

Evaluación morfofenotípica de algarrobo (*Neltuma pallida*) para la identificación de individuos superiores en ecosistemas de bosque seco

Sebastian Casas-Niño^{1*}, Juan Rodrigo Baselly-Villanueva¹, Evelin Salazar-Hinostroza¹, Yanett Chumbimune-Vivanco¹, William Naurai², Max Ramirez Rojas¹, Flavio Lozano-Isla^{1,3*}

¹Dirección de Servicios Estratégicos Agrarios - Estación Experimental Agraria El Chira, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Piura 20120, Perú.
²Dirección de Estudios e Investigación, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima, Perú.
³Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Amazonas 01001, Perú.
* Corresponding Authors: 20140231@lamolina.edu.pe; flavio.lozano@untrm.edu.pe



Introducción

Neltuma pallida (algarrobo) es una especie forestal importante en ecosistemas áridos y semiáridos por su capacidad de fijar nitrógeno, mejorar la fertilidad del suelo, capturar carbono y sostener servicios ecosistémicos (Beresford-Jones et al., 2009; El Kenany et al. 2025). Sin embargo, enfrenta una fuerte presión por deforestación, cambio de uso del suelo y plagas como *Enallodiplosis discordis*, lo que ha provocado el retroceso de sus poblaciones en el norte del Perú (Vera et al., 2024). Dada su importancia ecológica, económica y cultural, y al ser considerada especie prioritaria para la conservación (La Torre et al., 2025), resulta esencial generar información que oriente estrategias de manejo sostenible. En este contexto, la caracterización fenotípica permite identificar individuos superiores o árboles plus, fundamentales para programas de conservación y mejoramiento. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar poblaciones de *N. pallida* en Piura y Tumbes, evaluando rasgos fenotípicos, condiciones edafoclimáticas y parámetros de heredabilidad, con el fin de seleccionar árboles plus con potencial de adaptación y valor genético para su incorporación en futuros programas de conservación y mejoramiento.

Materiales y Métodos

Área de estudio: El estudio se desarrolló en 13 localidades de los departamentos de Piura y Tumbes, en el noroeste del Perú, abarcando distritos con condiciones contrastantes de suelo y clima dentro del bosque seco tropical. Esta distribución permitió representar la variabilidad ambiental de la zona y evaluar su influencia en la expresión fenotípica de *Neltuma pallida*.

Metodología de muestreo: Para la selección de individuos se aplicó un muestreo aleatorio estratificado en parcelas de 0.5 ha (5000 m²), consideradas estándar para inventarios en bosques secos (Ministerio del Ambiente, 2015). En cada localidad se eligieron áreas relativamente homogéneas y con alta densidad de individuos, registrando de forma aleatoria los árboles a evaluar (**Figura 1**).

Colecta de datos edafoclimáticos: Las variables edáficas se obtuvieron mediante un muestreo en zigzag, recolectando entre 20 y 30 submuestras a una profundidad de 20–30 cm para conformar una muestra compuesta por hectárea. Los datos climáticos del periodo 2015–2024 se descargaron de la base de datos de Predicción Global de Recursos Energéticos de la NASA (POWER, 2025), mientras que las variables fisiográficas, como altitud, pendiente y distancia a cuerpos de agua, se calcularon mediante modelos digitales de elevación y análisis cartográfico en sistemas de información geográfica (SIG).

Evaluación morfofenotípica: Cada árbol evaluado fue caracterizado en variables dasométricas como altura total, altura de primera ramificación, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa, considerando ajustes según la morfología de cada ejemplar. También se registraron atributos cualitativos como forma del árbol, bifurcación, calidad de fuste, producción y calidad de frutos, y calidad de follaje (Albán et al., 2002). La selección de árboles plus se basó en un sistema de puntuación integral que combinó atributos cuantitativos y cualitativos para identificar individuos con fenotipos sobresalientes

Heredabilidad: La heredabilidad en sentido amplio (H²) se estimó a partir de modelos lineales mixtos, considerando como efectos fijos la provincia y la localidad, y como efectos aleatorios estructuras jerárquicas anidadas. Este enfoque permitió descomponer la varianza fenotípica y establecer los caracteres con mayor potencial de respuesta a la selección.

Análisis estadístico: El procesamiento y análisis de datos se realizó en Rstudio. Los datos fueron estandarizados para homogeneizar escalas y se aplicaron análisis multivariados como PCA para explorar relaciones entre localidades y variables. Se utilizaron ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la comparación de medias, y el índice de Shannon-Weaver (H') para estimar diversidad fenotípica. Adicionalmente, se generaron mapas de calor con dendrogramas jerárquicos para representar similitudes entre localidades. Los parámetros genéticos y los estimadores se calcularon integrando efectos fijos y aleatorios para una mayor precisión en la selección de individuos sobresalientes.



Figura 1. Parcelas de evaluación de *Neltuma pallida* establecidas en 13 localidades de las regiones de Piura y Tumbes, representando la variabilidad ambiental del bosque seco tropical del noroeste del Perú.

Resultados

⇒ El análisis de componentes principales (PCA) mostró diferencias en la fertilidad del suelo que influyeron significativamente en la expresión fenotípica (**Figura 2**).
⇒ El índice de Shannon-Weaver (H') y el análisis de varianza (ANOVA) evidenciaron un alto grado de variabilidad fenotípica ($H' > 0.60$) y morfológica ($p\text{-value} < 0.001$) entre poblaciones, con individuos destacados en altura, diámetro, forma del fuste y producción de frutos.
⇒ Se encontró que la producción de frutos presentó heredabilidades altas ($H^2 \approx 0.92\text{--}1.00$) que evidencian un fuerte control genético y un bajo efecto ambiental.
⇒ Se identificaron ocho árboles plus pertenecientes a la localidad de Monte Azul – Piura. Los que destacaron por su elevado vigor, fuste bien conformado, alta capacidad de fructificación y densa cobertura foliar (**Figura 3**).

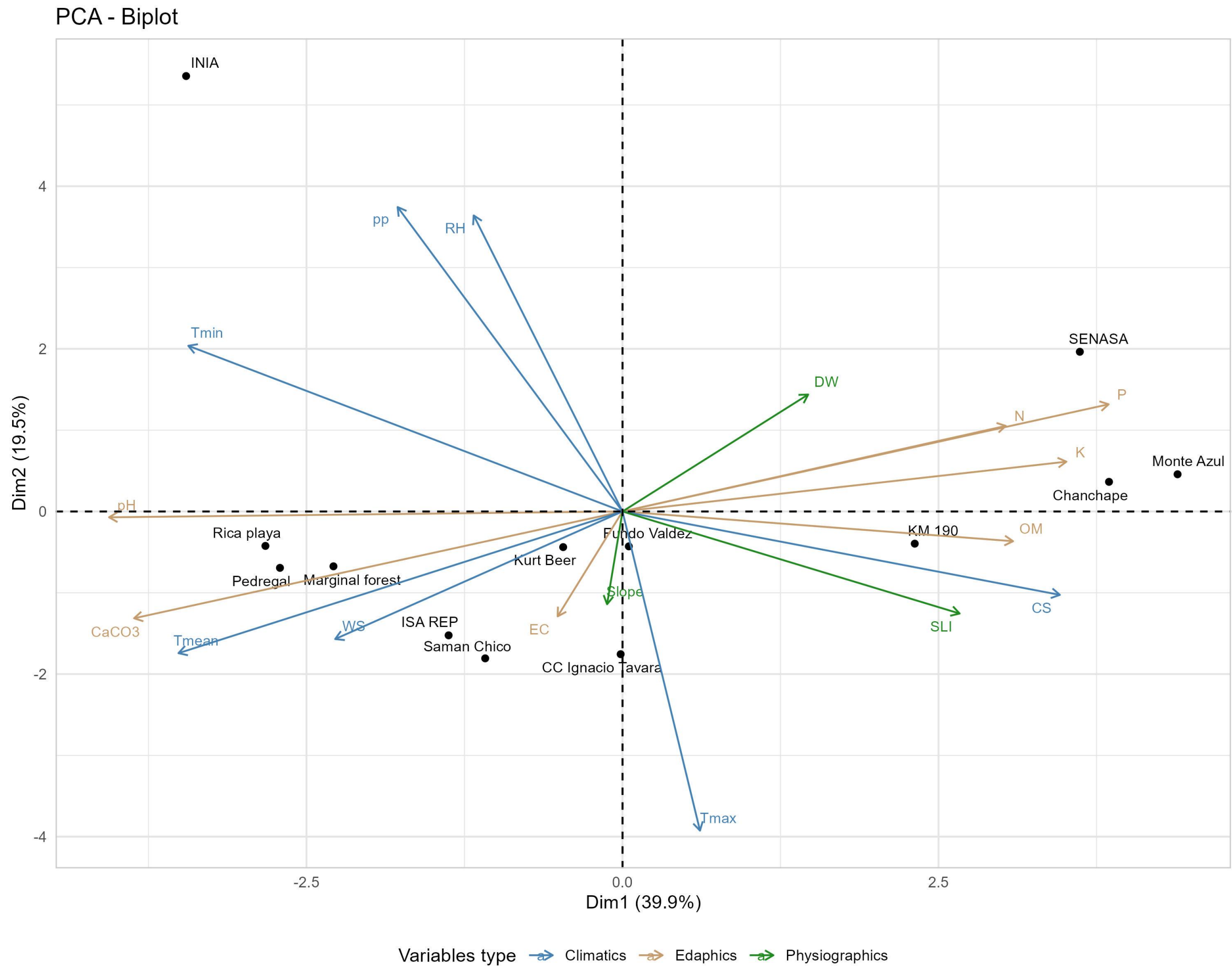


Figura 2. Análisis de componentes principales (PCA) de las propiedades edafoclimáticas en poblaciones de *Neltuma pallida*.

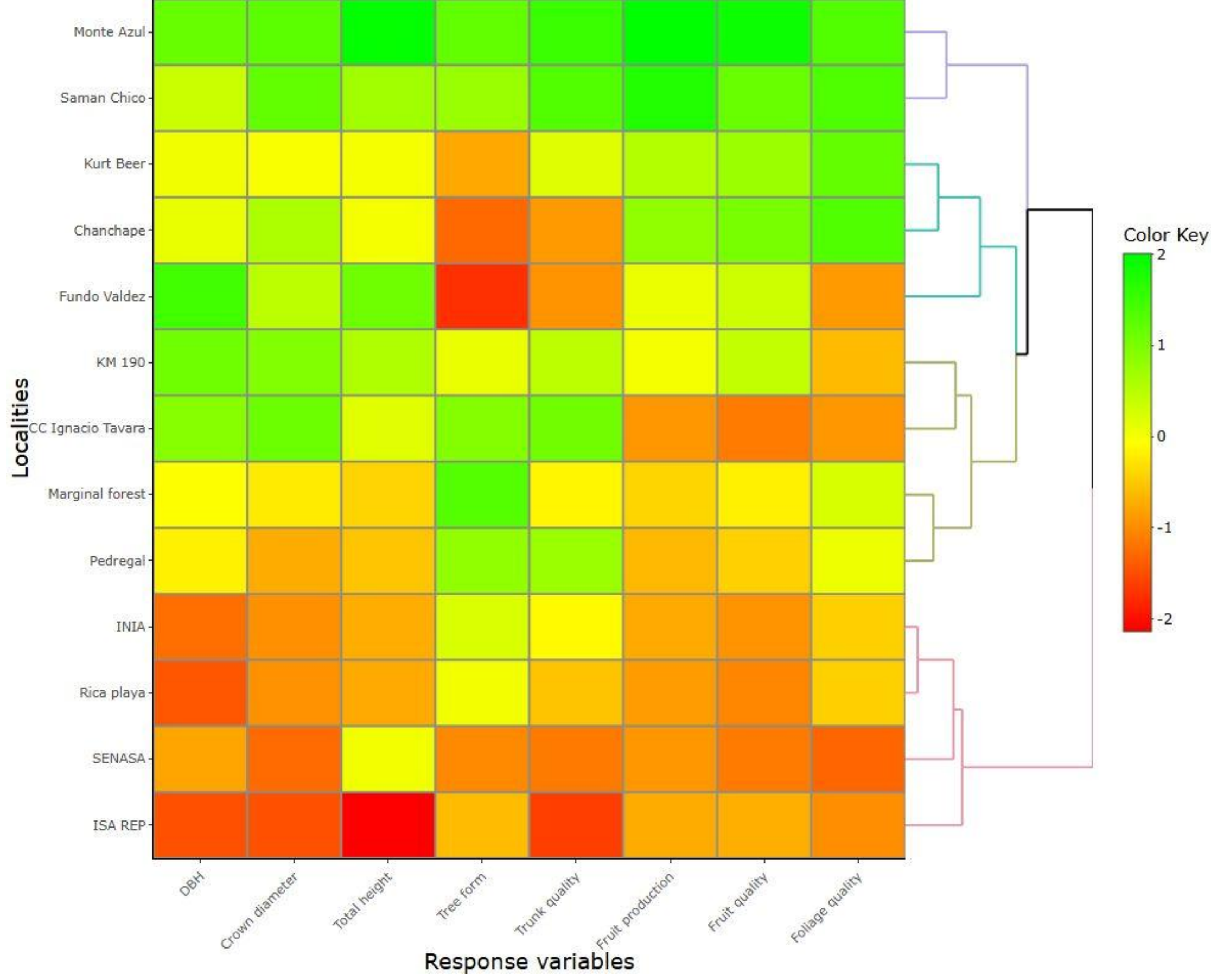


Figura 3. Análisis de conglomerados de 13 localidades de *Neltuma pallida* evaluadas en los departamentos de Piura y Tumbes.

Conclusión

La caracterización morfofenotípica de *Neltuma pallida* mostró alta variabilidad intra e interpoblacional, influenciada por las condiciones edafoclimáticas. La estimación de heredabilidad permitió identificar rasgos con potencial de selección, lo que llevó a la identificación de ocho árboles plus. Estos individuos representan una base para el establecimiento de bancos de germoplasma y para futuros programas de mejoramiento genético orientados a la conservación y restauración del bosque seco tropical.

Referencias

⇒ Alban, L.; Matorel, M.; Romero, J.; Grados, N.; Cruz, G.; Felker, P. Cloning of Elite, Multipurpose Trees of the *Prosopis Juliflora/Pallida* Complex in Piura, Peru. *Agroforestry Systems* 2002, 54, 173–182, [doi:10.1023/A:1016093106338](https://doi.org/10.1023/A:1016093106338)
⇒ Beresford-Jones, D.G.; T, S.A.; Whaley, O.Q.; Chepstow-Lusty, A.J. The Role of *Prosopis* in Ecological and Landscape Change in the Samaca Basin, Lower Ica Valley, South Coast Peru from the Early Horizon to the Late Intermediate Period. *Latin American Antiquity* 2009, 20, 303–332, [doi:10.1017/S1045663500002650](https://doi.org/10.1017/S1045663500002650).
⇒ Ministerio del Ambiente. Guía de inventario de la flora y vegetación; 2015.
⇒ POWER, D.A.V. NASA POWER | Data Access Viewer (DAV) Available online: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
⇒ Vera, E.; Cruz, C.; Barboza, E.; Salazar, W.; Canta, J.; Salazar, E.; Vásquez, H.V.; Arbizu, C.I. Change of Vegetation Cover and Land Use of the Pómac Forest Historical Sanctuary in Northern Peru. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2024, 21, 8919–8930, [doi:10.1007/s13762-024-05597-6](https://doi.org/10.1007/s13762-024-05597-6).