

Artículo Original
Original Article

IDENTIFICACIÓN DE ECOTIPOS CON ANÁLISIS MORFOLÓGICO Y NUTRICIONAL DE PAJURO (*Erythrina edulis*) ALTITUDES DE CARHUAZ Y YUNGAY, ANCASH, PERÚ

IDENTIFICATION OF ECOTYPES WITH MORPHOLOGICAL AND NUTRITIONAL ANALYSIS OF PAJURO (*Erythrina edulis*) AMONG ALTITUDES OF CARHUAZ AND YUNGAY, ANCASH, PERÚ

Vicente Luis Rojas Rojas

Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Posgrado. Lima, Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3377-2835>

Félix Camarena Mayta

Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Leguminosas. Lima, Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4289-2110>

Constantino Calderón Mendoza

Universidad Nacional Agraria La Molina, Dpto. de Suelos. Lima, Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1661-0693>

Edgar Norabuena Meza

Universidad Nacional Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química y Textil. Lima, Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3921-931X>

Alejandrina Sotelo-Méndez

Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Nutrición. Facultad de Zootecnia. Lima, Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6992-4821>

Autor correspondiente: Vicente Luis Rojas Rojas: vicente@lamolina.edu.pe

Cómo citar este artículo:

Rojas Rojas VL, Camarena Mayta F, Calderón Mendoza C, Norabuena Meza E, Sotelo-Méndez A. Identificación de ecotipos con análisis morfológico y nutricional de pajuro (*Erythrina edulis*) entre altitudes de Carhuaz y Yungay, Ancash, Perú. Rev. Soc. cient. Parag. 2026;31:e3111

RESUMEN

El objetivo del estudio fue identificar posibles ecotipos de *Erythrina edulis* mediante caracterización morfológica y nutricional en dos gradientes altitudinales de Ancash, Perú, durante 2024. La investigación se desarrolló en Carhuaz (2785 msnm) y Yungay (2510 msnm). El diseño fue descriptivo-analítico, transversal y cuasi experimental, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar. Se evaluaron tres árboles productivos por zona y cinco muestras aleatorias de hojas y frutos por árbol. Se analizaron 21 variables morfológicas y nutricionales mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar), análisis de varianza y prueba de Tukey ($\alpha=0,05$), además de Chi-cuadrado para variables categóricas. Se planteó la hipótesis de diferenciación ecotípica asociada a la altitud. De las variables evaluadas, solo el contenido de hierro (Fe) mostró diferencias significativas entre zonas ($p<0,05$), con mayor concentración en frutos de Carhuaz, corroborado por análisis de suelos. No se evidenció significación estadística superior al 60 % de variables, por lo que no se identificaron ecotipos diferenciados. Se concluye que la variabilidad observada corresponde a diferencias nutricionales puntuales y no a diferenciación ecotípica altitudinal.

Palabras clave: ecotipo; morfológico; nutricional; *Erythrina edulis*

ABSTRACT

The objective of this study was to identify potential ecotypes of *Erythrina edulis* through morphological and nutritional characterization at two altitudinal gradients in Ancash, Peru, during 2024. The research was conducted in Carhuaz (2785 m asl) and Yungay (2510 m asl). The design was descriptive-analytical, cross-sectional, and quasi-experimental, using a Randomized Complete Block Design. Three productive trees per area were evaluated, along with five random samples of leaves and fruits per tree. Twenty-one morphological and nutritional variables were analyzed using descriptive statistics (mean and standard deviation), analysis of

variance, and Tukey's test ($\alpha=0.05$), as well as the Chi-square test for categorical variables. The hypothesis of ecotypic differentiation associated with altitude was proposed. Of the variables evaluated, only iron (Fe) content showed significant differences between zones ($p<0.05$), with a higher concentration in fruits from Carhuaz, corroborated by soil analysis. No statistical significance was found for more than 60 % of the variables, therefore no distinct ecotypes were identified. It is concluded that the observed variability corresponds to specific nutritional differences and not to altitudinal ecotypic differentiation.

Keywords: ecotype; morphological; nutritional; *Erythrina edulis*

INTRODUCCIÓN

La investigación se ejecutó en la zona centro-norte del Perú, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. Las localidades forman parte del Callejón de Huaylas, área andina caracterizada por pisos altitudinales intermedios que favorecen la diversidad de cultivos nativos como *Erythrina edulis* Triana ex Micheli. Perú, país sudamericano situado en la costa occidental de América del Sur, reconocido por su alta biodiversidad y variedad de ecosistemas.

El bajo conocimiento de una especie leguminosa arbórea de alto valor proteico, reducida la siembra y el plantado de pajuro (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli) debido a la migración de niños y jóvenes de las comunidades locales a las ciudades.

Shady señala en la "Galgada, Chuquicara, afluente del río Santa ⁽¹⁾ (Ancash), identificó tres fases de ocupación que datan desde 2540 años a.C., donde se recuperó abundante material diverso con presencia de *Erythrina* (pajuro), también en el valle de Supe (Lima, Perú) plantas cultivadas destinadas a la alimentación, entre estas, la *Erythrina edulis*".

Cobo refiere a un árbol llamándolo "árbol de habas" ⁽¹⁾; además, menciona al maestro Waldemar Espinoza, que en un solar urbano (1682) del pueblo de Cajabamba tenía una huerta con plantas de "sachaporoto" y lúcumas; luego, referencia a una gráfica antigua, posiblemente la primera que se tiene del pajuro, siendo del obispo de Trujillo Baltasar Jaime Martínez de Campañón, una hermosa lámina-acuarela con denominación de "poroto", 1778 en la zona de Huamachuco, hoy en día la provincia de José Faustino Sánchez Carrión (La Libertad, Perú).

Preocupado por la alimentación y salud de los sectores populares, fue quien más estudió esta especie, relevando sus cualidades nutritivas ⁽²⁾. Ferreyra, Pulgar, Tapia afirman: *Erythrina edulis*, un árbol que produce vainas y semillas comestibles ⁽¹⁾, conocido como pajuro, pisonay, poroto; a pesar de ser un buen alimento, solo se cultiva como una planta ornamental; al pajuro solo para darle su rango altitudinal.

Los frutos y hojas, tienen un alto contenido proteico y medicinal de la *E. edulis* en Venezuela, hace más de 20 años la presencia de chachafruto (pajuro), se hizo notorio por algunas iniciativas de siembra y plantación, particularmente en Mérida ⁽³⁾. En Ecuador, Krukoff señala el porotón (pajuro), está confinada a altitudes de 1000 a 3000 msnm, aunque se halla a elevaciones más bajas ⁽⁴⁾. Reynel y León ⁽⁵⁾ refieren que en Perú los rangos altitudinales se hallan entre los 1300 y 3400 msnm, al respecto añaden que "la mayor cantidad de personas conocedoras entre los 2400 y 3000 (Cusco, Perú)".

El diámetro a la altura de pecho (DAP) de un árbol, concierne a un parámetro cuantitativo más importante en una evaluación forestal, medida que proporciona datos sobre el crecimiento en grosor, relacionado con otros datos como la altura del mismo ⁽⁶⁾.

Martel caracterizó al pajuro como "un árbol de hasta 10 m de altura, de hojas conformados por foliolos ⁽⁴⁾ (una central mayor y dos laterales), legumbre de vainas de 15 a 25 cm de longitud y generalmente con seis semillas en cada vaina". Describió al "pajul" (*E. edulis*) ⁽⁷⁾ en la sierra de Piura (Perú) como "un árbol mediano con ramas delgadas; hojas grandes, trifoliadas de 25 a 41 cm de longitud; fruto legumbre (vainas) de 12 a 30 cm de longitud y 2 cm de ancho con 6 a 7 semillas.

Para la calidad proteica de las semillas, sometidas a cocción tradicional y extrusión, se obtuvieron los siguientes resultados promedios de 4,35 cm; 2,58 cm y 1,99 cm en las dimensiones de largo, ancho y espesor respectivamente en granos de pajuro ⁽⁸⁾.

Por otro lado, el valor nutricional se refiere a la cantidad y calidad de nutrientes que proporciona un alimento, comprenden los macronutrientes esenciales (proteínas, grasas e hidratos de carbono), micronutrientes (vitaminas y minerales) y los valores energéticos que aportan ^(9, 10). Las semillas de *Erythrina edulis* son ricas en proteínas y carbohidratos de alta calidad nutricional, el porcentaje de proteína en las semillas alcanzan un 23 % que supera a otras especies de cultivo tradicional ⁽¹¹⁾.

La taxonomía clásica indica que el ecotipo concierne a una diversidad geográfica (ambiental), genéticamente adaptadas a un hábitat determinado, observa “las variaciones y las infiere como ecotipos”^(12, 13); mientras, la taxonomía experimental que estudia las poblaciones, por su comportamiento reproductivo-genético y variaciones de sus integrantes, demuestra “activamente la base genética de esas variaciones a través de experimentos controlados”⁽¹⁴⁾.

El objetivo de la investigación fue identificar ecotipos comparando los análisis morfológico y nutricional de pajuro de Maya (Carhuaz) y Cashapachan (Yungay) en el año 2024; para ello, se planteó la hipótesis, si resultan diferencias significativas entre las variables en estudio en mayor al 60 % (>12 variables) para una zona de estudio, habrá ecotipos para Carhuaz y Yungay; el valor > 60 % se justifica por ser una investigación exploratoria, sin antecedentes e inicio de una propuesta metodológica.

METODOLOGÍA

La investigación se ubicó en el Callejón de Huaylas, entre las cordilleras blanca y negra, zonas semirurales, el centro poblado de Maya, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz; y el sector de Cashapachan, distrito de Ranrahirca, provincia de Yungay, departamento de Ancash, Perú; cuyas altitudes son 2785 y 2510 msnm, respectivamente. Los materiales fueron principalmente tres árboles de pajuro en producción por zona, del cual se tomaron cinco muestras al azar por árbol de las hojas, vainas, granos (semillas) de ambas zonas del lugar de estudio. Asimismo, el tipo de investigación fue descriptivo, analítico transversal y cuasi experimental ⁽¹⁵⁾.

Para la evaluación morfológica de los árboles de pajuro de las provincias de Carhuaz y Yungay, se establecieron las variables de estudio o de respuesta, se indican en la Tabla 1.

Tabla 1: Las ocho variables de la evaluación morfológica en *E. edulis* para identificar ecotipos

N	SIGLA	VARIABLE DE ESTUDIO	FUENTE (unidad medida)
1	DAP	Diámetro a la Altura del Pecho	Tallo (cm)
2	LMFC	Longitud Meridional del Foliolo Central	Hojas (cm)
3	A3FHT	Área de los 3 Foliolos de la Hoja Trifoliada	Hojas (cm ²)
4	LV	Longitud de las Vainas	Vainas (cm)
5	NGV	Número de Granos por Vaina	Vainas (cantidad)
6	LES	Longitud Ecuatorial de la Semilla	Semillas (mm)
7	LMS	Longitud Meridional de la Semilla	Semillas (mm)
8	PSSS	Peso de Semillas Secados al Sol	Semillas (g)

La variable DAP, un parámetro cuantitativo muy importante en las evaluaciones forestales; las medidas proporcionan datos sobre el crecimiento secundario del árbol (grosor del tallo) y el crecimiento vertical (tronco), considera si es adecuado o inadecuado en relación con la altura del mismo árbol ⁽⁶⁾.

Las variables LMFP y A3FHT de las hojas tienen características peculiares por ser “hojas compuestas o trifoliadas de *E. edulis*, alternas y dispuestas en espiral de 15-30 cm de longitud; los folíolos de 6 a 23 cm de longitud y 4 a 20 cm de ancho” ⁽¹⁶⁾. Mientras el área foliar de las hojas se calculó realizando las mediciones de longitud y ancho de la hoja, el cual deriva al área mediante el producto de la longitud por el ancho de la hoja de *E. edulis* ⁽¹⁷⁾.

Para la evaluación nutricional de las semillas, se secaron exponiéndolas al sol por un espacio de cinco días, luego molidas, identificadas y finalmente analizadas en el laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía – UNALM,

mediante el método de la AOAC Internacional (Association of Analytical Communities) ⁽¹⁶⁾; fueron analizadas trece variables respuestas, señalados en la Tabla 2.

Tabla 2: Las trece variables en la evaluación nutricional y materia seca de *E. edulis* para identificar ecotipos

N	SIMBOLO	VARIABLE DE ESTUDIO	FUENTE
9	N	Nitrógeno	Macronutriente
10	P	Fosforo	Macronutriente
11	K	Potasio	Macronutriente
12	Ca	Calcio	Macronutriente
13	Mg	Magnesio	Macronutriente
14	Na	Sodio	Macronutriente
15	S	Azufre	Macronutriente
16	Zn	Zinc	Macronutriente
17	Cu	Cobre	Macronutriente
18	Mn	Manganeso	Macronutriente
19	Fe	Hierro	Macronutriente
20	B	Boro	Macronutriente
21	MS	Materia seca	Macronutriente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación morfológica

Los resultados del DBCA (ANVA, Tukey) para las ocho variables morfológicas entre las dos altitudes de estudio no presentaron diferencias estadísticas (Tablas 3, 4 y figura 1).

Tabla 3: Resultados promedio de las ocho variables morfológicas según zona de estudio y prueba de Tukey (0,05)

Trat.	DAP	LMFC	A3FHT	LV	NGV	LESS	LMSS	PSS
CCM	45,65 ^a	17,86 ^a	360,22 ^a	21,56 ^a	4,58 ^a	23,290 ^a	35,043 ^a	82,5 ^a
YRC	46,39 ^a	20,34 ^a	32,26 ^a	22,01 ^a	4,13 ^a	22,067 ^a	34,133 ^a	83,9 ^a

CCM: Carhuaz, Carhuaz, Maya. YRC: Yungay, Ranrahirca, Cashapachan (letras iniciales: provincia, distrito, lugar)

Tabla 4: Prueba de Tukey infiere No Significación (NS) para las variables morfológicas

N	VARIAB. M. (*)	NORM/HV	CV (%)	PROBAB.	ANVA	TUKEY (0,05)	ECOTIPO
1	DAP	SI HAY	0,98	0,1913	NS	NS	No hay
2	LMFC	SI HAY	11,57	0,3035	NS	NS	No hay
3	A3FHT	SI HAY	15,6	0,0941	NS	NS	No hay
4	LV	SI HAY	3,19	0,5107	NS	NS	No hay
5	NGV	SI HAY	4,89	0,1253	NS	NS	No hay
6	LES	SI HAY	3,74	0,2194	NS	NS	No hay
7	LMS	SI HAY	2,34	0,2994	NS	NS	No hay
8	PSSS	SI HAY	4,82	0,7199	NS	NS	No hay

(*): Denominación de las siglas de las variables morfológicas idénticas a la Tabla 1; NORM/HV: Prueba de Normalidad; CV: Coeficiente de Variabilidad.

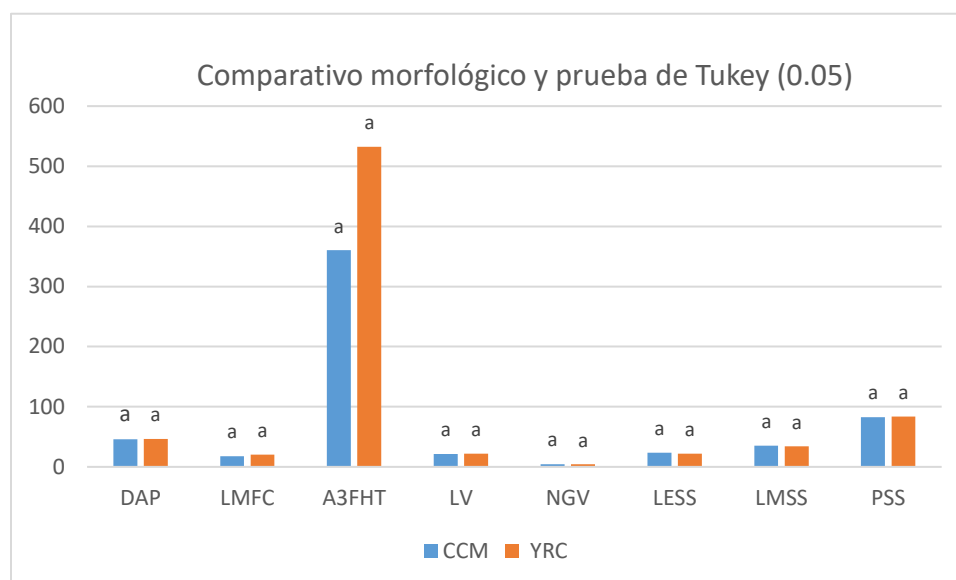


Figura 1: Análisis morfológico comparativo entre las zonas (CCM) y (YRC).

Hallazgo

Un hallazgo relevante del estudio morfológico fue la variable hoja, **LMFP** y **A3FHT** no contribuyeron en definir ecotipos; sin embargo, las hojas tienen características peculiares por ser “hojas compuestas o trifoliadas de *E. edulis*, alternas y dispuestas en espiral, de 15-30 cm. de longitud; los folíolos de 6 a 23 cm de longitud y 4 a 20 cm de ancho”⁽¹⁶⁾, concordando con los valores hallados (18 y 23 cm) de la presente investigación. Mientras, el área foliar de las hojas se calculó realizando las mediciones de longitud y ancho de la hoja, el cual deriva al área mediante el producto de la longitud por el ancho de la hoja *E. edulis*⁽¹⁷⁾. Esta variable hoja es de gran importancia⁽¹⁾, porque al pie de los árboles de pajuro, se hallan caídos formando una cobertura en descomposición para su propio abonamiento del árbol o fuente de otros cultivos asociados⁽¹⁸⁾; potencialmente, trasladar dichas hojas a otros cultivos como “mulch” (acolchado de hojas de pajuro) sería de gran beneficio para los agricultores.

Evaluación nutricional

Los resultados del análisis de laboratorio de las trece variables nutricionales (9 al 21) obtenidas, Tabla 5, determinados su concentración en el grano. Asimismo, los resultados de los análisis de hierro (Fe*) de los respectivos suelos, muestras tomadas de suelos cercano a los árboles de pajuro en ambas zonas de estudio.

Tabla 5: Análisis de macro y microminerales de las semillas de *E. edulis* según zonas

Macromin. Variable	Carhuaz (Maya)	Yungay (Cashap.)	Micromin. Variable	Carhuaz (Maya)	Yungay (Cashap.)
N (%)	3.35	2.92	Zn (ppm)	24.00	25.00
P (%)	0.25	0.23	Cu (ppm)	5.00	5.00
K (%)	2.31	2.43	Mn (ppm)	23.00	20.00
Ca (%)	0.11	0.42	Fe (ppm)	489.00	360.00
Mg (%)	0.16	0.15	B (ppm)	14.00	13.00
S (%)	0.13	0.12	MS (ppm)	86.47	86.68
Na (%)	0.005	0.006	Fe* (ppm)	18.37	15.41

*Fe**) análisis promedio de hierro de las muestras de suelos respectivos de las zonas

Los resultados de los análisis estadísticos para las variables nutricionales de macronutrientes, micronutrientes y materia seca (MS), para determinar ecotipos de *E. edulis* entre las zonas de Carhuaz y Yungay, Ancash; se detallan en la tabla 6.

El resultado sobresaliente de los análisis nutricionales de grano, fue de 360 ppm de hierro (Fe) para la zona de Cashapachan (Yungay) y 489 ppm para la zona de Maya (Carhuaz); procesado los datos estadísticamente, se infirió que solamente la variable nutricional del micronutriente (Fe) contribuyó para la presencia de ecotipos en las zonas de estudio; y los análisis de suelo en dichas zonas en relación al hierro (Fe*), se correlacionan con 15.4 y 18.4 ppm con diferencias estadísticas significativas al 95 %.

Investigaciones actuales destacan que las plantas han logrado dos estrategias para obtener hierro del suelo: la llamada Estrategia I (reducción de Fe) y la Estrategia II (quelación de Fe). La I es usada por las no herbáceas, mientras que las gramíneas usan la II. Recientemente, se ha estudiado que las dos estrategias no son excluyentes y el mecanismo usado por las plantas para la absorción de hierro está directamente determinado por las características del suelo en el que crecen (pH, concentración de oxígeno) ⁽¹⁹⁾.

Posiblemente la *Erythrina edulis*, este usando una de las estrategias o ambas en absorber en reducción de Fe y/o quelación de Fe.

Mientras que las otras 20 variables morfológicas y nutricionales no aportaron para establecer ecotipos de ambas zonas. Por tanto, la caracterización de los árboles de pajuro con las variables morfológicas y nutricionales no permitieron diferenciar ecotipo de Maya (Carhuaz) y ecotipo de Cashapachan (Yungay) porque no resultaron mayor al 60 % del total de variables respuestas significativas a favor de una zona.

Las innovaciones de integración en las zonas de estudio y aplicación; sean métricas financieras, no financieras u otros, resultan esenciales de incorporar; a pesar que “existan brechas significativas entre prácticas tradicionales y modelos innovadores emergentes” ⁽²⁰⁾.

Tabla 6: Resultados de los análisis estadísticos Chi-Cuadrado para las variables nutricionales de Macronutrientes, Micronutrientes y Materia Seca, para determinar ecotipos de *E. edulis* entre las zonas de Carhuaz y Yungay, Ancash

N	Macro.Micro.MS	Hipótesis	ChiCuadrado	Relación	Criterio	Conclusión	Ecotipo
9	N	Ho:zonas=prop	0.029489	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
10	P	Ho:zonas=prop	0.000089	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
11	K	Ho:zonas=prop	0.003797	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
12	Ca	Ho:zonas=prop	0.181321	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
13	Mg	Ho:zonas=prop	0.000323	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
14	S	Ho:zonas=prop	0.0004	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
15	Na	Ho:zonas=prop	0.000091	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
16	Zn	Ho:zonas=prop	0.02041	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
17	Cu	Ho:zonas=prop	0.000000	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
18	Mn	Ho:zonas=prop	0.209302	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
19	Fe	Ho:zonas=prop	19.60071	>	Se rechaza Ho	diferenPresencia	Si hay
20	B	Ho:zonas=prop	0.037037	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay
21	MS	Ho:zonas=prop	0.000255	<	No se rechaza Ho	similarPresencia	No hay

Alpha: 0,05; Valor chi cuadrado en la tabla estadística: 3,8415

CONCLUSIÓN

No se evidenció significación estadística superior al 60 % de variables para una zona, por lo que no se identificaron ecotipos diferenciados. Se concluye que la variabilidad observada corresponde a diferencias morfológicas nutricionales puntuales y no a diferenciación ecotípica altitudinal.

Declaración de financiamiento:	La presente investigación se llevó a cabo con financiación propia.
Declaración de conflicto de intereses:	Los autores declaran no tener conflictos de intereses.
Declaración de autores:	Los autores aprueban la versión final del artículo.
Contribución de autores:	Conceptualización: Vicente Luis Rojas Rojas; Metodología: Vicente Luis Rojas Rojas; Curación de datos: Vicente Luis Rojas Rojas; Análisis Formal: Félix Camarena Mayta; Redacción del borrador original: Constantino Calderón Mendoza, Edgar Norabuena Meza; Redacción- revisión y edición: Alejandrina Sotelo- Méndez.
Revisión por pares:	Este artículo fue evaluado mediante un proceso de revisión por pares anónimos, conforme al procedimiento de transparencia editorial de la revista. Las observaciones y sugerencias de los revisores fueron consideradas por los autores hasta alcanzar la versión final publicada, garantizando la integridad científica del trabajo y la confidencialidad de los evaluadores.
Disponibilidad de datos:	Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio no están disponibles públicamente debido a restricciones éticas o de confidencialidad.

REFERENCIAS

- Escamilo Cardenas S. El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. Rev. Investigaciones sociales. 2012;97-104. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/is.v16i28.7389>
- Cabieses F. Cien siglos de pan. 1995. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/246809171/Fernando-Cabieses-Cien-Siglos-Pan>
- Inciarte I, Márquez M, Pérez A, Páez-Rondón O, Hernández E. Presencia del chachafruto (*Erythrina edulis Triana ex Micheli*) en el estado Mérida, Venezuela. Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL) Revista Electrónica Conocimiento Libre y Licenciamiento. 2015;9(6):140-153. Disponible en: <https://convite.cenditel.gob.ve/publicaciones/revistaclic/article/view/570>
- García Burbano N. Propagación vegetativa del porotón *Erythrina edulis Triana ex Micheli* utilizando tres procedencias, tres diámetros de estacas con y sin hormonas en la granja experimental. Tes. UTN. Ing. Forestal; 2008.
- Reynel R, León GJ. Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos. Tomo II. Lima: Proyecto FAO. Holanda/DGFF; 1990.
- Laboratorio de Áreas Verdes y Espacios Públicos. Medición del diámetro (dap) de un árbol. México: UNAM; 2018.
- Ceroni SA. Estudio taxonómico de la familia leguminosae de la cuenca de La Gallega Santo Domingo – parte alta (Morropon – Piura) [Tesis de grado]. Lima: UNMSM; 1998.
- Delgado Soriano V. Calidad proteica de las semillas de pajuro (*Erythrina edulis triana*) sometidas a cocción tradicional y extrusión [Tesis de postgrado]. Lima: UNALM; 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3149>
- Barcelona Culinaria Hub. ¿Cómo puedo calcular el valor nutricional de un alimento?. Barcelona: BCH al punto; 2024.
- INNOTEC Laboratorios. ¿Qué es el valor nutricional en los alimentos?. España: INNOTEC.
- Hernández T. El pajuro o chachafruto (*Erythrina edulis*) una opción de seguridad y soberanía alimentaria, los andes orientales sudamericanos. Colombia: INCADES; 2013.
- Biblioteca virtual de salud. El tesoro multilingüe DeCS/MeSH. BIREME, OPS, OMS. BVS: Caribe; 2024. Disponible en: https://decs.bvsalud.org/es/ths/resource/?id=54803#Tree_Structures.
- Real Academia Española. Enclave de Ciencia. Plataforma el Diccionario de la lengua española científico-técnico (DLECT); 2024.
- De La Sota E. La Taxonomía y la Revolución en las Ciencias Biológicas. 3º ed. Washington, D.C: Secretaría General de la OEA; 1982.
- Rojas Cairampoma M. Tipos de investigación: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación; 2015. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf>
- Association of official Analytical chemist. WashIntong: Official methods of analysis; 2016.
- Casierra-Posada F, Peña Z G, Peña-Olmos J. Estimación indirecta del área foliar en *Fragaria vesca* L., *Physalis peruviana* L., *Acca sellowiana* (Berg.) Burret, *Rubus glaucus* L., *Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey Y *Ficus carica*. Rev. Udcaactual. Divulg. Cient. 2008;11(1):95-102. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262008000100012
- Acero Duarte L. Guía para el cultivo y aprovechamiento del Chachafruto o Balú *Erythrina edulis Triana ex Micheli*. Bogota: Convenio Andrés Bello; 2002

19. Li F, Watanabe S, Gao F, Dubos C. Iron Nutrition in plants: Towards a new paradigm?. MDPI Plants. 2023;12(2):384. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants12020384>
20. Alegre Brítez MA. Relación entre sostenibilidad y contabilidad para la medición del valor compartido. Rev. Soc. Cient. Parag. 2025;30(2):75-86. Disponible en: <https://sociedadcientifica.org.py/ojs/index.php/rscopy/article/view/447>