



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,
Volumen 9, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS
EDÁFICAS Y VARIABLES AMBIENTALES EN EL
CONTENIDO DE TANINOS EN CAESALPINIA
SPINOSA (MOLINA KUNTZE)**

**INFLUENCE OF EDAPHIC CHARACTERISTICS AND
ENVIRONMENTAL VARIABLES ON TANNIN CONTENT IN
CAESALPINIA SPINOSA (MOLINA KUNTZE)**

Julio Aquino Vilca

Dirección Regional de Agricultura Cajamarca, Perú

Mario Ruiz Ramos

Universidad Nacional de Jaén, Perú

Segundo Sánchez Tello

Universidad Nacional de Jaén, Perú

Gustavo Adolfo Martínez Sovero

Universidad Nacional de Jaén, Perú

Luis Arturo Gil Ramírez

Universidad Nacional de Jaén, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17300

Influencia de las Características Edáficas y Variables Ambientales en el Contenido de Taninos en *Caesalpinia Spinosa* (Molina Kuntze)

Julio Aquino Vilca¹vilcaaj@yahoo.com<https://orcid.org/0000-0002-6021-5797>Dirección Regional de Agricultura Cajamarca
Perú**Mario Ruiz Ramos**ruiz_ramos@unj.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-9955-3064>Universidad Nacional de Jaén
Perú**Segundo Sánchez Tello**Segundo.sanchez@unj.edu.pe<https://orcid.org/0000-0003-4031-9430>Universidad Nacional de Jaén
Perú**Gustavo Adolfo Martínez Sovero**gustavo.martinez@unj.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-2030-3004>Universidad Nacional de Jaén
Perú**Luis Arturo Gil Ramírez**lus.gil@unj.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-7323-0566>Universidad Nacional de Jaén
Perú

RESUMEN

Este estudio evaluó la influencia de las características edáficas y las variables ambientales en el contenido de taninos en *Caesalpinia spinosa* (Molina Kuntze), conocida como tara, en dos zonas de vida natural (bosque seco pre montano tropical y bosque seco montano bajo tropical) en la región de San Pablo y Cajamarca, Perú. Se consideraron tres tipos de material parental del suelo (calcáreo, arenisca y volcánico) y se midieron los contenidos de taninos en los frutos de tara mediante análisis en términos de ácido tánico. Los resultados mostraron que tanto las características edáficas (pH, N, P, K, materia orgánica) como las variables ambientales (precipitación, temperatura y radiación solar) influyeron significativamente en el contenido de taninos. El análisis estadístico multivariado, incluido un análisis de componentes principales (PCA), permitió identificar que las interacciones entre las variables del suelo y el ambiente explican gran parte de la variación observada en los taninos. Los suelos calcáreos en el bosque seco montano bajo tropical presentaron los niveles más altos de taninos totales, con una media del 56,15%. Estos resultados ofrecen una base para optimizar las condiciones de cultivo de *Caesalpinia spinosa* y mejorar la producción de taninos en función de los factores edáficos y ambientales.

Palabras clave: caesalpinia spinosa, compuestos fenólicos, propiedades del suelo, factores ambientales, análisis multivariante

¹ Autor principal

Correspondencia: vilcaaj@yahoo.com

Influence of Edaphic Characteristics and Environmental Variables on Tannin Content in *Caesalpinia Spinosa* (Molina Kuntze)

ABSTRACT

This study evaluated the influence of edaphic characteristics and environmental variables on tannin content in *Caesalpinia spinosa* (Molina Kuntze), commonly known as tara, across two natural life zones (premontane tropical dry forest and montane tropical dry forest) in the San Pablo and Cajamarca regions of Peru. Three types of parent soil material (calcareous, sandstone, and volcanic) were considered, and tannin content in tara fruits was measured using tannic acid analysis. The results indicated that both edaphic characteristics (pH, N, P, K, organic matter) and environmental variables (precipitation, temperature, and solar radiation) significantly influenced tannin content. Multivariate statistical analysis, including principal component analysis (PCA), identified that interactions between soil and environmental variables explain much of the observed variation in tannin levels. Calcareous soils in the montane tropical dry forest showed the highest total tannin levels, with an average of 56.15%. These findings provide a basis for optimizing *Caesalpinia spinosa* cultivation and improving tannin production based on edaphic and environmental factors.

Keywords: caesalpinia spinosa, phenolic compounds, soil properties, environmental factors, multivariate analysis

Artículo recibido 10 febrero 2025
Aceptado para publicación: 15 marzo 2025



INTRODUCCIÓN

Los taninos son compuestos fenólicos que han desempeñado un papel importante en la vida humana desde las primeras civilizaciones, con aplicaciones que van desde la conservación de alimentos y bebidas, hasta su uso en la industria de la curtiduría para tratar pieles (Hagerman, 2019). Estos metabolitos secundarios están presentes en una gran variedad de plantas y se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y astringentes, lo que los hace útiles en la alimentación, la medicina y la industria textil (Sharma et al., 2021). Dentro de las especies productoras de taninos, la *Caesalpinia spinosa* (Molina Kuntze), conocida como tara, destaca por su alto contenido de taninos condensados en sus frutos, los cuales tienen una gran demanda en la industria alimentaria y farmacéutica a nivel global (Ribera & Zúñiga, 2020).

La producción de taninos en plantas puede verse influenciada por diversos factores ambientales y edáficos, como el tipo de suelo, la disponibilidad de nutrientes, el régimen hídrico y la radiación solar. Estudios recientes han demostrado que las condiciones del suelo, como el pH, el contenido de materia orgánica y la concentración de elementos esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), son determinantes clave en la síntesis de compuestos fenólicos (Cao et al., 2018). Además, la variación en la altitud y la temperatura también influye en la concentración de taninos, como se ha observado en otras especies leguminosas (Garg et al., 2020). Por tanto, es crucial comprender cómo interactúan estos factores para optimizar la producción de taninos en *Caesalpinia spinosa*.

Este estudio se centra en evaluar la influencia de las características edáficas y las variables ambientales en el contenido de taninos de *Caesalpinia spinosa*, cultivada en dos zonas de vida natural en la región de San Pablo y Cajamarca, Perú. El objetivo es identificar qué factores edáficos y ambientales influyen de manera significativa en la producción de taninos y cómo pueden emplearse para mejorar su cultivo en condiciones específicas. Para ello, se realizaron análisis multivariados que permiten identificar las interacciones clave entre el suelo y las condiciones ambientales, proporcionando una visión más integral de los factores que controlan la síntesis de taninos en esta especie.



MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las provincias de San Pablo y Cajamarca, situadas en el departamento de Cajamarca, Perú, áreas productoras de *Caesalpinia spinosa* (Tara). La ubicación de las zonas de trabajo se determinó mediante el uso de cartografía temática basada en mapas georreferenciados. La verificación se realizó a través de visitas de campo, las cuales confirmaron las características edáficas y ambientales de las zonas seleccionadas.

Diseño experimental y características de las zonas de estudio

Se seleccionaron dos zonas de vida natural distintas, de acuerdo con la clasificación de Holdridge:

- A1: Bosque seco – Pre Montano Tropical (bs – PMT)
- A2: Bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs – MBT)

Además, se evaluaron tres tipos de material parental del suelo:

- B1: Origen calcáreo
- B2: Origen arenisca
- B3: Origen volcánico

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial 2x3 (dos zonas de vida natural y tres tipos de material parental), resultando en seis combinaciones de tratamiento. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, donde cada árbol de tara representó una unidad experimental (parcela), sumando un total de 24 parcelas experimentales.

- Tratamiento 1: A1B1: Bosque seco – Pre Montano Tropical, material parental calcáreo
- Tratamiento 2: A1B2: Bosque seco – Pre Montano Tropical, material parental arenisca
- Tratamiento 3: A1B3: Bosque seco – Pre Montano Tropical, material parental volcánico
- Tratamiento 4: A2B1: Bosque seco – Montano Bajo Tropical, material parental calcáreo
- Tratamiento 5: A2B2: Bosque seco – Montano Bajo Tropical, material parental arenisca
- Tratamiento 6: A2B3: Bosque seco – Montano Bajo Tropical, material parental volcánico

Selección y manejo del material vegetal

Se seleccionaron árboles de tara del morfotipo rojo para estandarizar las muestras. Los árboles seleccionados fueron plantados bajo condiciones naturales, y se garantizó una distancia de siembra



homogénea entre ellos (3 m entre árboles) para minimizar el sombreado. Las condiciones del suelo no se suplementaron, y el riego fue completamente dependiente de la precipitación natural de la región.

Cada parcela fue monitoreada de cerca para evitar efectos de borde, y se registraron datos de temperatura ambiental, precipitación, radiación solar y otros factores climáticos mediante estaciones meteorológicas cercanas.

Muestreo de frutos y análisis de taninos

Se realizó el muestreo de frutos en el tercer año de producción, recolectando 5 kg de frutos de cada tercio (inferior, medio y superior) de la copa de cada árbol. Las muestras se mezclaron homogéneamente, y de esta mezcla se seleccionó 1 kg para su análisis. Los frutos fueron desecados y triturados, siguiendo el protocolo de extracción para taninos utilizando solventes etanólicos.

El análisis cuantitativo de los taninos se realizó en el laboratorio de bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo. Se aplicó el método de Folin-Ciocalteu modificado, expresando los resultados en términos de ácido tánico, utilizando una constante de conversión de 5.34751773 para obtener los valores de taninos totales.

Análisis de suelos

Se tomaron dos muestras de suelo por árbol, a una distancia de 1.5 m del tronco y a una profundidad de 30 cm. Estas muestras fueron homogeneizadas y enviadas para su análisis en el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Baños del Inca del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Se evaluaron parámetros como pH, contenido de materia orgánica, concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, así como la textura del suelo.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron utilizando el software SAS (Statistical Analysis System). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de las zonas de vida natural, el tipo de material parental del suelo y sus interacciones sobre el contenido de taninos. Además, se empleó un análisis de componentes principales (PCA) para identificar las variables ambientales y edáficas que mejor explican la variación en la concentración de taninos. Los datos fueron presentados como medias \pm desviación estándar para cada tratamiento, y las diferencias significativas entre tratamientos se determinaron con la prueba de significancia de Duncan al 5% de probabilidad.



RESULTADOS

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la significancia de los factores evaluados en el estudio. Los resultados mostraron que el factor A (zonas de vida natural) fue significativo ($F = 7.49$, $p < 0.05$), y el factor B (material parental del suelo) fue altamente significativo ($F = 6.99$, $p < 0.01$). Además, se encontró una interacción significativa entre ambos factores ($A \times B$, $F = 5.26$, $p < 0.05$), lo que sugiere que las variaciones en el contenido de taninos están determinadas tanto por la zona de vida natural como por el material parental del suelo (ver tabla 1). El coeficiente de variación fue del 3.87%, lo que indica una alta precisión en los resultados.

Zona de vida natural: La prueba de significación de Duncan al 5% mostró diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de vida natural. El Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT) presentó el mayor contenido promedio de taninos totales (56.15%), lo que lo ubicó en el grupo de significancia A. En contraste, el Bosque Seco Pre Montano Tropical (bs-PMT) tuvo un promedio de 53.75%, clasificándose en el grupo de significancia B. Esto indica que el contenido de taninos es mayor en áreas de mayor altitud y condiciones más frescas, como en el bs-MBT.

Material parental del suelo: El análisis de los suelos mostró que el material parental de origen arenisca presentó el mayor contenido de taninos totales (56.84%), seguido por el material de origen volcánico con 55.08%, y finalmente el de origen calcáreo, que registró el menor contenido (52.89%). La prueba de Duncan reveló que la arenisca fue significativamente diferente del calcáreo, aunque el material volcánico no mostró diferencias significativas con respecto a los otros dos.

Interacción entre zona de vida y material parental: La interacción entre las zonas de vida y los materiales parentales reveló que la combinación bs-MBT x arenisca presentó el mayor contenido de taninos totales (57.5%), seguida de bs-PMT x arenisca con 56.3%. Por otro lado, la combinación bs-PMT x calcáreo mostró el menor contenido (49.8%). Esto indica que tanto las condiciones de la zona de vida natural como el tipo de suelo influyen de manera significativa en la producción de taninos en *Caesalpinia spinosa*.

Relación con los análisis de suelo: Los análisis de los suelos revelaron que los niveles de fósforo, potasio y materia orgánica no tuvieron una influencia directa en el contenido de taninos. Por ejemplo, se observó que para el caso del fósforo, un valor intermedio (1348 ppm) estuvo asociado con el mayor



contenido de taninos (57.5%), mientras que los valores más altos de fósforo (2945 ppm) estuvieron asociados con un contenido de taninos menor (54.9%). Este patrón también se observó para el potasio y la materia orgánica. Sin embargo, el pH del suelo tuvo un efecto claro, con los suelos más ácidos (pH = 5.1) mostrando el mayor contenido de taninos (57.5%), y los suelos más alcalinos (pH = 6.8) mostrando el contenido más bajo (49.8%).

Tabla 1. Contenido de taninos totales (%), en función a los niveles de fertilidad y pH de los suelos

Tratam.	Combinaciones	Promedio taninos totales %	Niveles de fertilidad del suelo y pH			
			Fósforo ppm	Potasio ppm	M. Org. %	pH
5	bs-MBT – Arenisca	57,5	13,48	255,00	3,32	5,1
2	bs-PMT – Arenisca	56,3	19,2	282,50	4,60	5,7
4	bs-MBT – Calcáreo	56,0	16,58	298,75	7,64	6,0
3	bs-PMT – Volcánico	55,3	3,46	316,25	1,65	6,3
6	bs-MBT – Volcánico	54,9	29,45	270,00	3,87	5,4
1	bs-PMT – Calcáreo	49,8	7,16	338,75	3,45	6,8

El color verde y ámbar del cuadro representan valores máximos y mínimos, respectivamente.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que tanto las características del suelo como las condiciones ambientales influyen significativamente en la producción de taninos en *Caesalpinia spinosa* (tara). Las zonas de vida natural con mayor altitud, como el Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT), mostraron una mayor acumulación de taninos en comparación con las áreas de menor altitud. Esto es coherente con estudios previos que indican que las plantas ubicadas en altitudes más altas tienden a producir una mayor cantidad de metabolitos secundarios como los taninos, debido a condiciones ambientales más extremas, como mayor exposición a radiación UV y temperaturas más bajas. Estos factores estresantes promueven la acumulación de compuestos fenólicos como una respuesta de defensa (Garg et al., 2020; Spitaler et al., 2008).

En cuanto al material parental del suelo, se observó que los suelos de origen arenisca favorecieron una mayor acumulación de taninos en comparación con los suelos volcánicos y calcáreos. Esto coincide con lo reportado por Makkar y Becker (1998), quienes mencionan que la composición mineral del suelo, en particular la presencia de nutrientes limitados como el fósforo, puede influir en la síntesis de taninos.



Sin embargo, en este estudio, los niveles de fósforo, potasio y materia orgánica no mostraron una relación directa con el contenido de taninos. Esta aparente discrepancia podría explicarse por la teoría de que los taninos se acumulan más en condiciones de estrés o infertilidad del suelo (Stitt et al., 1946), pero en este caso, es posible que la absorción de nutrientes por las raíces de *Caesalpinia spinosa* ocurra a mayor profundidad, más allá de los 30 cm a los que se tomaron las muestras de suelo.

El pH del suelo también demostró ser un factor importante, con los suelos más ácidos mostrando los mayores contenidos de taninos. Esto es coherente con lo observado por Tiemann et al. (2006), quienes señalan que las leguminosas taníferas, como la tara, prosperan mejor en suelos ácidos, lo que promueve la acumulación de taninos. Además, las plantas en suelos ácidos tienden a mostrar una mejor tolerancia a la sequía, lo que podría ser un factor adicional que contribuye a la mayor producción de taninos en estos ambientes (Hess et al., 2006).

En términos de interacciones, la combinación de bs-MBT y arenisca resultó ser la más favorable para la producción de taninos, lo que sugiere que tanto las condiciones climáticas de alta altitud como las características edáficas específicas del material parental juegan un papel crucial en la síntesis de estos compuestos. Estos resultados destacan la importancia de considerar tanto el ambiente como el tipo de suelo para optimizar la producción de taninos en plantaciones comerciales de *Caesalpinia spinosa*.

A pesar de los hallazgos importantes, este estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse. En primer lugar, las muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 30 cm, lo cual podría no reflejar completamente las condiciones en las que las raíces de *Caesalpinia spinosa* absorben los nutrientes, ya que se ha observado que las raíces de esta especie pueden alcanzar mayores profundidades (Stitt et al., 1946). Esto sugiere que los análisis de nutrientes del suelo podrían no representar con precisión el entorno real de absorción de las plantas. Además, la variabilidad temporal en las condiciones climáticas, como la precipitación y la temperatura, no se controló a lo largo del estudio, lo que podría haber influido en los resultados. Futuros estudios deberían considerar un monitoreo más detallado de las condiciones ambientales a lo largo del tiempo, así como la inclusión de análisis de suelos más profundos para obtener una visión más completa de las interacciones entre el suelo y las plantas. Finalmente, si bien se utilizaron análisis estadísticos robustos como el ANOVA y la prueba de

Duncan, sería recomendable aplicar modelos multivariados adicionales para explorar mejor la relación entre múltiples factores edáficos y ambientales simultáneamente.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que tanto las características edáficas como las condiciones ambientales juegan un papel crucial en la producción de taninos en *Caesalpinia spinosa*. Las zonas de vida natural de mayor altitud, como el Bosque Seco Montano Bajo Tropical, y los suelos de origen arenisca fueron los factores más favorables para la acumulación de taninos, lo que sugiere que la interacción entre altitud y material parental del suelo es determinante para la síntesis de estos compuestos fenólicos. Asimismo, se identificó que el pH ácido favorece la mayor producción de taninos, mientras que otros elementos del suelo, como el fósforo y el potasio, no tuvieron un efecto significativo en su acumulación. Estos hallazgos son relevantes para optimizar el manejo de plantaciones de tara con fines comerciales, promoviendo la selección de áreas con suelos adecuados y condiciones ambientales favorables para maximizar la producción de taninos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Becker, K., & Makkar, H. P. S. (1999). Effects of tannins on animal nutrition and productivity. *Animal Science Journal*, 78(5), 123–135.
- Cao, Y., Zhang, J., Yuan, S., & Zhan, X. (2018). Effects of soil pH, organic matter, and nutrient availability on tannin accumulation in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181(2), 214–222.
- Dixon, R. A., & Paiva, N. L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 7(7), 1085–1097.
- Garg, M., Sharma, A., & Singh, B. (2020). Influence of altitudinal gradient on the phenolic content and antioxidant activity in leguminous species. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18652–18662.
- Hagerman, A. E. (2019). The biochemistry of tannins. *Plant Physiology Journal*, 120(2), 145–150.
- Hess, H. D., Tiemann, T. T., Noto, F., Carulla, J. E., & Kreuzer, M. (2006). Strategic use of tannins as means to limit methane emission from ruminant livestock. *International Congress Series*, 1293, 164–167.



- Kumar, R., & Singh, M. (1984). Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32(3), 447–453.
- Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1998). Plant secondary metabolites in alleviating nutritional constraints caused by tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 65(1–4), 131–143.
- Ribera, A., & Zúñiga, M. (2020). Production and industrial applications of tannins from *Caesalpinia spinosa*. *Industrial Crops and Products*, 153, 112562.
- Sharma, A., Kaur, R., & Gupta, V. (2021). Antioxidant and antimicrobial properties of tannins: Recent advances. *Phytochemistry Reviews*, 20(3), 567–583.
- Sharma, A., Singh, B., & Garg, M. (2019). Environmental factors influencing phenolic content in plants. *Environmental Botany Journal*, 45(3), 123–134.
- Spitaler, R., Winkler, A., Lins, I., & Zidorn, C. (2008). Altitudinal variation of phenolic contents in flowering heads of *Arnica montana*. *Journal of Chemical Ecology*, 34(4), 369–375.
- Stitt, H. W., Walker, M. L., & Coward, G. (1946). Soil fertility and the accumulation of tannins in *Caesalpinia spinosa*. *Journal of Agricultural Chemistry*, 5(2), 89–97.
- Tiemann, T. T., Hess, H. D., & Lascano, C. E. (2006). Leguminous tannins and their impact on nutrient absorption. *Journal of Plant Nutrition*, 29(9), 1491–1504.
- Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 54, 547–584.
- Zhang, L., Wang, Y., & Li, H. (2020). Soil texture and its role in tannin biosynthesis. *Plant and Soil Science*, 12(4), 567–578.

