

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CEDILLO SANCHEZ FERNANDA ROCIO, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado MODELO DE PROGRAMACION ENTERA PARA LA OPTIMIZACION OPERATIVA EN LA FINCA "LA ROSITA" UBICADA EN CHILLA, EL ORO, ECUADOR., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 13 de marzo de 2023



CEDILLO SANCHEZ FERNANDA ROCIO  
0707026423

**Modelo de programación entera para la optimización operativa de la finca  
La Rosita ubicada en Chilla El Oro Ecuador**

**Integer programming model for the operational optimization of La Rosita  
farm located in Chilla El Oro Ecuador**

**Fernanda Rocío Cedillo Sánchez.**

E-mail: [fcedillo2@utmachala.edu.ec](mailto:fcedillo2@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-6288-3384>

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

**Econ. Víctor Javier Garzón Montealegre**

E-mail: [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

**Rigoberto Miguel Garcia Batista, PhD.,**

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu.ec](mailto:rmgarcia@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

**Ing. Marcos Antonio Espinosa Aguilar**

E-mail: [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

**Econ. Paola Galvez Palomeque**

E-mail: [pgalvez@utmachala.edu.ec](mailto:pgalvez@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4080-2019>

Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

## **Resumen**

Los modelos de programación lineal se han constituido en una herramienta eficaz en el campo de la administración y la economía, su aporte es fundamental en uno de los campos más complejos de la administración, contribuyendo de forma sistemática en la toma de decisiones, en este trabajo no fue la excepción, ya que con la implementación de un modelo de programación entera, fue posible reducir la fuerza laboral de la empresa en un 65 %, permitiendo una reducción, en los costos de operación y mantenimiento de 36 %, además fue capaz de programar el horario de las actividades que los obreros debían cumplir a diario en el campo, permitiendo que estas fueran desarrolladas por cada obrero designado en un lapso de cinco días por semana.

**Palabras clave: optimización, toma de decisiones, ahorro**

## **Abstrac**

Linear programming models have become an effective tool in the field of management and economics, their contribution is fundamental in one of the most complex fields of management, contributing systematically to decision-making, this work was no exception, since with the implementation of an integer programming model, it was possible to reduce the workforce of the company by 65%, allowing a reduction in operating and maintenance costs of 36%, It was also able to program the schedule of the activities that the workers had to perform daily in the field, allowing them to be carried out by each designated worker in a period of five days per week.

## **Keywords:**

optimization, decision making, savings.

### **1. Introducción**

La Finca la Rosita se dedica al cultivo de cacao, cuenta una extensión de tierra de 24.5 hectáreas, se encuentra ubicada en el Cantón Chilla Provincia de El Oro, la plantación cuenta con un sistema de riego por inundación, aproximadamente 12 hectáreas están

cultivadas con la variedad CCN51, y las restantes están cultivadas con banano de la variedad Cavendish, la finca no cuenta con una planificación adecuada, para asignar del personal a las diferentes actividades que son desarrolladas a diario en las plantaciones, generando una baja productividad de la finca.

En la actualidad, el campo empresarial ha tenido que direccionar sus estrategias de innovación en dirección a las nuevas exigencias de un mercado altamente competitivo. El éxito de las empresas siempre son medidas tomando como referencia su mayor o menor producción, lo que hace pensar en cómo se utilizan los recursos y como direccionar las miradas al grupo humano encargado de hacerlo real (Ventura de Esquén, 2021, p.43).

La productividad consiste en trabajar de forma más inteligente, no en trabajar más intensamente: refleja la capacidad de producir más mejorando la organización de los factores de producción gracias a nuevas ideas, innovaciones tecnológicas y nuevos modelos de negocio (OCDE, 2015, p.3).

Además de promover la difusión de las mejoras de la productividad desde los sectores más avanzados, una asignación eficiente de recursos produce importantes efectos directos en el aumento de la productividad (OCDE, 2015, p.4)

La utilización eficiente de los recursos de personal en las grandes organizaciones requiere la asignación adecuada de personal para mantener los costos al mínimo posible y al mismo tiempo cumplir con varias limitaciones. La programación del personal implica varios elementos, incluida la determinación de la mano de obra necesaria y la asignación de la mano de obra a las tareas, por lo tanto, la programación de personal se ocupa de proporcionar las personas correctas en el momento correcto al costo correcto logrando al mismo tiempo un alto nivel de satisfacción de los empleados. (Tizazu, 2013, p.1).

La investigación de operaciones como herramienta administrativa es aplicada en la actualidad en la mayoría de las empresas ya que permite que intervengan todas aquellas áreas organizacionales, intentando resolver cualquier tipo de problema que se llegue a presentar, ideando, formas y medios para maximizar sus ganancias y reducir sus pérdidas y riesgos (Peñaherrera, et al., 2020).

Por la eficiencia que tienen los modelos de programación lineal, en este trabajo de investigación se ha planteado como objetivo, desarrollar un modelo de programación lineal entera, implementado en una hoja de cálculo, que relacione los horarios de turnos para cinco días con la cantidad diaria de empleados disponibles, para encontrar un horario que use la menor cantidad de empleados y cumpla con todas las restricciones de los recursos de la finca y además reduzca la semana laboral de seis a cinco días.

## **2. Desarrollo**

La programación matemática es un grupo de técnicas de optimización diseñadas para identificar cómo se puede optimizar un sistema cambiando las características de un servicio considerados bajo el control de los tomadores de decisiones (llamados los parámetros de diseño o variables de decisión). Se construye un conjunto de ecuaciones para relacionar las variables de decisión con la función objetivo y a otros aspectos del sistema considerado importantes (por ejemplo, restricciones de recursos o estándares de desempeño que deben cumplirse). Se implementa un proceso de cálculo paso a paso (llamado algoritmo) para identificar un conjunto de valores para las variables de decisión que logran el mayor (o valor más bajo) para el objetivo mientras se cumplen las restricciones (Utley, et al., 2022).

### **2.1 El modelo Matemático de programación lineal**

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.

#### **2.1.1 Definición del problema**

Como primer paso, en la búsqueda de una solución factible al problema, se procedió con el análisis sistemático de todas las unidades de la finca, de esta forma fue posible definir el problema, mediante el planteamiento del siguiente objetivo:

#### **2.1.2 Objetivo del modelo**

Desarrollar un modelo de programación lineal entera, que relaciones los horarios para las actividades del campo en cinco días con la cantidad diaria de empleados disponibles, mediante la programación de una hoja de cálculo implementada en Excel Solver 2019, para encontrar un horario que use la menor cantidad de obreros y así reducir los costos asignados al mantenimiento de la plantación.

### **2.1.3 Colección de datos**

Para recoger los datos de campo, se aplicó el método de la observación directa, de esta forma fue posible obtener información como, las labores culturales en el cultivo del cacao, clasificación de los obreros por el número de labores que pueden desempeñar en el jornal, duración del jornal en horas, la remuneración del jornal, en número de obreros que son necesarios por hectárea para cada plantación.

### **2.1.4 Desarrollo del modelo de programación entera binaria**

#### **2.1.4.1 Datos de entrada**

Los datos de entrada, se validaron considerando el objetivo del modelo, estos fueron, el número de empleados disponibles en la finca, las capacidades de estos para desarrollar dos o más actividades del campo, el tipo de actividad por desarrollar en el campo, su disponibilidad, la remuneración de cada obrero y el número de obreros disponibles por actividad y por el tipo de plantación.

#### **2.1.4.1.1 Actividades y subactividades del proceso productivo del cacao**

Las actividades y subactividades que son desarrolladas en el proceso productivo del campo son (Chávez, 2018, p.182):

- Preparación del terreno, en esta actividad se desarrollan las siguientes subactividades; labor de instalación, socola, tumba repique, despalizada, limpieza, alineada, estaquillada, huequeada de cacao.
- Nutrición del suelo, se emplean insumos, materiales, plantas de cacao, planta de cacao, puntales, fertilizantes, urea, muriato de potasio, abono foliar y fungicidas.
- Mantenimiento de plantaciones, se desarrollan las subactividades, cálculo, control de maleza, riego, fertilización, control fitosanitario, mantenimiento de canales y poda de la plantación.

- 

#### **2.1.4.1.2 Actividades del proceso productivo del banano**

Al hablar de las labores de campo nos enfocamos, en los trabajos que realizan los jornaleros, para llevar a cabo una mejor producción y mantenimiento en cuanto al control de campo, para el desarrollo productivo del banano, según Quizhpi, (2022) estas labores son:

El deshije, es una labor de múltiple selección la cual busca como fin de cortar o podar los llamados (hijos de agua), para regular el número de matas que sirven para la producción del banano

La fertilización, es la actividad que consiste en reponer todos los nutrientes por medio de abono químico, que es derramado en el suelo de forma circular con el fin de que las plantas tengan un mejor aprovechamiento de los nutrientes que se producen en el suelo conjunto al abono (Quizhpi, 2022, p.9).

La Fumigación, es una labor la cual requiere de las mezclas de productos químicos como pesticidas, herbicidas entre otros, ayuda a evitar la propagación de hierba mala o maleza que se dan en los lotes de las bananeras, trayendo como consecuencias nuevas propagaciones de plagas que afectan a las plantaciones (Quizhpi, 2022, p.9).

El Deshoje, consiste en podar las hojas que se encuentran atacadas por plagas, la cual estas pueden dañar el banano y la planta y consigo reproducirse en las demás plantaciones.

El apuntalamiento, esta actividad es aquella que consiste en observar las plantas madre que se han desarrollado demasiado trayendo como consecuencias, que se vire debido a causas como el viento o el peso del mismo, Existen dos tipos de apuntalamiento con piola o con cañas de bambú, para el apuntalamiento con piola se debe observar que las dos matas no se encuentren frente a frente, una vez observado todo esto, procedemos con el amarre con uno de los hijos mayores, teniendo en cuenta que este amarre debe formar un Angulo de 45°, para así evitar la caída del mismo, en cuanto al apuntalamiento de caña de bambú debe colocarse en el punto donde la planta se observe de forma inclinada.

El Enfunde, esta actividad consiste en dar protección a las racimas de banano que se encuentran bajo el peligro de las diferentes plagas, la cual está también ayuda a que el banano se desarrolle, esta labor es muy importante porque ayuda a proteger y evitar que, al producto se le pegue diferentes tipos de plagas o contra a taques de insectos y además tener contacto con los diversos químicos que se utilizan.

#### **2.1.4.1.3 Duración del jornal y su remuneración**

La jornada de trabajo, es de 7 am a 11 am, y de 1 pm a 4 pm, con un receso diario de una hora para el almuerzo, por lo que se tiene una disponibilidad 40 horas semanales por trabajador, en lo que respecta a la remuneración esta es de 120 dólares por semana.

#### **2.1.4.1.4 Número de obreros disponibles por tipo de plantación**

La finca dispone de 12 obreros, destinados a las labores del culturales, para las plantaciones de cacao y banano.

Hay una variedad de sistemas de producción de banano en Ecuador. Algunas plantaciones tienen riego, sistemas de drenaje, teleféricos y requisitos de mano de obra de tan solo un trabajador por hectárea. Otros son de secano, usan pocos insumos externos, tienen sistemas de drenaje ineficientes, instalaciones de procesamiento de frutas rudimentarias y pueden emplear hasta 5 trabajadores por hectárea. Como resultado, la productividad de la tierra y la mano de obra varía sustancialmente entre las fincas, desde 1 000 cajas por hectárea en los sistemas tradicionales hasta 3 000 cajas por hectárea en las plantaciones modernas (FAO, 2023).

Tabla 1, Requerimientos diarios de obreros por día

<b>Días de la semana</b>	<b>Mínimo número de obreros requeridos</b>
Lunes	3
Martes	2
Miércoles	1

Jueves	3
Viernes	3
Sábado	1
Domingo	1

#### 2.1.4.1.5 Variables de decisión

Las variables de decisión, están definidas por el número de obreros que trabajan en cada una de las actividades para cubrir un horario de cinco días de trabajo.

Tabla 2. Asignación de obreros según requerimientos diarios

Días de la Semana	Número de obreros que inician su turno de trabajando de 5 días en varios días
Lunes	2
Martes	0
Miércoles	0
Jueves	1
Viernes	2
Sábado	0
Domingo	0

#### 2.1.4.1.6 Restricciones

El número de empleados que trabajan, deben ser mayores o iguales al número de empleados requeridos.

Tabla3. Modelo de restricciones

Restricciones mano de obra disponible	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Vierne s	Sábada s	Domingo
Obreros asignados	4	4	3	3	5	3	2
	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=
Obreros requeridos	3	2	1	3	3	1	1

#### 2.1.4.1.7 Función Objetivo

El objetivo del modelo es minimizar el número de obreros requeridos para cubrir un horario de cinco días laborables en el que se deben ejecutar todas las actividades requeridas en las dos plantaciones.

#### 2.1.4.1.8 Verificación del modelo

Según Winston, (2015), una forma de verificar un modelo es ingresar una serie de conjuntos de parámetros de entrada (incluso si no son las entradas actuales de la empresa) y ver si las salidas del modelo son razonables, el modelo fue validado con esta metodología, modificando los datos de entrada y verificando datos de salida razonables, desde el punto de vista de la operatividad de la mano de obra de las plantaciones en cuestión.

### 3. Resultados

Una vez validado el modelo, fue posible optimizar el sistema, los resultados permitieron reducir la mano de obra de la finca de catorce a cinco obreros, en los que respecta a los recursos destinados en el mantenimiento de las dos plantaciones, el modelo proporcionó una inversión semanal de 625 dólares en mano de obra, comparando esta inversión con

inversión que se hacía en el sistema antes de ser optimizado, registramos un ahorro de 1125 dólares semanales.

Por otro lado el modelo es flexible, en lo que respecta a la asignación de los obreros al horario de trabajo, que es necesario para desarrollar todas las labores culturales, tanto en el cultivo de banano, como en el cultivo de cacao, ya que cada trabajador puede ir incorporándose a sus labores de forma progresiva durante los siete días de la semana, sin interrumpir las actividades de forma progresiva ,además garantiza que cada obrero trabaje exactamente 5 días por semana.

#### 4. Conclusiones

4.1 Los modelos programación lineal se han constituido en una herramienta eficaz a la hora de modelar situaciones de la vida real, permitiendo la toma de decisiones de forma sistemática.

4.2 La implementación del modelo de programación entera, en la administración de la finca, optimizo el recurso humano, reduciéndolo en un 64.3 %.

4.3 La empresa experimento una reducción en sus egresos aproximadamente 36 %.

#### 5. Referencias

FAO. (15 de 01 de 2023). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de <https://www.fao.org/common-pages/search/en/?q=number%20of%20workers%20per%20hectare%20of%20cultivated%20banana>

Gonzalo Junior Chávez Cruz, R. L. (2018). COSTO DE PRODUCCION DE CACAO CLONAL CCN-51 EN LA PARROQUIA BELLAMARIA, ECUADOR. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* , <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>.

Martin Utley, S. C. (2022). *Operational Research Approaches*. Cambridge University .  
doi:10.1017/9781009236980

Milton Fabián Peñaherrera-Larenas, D. E.-L.-M.-V. (2020). La investigación de operaciones como herramienta administrativa en. *FIPCAEC*, 334-339. doi::  
<https://doi.org/10.23857/fipcaec.v5i5.328>

- OCDE. (27 de 12 de 2015). *El futuro de la productividad*. Obtenido de <https://www.oecd.org/economy/El-futuro-de-la-productividad.pdf>
- QUIZHPI, E. J. (2022). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB USANDO LA METODOLOGIA DE CASCADA PARA EL CONTROL DE MANTENIMIENTO EN LAS BANANERAS*. Milagro Ecuador: UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO.
- Tizazu, B. A. (2013). Personnel scheduling using an integer programming model- an application at Avanti Blue-Nile Hotels. *Springer Plus*, 1-7. Obtenido de <http://www.springerplus.com/content/2/1/333>
- Ventura de Esquén, A. M. (2021). Gestión administrativa y motivación en la producción de una empresa de productos naturales, 2020. *Publisher CEIT*, 43-60. doi: <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.2.465>
- Winston, W. L. (2015). *Management Science Lodeling*. . Canada: CENGAGE Learning.