHALA. EL ORO. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Winston, W. L. (2015). *Management Science Lodelling*. . Canada: CENGAGE Learning.