

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) MEDIANTE EL ÍNDICE COBB-DOUGLAS

*EVALUATION OF THE PRODUCTION AND PRODUCTIVITY OF THE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) CROP USING THE COBB- DOUGLAS*

Luciano Godoy*1, Edmundo Recalde*2

RESUMEN

Este estudio determina la producción y la productividad, mediante la función de producción Cobb-Douglas, este modelo matemático relaciona la cantidad de bienes producidos con los factores de producción utilizados, un parámetro que indica la elasticidad del producto obtenido respecto el generado, en el que la función plantea y combina métodos cuantitativos y cualitativos. Se contó con todos los sitios de producción del cultivo de pitahaya roja pulpa blanca ubicados en la provincia de Cañar, distribuidos en los cantones Cañar y la Troncal, dando un total de 17 sitios de producción, con tamaños que van desde 1 ha hasta 11 ha. En este análisis se compiló la información mediante encuestas con datos de la producción obtenida (Q), tamaño del terreno ha (T), número de horas de trabajo (L), capital (K) y el factor de elasticidad o factor de tecnológico (A), para determinar el rendimiento de cultivos (Y). En los resultados se obtuvo elasticidades positivas entre insumos destacando el factor tamaño ($\alpha = 0.40$) como el factor más determinante en la productividad, las fincas que tienen menor cantidad de hectáreas (<2 ha), presentan valores inferiores al 50 % de productividad, y las fincas de tamaño promedio de los sitios evaluados (1-3 ha), obtuvieron una productividad de 50 % al 98 % y las fincas de mayor tamaño (>3 ha), obtuvieron valores de productividad superior al 100 %, siendo un factor determinante el tamaño del terreno ha ($\alpha=0.40$), en el incremento de la producción, por cada aumento de la superficie de 1 % la productividad incrementa un 40 %, seguido de la mano de obra ($\beta = 0.32$) y el capital ($\gamma = 0.21$), evidenciando una mayor dependencia de recursos naturales como la cantidad del suelo seguido del trabajo humano frente a la inversión en maquinaria o tecnología, estas variables muestran una relación directa entre sí, y si un factor es reducido influye directamente en los otros para incrementar o disminuir la productividad.

ABSTRACT

This study determines production and productivity using the Cobb-Douglas production function. This mathematical model relates the quantity of goods produced to the factors of production used, a parameter that indicates the elasticity of output relative to input. The function incorporates and combines quantitative and qualitative methods. All production sites of the red pitahaya with white pulp located in the province of Cañar, distributed across the cantons of Cañar and La Troncal, were included, totaling 17 production sites with sizes ranging from 1 hectare to 11 hectares. Data was collected through surveys on production output (Q), land area (T), number of hours of labor (L), capital (K), and the elasticity factor or technological factor (A), to determine crop yield (Y). The results showed positive elasticities between inputs, with size ($\alpha = 0.40$) standing out as the most determining factor in productivity. Farms with fewer hectares (<2 ha) showed productivity values below 50%, while farms of average size in the evaluated sites (1-3 ha) obtained productivity values from 50% to 98%, and the largest farms (>3 ha) obtained productivity values above 100%. Land size ($\alpha = 0.40$) was a determining factor in the increase in production; for every 1% increase in area, productivity increased by 40%. This was followed by labor ($\beta = 0.32$) and capital ($\gamma = 0.21$), demonstrating a greater dependence on natural resources such as the amount of soil, followed by human labor, compared to investment in machinery or technology. These variables show a direct relationship with each other, and if one factor is reduced, it directly affects the others, increasing or decreasing productivity.

Palabras clave: Pitahaya, Producción, Productividad, índice de economía, Cobb-Douglas

Keywords: Pitahaya, Production, Productivity, economic index, Cobb-Douglas

1. Introducción

En la provincia del Cañar uno de los desafíos agronómicos más importantes es el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*), considerado un cultivo de gran demanda debido a su precio internacional (Granoble Chancay & Acuría Moran, 2022). La escasez de información respecto a técnicas de manejo de cultivo, manejo de plagas, manejo adecuado de los recursos naturales como agua y suelo (Vargas Tierras, et al., 2020). Esto dificulta cuantificar o estimar datos de producción y productividad en las fincas establecidas, generando problemáticas de incertidumbre económica principalmente de los pequeños y medianos productores, limitando la planificación

financiera, sin información previa con datos numéricos que permita realizar un análisis detallado para estimar costos de ingresos y egresos potenciales, que permita disminuir el margen de error en la prospección financiera para una futura inversión (Granoble Chancay & Acuría Moran , 2022).

El recurso suelo y el recurso agua están siendo mal manejados en el agro, ya que se evidencia excesos o deficiencias en los diferentes sistemas evaluados, describiéndolos como sistemas deficientes y mal planificados (Dietzlcono , et al., 2020). En base a esta observación es recomendable y necesaria la optimización de los recursos, mediante la cuantificación de lo obtenido versus lo que se invierte y con esta información estimar la productividad del cultivo (Sevillano Vera, 2016). Esto permite cuantificar la cantidad requerida de mano de obra, maquinaria y materiales, para mejorar, gestionar y mitigar los riesgos económicos posibles a futuro, como las condiciones climáticas sumado a los riesgos en el cambio de valores en el mercado situación recurrente en la comercialización de la fruta (Mogollón-Alvarado & Viteri-Rade, 2025). Fomentar la práctica de estrategias apegadas a la conservación de la biodiversidad del medio ambiente, del suelo mejorando su conservación y protección, asegurando la seguridad alimentaria de futuras generaciones (Camacho Villota, et al., 2020).

Los factores de la producción agrícola son complejos de medir, especialmente los vinculados con la interacción “planta medio ambiente”, en la mayoría de los casos el productor no está en capacidad de controlar o modificar, sin embargo, puede prever y disminuir su impacto negativo en la producción (Muñoz Gonzales, 2023). La inclusión del uso tecnológico y todos los relacionados con la implementación de nuevas tecnologías, sumado la experticia del agricultor potencia la producción con recursos manejados directamente por el obrero, disminuyendo los costos y las pérdidas generando datos que posteriormente pueden ser medidos (Toba Stephen, et al., 2023). Mediante el uso de los datos históricos generados, de producción, capital y la mano de obra permite hacer un análisis completo que permita la toma de decisiones (Araque Salazar & Duque Orrego, 2019).

Ante la crisis socio ambiental que se vive en muchos sistemas de producción agrícolas, existe la necesidad de encontrar un modelo de estudio, ideal para una agricultura que genere un bajo impacto ambiental, maximizando la producción en igual o menor superficie (Hadera & Tadesse,

2023). Este modelo se logra con la utilización de menos insumos externos y buenas prácticas agrícolas desarrolladas de manera eficiente, integral y complementaria. Cualquier proceso de producción que involucre la transformación de insumos en productos, en la producción agrícola, influye directamente en el aumento o disminución de la producción (Ilesanmi , 2024). Es importante mencionar la eficiencia técnica (TE), en donde se analiza las destrezas del productor o trabajador agrícola que ayudan o perjudican a la eficiencia, con funciones o modelos que se pueda tomar al factor tierra como un elemento básico que se relaciona con más variables para obtener su máximo rendimiento y ayudar a la interacción de factores ambientales con las variables agronómicas (Colin Castillo, et al., 2024). Considerando la importancia del cultivo de pitahaya en los últimos años y que ha venido incrementando la superficie cultivada, conocer la producción y productividad impulsa la mejora de la seguridad alimentaria mediante la optimización de recursos entendiendo su relación y comportamiento entre sí (FAO, et al., 2023).

Es así que en estudios recientes se ha generado información relevante sobre la cantidad del número de cosechas anuales de la producción del cultivo de pitahaya orgánica, en Santo Domingo y Portoviejo, señala que por hectárea al año en Santo Domingo fue de 21 a 23 cosechas y de 24 a 25 en Portoviejo, resultando importante la variable horas luz en el resultado, al existir mayor cantidad de la misma, se incrementa la actividad fotosintética de la planta y por ende su producción (Cevallos Marcillo, 2022). Por otro lado, en estudios enfocados en variables agronómicas referentes al manejo del cultivo y costos de producción para determinar la producción, menciona que el manejo del cultivo en la mayoría de los sitios de producción está administrado por hombres (81 %), por otro lado, el 52.4 % de productores han requerido financiamiento para implantar sus cultivos, mientras que, el 66,7% manejan un sistema de siembra de tres por tres metros, de los cuales el 95.2 % cuenta con postes de hormigón y el 61,9% de los productores presenta una superficie sembrada de pitahaya roja entre 1 y 5 hectáreas, donde el 81% de las plantaciones oscila entre 2 y 5 años de edad (MOREIRA BASURTO & MURRILLO MONTESDEOCA, 2022).

Cabe considerar que los costos de producción, en los Ríos va desde los \$ 1706.50 hasta los \$ 2270.00, el costo de la fertilización puede ir desde los \$ 80.00 cuando se usa abonos orgánicos con incremento hasta los \$ 120.00 cuando se emplea fertilizantes sintéticos (Rivera Gamboa & Gutiérrez Mora, 2022). Por su parte, en el cantón Quevedo el costo anual fluctúa entre los \$

510.00 y \$ 624.00, mientras que en Mocache va desde los \$ 510.00 a \$ 520.00. En este sentido, el monto del costo total de producción es menor en la zona de Mocache, donde fluctúa entre los \$ 1258.63 y \$ 1315.66, mientras que en Quevedo oscila entre \$ 1382.63 y \$ 1625.90, sin embargo, la zona de Quevedo presenta un rendimiento mayor, fluctuando entre los 2890 y 4030 kg/ha respectivamente. El beneficio económico oscila entre \$ 2014.12 y \$ 3765.52 por hectárea/año, siendo mayor cuando no existe la participación del intermediario, por tanto, la rentabilidad por hectárea estaría entre el 87 y 181% anual (Sevillano Vera, 2016).

En la actualidad, existe una función de economía para estimar la productividad, mediante el uso de datos de producción, tamaño, trabajo y capital, llamado índice de Cobb-Douglas, una alternativa que logra la integración y análisis de los componentes necesarios para la planificación y gestión operativa de recursos económicos, naturales y ambientales, teniendo un acercamiento al modelo ideal de producción antes mencionado (Vargas Biesuz, 2014). Este índice fue propuesto en 1928, por Charles Cobb y Paul Douglas quienes desarrollaron este índice mediante el uso de datos de manufactura del medio estadounidense y el cual fue teniendo ajustes desde el año 1922, actualmente se conoce como índice de Cobb-Douglas o también llamada función de producción (BRIONES MENDOZA, et al., 2018).

La función de Cobb-Douglas, es grandemente utilizada en las teorías de la economía para determinar producciones, se basa en un lenguaje de programación y análisis estadístico R, el cual se utiliza para ajustar las fórmulas y los parámetros mediante el uso de regresiones lineales que permiten observar la elasticidad del modelo, visualizando el comportamiento de cada variable y la influencia de cada parámetro en el modelo aplicado, es importante mencionar que las fórmulas utilizadas para determinar las elasticidades de cada producto y la productividad total, por cada uno de los factores se ajustan favorablemente a los datos (Smirnov & Peng Wang, 2021). Esta función (C-D) es una herramienta fundamental en economía agrícola para cuantificar cómo los insumos clave mediante el uso de variables como (Quispe Delgado, 2022): horas de trabajo (L), capital (K), tierra (T) y tecnología (A), las cuales interactúan para determinar el rendimiento de cultivos (Y). Su fórmula es (MEJÍA MATUTE, et al., 2023),:

$$Q = A \cdot T^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot K^{\gamma} \quad (1)$$

En la que se estima las elasticidades (α , β , γ), y se mide la participación porcentual de cada insumo en la producción (Ramírez, et al., 2021). En esta función también se obtiene el índice de productividad total (A), esta captura efectos residuales como innovación tecnológica o clima, ajustándose mediante métodos econométricos, con datos de campo (MEJÍA MATUTE, et al., 2023). Estudios como el de aplican esta función para identificar ineficiencias en pequeños agricultores, revelando que bajos valores de A , suelen asociarse a limitaciones en acceso a crédito o extensión rural (Briones Bendoza, et al., 2018).

Conocer la producción y productividad del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante el índice Cobb-Douglas, busca ayudar al productor en la toma de decisiones, basado en el rendimiento del cultivo (Mehta, et al., 2024). Mejorando su gestión de planificación operativa y económica de recursos económicos, naturales y ambientales (Bravo Ortega & Lederman, 2011). Las prácticas sostenibles planificadas se pueden evaluar a lo largo del tiempo, es por ello que la ejecución de esta función pretende aportar en disminuir la problemática del mal uso de recursos, desde el control de plagas, la cantidad de agua utilizada, los nutrientes para la fertilización y el número de horas utilizadas por jornal, extendiendo la importancia del uso de las nuevas tecnologías en la de agricultura, que fortalece la sostenibilidad y gestión de los cultivos (Zuza, 2023). Este método integra materia prima de datos obtenidos de la agricultura tradicional para optimizar recursos y mejorar la productividad (Adeniyi Jamiu & Bolaji Akinola, 2025).

Determinar la productividad del cultivo mediante el comportamiento de las variables, capital, mano de obra, extensión de terreno y sus interacciones esto se ha aplicado en diferentes cultivos como el café, en el cual expone el impacto que tienen las decisiones técnicas en la productividad, mediante esta función se puede visualizar el peso de las variables agronómicas en la explicación de la productividad del cultivo demostrando que la variable capital tuvo mayor significancia que la variable trabajo, sin embargo las dos están afectan directamente en la producción de café en la Regencia de Pesisir Selatan (Ayu, et al., 2022). También esta función tipo Cobb-Douglas ha sido utilizada virtualmente para analizar la eficiencia en la producción de durazno, en los municipios de Pamplona, Cácuta y Silos de Colombia, en el que se evaluó variables como el capital y el trabajo siendo así el factor más concluyente el capital sobre el trabajo (Cancino Escalante, 2021). En otro estudio también se utilizó la función de producción tipo Cobb Douglas, para estudiar variables asociadas a la producción de café, en las que se evaluó cinco variables

y todas representaron significancia debido a su influencia sobre las variaciones en la productividad, encontrando la más importante la densidad de siembra (Araque Salazar & Duque Orrego, 2019). En un estudio se visualizó los sesgos de heterogeneidad observada y no observada en variedades mejoradas de maíz, en la que se pudo determinar que las variedades mejoradas aumentaron el rendimiento en un 38,7%, principalmente debido al cambio tecnológico sin embargo los rendimientos que no fueron sometidos al cambio tecnológico tuvieron eficiencias similares a las tradicionales Toba Stephen, et al., (2023).

Este estudio busca conocer productividad de cada sitio de producción de pitahaya roja pulpa blanca, mediante el uso de la función de Coob-Douglas, en la que se analiza la producción real versus la producción obtenida con datos obtenidos de cada sitio de producción, dentro de la provincia del Cañar en los cantones, Cañar y la Troncal, utilizando variables de la producción total obtenida en kilogramos por año (Q), la cantidad de superficie cultivada (T), la cantidad de mano de obra utilizada en horas hombre al año (L), los costos generados en la maquinaria, insumos agrícolas, implementación y materiales del sistema de riego con el transporte utilizado (K).

2. Materiales y Métodos

La presente investigación fue de carácter descriptiva de tipo exploratoria, la misma que se desarrolló de carácter cuantitativa y cualitativa respecto del manejo y producción del cultivo de pitahaya roja, mediante la recolección de información para el análisis con la función de economía, respaldada con pruebas estadísticas y cuantificar la producción y productividad (Araque Salazar & Duque Orrego, 2019). Esta investigación se desarrolló dentro de los cantones La Troncal y Cañar, en la provincia de Cañar, del Ecuador.

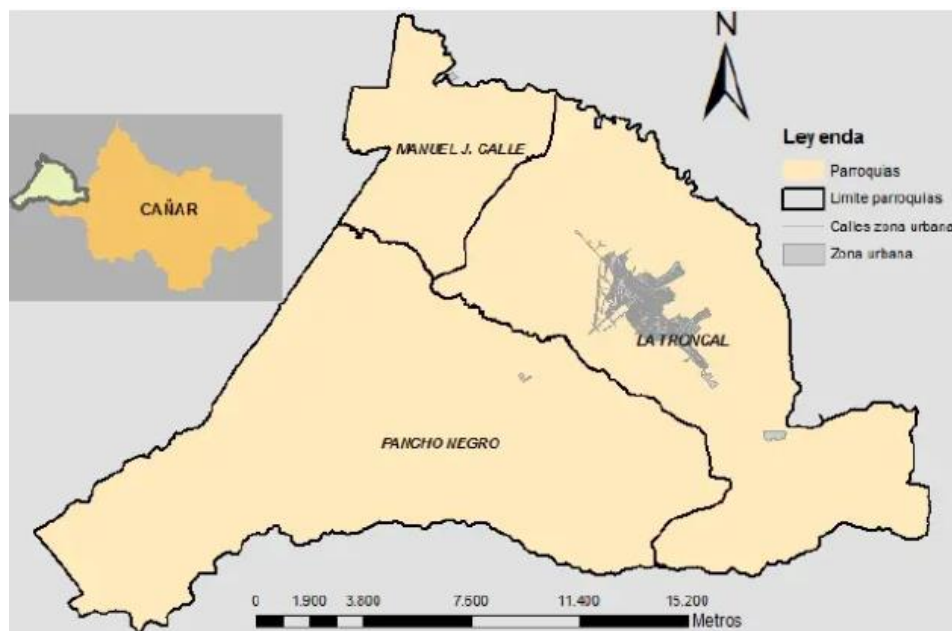


Figura 1. Cantón La Troncal - Ubicación de las parroquias Manuel J. Calle, La Troncal y Pancho negro. Fuente: Bermeo Moyano, (2010).

Se contó con la participación de todos los sitios de producción de pitahaya roja pulpa blanca, que se encuentran en la provincia de Cañar, distribuidos en las parroquias Manuel J. Calle, Pancho negro, La Troncal en el cantón La Troncal y en la parroquia San Antonio perteneciente cantón Cañar, sumando un total 17 sitios de producción, que principalmente sustentan su economía de la producción y venta de frutos de pitahaya, teniendo como principal destino la exportación a los Estados Unidos, mismos que en la actualidad cuentan con la certificación de sitios libres de mosca de la fruta, requisito principal del país de destino para poder exportar. Estos sitios de producción están ubicados de la siguiente manera, en la parroquia San Antonio del cantón Cañar con una altura de 200 y 400 msnm se cuenta con 2 sitios de producción de 2 y 3 ha. En el cantón La Troncal contamos en la parroquia Manuel J. Calle a una altura de 140 y 200 msnm, con 12 sitios de producción con un total de 19 ha, en la parroquia la Troncal a una altura de 24 y 200 msnm, 2 sitios de producción 1 y 11 ha, y finalmente en la parroquia Pancho Negro a 24 y 200 msnm contamos con 1 sitio de producción con un total de 5 ha.

Tabla 1. Lista de sitios de producción de la investigación

Número	Provincia	Cantón/Parroquia	Finca	ha
1	Cañar	Cañar/San Antonio	Finca El Paraíso De Zhucay	2
2	Cañar	Cañar/San Antonio	Finca Teresitas	2,5
3	Cañar	La Troncal /Pancho Negro	Espinoza Farmer	4,5
4	Cañar	La Troncal /La Troncal	Maria Victoria	1,2

5	Cañar	La Troncal /La Troncal	Agrícola Gf	10,5
6	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca Adán	3
7	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca Genesis Vanessa	2,5
8	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca Tanya Patricia	1
9	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	La Embidia	1
10	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	San José	3
11	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca San Eduardo	1,01
12	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca San Jordi	1,5
13	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca Flor Del Valle	1
14	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Santa Rosita	1
15	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Finca Lenny	2
16	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Digna López	1
17	Cañar	La Troncal /Manuel de J Calle	Guido Cajamarca	1

Numeración de los sitios de producción por parroquia y cantón.

La recolección y generación de información en los sitios de producción fue levantada mediante el uso de una encuesta elaborada y aprobada previamente, enfocada a obtener todos los datos de producción (Q), Tamaño del terreno ha (T), el número de horas de trabajo (L) y Capital (K). Se incrementó incrementando el número de preguntas e ítems de la encuesta inicial para tener mayor información y cubrir variables que no se observó en el inicio, estas encuestas fueron programadas con cada productor en el periodo diciembre 2024 a mayo 2025, para todos los casos se utilizaron entrevistas presenciales, enfocándose en costos de producción, manejo del cultivo, estatus del mercado y mano de obra por ha/año (Cevallos Marcillo, 2022). Este proyecto se realiza con la participación voluntaria de cada productor, brindando toda la información correcta y veraz, con la finalidad de obtener resultados relevantes para cada uno de ellos.

Como primera etapa se realizó el levantamiento de información de cada sitio de producción (Tabla 1), seguido de la compilación en una matriz de datos de la información obtenida en campo y adjuntada en bases de datos por categorías (Sevillano Vera, 2016). Con los datos obtenidos se estimó las siguientes variables de producción (Q), del total que se produjo al año en kilogramos de pitahaya, Tamaño del terreno ha (T), el número de ha, que tiene el sitio de producción, el número de horas de trabajo (L), el número de horas utilizadas para las labores diarias, Capital (K) el valor monetario de los recursos de capital utilizados, como maquinaria, infraestructura, fertilizantes, riego, entre otros, para cada periodo.

Con esta información se hizo el cálculo de los coeficientes de regresión (α , β , γ y), transformando los datos aplicando logaritmos naturales ($\ln(Q)$, $\ln(T)$, $\ln(K)$, $\ln(L)$, y también de cálculo el factor

de elasticidad o factor de tecnológico (A), para posteriormente determinar el rendimiento de cultivos (Y).

Fórmula utilizada para estimar el factor tecnológico: $A = e^{\text{intercepto}}$ (2)

Donde $\ln(A)$ es la constante, α la elasticidad de la tierra cultivada, γ la elasticidad del capital y β la elasticidad del trabajo. Este modelo se analizó en Excel y también en el software R, para mejorar la confiabilidad de los datos, mediante los cuales se hizo la regresión lineal múltiple, para estimar los parámetros y coeficientes evaluando el aporte del capital, el trabajo y la tecnología en la productividad y el rendimiento del cultivo.

Fórmula utilizada para estimar los parámetros $\ln(Q) = \ln(A) + \alpha \ln(T) + \beta \ln(L) + \gamma \ln(K)$ (3)

Para calcular la productividad del cultivo de pitahaya mediante la función Cobb-Douglas, se utilizó la información se compilada de datos históricos de empleada, expresada en horas laborales, número de trabajadores, o días-hombre.

Fórmula para estimar la productividad $Q = A \cdot T^\alpha \cdot L^\beta \cdot K^\gamma$ (1)

Una vez calculado todos los parámetros de la formula final, se determinó el índice de Coob Douglas, de cada sitio de producción y los resultados obtenidos se comparan con el valor real obtenido en campo por cada sitio de producción para verificar la diferencia ya sea positiva o negativa que permita identificar la problemática y la incidencia de cada factor limitante en la producción real y la obtenida por la función Cobb-Douglas.

Se realizó pruebas estadísticas para garantizar el cálculo de la productividad mediante una prueba t, para evaluar si los coeficientes estimados α , β , γ y $\ln(A)$ son significativamente diferentes, una prueba de R-cuadrado para medir el ajuste del modelo seguido de pruebas de multicolinealidad como el VIF para verificar la independencia entre $\ln(T)$, $\ln(L)$ y $\ln(K)$ la prueba de correlación, para observar si están correlacionados entre sí y pruebas de normalidad de residuos como Shapiro-Wilk. Y finalmente se realizó una correlación entre variables para observar si existe significancia entre los insumos productivos Esto indica si el capital y el trabajo tienen un impacto estadísticamente significativo en la producción. Utilizando las herramientas estadísticas, el software Excel y el software Rstudio para realizar la regresión lineal y obtener los parámetros para ajustar los datos al modelo logarítmico de Cobb-Douglas.

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados

3.1.1 Resultado de la regresión

3.1.1.1 Elasticidades:

La función de producción Cobb-Douglas nos revela que todos los coeficientes de la formula determinada, son estadísticamente significativos ($p < 0.05$), presenta elasticidad de la tierra ($\alpha = 0.402$, $t = 4.110$, $p = 0.001$) lo que indica que un incremento del 1% en el tamaño (m^2), en la superficie cultivada aumenta la producción en un 0.40%. La mano de obra ($\beta = 0.318$, $t = 3.754$, $p = 0.002$), es el segundo factor en importancia ($p < 0.01$), y que muestra que por cada 1% de incremento de la mano de obra en horas hombre, incrementa la producción en 0,32%. Y el capital ($\gamma = 0.210$, $t = 3.291$, $p = 0.005$), es el tercer factor de importancia con un menor impacto ($p < 0.01$) y muestra que por 1% de incremento en el capital la producción aumenta en 0,21%, mostrando impactos positivos, con elasticidades de 0.32% y 0.21% respectivamente.

La suma de elasticidades ($\alpha + \beta + \gamma = 0.93$) confirma rendimientos ligeramente decrecientes a escala. El modelo exhibe un alto poder explicativo ($R^2 = 0.920$, $Raj^2 = 0.902$), validado por pruebas de especificación, residuos normales (Shapiro-Wilk $W = 0.965$, $p = 0.684$), ausencia de heterocedasticidad (Breusch-Pagan $\chi^2 = 5.21$, $p = 0.157$) y baja multicolinealidad ($VIF < 2.5$ para todas las variables).

Tabla 2. Estimación de parámetros α , β , γ e intercepto Cobb-Douglas

Variable	Coeficiente	Error Estándar	t	p	Elasticidad
Intercepto	1.842***	0.752	2.449	0.021	-
ln(T)	0.402***	0.098	4.110	0.001	<u>0.40</u>
ln(L)	0.318***	0.085	3.754	0.002	<u>0.31</u>
ln(K)	0.210***	0.064	3.291	0.005	<u>0.21</u>

$$\alpha + \beta + \gamma = 0.40 + 0.32 + 0.21 = 0.93 \text{ (Rendimientos ligeramente decrecientes)}$$

3.1.1.2 Factor tecnológico (A)

Muestra la eficiencia base del sistema (A).

$$A = e^{\text{intercepto}} = e^{1.842} \approx 6.31 \quad (2)$$

3.1.2 Formula final de Coob-Douglas obtenida:

$$Q = 6,31 \cdot T^{0,40} \cdot L^{0,31} \cdot K^{0,21}$$

(1)

Tabla 3. Cálculo del índice de Cobb-Douglas, y la resta de lo obtenido por el productor de cada sitio de producción.

Número	Finca	Q	T	L	K	Índice Coob Douglas	Coob Douglas menos Q	% Final de Q
1	Finca Paraíso De Zhucay	5333,33	20000	2208	19444,8	31123,17	-25789,84	<u>17,14</u>
2	Finca Teresitas	50748,3	25000	4608	64266,6	55293,63	-4545,38	91,78
3	Espinoza Farmer	62000	45000	11520	69652	95318,84	-33318,84	65,04
4	Maria Victoria	7200	12000	1152	12682,4	18839,72	-11639,72	<u>38,22</u>
5	Agricola Gf	165000	105000	7488	113786	129531,31	35468,69	<u>127,38</u>
6	Finca Adán	52497,9	30000	4416	31837,2	50648,63	1849,27	<u>103,65</u>
7	Finca Genesis Vanessa	60897,9	25000	2304	32757,2	38502,16	22395,74	<u>158,17</u>
8	Finca Tanya Patricia	13000	10000	1152	12162,4	17355,03	-4355,03	74,91
9	La Embidia	10700	10000	2208	12282,4	21388,02	-10688,02	50,03
10	San Jose	31000	30000	2496	40164,2	44356,99	-13356,99	69,89
11	Finca San Eduardo	13000	10100	2208	7710,4	19473,52	-6473,52	66,76
12	Finca San Jordi	20000	15000	1152	19642,4	22590,76	-2590,76	88,53
13	Finca Flor Del Valle	4200	10000	2208	12685,4	21533,52	-17333,52	<u>19,5</u>
14	Santa Rosita	9500	10000	1152	13282,4	17679,07	-8179,07	53,74
15	Finca Lenny	9500	20000	2208	23484,8	32381,75	-25181,75	<u>22,23</u>
16	Digna López	9500	10000	1152	14852,4	18098,75	-7598,75	58,02
17	Guido Cajamarca	9500	10000	1152	14852,4	18098,75	-7598,75	58,02

Los valores finales de producción (Q), obtenidos por el productor menos lo que se obtiene con el índice de Coob Douglas, muestra que en las fincas 1, 4, 13 y 15 presentan valores inferiores al 40% de producción, mientras que las fincas 5, 6 y 7, presentan valores superiores al 100 %, presentando los picos más altos, y las fincas restantes presentan valores de producción (Q) que van desde 50,03 % hasta 91,78 %.

Al aplicar la fórmula para cada uno de los sitios de producción, se determinó mediante este índice, que las fincas que tenían menor cantidad de hectáreas (T), presentan valores inferiores al 50 % de productividad, y las fincas con un promedio medio de todos los sitios evaluados, obtuvieron un a productividad de 50 % al 98 % y las fincas más grandes a esas hectáreas, obtuvieron valores de productividad superior al 100 %, siendo factores determinantes en el incremento y análisis de la misma, factores como la mano de obra y el capital, muestran una

relación directamente relacionados entre sí, en este estudio no presentan mayor relevancia, pero son vitales en la producción ya que influyen directamente entre es decir, que si un factor es reducido infiere directamente en los otros para incrementar o disminuir la productividad.

3.1.3 Correlación de Insumos Productivos:

Dentro de la matriz de correlación se obtuvo relaciones significativas entre los insumos productivos, observando una correlación positiva moderada entre mano de obra y capital ($r = 0.501$, $p = 0.008$), indicando que incrementos en mano de obra tienden a asociarse con mayor inversión de capital. La correlación tierra - mano de obra también es significativa ($r = 0.412$, $p = 0.042$), mientras que tierra-capital muestra una asociación marginalmente no significativa ($r = 0.387$, $p = 0.051$). Todos los coeficientes son inferiores a 0.6, lo que confirma la ausencia de multicolinealidad crítica ($VIF < 2.5$), validando la independencia de las variables en el modelo. Estas interdependencias moderadas reflejan prácticas agrícolas donde la escalabilidad de operaciones vincula consistentemente el uso de insumos humanos y financieros. Las correlaciones moderadas observadas entre insumos (Figura 1), no comprometen la integridad del modelo ($VIF < 2.5$), siendo consistente con sistemas agrícolas donde mano de obra y capital operan como factores complementarios.

Tabla 4: Matriz de Correlación de variables Tamaño (T), Capital (L) y Horas de mano de Obre (K).

CORRELACIÓN	ln(T)	ln(L)	ln(K)
ln(T)	1	0,412 * 0,042	0,387 0,051
ln(L)	0,412 * 0,042	1	0,501 ** 0,008
ln(K)	0,387 0,051	0,501 ** 0,008	1

Correlación entre insumos productivos. Los valores numéricos representan coeficientes de correlación de Pearson, con asteriscos indicando significancia estadística ($p < 0.05$, ** $p < 0.01$).*

3.2 Discusión

En este estudio la tierra ($\alpha = 0.40$) es el factor productivo más influyente, seguido por la mano de obra ($\beta = 0.32$) y el capital ($\gamma = 0.21$), con rendimientos ligeramente decrecientes a escala ($\Sigma = 0.93$). Estos hallazgos se alinean con tendencias globales recientes documentadas en sistemas agrícolas de economías emergentes. Como la de Hadera & Tadesse (2023) en su análisis de

producción arroceras en India, reportan elasticidades similares ($\alpha = 0.38$, $\beta = 0.29$, $\gamma = 0.19$), destacando el rol crítico del acceso a la tierra en contextos de agricultura poco mecanizada. Complementariamente, en el estudio de Ayu, et al., (2022) identificaron en cultivos de café en la provincia de Sumatra Occidental un patrón análogo, como el capital superó significativamente a la mano de obra, este fenómeno debido a la predominancia de prácticas de cosecha manual y limitada adopción de tecnologías de automatización.

Los rendimientos decrecientes de este estudio coinciden con observaciones de Colin Castillo, et al., (2024) en sistemas de cultivos de maíz, alfalfa, sorgo y plátano que mencionan y vinculan este comportamiento a las diseconomías de escala en gestión de grandes extensiones, las limitantes tecnológicas en la optimización de insumos, y estrés hídrico recurrente. Y el factor tecnológico de $A = 6.31$ sitúa al sistema estudiado en una posición intermedia ya que supera los valores típicos de agricultura tradicional, por ejemplo: $A = 5.2$ en arrozales indios; Hadera & Tadesse (2023), y por debajo de agricultura altamente tecnificada de $A = 8.1$ en maíz chino con riego por sensores; Toba Stephen, et al., (2023). Esto sugiere que se incrementará la eficiencia mediante adopción innovaciones tecnológicas y estratégicas.

Las correlaciones de mano de obra - capital ($r = 0.501$, $p < 0.01$) muestran carácter moderado de forma similar a las documentadas por Ayu, et al., (2022) en Sumatra Occidental: la transición hacia mecanización parcial genera interdependencias donde equipos básicos como las bombas de riego requieren acompañamiento de mano de obra especializada. Y la ausencia de multicolinealidad crítica ($VIF < 2.5$) valida la independencia estadística de las variables, similar a las estimaciones, como observaron Márcio Neu, et al., (2023), en modelos africanos de cultivos mixtos. El alto valor obtenido en nuestro estudio de la tierra (α elevado) respalda iniciativas de reforma agraria focalizada, coincidiendo con recomendaciones de FAO (2023) para América Latina. En el factor de mano de obra ($\beta > \gamma$), se recomienda brindar programas de capacitación técnica, ya que incrementó productividad en un 18% en cafetales colombianos según Araque Salazar & Duque Orrego, (2019), los rendimientos decrecientes exigen saltos tecnológicos en "A", priorizando bioinsumos y micro riego, soluciones con análisis que permita ser más eficientes según Toba Stephen, et al., (2023).

4. Conclusión

Se logró determinar la producción y la productividad obtenida mediante la función Cobb-Douglas mediante datos de kilogramos obtenidos por año (Q), la cantidad de mano de obra utilizada en horas hombre al año desde la implementación del cultivo hasta el manejo en la actualidad (L), los costos generados en la maquinaria, mano de obra, insumos agrícolas, implementación y costo del riego más los costos del transporte utilizado (K), en el cultivo de Hylocereus undatus, en la provincia de Cañar en los cantones la Troncal y Cañar, esta información es crucial debido a los pocos estudios realizados en la zona, que permita tener una base de análisis de la producción y la productividad, siendo así los principales beneficiarios los productores de la zona, que permita tomar decisiones para mejorar y optimizar los recursos mencionados, generando más ingresos y aportando al desarrollo de la colectividad, impulsando el desarrollo y la seguridad alimentaria de futuras generaciones, debido principalmente a los cambios de precios en el mercado internacional ya que es muy fluctuante, con precios que varían desde cinco (5) dólares americanos, por cada kilo de pitahaya, en temporadas de alta demanda, y en la baja hasta los cero veinte (0,20) centavos de dólares americanos, de ahí la importancia de optimizar al máximo los recursos y ser más productivos.

Agradecimientos

Los autores agradecen principalmente a la asociación de productores de pitahaya de la Troncal, y a cada uno de los miembros que fueron partícipes de esta investigación, brindando todo el apoyo y colaboración en la generación y toma de la información de sus registros de producción, capital y mano de obra, y por estar siempre prestos a solventar las dudas generadas en el transcurso de la investigación y posteriormente en el análisis de los datos, es importante mencionar y agradecer a la Directora y Técnicos Distritales de la Dirección y Coordinación del Área de Sanidad Vegetal, de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario del Ecuador, sede Cañar, por su aporte y ayuda que fue fundamental en el acercamiento y apertura a los productores en este estudio.

5. Referencias

- Adeniyi Jamiu, Y. & Bolaji Akinola, A., 2025. Impacto de las tecnologías de agricultura de precisión en la sostenibilidad económica y la gestión de datos en pequeñas explotaciones agrícolas. *researchgate*, p. 66. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/392814293_Impact_of_Precision_Agriculture_Technologies_on_Economic_Sustainability_and_Data_Management_in_Smallholder_Farms_1
- Araque Salazar, H. & Duque Orrego, H., 2019. VARIABLES AGRONÓMICAS DETERMINANTES DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CAFÉ EN FINCAS DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS. *CENICAFE*, p. 12. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/348887600_Variables_agronomicas_determinantes_de_la_productividad_del_cultivo_de_cafe_en_fincas_del_departamento_de_Caldas
- Ayu, F., Tan, F. & Prima Putra, F., 2022. La influencia de los factores capital y laboral en la producción de café en la regencia de Pesisir Selatan, provincia de Sumatra Occidental. *Ekonomis*, 6(2), p. 5. Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.33087/ekonomis.v6i2.673>
- Bermeo Moyano, H. V., 2010. DIPECHO VI "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA DE ANALISIS DE VUNERABILIDADES A NIVEL CANTONAL" LA TRONCAL. *Scribd*, p. 93. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/493475467/Perfil-territorial-LA-TRONCAL>
- Bravo Ortega, C. & Lederman, D., 2011. PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA Y SUS DETERMINANTES: REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES. *redalyc*, 31(2), p. 163. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/221/22131202.pdf>
- Briones Bendoza, X. F., Molero Oliva, L. E. & Zamora, O. X., 2018. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB-DOUGLAS EN EL ECUADOR. *scielo*, 19(2). Disponible en: <https://doi.org/10.22267/rtend.181902.97>
- Camacho Villota, W. A., Barros Vera, J. M., Crespo Torres, N. M. & Mejía Viteri, J. T., 2020. Medición de la productividad en la actividad agrícola. *JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH*, 5(E-ISSN: 2528-8083), p. 91. Disponible en: <https://zenodo.org/records/4725768>
- Cancino Escalante, G. . O., 2021. Determinación de una función Cobb-Douglas en la producción de durazno en Colombia. *Panorama Económico*, 29(3), p. 13. Disponible en: <https://share.google/M2g7sPDLFRf86AYsm>
- Cevallos Marcillo, E. . X., 2022. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PITAHAYA ORGÁNICA (*Hylocereus undatus*) EN SANTO DOMINGO Y PORTOVIEJO. *ULEAM-AGRO*;0251, p. 51. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5152>
- Colin Castillo, S., Aguilar Benítez, I. & Mesa Jurado, M. A., 2024. Explorando la eficiencia técnica de la producción agrícola en tres regiones de México. *Redalyc*, 33(66), p. 38. Disponible en: <https://doi.org/10.20983/noesis.2024.2.2>
- Dietzlcono , T., Chong,J, A. . E., agarralcono, J. & Bernard, K., 2020. ¿Cuán efectiva es la certificación múltiple para mejorar las condiciones económicas de los pequeños agricultores? Evidencia de una evaluación de impacto en el Eje Cafetero de Colombia.. *Taylor & Francis*, 56(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00220388.2019.1632433>
- FAO, y otros, 2023. América Latina y el Caribe: Panorama regional de la seguridad alimentaria y la nutrición 2023. *FAO*, p. 88. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cc8514en>
- GAD TRONCAL, 2020. Gobierno Autonomo Descentralizado de la Ciudad La Troncal, La Troncal pp. 1 Disponible en: <https://www.latroncal.gob.ec/WEB17/VARIOS/CIUDAD.PHP>
- Granoble Chancay, P. . E. & Acuría Moran , J. P., 2022. La producción de Pitahaya Roja "Hylocereus Undatus" incide en su exportación en el de Manabí.. *estudioidea*, pp. 1-32. Disponible en: <https://doi.org/10.53734/mj.vol4.id241>

Hadera, A. & Tadesse, T., 2023. Aversión al riesgo y a la ambigüedad: ¿Incentivos o desincentivos para la adopción de prácticas mejoradas de gestión de tierras agrícolas?. *Wiley*, 54(6), p. 883. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/agec.12788>

Ilesanmi, M., 2024. Análisis de costo-beneficio de la adopción de la nube en la agricultura en Ghana,. *researchgate*, p. 11. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ilesanmi-Michael-2/publication/394085376_Cost-Benefit_Analysis_of_Cloud_Adoption_in_Agriculture_in_Ghana_Kenya_and_Nigeria/links/688892bdf8031739e6097a9e/Cost-Benefit-Analysis-of-Cloud-Adoption-in-Agriculture-in-Ghana-

Márcio Neu, I. M. y otros, 2023. Tamaño de la muestra para evaluar el grado de multicolinealidad en los rasgos morfológicos del centeno. *Caatinga*, 36(1), p. 225. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n123rc>

Mehta, A. y otros, 2024. Cultivo de pitahaya, rentabilidad y eficiencia productiva en el sur de Terai, Nepal. *Int J Hortic Sci Technol*. Disponible en: 10.22059/ijhst.2024.366181.703

MEJÍA MATUTE, S. . R., PINOS LUZURIAGA, L. . G. & TONON ORDÓÑEZ, L. B., 2023. Función de Producción Cobb-Douglas. Una Revisión Bibliográfica. *scielo*, 14(2). Disponible en: <https://doi.org/10.29019/eyn.v14i2.1124>

Mogollón-Alvarado, I. U. & Viteri-Rade, L. Y., 2025. Análisis de la cadena de distribución que determinan la variación de precios de la pitahaya en Ecuador y su efecto en la competitividad internacional. *593 Digital Publisher*, 10(3), p. 960. Disponible en: doi.org/10.33386/593dp.2025.3.3223

MOREIRA BASURTO, A. . J. & MURRILLO MONTESDEOCA, D. . V., 2022. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PITAHAYA ROJA (*Hylocereus undatus*) EN LA PROVINCIA DE MANABÍ. *SPAMMFL*, p. 61. Disponible en: https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1708/1/TIC_A02D.pdf

Muñoz Gonzales, J. P., 2023. Valor agregado al cultivo de pitahaya, en finca ubicada en Telpaneca (estudio de caso) Madriz Nicaragua.. *El Higo*, 13(2). Disponible en: <https://doi.org/10.5377/elhigo.v13i2.17373>

Quispe Delgado, E., 2022. Función de producción Cobb-Douglas y su aplicación en la producción de papa nativa de los socios de COOPAGRO en el distrito de Kishuara - Apurímac 2020. *DSPACE*, p. 62. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12819/1447>

Ramírez, J. M., Perfetti, J. J. & Bedoya, J. G., 2021. Estimación de brechas tecnológicas y sus determinantes en el sector agropecuario colombiano. *banrep*, p. 31. Disponible en: <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/217c7e4a-e37c-4196-b0db-e1dfecddc58f/content>

Rivera Gamboa, Á. M. & Gutiérrez Mora, X., 2022. Costos de producción del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en el Ecuador. *FAO*, p. 31. Disponible en: <https://agris.fao.org/search/en/providers/124888/records/674896197625988a371e1cfe>

Sevillano Vera, W. . A., 2015. Análisis de la producción y productividad del cultivo de pitahaya en los cantones Quevedo, Mocache y Ventanas, año 2015. *[Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]*, p. 92. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/22704fc8-6962-44ad-9c04-54a973f62afb/content>

Smirnov, R. G. & Peng Wang, K., 2021. La función de producción Cobb-Douglas revisada. *Researchgate*, p. 734. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/354205636_The_Cobb-Douglas_Production_Function_Revisited

Toba Stephen, O., Fangbin , Q. & Envío , M., 2023. El impacto de las variedades mejoradas de maíz en la eficiencia productiva en Nigeria: separando la tecnología de las deficiencias gerenciales. *MDPI*, 13(3), p. 611. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030611>

Vargas Biesuz, B. E., 2014. La Función de producción COBB – DOUGLAS. *scielo*, p. 8. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v8n8/v8n8_a06.pdf

Vargas Tierras, Y. B. y otros, 2020. Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. *Iniap*, p. 39. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>

Zuza, . E. J., 2023. Análisis de los factores socioeconómicos y ambientales que influyen en la producción y productividad de macadamia a pequeña escala en Malawi. *ProQuest*, p. 24. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/394a7b11c64c0b33bd4c6a417ab41b2d/1?cbl=2026366&diss=y&loginDisplay=true&pq-origsite=gscholar>