



Dragones o boca de dragón son flores secundarias para complementar arreglos.
www.prensalibre.com

Optimización de ganancias en una agroexportadora de plantas ornamentales

Recibido: 20/10/2023
Publicado: 01/11/2023

Cristian Misael López Morales

Estudiante del doctorado en Ciencias Económicas con Especialidad en Administración Financiera en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tiene una maestría en Administración Financiera y una licenciatura en Contaduría Pública y Auditoría, ambas por la Universidad de San Carlos de Guatemala; Profesor de postgrado en las maestrías de Administración Financiera y Formulación y Evaluación de Proyectos en la Universidad de San Carlos de Guatemala. cristianlopezgt14@gmail.com.

Resumen

Qué y cuánto producir es un tema crucial para los agricultores y agroexportadores en Guatemala. Esta información les permitirá optimizar sus ganancias y minimizar cualquier tipo de incertidumbre financiera. Esta investigación busca optimizar las ganancias de una agroexportadora de plantas ornamentales en Guatemala, aplicando un modelo simplex de programación lineal. La investigación se realizó con enfoque cuantitativo por medio del método de investigación deductivo con alcance explicativo; como muestra se seleccionaron dos tipos de plantas: sansevieria y aloe vera. Se analizó la demanda en Estados Unidos de América y Europa. Después de realizar el modelo, con sus restricciones, se determinó que la finca objeto de estudio debe incrementar la presencia en el mercado estadounidense, reduciendo de dos a un contenedor la exportación al mercado europeo, esto garantizará su incremento de 300% en la ganancia trimestral. El estudio nos permitió concluir que el modelo de programación lineal establece la metodología para mejorar el desempeño financiero de la finca objeto de estudio, demostrando que, aunque los precios más atractivos son en el mercado europeo, la mejor opción para la finca es exportar su producto sansevieria al mercado estadounidense, concentrando sus recursos productivos a este producto, debiendo optar por sustituir la aloe vera.

Palabras clave

Programación lineal, optimización de utilidades, agroexportación, exportación, demanda.

Abstract

What and how much to produce is a crucial issue for farmers and agro-exporters in Guatemala. This information will allow them to optimize their profits and minimize any kind of financial uncertainty. This research seeks to optimize the profits of an agro-exporter of ornamental plants in Guatemala, applying a simplex linear programming model. The research was carried out with a quantitative approach through the deductive research method with explanatory scope; Two types of plants were selected as samples: Sansevieria and Aloe Vera. Demand in the United States of America and Europe was analyzed. After carrying out the model, with its restrictions, it was determined that the farm under study must increase its presence in the U.S. market, reducing exports to the European market from two to one container, this will guarantee a 300% increase in quarterly profit. The study allowed us to conclude that the linear programming model establishes the methodology to improve the financial performance of the farm under study, demonstrating that, although the most attractive prices are in the European market, the best option for the farm is to export its sansevieria product to the US market, concentrating its productive resources on this product. You should choose to substitute aloe vera.

Keywords

Linear programming, profit optimization, agro-export, export, demand.

Introducción

En Guatemala existen varios agricultores que cultivan plantas ornamentales de calidad, las cuales son comercializadas en su mayoría en el extranjero, principalmente a países de Europa y Estados Unidos de América; sin embargo, tienen dificultad en establecer un nivel óptimo de ganancias, lo cual ha ocasionado que no puedan medir sus costos y sean desplazados por el comercio chino quienes están ingresando al mercado ofertando su producto a un menor precio.

Esta dificultad, según Fedossova et al. (2011, p. 35) puede ser solventada implementando un conjunto de técnicas que den una solución óptima, contando con una estructura típica de programación lineal, lo cual dará como resultado una función objetivo que maximizará o minimizará el resultado deseado, toda vez se cumpla con una serie de restricciones acorde a la problemática estudiada. Estas restricciones, según Río Gómez (2021), se pueden entender como los recursos finitos que debemos utilizar durante la función objetivo como, por ejemplo, los

gastos que debemos minimizar para producir algo o el beneficio que debemos maximizar.

Guatemala es un país que desde el año 2014 inició a integrarse en la producción de sansevieria ante la demanda de la planta ornamental, especialmente en países de Europa y en Estados Unidos de América; demanda que fue originada por la reafirmación del estudio que realizó la NASA denominado Clean Air Study (estudio de aire limpio, por sus siglas en inglés):

Son plantas capaces de limpiar el aire, fue compilada por la NASA como parte del estudio NASA *Clean Air Study 12*, que investigaba plantas capaces de limpiar el aire en las estaciones espaciales. Además de absorber dióxido de carbono y emitir oxígeno, lo que hacen todas las plantas, estas plantas también eliminaban cantidades significativas de benceno, formaldehído y/o tricloroetileno. (Administration, 1989)

Durante la investigación se aplicará un modelo matemático simplex de

programación lineal, teniendo como objeto la maximización de ganancias medidas por el modelo en mención; para el efecto se realizará un análisis de costos por metro cuadrado de una finca productora de plantas ornamentales sansevieria y aloe vera, teniendo como objetivo principal el maximizar la utilidad a través de la optimización de la ecuación de la utilidad $U=I-C$, siendo I los ingresos totales, y C la integración de costos de producción fijos y variables.

Además, se desarrollará un modelo matemático donde se plantearán una serie de restricciones, estableciendo la demanda del mercado estadounidense y europeo, tomando como base la capacidad productiva de la finca y capacidad instalada (procesamiento y despacho de plantas ornamentales), las cuales serán un factor importante para el análisis del resultado requerido, bajo la aplicabilidad de un modelo real de programación lineal que maximizará las utilidades generadas por la finca objeto de estudio. Finalmente, se presentará la interpretación y discusión de los resultados obtenidos, los cuales se evaluarán con los aportes de otras investigaciones.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó con enfoque cuantitativo por medio del método de investigación deductivo con alcance explicativo. El objetivo de la investigación fue analizar y explicar el modelo matemático simplex de programación lineal para maximizar las ganancias de la finca objeto de estudio, como muestra se seleccionaron dos tipos de plantas ornamentales en producción, siendo la sansevieria y aloe vera, para dos mercados demandantes, los cuales son el de Estados Unidos de América y países de Europa.

Resultados y discusión

El estudio se enfocó en dos mercados (europeo y estadounidense) y dos tipos de productos (sansevieria y aloe vera), las variables utilizadas fueron las siguientes:

Q1 = Unidades de sansevieria para el mercado de Europa,

Q2 = Unidades de sansevieria para el mercado de EE. UU.,

Q3 = Unidades de aloe vera para el
mercado de Europa; y,

Q4 = Unidades de aloe vera para el mercado de EE. UU.

En la actualidad toda la producción es exportada y las condiciones de venta son CIF (costo, seguro y flete, por sus siglas en inglés).

Tabla 1

Descripción del producto y precio CIF

Variables	Área	Precio de venta en Quetzales, por unidad
Q ₁ Europa sansevieria	8 plantas por m ²	1.62750
Q ₂ USA sansevieria	8 plantas por m ²	1.08500
Q ₃ Europa aloe	4 plantas por m ²	1.16250
Q ₄ USA aloe	4 plantas por m ²	0.87500

Fuente: Elaboración propia con datos de finca objeto de estudio.

La tabla 1 establece la producción estimada por metro cuadrado, además el precio de venta en Quetzales por cada unidad en el mercado internacional. El

promedio histórico de demanda es de sansevieria 674,000 plantas y aloe vera 31,500 plantas.

Tabla 2*Gastos fijos, cifras en quetzales*

TIPO DE GASTO	VALOR
Sueldos y prestaciones	68,418.33
Arrendamientos	3,750.00
Amortización	1,458.33
Energía Eléctrica	1,452.30
Combustibles	2,000.00
Varios	2,921.04
Total	80,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos de Finca objeto de estudio.

La tabla 2 refleja los gastos fijos. Datos que son de gran importancia para la aplicabilidad del modelo matemático. Otra variable de interés son los costos variables, calculados en base a la

necesidad de mano de obra, insumos y demás recursos, que se utilizan en cada tipo de producto, así como el empaque y el transporte, reflejados en la tabla 3.

Tabla 3*Cálculo y desarrollo de los costos variables, cifras en quetzales*

Costo total para sansevieria			Costo total para aloe vera		
Fertilizante A	=	12,635.00	Fertilizante A	=	665.00
Fertilizante B	=	10,108.00	Fertilizante B	=	532.00
Fertilizante C	=	61,845.00	Fertilizante C	=	3,255.00
Insecticida	=	14,896.00	Insecticida	=	784.00
Plaguicida	=	9,842.00	Plaguicida	=	518.00
M.O.	=	35,245.00	M.O.	=	1,855.00
Mat de emp.	=	11,400.00	Mat de emp.	=	600.00
Transporte	=	447,888.00	Transporte	=	18,662.00
Total		603,859.00	Total		26,871.00
# producida	=	674,000.00	# producida	=	31,500.00
Costo unitario	=	0.90	Costo unitario	=	0.85

Fuente: Elaboración propia con datos de Finca objeto de estudio.

La ecuación de ingreso, fue desarrollada con base a los datos, tanto de los precios y las variables considerando el tipo de planta ofertada y mercado demandante.

$$I = 1.6275Q_1 + 1.0850Q_2 + 1.1625Q_3 + 0.8750Q_4$$

La ecuación del costo está integrada por $C = CP + CF$, siendo CP los costos de producción que fueron presentados en la tabla 3; la integración del costo para la Sansevieria es de Q. 0.90 y para la Aloe Vera es de Q.0.85, los costos fijos están descritos en la tabla 2, los cuales

ascienden a Q80,000.00. La integración de los costos por variables suscita la siguiente ecuación:

$$CT = 0.90(Q_1 + Q_2) + 0.85(Q_3 + Q_4) + 80,000$$

El objetivo es maximizar las utilidades, para lo cual se integra $Z = I - CT$.

$$Z = (1.6275 - 0.90)Q_1 + (1.0850 - 0.90)Q_2 + (1.1625 - 0.85)Q_3 + (0.8750 - 0.85)Q_4 - 80,000$$

$$Z = 0.7275Q_1 + 0.185Q_2 + 0.3125Q_3 + 0.025Q_4 - 80,000$$

Para poder desarrollar esta función en el modelo matemático aplicado en este estudio, se deben cumplir con una serie de restricciones que se detallan a continuación:

Restricción 1: cantidad de plantas producidas

La finca por diversos motivos (almacenamiento, mano de obra, transporte, entre otros), tiene la capacidad de producir 705,500 plantas con estándar de exportación.

$$R_1 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \leq 705,500$$

Restricción 2: terreno cultivable

La finca tiene una extensión territorial de 20 manzanas (141,120 metros cuadrados). Además, es importante resaltar que la plantación es cultivada en tresbolillo, ocupando una sansevieria para cultivarse 0.125 metros cuadrados (8 plantas por metro cuadrado); mientras que, una planta de aloe vera necesita de 0.25 metros cuadrados (4 plantas por metro cuadrado).

$$R_2 = 0.125(Q_1 + Q_2) + 0.25Q_3 + Q_4 \leq 141,120$$

Restricción 3: mano de obra

Para poder cumplir con los compromisos adquiridos, durante el tiempo de cosecha (procesamiento de planta para exportar), se integran 15 colaboradoras que son catalogadas como temporales, quienes desarrollan actividades durante un bimestre conjuntamente con el personal permanente, estos últimos desarrollan otro tipo de actividades durante un mes del trimestre; dentro de las actividades del personal temporal se encuentra el proceso de recolección de planta cortada

en el campo, transporte al área de desenraizado, quitar el exceso de rizoma para que no pase un centímetro del mismo, luego traslado al área de lavado,

aplicación de dipping y posteriormente a secado, donde se clasifica y empaca para su posterior exportación.

Tabla 4

Restricción mano de obra, tiempo por minutos laborados.

Personal fijo		Personal temporal	
Horas por semana	44	Horas por semana	44
Minutos por semana	2,640	Minutos por semana	2,640
Minutos por trimestre	31,680	Minutos por bimestre	21,120
M.O. fijas (mes)	15	M.O temporal (mes)	15
Minutos fijos	475,200	Minutos fijos	316,800

Fuente: Elaboración propia con datos de Finca objeto de estudio.

El total de minutos es de 792,000, los cuales se necesitan para cultivar las plantas con clasificación de exportación; aunado a esto, este tiempo contempla actividades diarias como arado de tierra, siembra, riego, corte, empaque y carga.

$$R3=0.97(Q_1+Q_2)+3.35(Q_3+Q_4)\leq 792,000$$

Restricción 4: presupuesto de transporte

El presupuesto total de transporte es de Q410,750.00; valor que contempla dos contenedores con destino a Europa y tres a Estados Unidos. Como se describe en

la tabla 5, el costo mayor es al mercado de Europa.

$$R_4 = 2.03Q_1 + 0.47Q_2 + 0.93Q_3 + 0.22Q_4 \leq 410,750$$

Tabla 5

Costo de flete por planta a Europa y USA, cifras en Quetzales

Europa		USA	
Sansevieria / contenedor	60,000	sansevieria / contenedor	60,000
Contenedor a Europa	Q 121,675	Contenedor a USA	Q 55,800
Costo por planta/ Europa	Q 2.03	Costo por planta/ USA	Q 0.93
Aloe vera / contenedor	256,500	Aloe vera / contenedor	256,500
Contenedor a Europa	Q 121,675	Contenedor a USA	Q 55,800
Costo por planta/ Europa	Q 0.47	Costo por planta/ USA	Q 0.22

Fuente: Elaboración propia con datos de finca objeto de estudio.

Restricción 5: empaque

El presupuesto total de empaque es de Q80,970.00, esto incluye el valor de la caja de transporte, así como el empaque

individual de cada planta, siendo un embalaje en cajas. Se empaquetan 750 plantas sansevieria por caja y el costo por cada caja es de Q145.00, obteniendo un costo de empaque por planta de Q0.19.

De la planta aloe vera se empaquetan 500 plantas por caja y el costo por cada caja es de Q30.00, generando un costo de empaque por planta de Q 0.06.

$$R_5 = 0.19(Q_1 + Q_3) + 0.06Q_2 + Q_4 \leq 80,970$$

Restricción 6: sansevieria a Europa

El mercado de Europa tiene limitada capacidad de compra. Por esto solo acepta 120,000 plantas de sansevieria; en cambio en Estados Unidos de América no existe restricción. Dicho mercado es demandante en adquirir cualquier cantidad de planta sansevieria.

$$R_6 = Q_1 \leq 120,000$$

Restricción 7: aloe vera a Europa

El mercado de Europa tiene limitada capacidad de compra, aceptando solo 513,000 unidades de aloe vera. En Estados Unidos no existe restricción, ellos pueden adquirir cualquier cantidad de aloe vera.

$$R_7 = Q_3 \leq 513,000$$

Restricción 8: valores positivos

Esta restricción es matemática, en la cual los valores de Q siempre serán positivos.

$$R_8 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \leq 0$$

Para la maximización de las utilidades se aplicó el modelo matemático simplex de programación lineal, para lo cual se utilizó el programa Solver en Excel, maximizando la ecuación Z.

$$Z = 0.7275Q_1 + 0.185Q_2 + 0.3125Q_3 + 0.025Q_4 - 80,000$$

Considerando las restricciones acordes a la información descrita, se detallan las mismas para poder aplicar el modelo:

$$R_1 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \leq 705,500$$

$$R_2 = 0.125(Q_1 + Q_2) + 0.25Q_3 + Q_4 \leq 141,120$$

$$R_3 = 0.97(Q_1 + Q_2) + 3.35(Q_3 + Q_4) \leq 792,000$$

$$R_4 = 2.03Q_1 + 0.47Q_2 + 0.93Q_3 + 0.22Q_4 \leq 410,750$$

$$R_5 = 0.19(Q_1 + Q_3) + 0.06Q_2 + Q_4 \leq 80,970$$

$$R_6 = Q_1 \leq 120,000$$

$$R_7 = Q_3 \leq 513,000$$

$$R_8 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \leq 0$$

Al maximizar la función Z considerando las restricciones de R1, R2,...R8, por medio del modelo simplex de programación

lineal, se obtiene la producción idónea para maximizar las ganancias, siendo esta la siguiente:

$Q_1=50,747$ plantas de sansevieria para el mercado de Europa

$Q_2=654,753$ plantas de sansevieria para el mercado de USA

$Q_3=0$ plantas de aloe vera para el mercado de Europa

$Q_4=0$ plantas de aloe vera para el mercado de USA

Basado en los datos Q se puede resolver la ecuación Z para poder maximizar la utilidad, obteniendo una ganancia de Q78,047.64 trimestral, triplicando la utilidad actual, que según datos de la finca objeto de estudio es de Q26,000.00 trimestral.

$$Z=0.7275(50,747)+0.185(654,753)+0.3125(0)+0.0025(0)-80,000$$

$Z=78,047.64$ de ganancia trimestral

La finca objeto de estudio ha realizado sus actividades de agro exportación de

plantas ornamentales durante ocho años en mercado estadounidense y europeo, obteniendo utilidades esporádicas por su producción que es estacionaria, el mercado europeo le ofrece mejores beneficios económicos; sin embargo, se cuenta con la restricción del número de plantas a exportar a dicho mercado y los costos de transporte hacia ese mercado son más elevados que al estadounidense.

La aplicabilidad del modelo matemático simplex a través de su programación lineal, establece la opción de maximizar sus ganancias a Q78,047.63 mensuales, razón por la cual, para atender la demanda actual se debe enfocar en incrementar la presencia en el mercado estadounidense, reduciendo de dos a un contenedor la exportación al mercado europeo, esto garantizará un incremento del 300% en la ganancia.

Flores y Flores (2021), establecen que el modelo de programación lineal se enfoca a una función objetivo con una o más variables de decisión que se buscan maximizar o minimizar; es decir, que este modelo puede utilizarse también para minimizar costos y priorizar los esfuerzos de producción, así como el de maximizar

la utilidad como se aplicó en el presente estudio.

Incluso en su estudio Cauas (1965), explica que el planteamiento general de los problemas de programación lineal consiste en encontrar los valores positivos de las variables x que hagan máxima (o mínima) una función lineal z que las relaciona, razón por la cual, durante la presente investigación se priorizaron las restricciones incidentes en la variabilidad del resultado enfocado a la utilidad de la finca objeto de estudio.

Partiendo del enfoque de Alvarado (2011), quien establece que la importancia de la programación lineal radica en la fortaleza para modelar problemas complejos y la posibilidad de resolver estos modelos a gran escala mediante programas de cómputo sustentados en el procedimiento de resolución simplex; se priorizaron los distintos escenarios, enfocando las restricciones en un máximo para optimizar el resultado idóneo y deseado, aunque durante la resolución se aplica Solver en Excel, la importancia del modelo matemático es la selección de las variables y la delimitación de las

restricciones, tal como se realizó durante la investigación expuesta.

Además, durante el desarrollo de la investigación se priorizaron las limitaciones o restricciones, cuyas características o diferenciadores indican que no deben ser negativas o resultados menores a cero, esto como regla general del modelo de programación lineal, tal como lo define Guerrero (2017), cuando establece que la programación lineal es una de las técnicas más útiles de la investigación de operaciones, principalmente en problemas empresariales enfocados a términos económicos, financieros y productivos.

Dorfman (1959), establece que el problema formal básico consiste en asignar los escasos recursos, en tal forma que se maximice la obtención de un fin predeterminado; esto principalmente en organizaciones donde tienen diversos productos o servicios, tal es el caso de la finca objeto de estudio. Lo indispensable del modelo matemático de programación lineal, es el aporte donde se priorizan los esfuerzos al producto o servicio que genere un mayor beneficio a la organización; en este caso también se cumplió en

establecer cuál es el mercado más idóneo para comercializar el producto.

Para Gillmore (1958), el método simplex de programación lineal se emplea para resolver problemas de planeación cuando hay una serie de actividades interdependientes, de manera que pueda obtenerse el máximo beneficio; prácticamente orienta el enfoque de cómo optimizar los recursos, es decir, esta información es de utilidad para saber qué producir y en qué cantidades, esto para obtener el mayor ingreso o la utilidad máxima.

Moya Navarro (2011), en su estudio establece que, al aplicar un modelo de programación lineal, se obtiene una poderosa herramienta de toma de decisiones, que permite obtener mucho más información para apoyar en el proceso de planeación de la producción para la toma de decisiones, aunque es importante resaltar que se debe utilizar de una manera coherente la información para poder identificar las restricciones que se aplicarán al modelo, caso contrario la información tendrá un grado de sesgo que puede desvirtuar el resultado deseado.

Además de los resultados obtenidos, se pudo demostrar que, aunque los mejores precios son en el mercado europeo, se debe incrementar el número de contenedores enviados al mercado estadounidense, aspecto resultante por el elevado costo del flete marítimo. Aunado a esto, la prioridad es el cultivo de planta sansevieria, lo ideal será la eliminación de la plantación de aloe vera y enfocar esos recursos financieros (costos de producción y área para producir), a expandir las plantaciones de sansevieria para obtener más producción.

Es importante resaltar que este resultado se obtiene bajo las situaciones actuales del mercado, es decir, a medida que las variables externas cambien, en este caso la restricción de la cantidad de planta demandada por Europa podría aumentar, bajo ese escenario los indicadores expuestos en la programación lineal también deben ser actualizados, toda vez se quiera optar por la maximización de la utilidad como se demostró en el presente estudio.

Referencias

- Administration, N. A. (1989). Interior Landscape Plants For Indoor Air Pollution Abatement. *Science and Technology Laboratory Stennis Space Center, MS 39529-6000*. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19930073077/downloads/19930073077.pdf>
- Boirivant, J. A. (2011). El análisis post-optimal en programación lineal aplicada a la agricultura. *Reflexiones*, 161-173. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4796070>
- Cauas, J. (1965). Fundamentos de la técnica de programación lineal. *Cuadernos de Economía*, II(5), 83-98. <http://www.jstor.org/stable/41950799>
- Dorfman, R. (1959). Programación "lineal" o matemática: un enfoque no matemático. *El Trimestre Económico*, 4(26), 671-701. <http://www.jstor.org/stable/23395579>
- Fedossova, A., Buitrago Suescún, O. Y., & Britto Agudelo, R. A. (2011). *Introducción a la Programación Lineal* (Primera ed.). Bogotá: Colegio de Estudios Superiores de Administración.
- Flores-Tapia, C. E., & Flores-Cevallos, K. L. (2021). Método simplex de programación lineal aplicado a una empresa distribuidora de mobiliario. *Entorno*(71), 22-33. <http://hdl.handle.net/11298/1204>
- Gillmore A., N. (1958). La programación lineal en los problemas de decisiones de producción agrícola. *El Trimestre Económico*, 2(25), 143-156. <http://www.jstor.org/stable/20855412>
- Guerrero Salas, H. (2017). *Programación Lineal Aplicada*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Moya Navarro, M. (2011). Planeación de la producción mediante la programación lineal con incertidumbre: Uso del programa OR Brainware Decision Tools. *Tecnología en Marcha*, 24(4), 85-95. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/159
- Río Gómez, D. d. (2021). Un método símplex en programación lineal multiobjetivo (Trabajo de grado, Universidad de Valladolid). Facultad de Ciencias. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50558>