

## Caracterización y propuesta de un plan de manejo para la conservación de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en el cantón Guano

Characterization and proposal of a management plan for the conservation of *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze in the Guano canton

Caracterização e proposta de um plano de gestão para a conservação de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze no cantão de Guano

Llumitasig-Quinatoa, Myriam Soledad  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[mlumitasigq@uteq.edu.ec](mailto:mlumitasigq@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0008-6615-2628>



Carranza-Patiño, Mercedes Susana  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[mcarranza@uteq.edu.ec](mailto:mcarranza@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0917-0415>



Cusquillo-Quispillo, Brayan David  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[bcusquilloq@uteq.edu.ec](mailto:bcusquilloq@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0002-2030-3546>



Herrera-Feijoo, Robinson Jasmany  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[rherrera@uteq.edu.ec](mailto:rherrera@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-3205-2350>



Agualzaca-Caisaguano, David Orlando  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
[dagualzacac@uteq.edu.ec](mailto:dagualzacac@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-6873-4874>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/505>

### Como citar:

Llumitasig-Quinatoa, M. S., Carranza-Patiño, M. S., Cusquillo-Quispillo, B. D., Herrera-Feijoo, R. J., & Agualzaca-Caisaguano, D. O. (2024). Caracterización y propuesta de un plan de manejo para la conservación de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en el cantón Guano. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E4), 486–502.

Recibido: 24/08/2024

Aceptado: 11/09/2024

Publicado: 30/09/2024

### Resumen

Esta investigación es fundamental para el desarrollo sostenible de la *Caesalpinia spinosa* en San José de Chocón y Chingazo Alto, ubicados en el cantón Guano, provincia de Chimborazo. El objetivo principal fue elaborar un plan de manejo para la especie, apoyando su conservación y uso sostenible. Se realizaron extensas salidas de campo para la georreferenciación, censos, análisis dasométricos y morfológicos, evaluaciones fitosanitarias y estimaciones del carbono fijado, junto con un análisis de la relación beneficio/costo de los niveles de producción. Se empleó un enfoque metodológico que incluyó análisis de suelo y determinación de la salud vegetativa (NDVI) de *C. spinosa*. Los resultados mostraron similitudes entre las dos localidades en términos de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa. Además, se observó una predominancia de árboles bifurcados y un total significativo de biomasa y carbono fijado. A pesar de las limitaciones como el escaso manejo y la deficiencia nutricional del suelo, los niveles de producción del guarango mostraron valores rentables. La investigación concluye que es esencial implementar el plan de manejo propuesto, dado que *C. spinosa* y las áreas estudiadas requieren mejoras significativas en producción y desarrollo para su conservación y uso sostenible.

**Palabras clave:** Gestión de recursos naturales, conservación de especies, análisis de suelos, biomasa y evaluación ambiental.

### Abstract

This research is fundamental for the sustainable development of *Caesalpinia spinosa* in San José de Chocón and Chingazo Alto, located in the Guano canton, Chimborazo province. The main objective was to develop a management plan for the species, supporting its conservation and sustainable use. Extensive field trips were carried out for georeferencing, censuses, dasometric and morphological analysis, phytosanitary evaluations and estimates of carbon fixed, together with an analysis of the benefit/cost ratio of production levels. A methodological approach was employed that included soil analysis and determination of vegetative health (NDVI) of *C. spinosa*. The results showed similarities between the two locations in terms of height, diameter at breast height (DBH) and crown diameter. In addition, a predominance of forked trees and a significant total biomass and carbon fixed were observed. Despite limitations such as poor management and soil nutritional deficiency, guarango production levels showed profitable values. The research concludes that it is essential to implement the proposed management plan, given that *C. spinosa* and the areas studied require significant improvements in production and development for its conservation and sustainable use.

**Keywords:** Natural resource management, species conservation, soil analysis, biomass and environmental assessment.

### Resumo

Esta investigação é fundamental para o desenvolvimento sustentável da *Caesalpinia spinosa* em San José de Chocón e Chingazo Alto, localizados no cantão de Guano, província de Chimborazo. O principal objetivo era elaborar um plano de gestão para a espécie, apoiando a sua conservação e utilização sustentável. Foram realizadas extensas viagens de campo para georreferenciação, censos, análises dasométricas e morfológicas, avaliações fitossanitárias e estimativas de carbono fixado, juntamente com uma análise da relação benefício/custo dos níveis de produção. Foi adoptada uma abordagem metodológica que incluiu a análise do solo e a determinação da saúde vegetativa (NDVI) de *C. spinosa*. Os resultados mostraram

semelhanças entre os dois locais em termos de altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro da copa. Além disso, foi observada uma predominância de árvores bifurcadas e uma biomassa total e um carbono fixo significativos. Apesar de constrangimentos como a má gestão e a deficiência de nutrientes no solo, os níveis de produção de guarango apresentaram valores rentáveis. A pesquisa conclui que é fundamental a implementação do plano de manejo proposto, uma vez que *C. spinosa* e as áreas estudadas necessitam de melhorias significativas na produção e desenvolvimento para conservação e uso sustentável.

**Palavras-chave:** Manejo de recursos naturais, conservação de espécies, análise de solo, biomassa e avaliação ambiental.

## Introducción

*Caesalpinia spinosa*, más conocida como guarango, tara o taya, es una planta nativa de la familia Fabaceae que crece en países como Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y el norte de Chile (Gómez et al., 2022). Esta especie se adapta a diferentes altitudes, desde los 600 hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar, e incluso ha sido encontrada en áreas montañosas a altitudes de hasta 3000 metros (Velásquez, 2019). El guarango tiene una asombrosa capacidad para sobrevivir en suelos difíciles, ya sean semiáridos, degradados o pedregosos (Robledo et al., 2020).

En Ecuador, particularmente en la provincia de Chimborazo, cantón Guano, el guarango es fundamental para las comunidades locales. Aquí, se cultiva junto con otros cultivos, tanto temporales como permanentes, integrándose en sistemas agroforestales donde sirve como cerca viva, cortina de árboles o como planta dispersa (Argüello & Saltos, 2017). Su capacidad para enriquecer el suelo con nitrógeno y aprovechar sus vainas y semillas no solo ha mejorado la fertilidad de los suelos, sino que también ha tenido un impacto positivo en la economía local (Cordero et al., 2017).

El guarango también es muy valorado por su papel en la industria del cuero, gracias a su alto contenido de taninos, que son esenciales en el proceso de curtiembre (Argüello & Saltos, 2017). Sin embargo, no todo ha sido fácil para esta especie. Plagas como *Tanaostigmodesp.* y *Argyrotaenia spheropa* han reducido considerablemente la calidad de las vainas, afectando la producción y causando problemas para exportar debido a la falta de cumplimiento de los estándares de calidad internacionales (Murga-Orrillo et al., 2021; Orrillo et al., 2015). Además, la variabilidad en la calidad de las vainas en diferentes regiones ha afectado su uso en las industrias alimentaria y química, reduciendo su valor económico (Cedeño et al., 2023).

En la actualidad esta especie posee importancia económica, debido al uso de sus productos no maderables como es el caso de las semillas y su contenido de taninos que son requeridos en la industria del cuero, química, alimentaria, entre otros (Argüello & Saltos, 2017). El valor económico del guarango está basado en el alto contenido fenólico en sus vainas y semillas en su etapa madura. El 40 a 60 % de las vainas o semilla está compuesta por taninos que aportan a las principales fabricas locales o industrias en el procesamiento de cueros (Aguilar et al., 2014), En ciertas regiones de Sudamérica es utilizada como medicamento por el contenido de ácido gálico hidrolizable que posee (Ballesteros et al., 2021).

A nivel global, los productos no maderables del bosque, como las vainas de guarango, representan una importante fuente de ingresos, especialmente para las comunidades rurales. Sin embargo, la falta de planes de manejo adecuados ha limitado su explotación de manera eficiente, lo que ha creado una alta demanda insatisfecha tanto en los mercados nacionales como internacionales (Cordero et al., 2016). Para aprovechar de manera sostenible estos recursos, es fundamental desarrollar estrategias de conservación que garanticen su disponibilidad futura y permitan un uso económico responsable (Encalada et al., 2017).

En Ecuador, muchos cargamentos de productos no maderables, como el guarango, quedan retenidos en el país por no cumplir los requisitos de exportación, lo que genera pérdidas para los productores (Heifer, 2022).. Según un análisis reciente, la falta de políticas efectivas en el sector forestal ha limitado el desarrollo de la competitividad de los productos no maderables en los mercados internacionales, subrayando la necesidad de una gestión más sostenible y alineada con estándares de exportación (Castillo Vizúete et al., 2023). En comparación, países como Perú y China han implementado prácticas silviculturales sostenibles que han mejorado su producción. Por lo tanto, es crucial que Ecuador adopte mejores prácticas de manejo y estándares de calidad para aprovechar el potencial de estos recursos y proporcionar oportunidades productivas a las comunidades locales (Heifer, 2022).. Además, el desarrollo de un enfoque más alineado a las condiciones locales y nacionales en la gestión forestal podría fortalecer la capacidad del país para cumplir con las demandas del mercado internacional (Wiegant et al., 2020).

En este contexto, un plan de manejo para *Caesalpinia spinosa* es esencial para su conservación y aprovechamiento económico en las comunidades locales. Técnicas como la propagación in vitro han demostrado ser efectivas para mejorar la reforestación y garantizar un uso sostenible de la especie en la industria (Núñez et al., 2017). Este estudio busca proponer un plan de manejo sostenible para las comunidades del cantón Guano, en la provincia de

Chimborazo, con el objetivo de preservar esta valiosa especie y fomentar su desarrollo económico.

## Metodología

El estudio se realizó en dos comunidades del Cantón Guano, provincia de Chimborazo, a una altitud de 2600 a 2920 m s.n.m. Estas comunidades concentran una gran cantidad de individuos de *Caesalpinia spinosa*, cuya producción es clave para la economía local.

Una vez definida la zona de estudio, se llevaron a cabo salidas de campo para reconocer el sitio y socializar la propuesta con los habitantes. Posteriormente, se delimitó el área de potencial producción utilizando el software ArcGIS 10.5. Se realizó un censo de los árboles presentes, midiendo variables como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total (ht), y el diámetro de la copa, con el fin de determinar el número total de individuos, su estado morfológico, salud vegetativa y la estimación del carbono orgánico, siguiendo la metodología de (Carlín-Cedeño & Macías-Loor, 2018)

Para evaluar la rentabilidad y producción en ambas comunidades, se identificó a todos los productores mediante encuestas cerradas. Se recopiló datos sobre los costos y procesos involucrados desde la cosecha hasta la venta de *C. spinosa*, incluyendo mano de obra, tiempo de recolección, insumos y transporte. Esto permitió calcular el rendimiento de cada productor, basado en las metodologías de Zamudio et al. (2010) ; Pérez (2013).

### Metodología para la elaboración de la propuesta del Plan de Manejo

La elaboración del plan de manejo consideró el uso de la especie y la zonificación de cada predio. Se utilizaron mapas de linderos, caminos, topografía e hidrografía, además del censo detallado de cada propiedad. Las actividades incluyeron la zonificación del área de producción de cada habitante, la descripción del suelo, la evaluación de la salud vegetativa de *C. spinosa*, la planificación de la cosecha y el desarrollo de un esquema de manejo. Asimismo, se llevó a cabo una fase de investigación que incluyó la recopilación de datos, una revisión bibliográfica exhaustiva, el análisis de la legislación ambiental vigente, la identificación de objetivos, la participación comunitaria, la aplicación de tecnología y la redacción final de la propuesta, siguiendo los lineamientos de Pérez (2013).

## Resultados

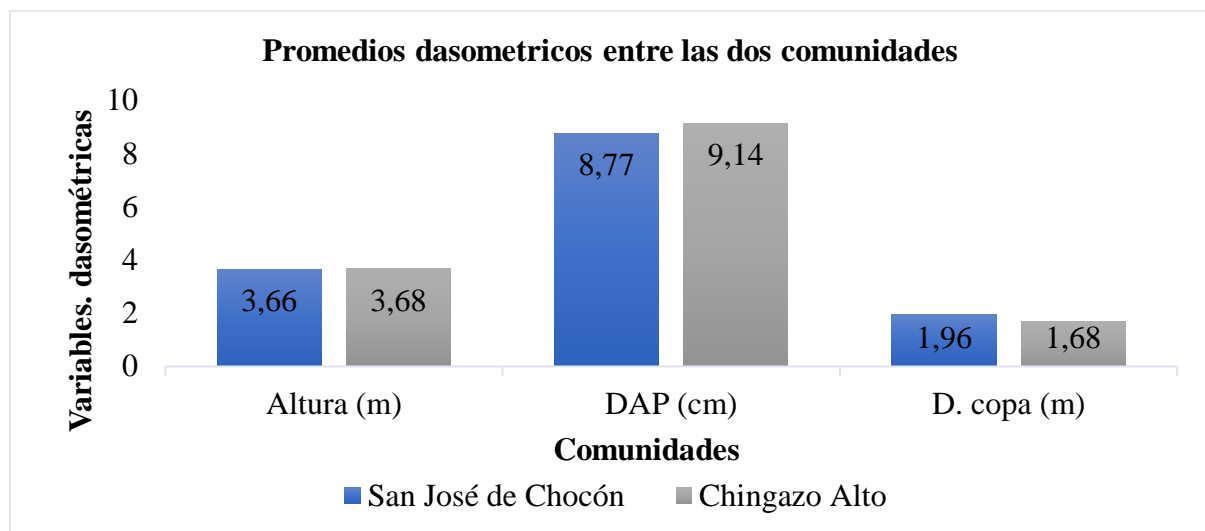
En la comunidad de San José de Chocón, 32 propietarios cultivan *C. spinosa*, con 1077 árboles en 1.31 ha, distribuidos en plantaciones, linderos, cercas vivas y cortinas rompe vientos. En Chingazo Alto, 47 propietarios cultivan 2764 árboles en 2.72 ha bajo condiciones similares. Estos datos, obtenidos de la caracterización de las zonas, son clave para el desarrollo de un plan de manejo forestal para la especie. A continuación, se presenta un resumen de los principales resultados encontrados en las zonas de estudio.

**Características morfológicas de los árboles**

La comparación dasométrica entre San José de Chocón y Chingazo Alto mostró árboles ligeramente más altos en Chingazo Alto (3.68 m vs. 3.66 m); mayor diámetro a la altura del pecho (9.14 cm vs. 8.77 cm). Sin embargo, San José de Chocón presentó un mayor diámetro de copa (1.96 m vs. 1.68 m). Estas diferencias reflejan las condiciones de crecimiento y manejo de la especie en cada comunidad. Como se evidencia en la figura 1.

**Figura 1.**

*Análisis comparativo de las características dasométricas de las zonas de estudio.*



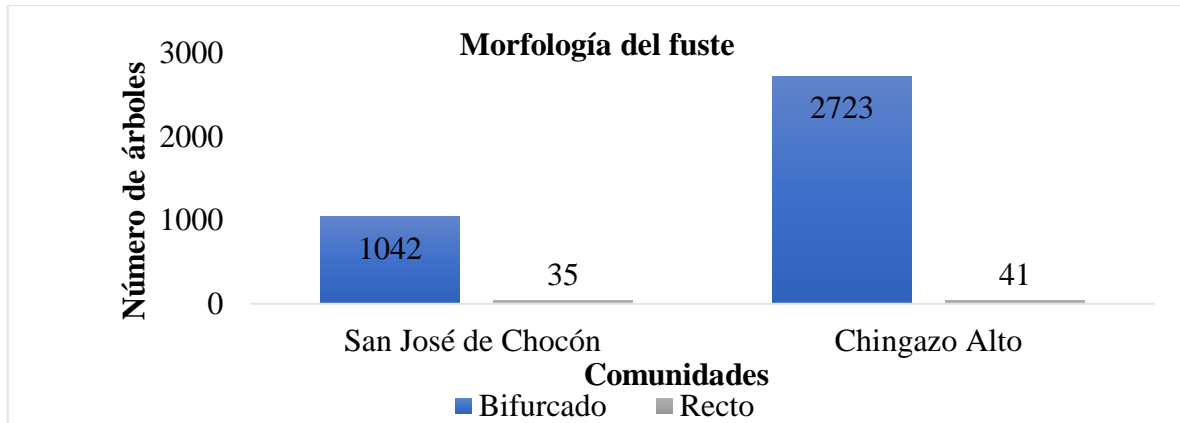
Nota. DAP diámetro a la altura del Pecho, D, copa diámetro de la copa

**Morfología del fuste**

Al evaluar la morfología de los árboles, se observó que la mayoría de los individuos presentan bifurcaciones: 1042 en San José de Chocón y 2723 en Chingazo Alto. En contraste, solo 76 árboles tienen fuste recto entre ambas comunidades, como se muestra en la Figura 6. La predominancia de árboles bifurcados es claramente superior en comparación con aquellos de fuste recto.

**Figura 2.**

*Cuantificación de los árboles en base a la morfología del fuste.*



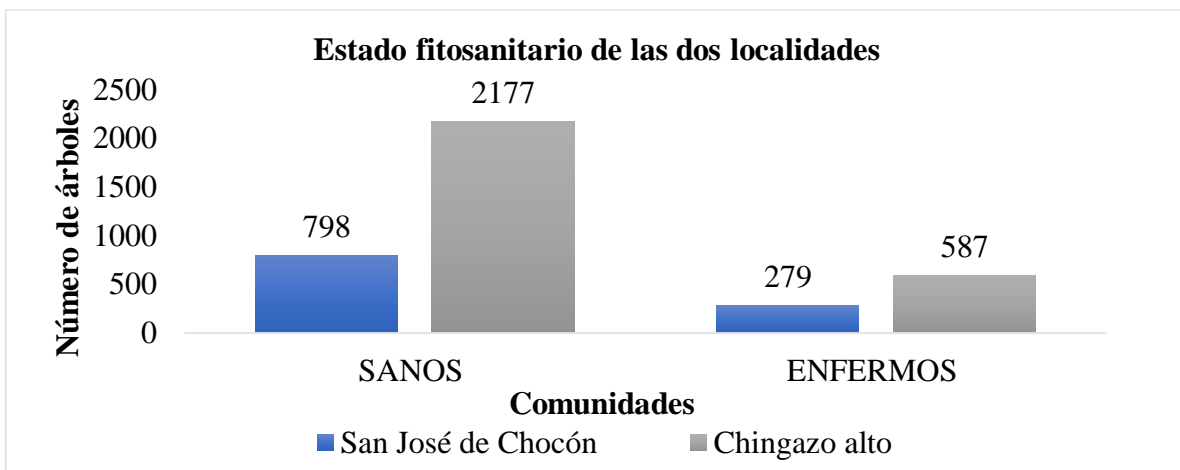
*Nota: Las barras representan la cantidad de árboles en cada uno de las localidades evaluadas*

**Estado fitosanitario**

El análisis del estado fitosanitario muestra que en San José de Chocón se identificaron 798 árboles sanos, mientras que en Chingazo Alto la cifra fue de 2177. Respecto a los árboles enfermos, San José de Chocón reportó 279 afectados, frente a los 587 registrados en Chingazo Alto (Figura 3).

**Figura 3.**

*Cuantificación de los árboles sanos y enfermos de las dos comunidades.*



*Nota: Las barras representan la cantidad de árboles acorde al estado sanitario de las plantas.*

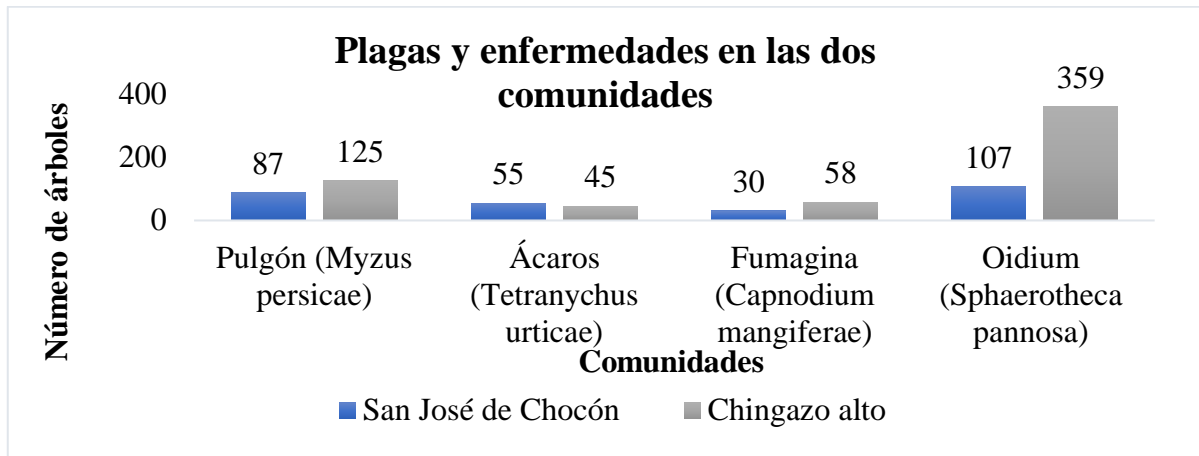
**Presencia de plagas y enfermedades**

La identificación de plagas y enfermedades en *C. spinosa* mostró la presencia de pulgones, ácaros, fumagina y oídio en San José de Chocón y Chingazo Alto. Chingazo Alto tuvo una mayor incidencia de oídio, afectando a 359 árboles, además de 125 afectados por pulgones y 58 por fumagina. En San José de Chocón, 67 árboles fueron afectados por pulgones

y 30 por fumagina, con mayor prevalencia de ácaros (55 árboles frente a 45 en Chingazo Alto). En ambas comunidades se detectó la presencia de Coccinellidae como controlador biológico.

**Figura 4.**

*Principales plagas y enfermedades contabilizadas en los individuos de las dos comunidades.*



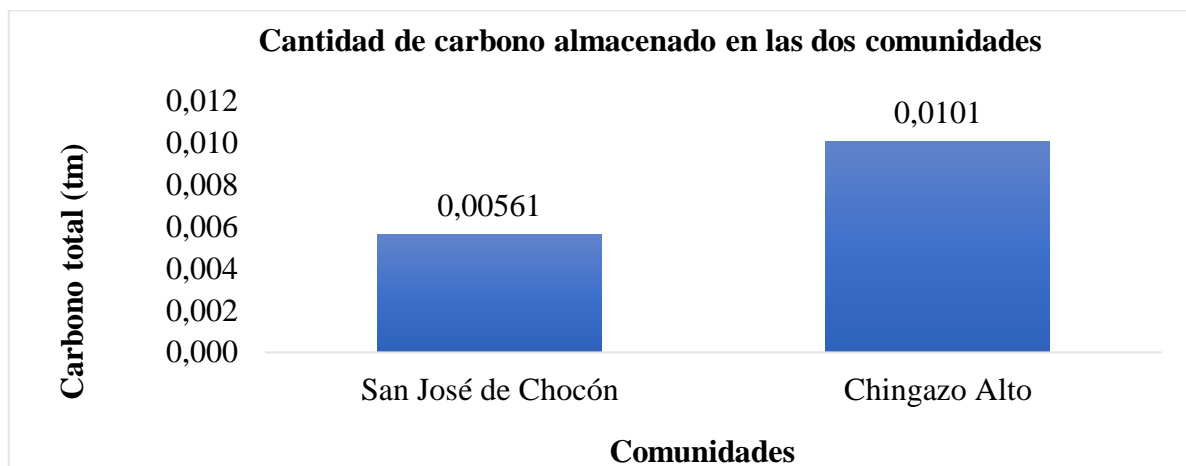
*Nota:* Las barras representan la cantidad de árboles acorde a la presencia de plagas y enfermedades

**Carbono orgánico**

La comunidad de Chingazo Alto presenta mayor concentración de carbono orgánico en sus árboles de guarango en comparación con San José de Chocón. Esto se debe a la mayor cantidad de árboles, su antigüedad, morfología y mejor sistema de riego, lo que optimiza el crecimiento y la fijación de carbono. Los valores en Chingazo Alto alcanzan  $5.61 \times 10^{-3}$  toneladas por hectárea, superando a San José de Chocón en  $4.49 \times 10^{-3}$  toneladas por hectárea (Figura 5).

**Figura 5.**

*Cantidad de carbono almacenado en los árboles de guarango en las dos comunidades.*



*Nota:* Las barras representan la cantidad de carbono almacenado en cada localidad

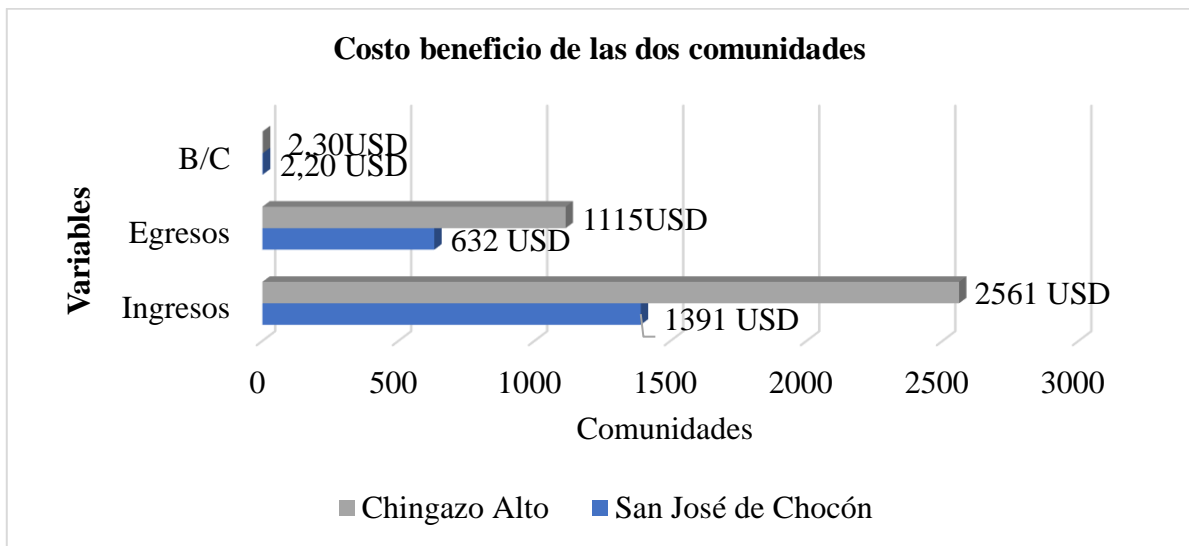


**Cálculo del Beneficio/Costo**

Las encuestas realizadas permitieron calcular la relación beneficio/costo (B/C) para dos comunidades. En San José, el B/C es de 2.20, lo que significa que, por cada dólar invertido en la producción de guarango, se espera un retorno de \$2.20. En Chingazo Alto, el B/C es de 2.30, indicando un retorno de \$2.30 por dólar. Aunque ambos valores reflejan rentabilidad, los productores de Chingazo Alto obtienen mayores retornos. Esta diferencia (0.10 centavos) se debe a la mayor disponibilidad de agua y superficie de guarango.

**Figura 6:**

*Costo beneficioso de las dos comunidades en cuanto a la producción de guarango.*



**Línea base para la Propuesta del Plan de manejo**

El análisis físico-químico del suelo en las 4.0499 ha de producción muestra que ambos suelos son francos arenosos, con buena retención de agua y nutrientes. En San José de Chocón, el pH es neutro y presenta baja materia orgánica, así como niveles reducidos de nitrógeno, manganeso y zinc. La densidad aparente, de 1,25 g/ml, es favorable para el crecimiento de *C. spinosa*.

**Tabla 1.**

*Resultados del análisis del tipo de suelo de las dos localidades.*

Análisis	Unidades Localidad 1	Resultados Localidad 1	Unidades Localidad 2	Resultados Localidad 2
pH	7.03	Neutro	7.66	Ligeramente alcalino
Materia orgánica	0.45	Bajo	0.87	Bajo
Nitrógeno	0.02	Bajo	0.04	Bajo

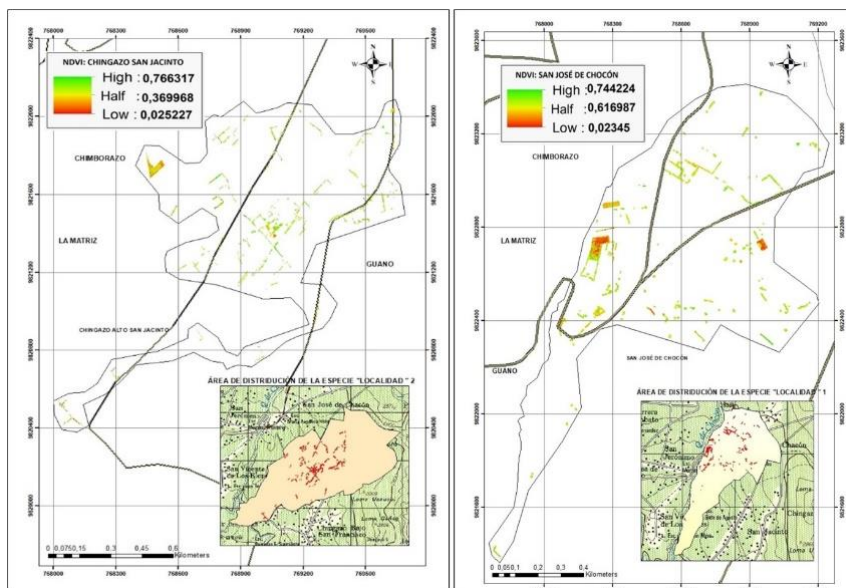
<b>Fosforo</b>	22.9	Alto	26.9	Alto
<b>Potasio</b>	0.60	Alto	0.38	Medio
<b>Calcio</b>	2.19	Medio	2.99	Medio
<b>Magnesio</b>	0.97	Alto	0.96	Alto
<b>Hierro</b>	44.4	Alto	46.9	Alto
<b>Manganeso</b>	0.50	Bajo	0.96	Bajo
<b>Cobre</b>	1.59	Medio	1.27	Medio
<b>Zinc</b>	<1.60	Bajo	<1.60	Bajo
<b>Densidad Aparente</b>	1.25	Franco Arenoso	1.27	Franco arenoso

**Salud Vegetativa de la especie en las zonas de estudio**

Mediante el uso de imágenes satelitales y el análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), se evaluó el estado de *C. spinosa* en las comunidades de San José de Chocón y Chingazo Alto. En San José de Chocón, los valores de NDVI oscilaron entre un mínimo de 0.023, evidenciando árboles afectados por plagas y enfermedades, y un máximo de 0.744, que refleja árboles en buen estado, mientras que los valores promedios indican árboles en recuperación. En Chingazo Alto, se obtuvieron resultados similares, con valores mínimos de 0.025, máximos de 0.766, y promedios de 0.36, reflejando la presencia de árboles enfermos, saludables y moderadamente sanos, respectivamente.

**Figura 7:**

*Distribución espacial del análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en las comunidades en estudio.*



*Nota:* La figura muestra la distribución geográfica de *Caesalpinia spinosa* (Tara) en dos localidades: San José de Chocón (Localidad 1) y Chingazo Alto (Localidad 2). Los mapas

detallados destacan las poblaciones de la especie con puntos rojos, y señalan vías de acceso y puntos de referencia como "La Matriz", "Chimborazo" y "Guano". A la derecha, un mapa general muestra la dispersión de la especie en la región. Se utilizó el sistema de referencia espacial PCS WGS 1984 Zona 17S.

### Propuesta de Plan de Manejo para la conservación de la especie

La propuesta de plan de manejo para la conservación de *C. spinosa* se enfoca en un manejo sostenible que incluye a las comunidades de San José de Chocón y Chingazo Alto. El plan tiene como objetivos clave la conservación de la especie, el uso sostenible de sus recursos, la implementación de tecnologías de monitoreo, y la participación comunitaria. Las estrategias propuestas incluyen:

- **Cumplimiento normativo:** Se revisarán las legislaciones ambientales y se desarrollarán protocolos para el manejo de *C. spinosa*, capacitando a la comunidad en el cumplimiento de normativas.
- **Participación comunitaria:** Se crearán comités de manejo, se realizarán talleres y se establecerán incentivos para fomentar prácticas de conservación.
- **Uso de tecnología:** Se utilizarán herramientas de teledetección y SIG para monitorear el estado de *C. spinosa* y facilitar la toma de decisiones.
- **Mitigación de riesgos:** Se identificarán posibles amenazas ambientales, como el cambio climático, y se diseñarán planes de acción para mitigarlas.
- **Manejo agronómico:** Se implementarán prácticas sostenibles como la propagación, poda y control de plagas, asegurando la conservación de la especie y beneficiando a las comunidades locales.
- **Monitoreo y evaluación:** Se establecerán indicadores ambientales, sociales y normativos, y se adoptarán sistemas de monitoreo comunitario y adaptativo para ajustar las estrategias según sea necesario.

El plan también prevé la creación de programas educativos y la integración de la comunidad en todas las fases de manejo. Se detalla un cronograma de actividades, un presupuesto aproximado de \$65,300 USD, y medios de difusión para asegurar la comunicación y el involucramiento de las partes interesadas. Con un enfoque holístico que integra la legalidad, tecnología y participación, el plan busca ser un modelo replicable para el manejo sostenible de recursos naturales en beneficio de la biodiversidad y las comunidades.

## Discusión

La caracterización de *C. spinosa* en las comunidades de San José de Chocón y Chingazo Alto reveló diferencias en el crecimiento de la especie en ambas localidades, evaluadas mediante imágenes satelitales y visitas a campo. En San José de Chocón, las medidas de altura (3.66 m), diámetro a la altura del pecho (DAP) (8.77 cm) y diámetro de copa (1.96 m) muestran una mayor dispersión en comparación con Chingazo Alto, donde las mismas características son más uniformes: altura de 3.68 m, DAP de 9.14 cm y diámetro de copa de 1.68 m (Polo, 2016). Estos datos reflejan una asimetría en el diámetro de copa y altura con respecto al grosor del fuste en ambas comunidades, lo cual coincide con estudios previos en otras zonas como Salcedo, Latacunga y Pujilí (Cuchipe, 2022). La predominancia de árboles bifurcados (3765 ejemplares) en comparación con los rectos (76 ejemplares) es una característica notable de la especie, lo cual requiere un manejo adecuado de las ramificaciones para evitar la competencia de nutrientes (Vega, 2019).

En cuanto al estado fitosanitario, se identificaron 2975 individuos sanos y 866 enfermos, afectados principalmente por plagas como el pulgón (*Myzus persicae*), el ácaro (*Tetranychus urticae*), y enfermedades como la fumagina y el oídio (Polo, 2016). Sin embargo, estudios previos afirman que estas plagas no representan un riesgo grave debido a la capacidad de la especie para eliminar sus hojas y controlar así la propagación de los patógenos (Arteaga, 2015; Guamán, 2022). La capacidad de la especie para fijar carbono también es significativa (Leyva et al., 2021), aunque en este estudio se encontraron niveles de 0.0157 Tn/ha de carbono almacenado y 15683.609 g de biomasa en los árboles de guarango, valores inferiores a los reportados en estudios anteriores (Ochoa, 2013).

En términos de análisis económico, la producción de *C. spinosa* en las comunidades estudiadas resulta rentable, con una relación beneficio/costo de 2.20 y 2.30, lo que supera los valores reportados en estudios previos en zonas áridas como Tagna, Perú (Tintaya & González, 2015). No obstante, la productividad está directamente relacionada con el manejo silvicultural y el contenido nutricional del suelo, que en ambas localidades muestra niveles bajos de nitrógeno, manganeso, zinc y materia orgánica, factores que afectan el desarrollo de la especie. Las enmiendas al suelo, como sugiere (Quintana & Coronel, 2018), son esenciales para mejorar la producción, ya que suelos con pH alcalino y bajos niveles de nutrientes limitan el rendimiento, como se observó en Chingazo Alto (pH de 7.66).

La propuesta de plan de manejo para la conservación de *C. spinosa* en el cantón Guano destaca la necesidad de un enfoque integrador que abarque aspectos ecológicos, sociales y

económicos. La especie tiene un valor económico potencial gracias a su utilidad en diversas industrias, pero enfrenta amenazas como la pérdida de hábitat, el cambio climático y la sobreexplotación (Botelho et al., 2024). Para mitigar estas amenazas, es crucial implementar prácticas de extracción sostenible y fomentar la educación ambiental, tal como lo sugieren (Kumar et al., 2023). Además, la colaboración entre investigadores, comunidades locales y tomadoras de decisiones es fundamental para el éxito de las políticas de conservación, como destacan (Dujardin & Chades, 2016). Investigaciones futuras sobre la genética de poblaciones podrían aportar valiosa información para optimizar las estrategias de conservación (Arnaud-Haond et al., 2020). Este plan de manejo propone una estrategia basada en la evidencia científica, buscando mejorar la conservación de *C. spinosa* mediante la cooperación multisectorial, asegurando así la preservación de los ecosistemas y el bienestar de las comunidades locales.

## Conclusión

La caracterización dasométrica y morfológica de *Caesalpinia spinosa* reveló que la comunidad de Chingazo Alto presenta una mayor densidad de individuos con características óptimas en comparación con San José de Chocón, lo que sugiere una mejor adaptación a las condiciones locales y un mayor potencial productivo. El análisis económico indicó que, a pesar del manejo limitado de la especie, la producción de *C. spinosa* es económicamente viable en ambas comunidades, con una relación beneficio-costos de 2.20 y 2.30, lo que subraya la rentabilidad y el potencial de expansión del cultivo en el contexto local. Con base en estos hallazgos, se propone un plan de manejo que prioriza prácticas sostenibles y la conservación de *C. spinosa*, enfocado en mejorar tanto la salud de la especie como los rendimientos productivos. Este enfoque es esencial para garantizar la rentabilidad a largo plazo, así como para fortalecer la economía local y promover el bienestar ambiental de las comunidades involucradas.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, A., Noratto, G., Chambi, F., Debaste, F., & Campos, D. (2014). Potential of tara (*Caesalpinia spinosa*) gallotannins and hydrolysates as natural antibacterial compounds. *Food Chemistry*, 156, 301-304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.110>
- APG. (2023). *Trópicos* / Nombre—*Caesalpinia spinosa*. <https://www.tropicos.org/name/13003320>

- Argüello, S. E., & Saltos, W. M. (2017). El Guarango en el Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo – Ecuador. *Industrial Data*, 20(1), 43. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13508>
- Arnaud-Haond, S., Stoeckel, S., & Bailleul, D. (2020). New insights into the population genetics of partially clonal organisms: When seagrass data meet theoretical expectations. *Molecular Ecology*, 29(17), 3248-3260. <https://doi.org/10.1111/mec.15532>
- Arteaga, B. (2015). *Estudio de factibilidad para la implementación de una finca productora de guarango (Caesalpinia spinosa) en el sector San Guillermo, Imbabura, Ecuador 2014*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9830/1/UPS-YT00240.pdf>
- Astudillo-Martínez, W. J., Andrade-Bravo, A. G., García-Valdez, J.-D., & Almenaba-Guerrero, Y. F. (2023). *Un Análisis Científico del Ruido Ambiental y Laboral en Sectores Urbanos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.50>
- Ballesteros, R., Durán, M. I., & Fiorentino, S. (2021). Genotoxicity and mutagenicity assessment of a standardized extract (P2Et) obtained from *Caesalpinia spinosa*. *Toxicology Reports*, 8, 258-263. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.12.024>
- Botelho, L. L., Jeynes-Smith, C., Vollert, S., & Bode, M. (2024). *Ecosystem models cannot predict the consequences of conservation decisions* (arXiv:2401.10439; Versión 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.10439>
- Caicedo-Aldaz, J. C., & Herrera-Sánchez, D. J. (2022). El Rol de la Agroecología en el Desarrollo Rural Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 1(2), 1-16. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n2/24>
- Cárdenas, D., Castaño, N., Sua, S., Quintero, L., Bernal, M., Guerrero, S., Maniguaje, L., Rivera, L., Rodríguez, M., Arango, H., Baquez, A., Cabrera, J., Giraldo, A., Gonzalez, J., Mena, A., Gutierrez, C., Rivera, L., Morales, M., Pedraza, L., & Martinez, G. (2015). *Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa y Canelo de los Andaquíes*. (1.<sup>a</sup> ed.). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Plan-de-Manejo-para-la-Conservacio%CC%81n-de-Abarco-Caoba-Cedro-Palorosa-y-Canelo-de-los-Andaqui%CC%81es-2015.pdf>
- Carlín Cedeño, D. J., & Macías Loo, D. J. (2018). *Valoración de la captación de carbono para la conservación ambiental en el Sector la Pita de la Parroquia Quiroga*. [BachelorThesis, Calceta: ESPAM]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/739>
- Cedeño, H., Soto, A., & Malagón, O. (2023). Utilization of Guarango (*Caesalpinia spinosa*) in the Province of Loja. ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 3(1).
- Cherlinka, V. (2020, septiembre 28). *NDVI: Uso de Índice De Vegetación mejorada*. EOS DATA ANALYTICS. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Cordero, I., Jiménez, M. D., Delgado, J. A., Villegas, L., & Balaguer, L. (2016). Spatial and demographic structure of tara stands (*Caesalpinia spinosa*) in Peru: Influence of present and past forest management. *Forest Ecology and Management*, 377, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.034>
- Cordero, I., Ruíz-Díez, B., Balaguer, L., Richter, A., Pueyo, J., & Rincon, A. (2017). Rhizospheric microbial community of *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze in conserved

- and deforested zones of the Atiquipa fog forest in Peru. *Applied Soil Ecology*, 114, 132-141.
- Cuchipe, E. M. (2022). “*Distribución espacial del guarango (Caesalpinia spinosa) en la provincia de Cotopaxi*” [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9448/1/PC-002397.pdf>
- Dujardin, Y., & Chades, I. (2016). *Solving multi-objective optimization problems in conservation with the reference point method* (arXiv:1611.07640). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1611.07640>
- Encalada, D., Castro, L., Moreno, W., Eraly, D., & Paladines, B. (2017). *Aprovechamiento sostenible de la biodiversidad. El Vainillo (Caesalpinia spinosa) como alternativa productiva sostenible en la provincia de Loja*.
- Gómez, R., Diez, R., Vasquez, C., & Vargas, J. (2022). Rentabilidad del cultivo de tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) kuntze en Apurímac, Perú. *Anales Científicos*, 83(2), Article 2. <https://doi.org/10.21704/ac.v83i2.1960>
- González-Marcillo, R. L., Guamán-Rivera, S. A., Guerrero-Pincay, A. E., & Ortiz-Naveda, N. R. (2023). *Pastos Tropicales de la Amazonia Ecuatoriana Tomo I: Avances científicos sobre sistemas silvopastoriles como estrategia de reconversión de la ganadería*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.46>
- Guamán, B. (2022). *Evaluación de la germinación de semilla de guarango (Caesalpinia spinosa) (mol.) o. Kuntze aplicando dos métodos de escarificación en la comunidad Alacao, Guano, Chimborazo*. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16102/1/33T00340.pdf>
- Guamán-Rivera, S. A. (2022). Desarrollo de Políticas Agrarias y su Influencia en los Pequeños Agricultores Ecuatorianos. *Revista Científica Zambos*, 1(3), 15-28. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n3/30>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Mancheno, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Heifer International. (2022, marzo 2). *Primera exportación de vaina de guarango a Perú / Heifer Ecuador*. <https://www.heifer-ecuador.org/primera-exportacion-de-vaina-de-guarango-a-peru/>
- Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Principales amenazas e iniciativas de conservación de la biodiversidad en Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 33-56. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/85>
- IGN. (2019). *OBS - Teledeteccion*. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf#:~:text=La%20teledetecci%C3%B3n%20es%20la%20t%C3%A9cnica,informaci%C3%B3n%20interpretable%20de%20la%20Tierra.>
- INEGI. (2023). *Ortoimágenes*. <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/ortoimagenes/>
- Kumar, S., Mishra, P., & Singh, R. K. B. (2023). *Network based control strategies for sustainable management of Lantana camara* (arXiv:2306.07461). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.07461>
- Leyva, T., De León-González, F., Etchevers-Barra, J. D., Cortés-Pérez, M., Santiago-García, W., Ponce Mendoza, A., & Fuentes Ponce, M. H. (2021). Almacenamiento de carbono

- en bosques con manejo forestal comunitario. *Madera y Bosques*, 27(4).  
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742421>
- Macías-Véliz, J. N., & Chicharro-López, F. I. (2023). *Procesos de producción de tilapias (Oreochromis niloticus) con aplicación informática*. Editorial Grupo AEA.  
<https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.64>
- Marien, J. N., & Delaunay, G. (2010). La tara, *Caesalpinia spinosa*: Espèce agroforestière emblématique des vallées interandines au Pérou. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 304(304), 25. <https://doi.org/10.19182/bft2010.304.a20443>
- Martínez, N. P. (2022). *Análisis multitemporal de la superficie ocupada por la plantación de guarango (Caesalpinia spinosa) en la parroquia rural Valparaíso cantón Guano*. [Universidad Nacional de Chimborazo].  
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10116/1>
- Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). Evaluación de la degradación ambiental en hábitats Naturales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65–88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/121>
- Murga-Orrillo, H., Palomino-Rosillo, L., Hilares-Vargas, S., Aliaga-Pereyra, M., Seminario-Cunya, A., & Abanto-Rodríguez, C. (2021). First report of *Tanaostigmodess* sp. as the main pest of *Caesalpinia spinosa*: Morphological and biological aspects. *Scientia Agropecuaria*, 12, 257-263.
- Núñez, J., Quiala, E., Fera, M. D., Mestanza, S., & Teanga, S. (2017). Propagación in vitro de *Caesalpinia spinosa* (Mol.) O. Kuntz a partir de yemas axilares de árboles plus seleccionados. *Bioteología Vegetal*, 17, 67-75.
- Ochoa, J., Luis. (2013). *Almacenamiento del carbono de la especie forestal no maderable tara (Caesalpinia spinosa (Mol.) O.K.) en bosques naturales y plantados en la provincia de Ambo—Huánuco*.  
[https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1909/TS\\_JLOC\\_2020.pdf?sequence=1](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1909/TS_JLOC_2020.pdf?sequence=1)
- Olaya, V. (2014). *Los sistemas de información geográfica*.  
[https://www.icog.es/TyT/files/Libro\\_SIG.pdf](https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf)
- Orrillo, H. M., Rodríguez, C. A., Palomino, L., & Vargas, A. R. P. (2015). Ocurrencia de *Argyrotaenia spheropa* Meyrick (1909) (Lepidoptero: Tortricidae) en *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze Britton & Rose (1824). *Scientia Agropecuaria*, 6, 329-331.
- Pérez, T. R. (2013). *Valoración económica de las especies forestales aprovechadas como madera moto aserrada y bloques para tablillas en un bosque húmedo tropical de los alrededores de la desembocadura del río Algodón*.  
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/19>
- Polo, F., David. (2016). *Insectos y ácaros perjudiciales de una plantación de tara (Caesalpinia spinosa) durante la primavera en Lurín*.  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2596>
- Quintana, A., & Coronel, C. (2018). “Efecto de dosis creciente en la aplicación de humus en el rendimiento de tara (*Caesalpinia spinosa*) durante el segundo año de producción, en la parte baja del valle Chancay”.



<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3084/BC-TES-TMP-1900.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ramos-Acuña, H. E., Palomino-Pastrana, P. A., Yaulilahua-Huacho, R., Zela-Payi, N. O., Sumarriva-Bustinza, L. A., Porras-Roque, M. S., & Camposano-Córdova, A. I. (2023). *Transformando la Ganadería: Evaluación de las Explotaciones de Vacunos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.31>
- Robledo, R. S. M., Quintero, J., Higueta, J., Fernández, M., Murillo, J., Restrepo, A., Arbeláez, N., Montoya, A., Ospina, V., Pineda, T., Yepes, L. M., Upegui, Y., & Vélez, I. D. (2020). *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze: Una nueva promesa para el tratamiento tópico de la leishmaniasis cutánea. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(173), 915-936. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1247>
- Rojas, F. E., & Saavedra-Mera, K. A. . (2022). Diversificación de Cultivos y su Impacto Económico en las Fincas Ecuatorianas. *Revista Científica Zambos*, 1(1), 51-68. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n1/21>
- Rojas, J. S., & Solorzano, J. J. (2023). *Evaluación de la relación de los biorreguladores auxinas—Giberelinas en el desarrollo in vitro de plántulas de Caesalpinia spinosa a partir de semillas en dos estadios*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24509/1/UPS-CT010388.pdf>
- Ruiz-Sánchez, C. I., Herrera-Feijoo, R. J., Correa-Salgado, M. de L., & Hidalgo-Hugo, L. D. (2023). *Principios Básicos de Bioquímica para Agroecología*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.23>
- Sarria, F. (2017). *Sistema de Informacion Geograficas*. <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Tintaya, F. C., & González, V. V. (2015). Evaluación de la oferta exportable de tara (*Caesalpinia spinosa*) y su rentabilidad en la región Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, 20, Article 20. <https://doi.org/10.33326/26176033.2015.20.509>
- Vargas-Fonseca, A. D., Borja-Cuadros, O. M., & Cristiano-Mendivelso, J. F. (2023b). *Introducción a la estructura ecológica principal del Distrito Capital y su región ambiental: Conceptos fundamentales, ordenamiento territorial e instrumentos jurídicos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.34>
- Vega, C. R. V. (2019). “*Silvicultura y comercialización de la tara (Caesalpinia spinosa (Feuillée ex Molina) Kuntze)*”. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3203/M016\\_42487222\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3203/M016_42487222_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Velásquez, J. J. V. (2019). *Variabilidad morfológica de la “tara” Caesalpinia spinosa (Molina.) Kuntze (Fabaceae), en poblaciones naturales de Cajamarca: Descriptores de fruto y semilla*.
- Zamudio, F., J. Sánchez, Romo, Lozano, J., L., & Cervantes, Carrillo, J., O, A. (2010). *Evaluación financiera y de riesgo de una plantación forestal comercial en Zihuateutla, Puebla*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v16n1/v16n1a8.pdf>