



GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE *Neltuma pallida*

(Humb. & Bonpl. ex Willd.)
C.E. Hughes & G.P. Lewis "algarrobo"





PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SERFOR

Servicio
Nacional
Forestal y
de Invasión
Grisca



SENASA
PERU

GUÍA PARA LA **IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE** ***Neltuma pallida***

(Humb. & Bonpl. ex Willd.)

C.E. Hughes & G.P. Lewis "algarrobo"



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SERFOR
Servicio
Nacional
Forestal y de Fauna
Silvestre



SENASA
PERU

GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE

Neltuma pallida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) C.E.

Hughes & G.P. Lewis "algarrobo"

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego
Angel Manuel Manero Campos

Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario
Carmen Inés Vegas Guerrero

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego
Iván Ramos Pastor

SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE (SERFOR)

Director Ejecutivo
Desiderio Erasmo Otárola Acevedo

Dirección General de Política y Competitividad Forestal y de Fauna Silvestre
Director General
Jessica Moscoso Guerrero

Dirección de Estudios e Investigación
Directora
Fabiola Adela Carreño Villar

Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Piura
Administrador Técnico (e)
Roberto Miceno Seminario Trelles

Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Lambayeque
Administrador Técnico
Jorge Apolonio Alfaro Navarro

Equipo técnico:
William Nauray Huari
David Roy Aldana Gomero
Hermenegildo Cortez Neira
Roberto Mioceno Seminario Trelles
Nelly Esther Pilco Díaz
Natan Melquisedec Aguilar Calderón
Luis Alberto Effen Zapata

Colaboradores:

Dirección de Inventario y Valoración
Director
Jorge Luis Carranza Castañeda

Especialista
Gabriel Clostre Orellana

Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal
Director
Gian Carlo Pezo Ruiz

Especialistas
Carlos Andrés Castillo Coral
Joc Romero León

Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Ica
Administrador Técnico
Alberto Yataco Pérez

Responsable de sede, especialistas y técnicos
Victor Eduardo Injante Palomino
Miguel Angel Anampa Orozco
César Eduardo Gonzalez Rojas
Danae Antonella Tataje Rojas

Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Lima
Administrador Técnico
César Luis Menéndez Velásquez

Especialista
Jorge Arturo Bullón Fernández

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA (INIA)

Jefe Nacional (e)
Jorge Juan Ganoza Roncal

Estación Experimental Agraria El Chira – EEA El Chira
Director de Estación
Nelson Asdrubal Ruesta Campoverde

Estación Experimental Agraria Los Cedros – EEA Los Cedros
Director de Estación
Cesar Alejandro Vásquez García

Equipo técnico:
Sebastian Casas Niño
José Luis Vilela Pingo

**SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARÍA
(SENASA)**

Jefe Nacional

Vilma Aurora Gutarra García

Dirección de Sanidad Vegetal

Director General

Orlando Antonio Dolores Salas

Subdirección de Análisis de Riesgo y Vigilancia

Fitosanitaria

Director (e)

Carlos Rubén Torres Limache

Equipo técnico:

Carlos Torres Limache

Edwin Wilmer Castro Arévalo

Javier Marchena Cruz

Hugo Martín Arévalo Coronado

Jorge Luis Uchofen Silva

**GRUPO ISA: Red de Energía del Perú (ISA REP),
Consortio Transmantaro (ISA CTM),
Interconexión eléctrica ISA Perú (ISA Perú)**

Equipo colaborador

César Santiago Sánchez Gamarra

Carlos Alejandro Riva Agüero Padilla

Angela Nelly Rodríguez Chacón

Fotografías:

SERFOR

INIA, EEA El Chira

Diseño y diagramación:

AS INVESTMENT S.A.C.

Jr. Carlos F. Fitzcarrald 1469 - Los Olivos - Lima

© Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
(SERFOR)

Av. Javier Prado Oeste N° 2442

Urb. Orrorantia, Magdalena del Mar, Lima - Perú.

Teléfono: (511) 225-9005

www.gob.pe/serfor

informes@serfor.gob.pe

Primera edición, mayo 2025

Versión Digital

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca

Nacional del Perú N°: 2024-13603

ISBN: 978-612-5116-10-9

Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Ulises Vladimiro Vega Rodríguez por su apoyo técnico y recomendaciones en la temática de suelos.

La elaboración de esta publicación se realiza dentro del Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el SERFOR e ISA REP, como parte de los estudios de Caracterización de árboles plus de "algarrobo" género Prosopis (Fabaceae) en Tumbes y Piura.

Todos los derechos reservados.

Se autoriza la reproducción o uso de la información de esta guía, siempre que se cite correctamente la fuente.

Referencia sugerida

SERFOR, INIA, SENASA. (2024). Guía para la identificación de árboles plus de Neltuma pallida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) C.E. Hughes & G.P. Lewis "algarrobo". Lima, 71 pp.

ÍNDICE

Presentación	5
Objeto	6
Ámbito de aplicación	6

DETALLE DE LA GUÍA

Cómo leer la guía	8
Glosario de términos	9
Introducción	10
Cómo identificar árboles plus de algarrobo	12

ANEXO 1.

Implementación de estudios para determinar las características de árboles plus de algarrobo

A. Marco conceptual	33
B. Objetivo	34
C. Metodología	34
D. Resultados y discusión	37
E. Conclusiones	39
F. Referencias bibliográficas	42



PRESENTACIÓN

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR promueve la gestión de los ecosistemas forestales teniendo en cuenta los factores ambientales, ecológicos, económicos y socioculturales, por lo tanto, resulta esencial realizar investigaciones que consideren estos aspectos para contribuir a la sostenibilidad de las especies forestales, los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos.

En relación a ello, en los años recientes los bosques secos de la costa norte con poblaciones naturales de algarrobo han presentado una tasa de deforestación promedio anual de 0.23% e indicios del decaimiento de las poblaciones de esta especie, generándose en el año 2020 el Grupo de Trabajo Multisectorial encargado de evaluar la problemática de reducción poblacional del algarrobo, así como el desarrollo estrategias de manejo de este recurso multipropósito.

Es importante destacar que, entre los productos no maderables del *Neltuma pallida* sobresale la algarroba (fruto), el cual genera oportunidades en las bioeconomías locales a aproximadamente 400,000 pobladores de los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque, con valores de exportación de promedio anual de 375,000 USD (2019-2023).

En este contexto y con base en los estudios de caracterización de 631 árboles de algarrobo con las mejores características relacionadas a la algarroba, llevados a cabo en 13 localidades de los departamentos de Tumbes y Piura, es que se generó la presente guía para la identificación de árboles plus de *N. pallida*, como herramienta para las iniciativas de restauración y manejo de bosques de algarrobo en base a la selección de semillas seleccionadas a partir de los árboles fenotípicamente superiores.

Finalmente, esta publicación forma parte del compromiso continuo del SERFOR en el desarrollo de investigaciones que contribuyen al manejo forestal sostenible de los bosques secos del país.

Desiderio Erasmo Otárola Acevedo

Director Ejecutivo

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

OBJETO

Orientar en la identificación de árboles fenotípicamente superiores, denominados como árboles plus de algarrobo.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

La guía es de aplicación por toda persona natural o jurídica como herramienta técnica de apoyo en la selección de árboles de algarrobo fenotípicamente sobresalientes que sirvan como fuentes semilleras en actividades de aprovechamiento en áreas bajo manejo, plantaciones, restauración en bosques secos y mejoramiento genético forestal.



DETALLE
DE LA
GUÍA

CÓMO LEER LA GUÍA

- **Glosario de términos:** Se describen los términos técnicos utilizados en la guía.
- **Introducción:** Se desarrolla el preámbulo del tema que se va a tratar la guía.
- **Cómo identificar un árbol plus de algarrobo:** Se presentan las actividades y pasos para identificar un árbol plus.
- **Anexos:** Incluye información de la implementación del estudio que brinda el sustento de las determinar las características de árboles plus de algarrobo: marco conceptual, objetivo, métodos, resultados y referencias bibliográficas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Árbol élite: Árbol que ha mostrado poseer un genotipo superior en las correspondientes pruebas de descendencia (características heredadas).

Árbol plus: Árbol fenotípicamente sobresaliente en una o varias características de interés económico y/o ecológico de una especie.

Bosque seco: Son ecosistemas de vegetación boscosa semidensa o densa, que alterna climas estacionales lluviosos breves con climas secos más prolongados.

Diámetro a la altura del pecho (DAP): Variable de medición de árboles, medidos a una altura de 1.30 m desde la base del tallo, utilizando una cinta diamétrica, forcípula o cinta métrica.

Ensayo de progenie: Evaluación de determinadas características fenotípicas de la descendencia para determinar el valor genético de sus progenitores.

Fenotipo: Conjunto de los caracteres visibles de un individuo, determinados por la interacción del genotipo con factores ambientales.

Fuente semillera: Individuos seleccionados en base a características fenotípicas, de los cuales se obtienen semillas forestales de buena calidad. Se entiende como fuentes semilleras los rodales semilleros, huertos semilleros, fuente identificada y fuente seleccionada.

Genotipo: Conjunto de los genes de un individuo, de acuerdo con su composición alélica.

Semilla: Toda estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de una especie.

INTRODUCCIÓN

El árbol *Neltuma pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) C.E. Hughes & G.P. Lewis, es conocido localmente en la costa norte del Perú como “algarrobo” o incluso “huarango”. Es una especie clave para la funcionalidad de los ecosistemas de bosque seco y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos; además está altamente adaptada a climas áridos y semiáridos, así como a la humedad eventual incluida su respuesta frente a los eventos como el Fenómeno de El Niño (Salazar Zarzosa et al., 2021).

En cuanto a su distribución, las poblaciones de algarrobo se desarrollan principalmente en los ecosistemas de bosques estacionalmente seco de llanura y ribereño de la costa, en una superficie estimada de 1'504728.63 ha (MINAM, 2019). Estos bosques se ubican principalmente en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y en menor proporción o probabilidad en La Libertad, Lima, Ica, Ancash y Arequipa.

El algarrobo también es un recurso forestal socioeconómico muy importante para las comunidades campesinas y poblaciones locales de la costa norte, al ser una especie multipropósito proporciona diferentes productos y usos a los pobladores de esta zona del país (SERFOR, 2021), entre ellos, las vainas de algarrobo para algarrobina y otros productos derivados, flores para producción de miel, forraje para ganadería así como leña y carbón; además contribuye al mantenimiento de los servicios ecosistémicos de regulación como el flujo hídrico, prevención de la erosión y fertilidad del suelo, polinización, entre otros.

En los últimos años, diversos actores vinculados a la gestión y el aprovechamiento del algarrobo vienen alertando de una declinación de las poblaciones de esta especie forestal. Desde hace décadas los bosques secos en donde se desarrollan las poblaciones de esta especie sufren de una serie de amenazas de origen antrópico como la tala ilegal para leña, carbón y madera, el cambio de uso de la tierra para agricultura, sobrepastoreo, incendios forestales, y las invasiones a tierras de dominio público y de comunidades campesinas, además están expuestos a

amenazas de origen natural como la variabilidad del clima, incidencia de sequías, cambio climático y ocurrencia del Fenómeno de El Niño, lo cual causa la pérdida de las poblaciones y degradación de sus ecosistemas (SERFOR, 2019).

Considerando esta problemática, en la costa norte del país se vienen implementando iniciativas sobre reforestación y restauración de los bosques secos, los cuales consideran a *N. pallida* como la especie más importante para dichas iniciativas.

En este contexto, el SERFOR, a través de la Dirección de Estudios e Investigación (DEI) de la Dirección General de Política y Competitividad Forestal y de Fauna Silvestre (DGPCFFS), con el apoyo de la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Piura (ATFFS Piura) y Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Lambayeque (ATFFS Lambayeque), en conjunto con el INIA a través de la Estación Experimental Agraria El Chira (EEA El Chira) y la Estación Experimental Agraria Los Cedros (EEA Los Cedros), y el SENASA a través de la Subdirección de Análisis de Riesgo y Vigilancia Fitosanitaria, y con la colaboración del Grupo ISA en el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre el SERFOR e ISA REP, ha elaborado la presente guía a fin de contar con una herramienta orientadora para la identificación y selección de árboles fenotípicamente superiores de algarrobo como fuentes semilleras para iniciativas de manejo y restauración del bosque seco.

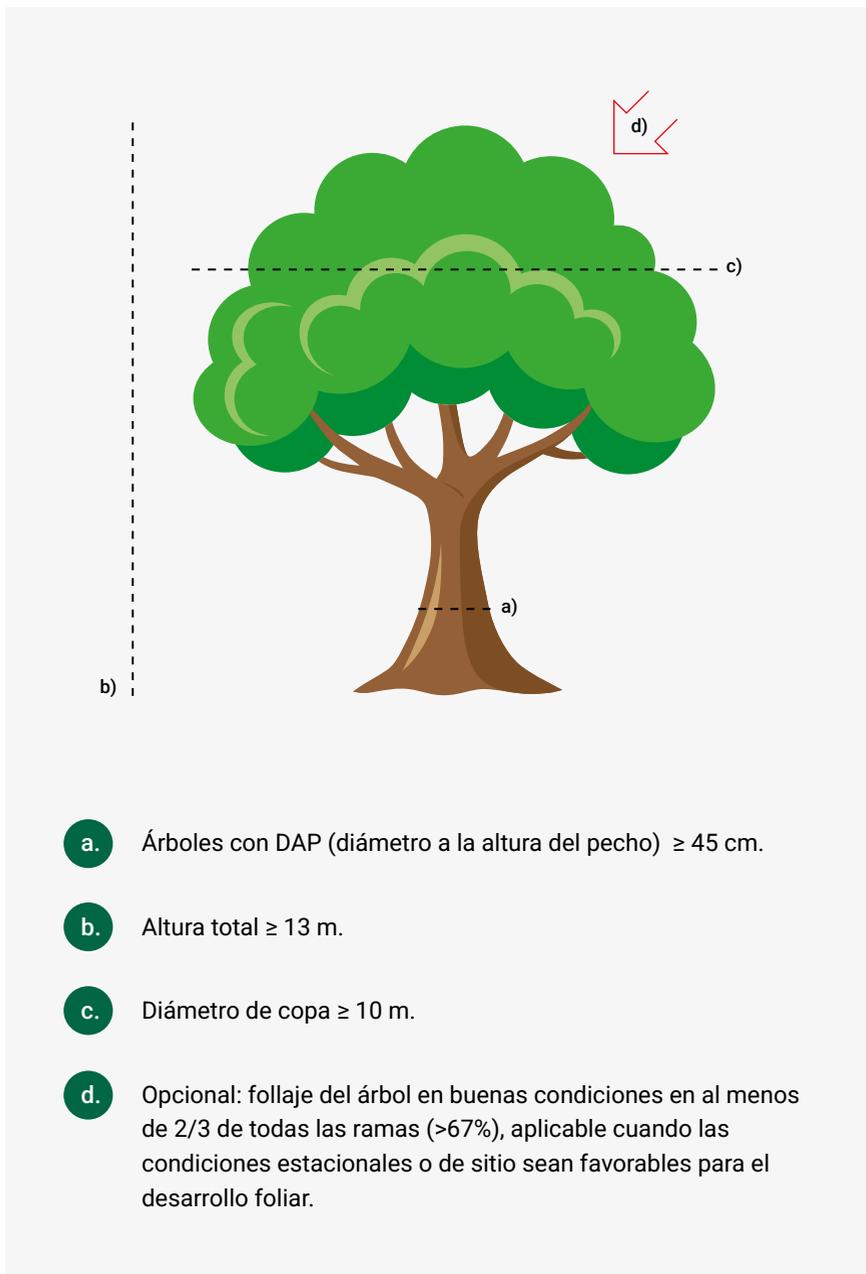
CÓMO IDENTIFICAR ÁRBOLES PLUS DE ALGARROBO



Caracteres clave para identificar árboles plus

De acuerdo a los estudios para determinar las características de árboles plus de *Neltuma pallida* "algarrobo" en los departamentos de Tumbes y Piura, implementado por el SERFOR en alianza con el INIA y SENASA (Anexo 1), se han logrado determinar las características, y las medidas o valores para identificar árboles fenotípicamente superiores de algarrobo en base a la evaluación y análisis de 631 individuos y 22 variables [ncluye variables cuantitativas vinculadas con datos dasométricos como diámetro del fuste y de la copa, altura a la primera ramificación y total, y número de ramas, así como variables cualitativas relacionadas a la forma del árbol, calidad y bifurcación del fuste, producción y calidad de frutos, calidad de follaje, intensidad de infestación de insectos y severidad de daño por hongos]. Las características clave son (Ver Figura 1):

Figura 1. Características clave para determinar un árbol plus de algarrobo *N. pallida*



Consideraciones para identificar árboles plus

Debe tener en cuenta los siguientes aspectos antes de realizar la identificación de árboles plus.

- Identificar áreas de interés con bosques o relictos de bosque con presencia de individuos de algarrobo.
- Contar con herramientas para determinar la especie de algarrobo, incluye documentos y publicaciones donde se describen e ilustran las características botánicas de *N. pallida*.
- Contar como mínimo con los siguientes equipos:
 - GPS, para ubicar geográficamente el bosque y los individuos de algarrobo. La ubicación se debe realizar en el sistema UTM, WGS 84, y seleccionar la zona UTM (17S para la costa norte).
 - Cinta métrica de sastre (1.5 m) o cinta diamétrica, para las mediciones del DAP.
 - Wincha de 20 o 50 m, para las mediciones de diámetro de copa y altura total.
 - Dendrómetro, clinómetro, hipsómetro o telémetros para medir la altura total de los árboles. Las mediciones de altura de los árboles también se pueden realizar mediante el uso de aplicativos disponibles para teléfonos celulares, por ejemplo, Trees².
 - La medición de los parámetros cuantitativos (dasométricos) de DAP, altura total y diámetro de copa también pueden realizarse mediante el uso de instrumentos y equipos con nuevas tecnologías como el Field-Map. La sanidad interna del árbol puede ser determinada mediante técnicas

2. Enlace : <https://sites.google.com/view/forestmonitoringtools/home>

Figura 3. Equipos de medición para identificar árboles plus de *N. pallida*



no destructivas a través de un Tomógrafo Forestal⁹ equipo con los que cuenta el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

- Asimismo, se pueden utilizar herramientas basadas en teledetección e inteligencia artificial para identificar árboles plus en una determinada área.

3. El INIA cuenta con un tomógrafo digital

Paso 1. Ubicación del área de interés

Debe ubicar áreas de interés de bosques con presencia de algarrobo para la identificación de árboles plus.

- Identificar preliminarmente bosques con presencia de algarrobo y entre ellos árboles plus de la especie, para ello puede utilizar las siguientes herramientas y referencias:
 - Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS), en el módulo inventarios, donde se provee información de localidades con registros de *N. pallida*⁴.
 - Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú (MINAM, 2019), donde se señala que los ecosistemas de bosques estacionalmente secos de llanura y ribereños están asociados a la presencia de algarrobo⁵.
 - Distribución en bosques en altitudes entre el nivel de mar hasta 1,000 (incluso 1,600) m. s.n.m., en territorios áridos y semiáridos con precipitaciones medias anuales de 125 a 500 mm de los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad y con probabilidad en Ancas, Lima, Ica, Arequipa (SENAMHI, 2022⁶; MINAM 2019).
- De manera directa, se puede realizar prospecciones de campo (exploraciones de posibilidades) para identificar áreas de bosques o relictos de bosque con algarrobo, utilizando para ello la georreferenciación de dichas áreas a través de un GPS.
- Una vez ubicadas las áreas de interés, la identificación de árboles potenciales plus se debe realizar de preferencia en el periodo de producción de frutos de algarrobo, generalmente entre enero a marzo.

4. Enlace : <https://sniffs.serfor.gob.pe/inventarios/biodiv/>

5. Enlace de descarga de shapefiles: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/277146-mapa-nacional-de-ecosistemas-del-peru>

6. Enlace e descarga de Ficha Agroclimática del algarrobo SENAMHI: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1721>

Figura 3. Ubicación de bosques con presencia de algarrobo



Paso 2. Determinación de la especie de algarrobo

Es importante determinar la especie de algarrobo, la cual se puede realizar de la siguiente forma.

- Utilizar herramientas como publicaciones científicas o documentos técnicos con las características que sirven para determinar la especie de algarrobo.

Como recomendación, se sintetizan a continuación las características para determinar la especie *N. pallida* "algarrobo" (detalle y referencias en el Anexo 1).

Figura 4. Características principales para determinar a la especie *N. pallida* "algarrobo": hábito, fuste, ramas y hojas

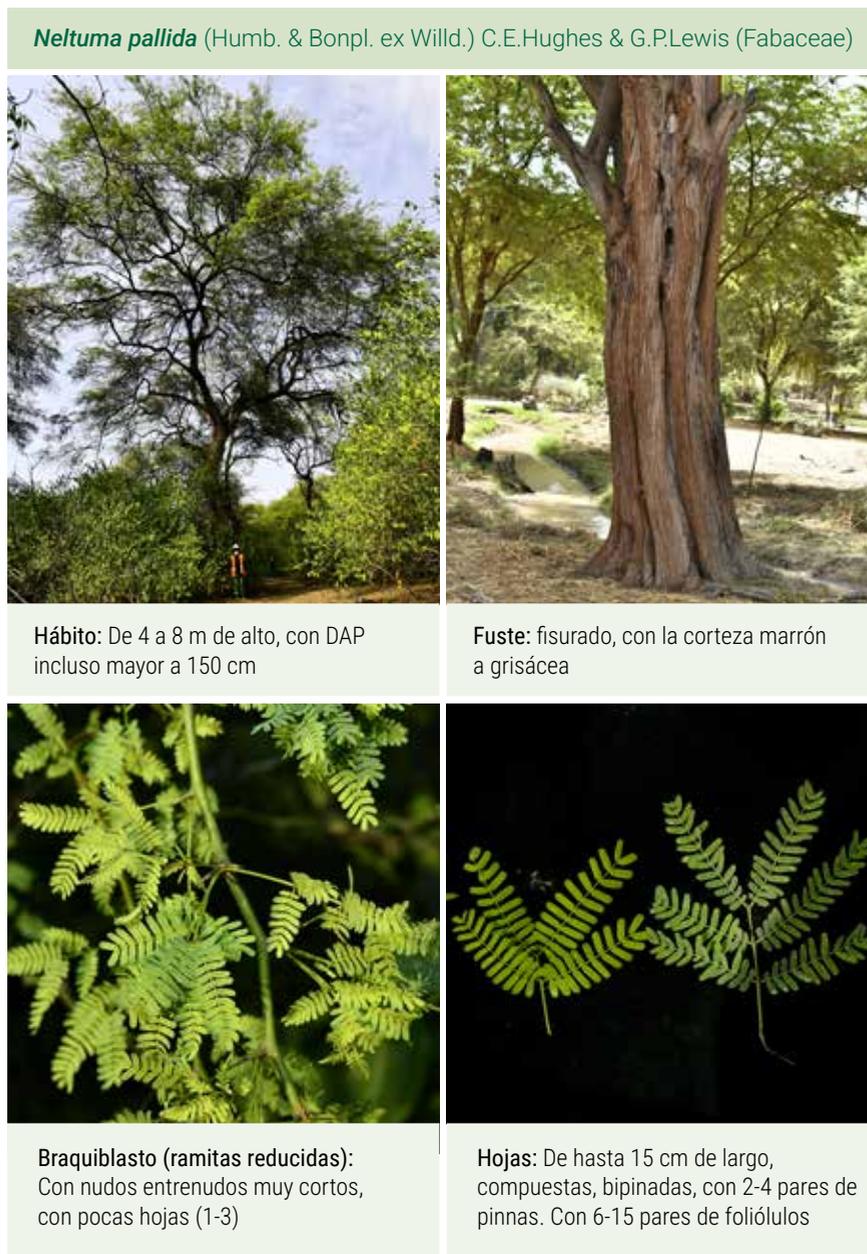
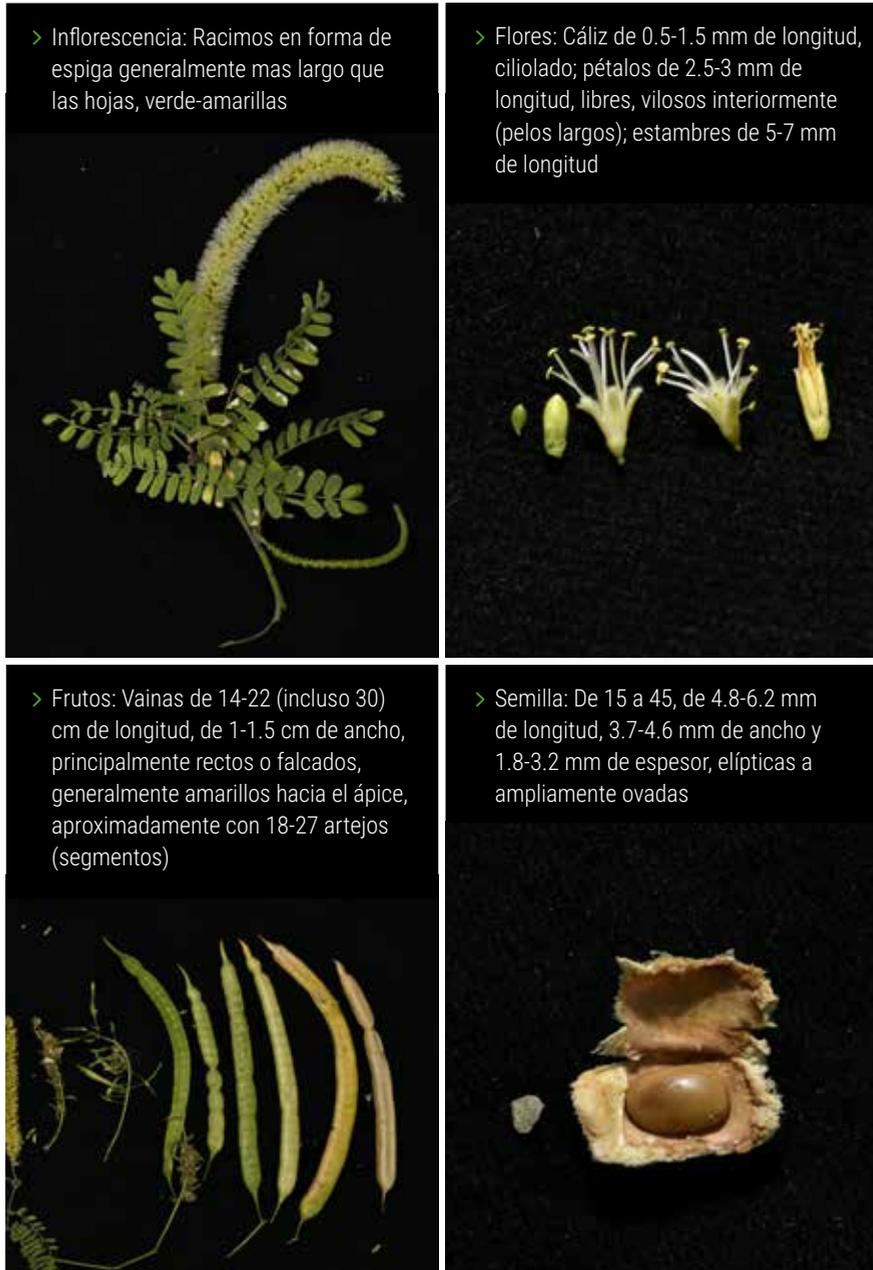


Figura 5. Características principales para determinar a la especie *N. pallida* "algarrobo": inflorescencia, flores, frutos (algarroba) y semilla



Paso 3. Ubicación del candidato a árbol plus

Mediante el uso de un GPS se debe georreferenciar a los candidatos de árboles plus en el sistema UTM WGS. Debe incluir además datos de ubicación política, fecha, evaluador y asignar un código a cada árbol.

Cuadro 1. Tabla recomendada para el registro de datos de ubicación de candidatos a árboles plus

Código de árbol	Nombre científico de la especie	UTM WGs84			Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha	Evaluador	Comentarios
		Este	Norte	Zona							

Paso 4. Medición del diámetro a la altura del pecho

Haciendo uso de la cinta métrica o cinta diamétrica debe medir el diámetro a la altura del pecho - DAP de cada árbol candidato en el área de interés. Dicha medición se realiza a 1.30 m de altura del suelo.

Tener en cuenta lo siguiente:

- Se recomienda medir solo aquellos árboles que se bifurcan por encima de 1.30 m.
- Si el árbol está en un terreno inclinado, la medición del DAP se toma en la parte superior de la ladera.
- La cinta debe estar lo más recta posible y en una posición perpendicular al fuste.
- En caso la medición se realice con la cinta diamétrica, se toma directo el valor de DAP.
- En caso la medición se realice con la cinta métrica, se mide la circunferencia del árbol y luego se divide entre $\pi = 3.1416$ para obtener el DAP.

Figura 6. Medición del DAP en un árbol de *N. pallida* "algarrobo"

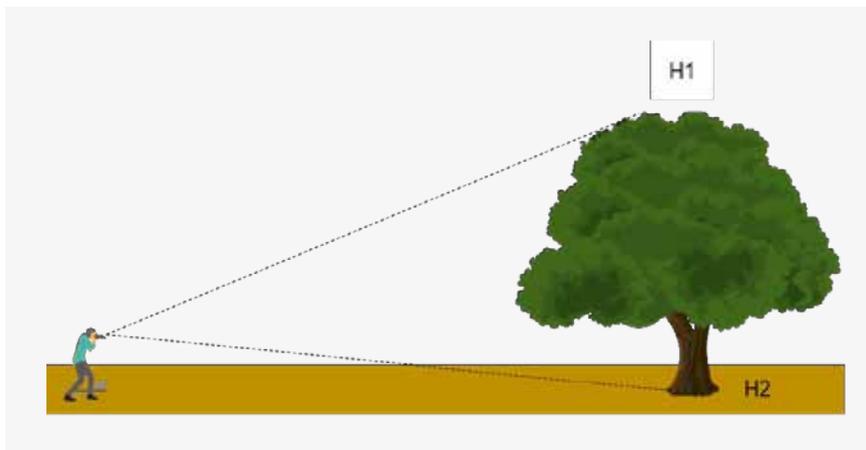


Paso 5. Medición de la altura total del árbol

La medición de la altura (m) se efectúa con ayuda de un hipsómetro, clinómetro o dendrómetro y una wincha. Debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Ubicarse en un lugar donde se pueda visualizar el árbol completo.
- En el caso de usar hipsómetro, se necesita tomar una distancia de 15 o 20 m del árbol para realizar la lectura de la altura. La distancia horizontal entre la persona y el árbol se puede medir con una wincha.
- Una vez ubicado a la distancia indicada, se debe medir primero la altura entre la visual del operador y el ápice del árbol (H1) y luego la altura entre la visual del operador y la base del árbol (H2). La altura total H se calcula mediante la suma de las dos alturas ($H1 + H2$).
- De acuerdo a la topografía del terreno, se puede adicionar o sustraer los resultados de las observaciones (H1 y H2). Se considera una adición si el operador está en pie en la parte alta de la ladera, o sustracción si el operador está en pie en la parte baja de la ladera en relación con el árbol.

Figura 7. Medición de la altura total de un árbol de *N. pallida* "algarrobo"



Fuente: Adaptado de UNAM (2024).

Paso 6. Medición del diámetro de copa

La medición de los radios de copa se efectúa con ayuda de wincha o cinta métrica en dirección a los cuatro puntos cardinales, mediante la proyección en el suelo, tomando como centro el eje principal del árbol. Se debe considerar:

- Tener la cinta métrica lo más tensionada posible para evitar errores de medición por holgura o pandeo de la cinta.
- Medir la distancia en la dirección Norte-Sur ($d1$) y la dirección Este-Oeste ($d2$), tomando como referencia la proyección de los extremos de la copa sobre el suelo.
- Se obtienen dos medidas. El diámetro de copa, por tanto, se calcula a través del promedio de las dos medidas tomadas $D = (d1 + d2)/2$.

Figura 8. Medición del diámetro de copa un árbol de *N. pallida* "algarrobo"



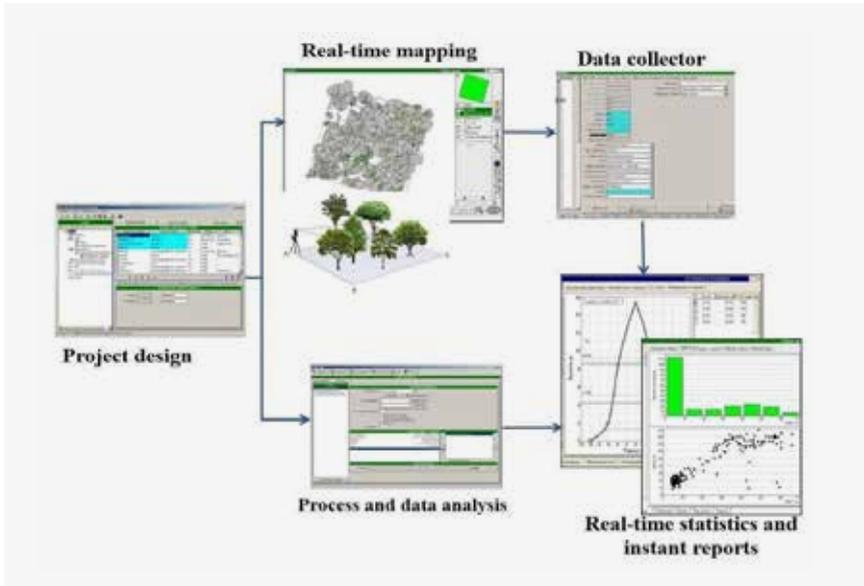
Fuente del diagrama: UNAM (2024).

Paso alternativo de medición de parámetros con Field-Map

Una alternativa para la medición de los parámetros dasométricos es el uso del software Field-Map (FM), que está conformado por una tablet y un hipsómetro láser con filtro de hojas, y accesorios de soporte como trípode y varilla reflectora. Esta herramienta facilita la medición de parámetros de DAP, altura total y diámetro de copa, control de datos, cartografía y análisis preliminar de datos en campo, adaptándose a diversas metodologías (Chumbimune et al., 2022). La recolección de información se realiza de la siguiente manera:

- > Se crea un proyecto en la extensión Field-Map Project Manager, donde se definen variables y vectores a utilizar.
- > Se completa un formulario electrónico con la caracterización morfológica del árbol, incluyendo fenología, tipo de fuste, tipo de copa, tamaño de copa y bifurcaciones.
- > Se pasa a la medición en campo con la extensión Field-Map Data Collector.
- > Durante esta etapa, se instalan equipos electrónicos y de medición en el terreno, se define un punto de partida georreferenciado, y se verifica la nivelación del trípode y montaje de accesorios.
- > Se georreferencian los árboles utilizando el hipsómetro láser y un reflector colocado en la base del árbol, emitiendo una señal recibida y almacenada por el sistema.
- > Se realizan disparos desde la posición del Field-Map a la base y ápice del fuste para calcular la altura total, mientras que para medir la proyección de la copa se utilizan disparos en el reflector, localizando cuatro a seis puntos siguiendo la forma de la copa del árbol.
- > Los parámetros dasométricos de altura y proyección de dosel se calculan utilizando la extensión del sistema, basándose en la distancia y el ángulo entre el árbol y el equipo.

Figura 9. Flujo de trabajo con Field-Map



Fuente: Chumbimune et al. (2022)

Figura 10. Evaluación de algarrobo con Field-Map



Fuente: INIA (2020)

Paso 7. Estimación de la calidad del follaje del árbol relacionada a la sanidad

La sanidad de un árbol en relación con la calidad de su follaje se evalúa mediante la observación, teniéndose los siguientes valores ordinales:

- 1 Follaje con hojas en buen estado [sin intensidad de infestación causada por especies de insectos, ni severidad de daño causada por especies de hongos] hasta en 1/3 de las ramas (hasta el 33%)
- 2 Follaje con hojas en buen estado [sin intensidad de infestación causada por especies de insectos, ni severidad de daño causada por especies de hongos] hasta en 2/3 de las ramas (del 34 al 66 %).
- 3 Follaje con hojas en buen estado [sin intensidad de infestación causada por especies de insectos, ni severidad de daño causada por especies de hongos] hasta en 3/3 (total) de las ramas (igual o superior al 67%).

Figura 11. Evaluación de la calidad de follaje asociado a la sanidad en un árbol de *N. pallida* "algarrobo"



Respecto a la calidad del follaje, se recomienda además tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Densidad del follaje: Si el árbol presenta follaje denso y uniforme, son signos que está saludable. La pérdida de hojas, la disminución en la densidad o la presencia de ramas desnudas puede ser un signo de estrés o enfermedad.
- Color del follaje: Si el árbol presenta hojas verdes y vibrantes, son un signo de buena salud. Hojas amarillentas, marrones, rojizas o con manchas pueden indicar problemas como deficiencias nutricionales, enfermedades, o infestaciones de plagas.
- Tamaño de las hojas: Si el árbol presenta las hojas más pequeñas de lo normal pueden sugerir que está experimentando estrés, posiblemente debido a la falta de agua, nutrientes o daño en las raíces.
- Presencia de hojas secas o muertas: Si el árbol presenta acumulación de hojas secas o muertas, puede indicar la presencia de enfermedades o daños físicos.
- Crecimiento de brotes nuevos: Si el árbol presenta nuevos brotes y crecimiento activo, es una señal positiva de que el árbol está en buena salud. La ausencia de estos brotes puede indicar que el árbol está en declive.
- Caída prematura de hojas: Si el árbol pierde hojas antes de lo esperado, podría ser un signo de enfermedad o de estrés ambiental, como la sequía.

Paso alternativo de medición de sanidad con Tomógrafo Forestal

Una alternativa para la medición de la sanidad de los árboles es el uso del equipo de tomografía 3D ArborSonic, diseñado para detectar de manera no destructiva la ubicación y porcentaje de zonas podridas o huecas en el fuste de los árboles. Este equipo consta de cajas de amplificación, sensores, caja de baterías, martillo de goma, martillo de acero, cinta métrica, cable de sensores y un ordenador de campo con el software ArborSonic 3D. Su funcionamiento se basa en la medición de la velocidad acústica entre al menos seis sensores colocados alrededor del fuste del árbol. Si hay un agujero u otro defecto interno, la velocidad entre los sensores disminuirá y las ondas sonoras lo rodearán, aumentando el tiempo de recepción (Fakopp, 2020). El proceso de evaluación se realiza de la siguiente manera:

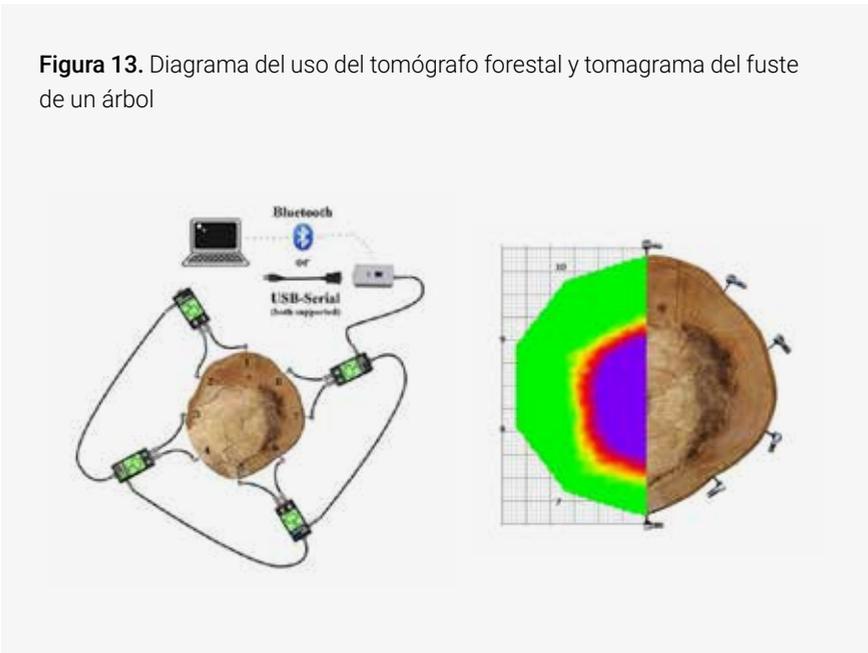
- > Se realiza la medición de la circunferencia del fuste, la cual se introduce en el software ArborSonic 3D.
- > Se selecciona el número de sensores a utilizar y el programa determina la distancia entre ellos.
- > Los sensores se colocan equidistantes utilizando un martillo de goma, se conectan a las cajas transmisoras y se unen mediante cables de conexión a la caja de batería.
- > Se procede a golpear tres veces, con un martillo especial, cada sensor con la misma intensidad.
- > La información se transmite a una tableta mediante Bluetooth.
- > Finalmente, el programa registra el tiempo y genera un tomograma, el cual se interpreta según una escala de colores y la velocidad acústica para identificar posibles zonas de deterioro en el fuste del árbol.

Figura 12. Uso del tomógrafo forestal



Fuente: Fakopp (2020)

Figura 13. Diagrama del uso del tomógrafo forestal y tomograma del fuste de un árbol



Fuente: Fakopp (2020)

Paso 8. Selección de árbol plus

Una vez evaluadas las variables de importancia en los individuos, y realizadas las mediciones y categorizaciones, se determinan los árboles plus de *N. pallida* "algarrobo" cuando cumplen los siguientes criterios:

1. Árboles con DAP (diámetro a la altura del pecho) ≥ 45 cm
2. Altura total ≥ 13 m
3. Diámetro de copa ≥ 10 m
4. Follaje en buenas condiciones del árbol en al menos 2/3 de todas las ramas (> 67%)

Se debe recalcar que, el árbol plus de *N. pallida* debe cumplir con los tres (03) primeros criterios y opcionalmente con el cuarto criterio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Modelo de evaluación e identificación de árboles plus de *N. pallida* "algarrobo"

Código de árbol	Nombre científico de la especie	UTM WGs84			DAP [≥ 45 cm]	Altura total m [≥ 13 m]	Diámetro de copa [≥ 10 m]	Calidad de follaje 3 [≥ 67 %]	Evaluación
		Este	Norte	Zona					
Ejm1	<i>Neltuma pallida</i>				45	13	10	67	Árbol plus
Ejm2	<i>Neltuma pallida</i>				40	12	13	50	No plus
Ejm3	<i>Neltuma pallida</i>				44	8	9	68	No plus
Ejm4	<i>Neltuma pallida</i>				49	20	9	60	No plus

ANEXO 1

**Implementación
de estudios para
determinar las
características
de árboles plus
de algarrobo**

A. Marco conceptual

Un “árbol plus” es un árbol fenotípicamente sobresaliente en una o varias características de interés económico y/o ecológico (Ipinza, 1988; Aguirre & Fassbender, 2012). Asimismo, la selección de árboles plus es un proceso mediante el cual de una población base determinada se escogen los mejores árboles, según los rasgos [caracteres] que son objeto de mejoramiento, de tal forma que den origen a la población de mejoramiento y/o producción (Ipinza, 1998).

Estos individuos seleccionados en base a sus características fenotípicas, permiten la obtención de semillas forestales de buena calidad, las cuales pueden ser utilizadas para el aprovechamiento de especies en áreas bajo manejo, en plantaciones forestales y acciones de restauración. Asimismo, se pueden utilizar como base para el mejoramiento genético forestal.

En el caso del algarrobo *Neltuma pallida*, considerando que el mayor valor agregado se encuentra en los productos derivados del fruto de algarrobo [denominado como algarroba] (Grados et al., 2000; SERFOR, 2021), y la problemática de la declinación de sus poblaciones en la costa norte (SERFOR, 2019), es que se planteó desarrollar estudios para identificar árboles plus de algarrobo como fuentes semilleras, teniendo en cuenta la producción de frutos [característica de principal interés], sin ser limitativo a otras características de interés de productos obtenidos de esta especie forestal multipropósito, teniendo en cuenta además actividades de restauración/reforestación de los bosques secos.

Cabe señalar que, esta característica de interés también se alinea con lo indicado en el Artículo 60. Manejo forestal de los bosques secos del Reglamento para la Gestión Forestal, el cual indica que “... *Por las características de estos bosques se promueve el aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera y de fauna silvestre, así como el desarrollo de actividades de ecoturismo y conservación bajo planes de manejo aprobados por la Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre – ARFFS ...*”.

En cuanto al marco metodológico para la determinación de árboles plus, se utilizó el “método de los árboles de comparación” (Ipinza, 1998; Bello & Navarrete, 1997); el cual consiste en la comparación de un árbol candidato con los árboles vecinos de un determinado área o lugar, considerando la evaluación de las mismas pautas “variables”.

B. Objetivo

Determinar las características que permitan identificar los árboles plus de *N. pallida* "algarrobo" en la costa norte.

C. Metodología

Ámbito de estudio

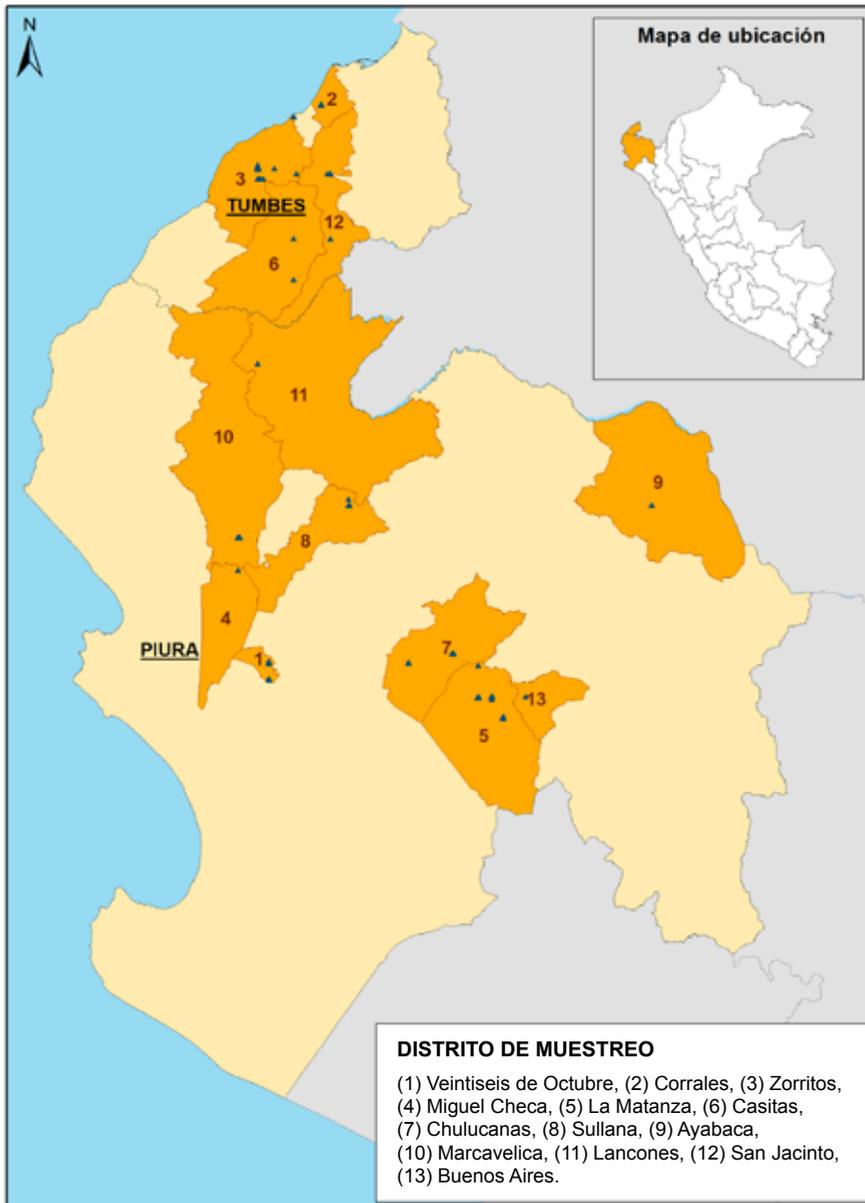
Se determinaron 13 localidades [estaciones de muestreo - EM] de evaluación con bosques secos en Piura y Tumbes donde predomina *N. pallida* (Cuadro 3). La selección de dichas localidades consideró los siguientes criterios.

- Información espacial de ecosistemas de bosques estacionalmente secos de llanura y ribereño donde predomina el algarrobo (MINAM, 2019).
- Prospección de campo en bosques secos de Tumbes, Piura respecto a áreas bajo manejo y bosques con algarrobo.

Cuadro 3. Localidades de muestreo para los estudios sobre árboles plus

N°	ESTACIÓN DE MUESTREO - EM	COORDENADA UTM WGS 84			LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
		ESTE	NORTE	ZONA				
1	EM 01 TU	544052	9597040	17	Bosque próximo a planta eléctrica	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes
2	EM 02 TU	533516	9580966	17	Pedregal	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes
3	EM 03 TU	554761	9579513	17	Rica Playa	San Jacinto	Tumbes	Tumbes
4	EM 04 TU	552188	9600766	17	EEA Los Cedros INIA	Corrales	Tumbes	Tumbes
5	EM 05 TU	533395	9577834	17	Bosque faja marginal	Zorritos	Contralmirante Villar	Tumbes
6	EM 02 PI	527549	9467787	17	Samán Chico	Marcavelica	Sullana	Piura
7	EM 03 PI	560700	9477726	17	Fundo Valdez	Sullana	Sullana	Piura
8	EM 07 PI	591596	9432184	17	Parcela de bosque próximo a SENASA	Chulucanas	Morropón	Piura
9	EM 09 PI	598925	9418632	17	Km 190, Dirección Olmos	La Matanza	Morropón	Piura
10	EM 10 PI	603030	9418972	17	Chamchape	La Matanza	Morropón	Piura
11	EM 12 PI	575852	9431548	17	Comunidad Campesina José Ignacio Tavera Pasapera	Chulucanas	Morropón	Piura
12	EM 12-2 PI	606411	9412904	17	Comunidad Campesina Monte Azul	La Matanza	Morropón	Piura
13	EM 14 PI	536685	9424453	17	Parque Ecológico Kurt Beer	Veintiséis de Octubre	Piura	Piura

Figura 14. Mapa con las localidades de evaluación de bosques de algarrobo

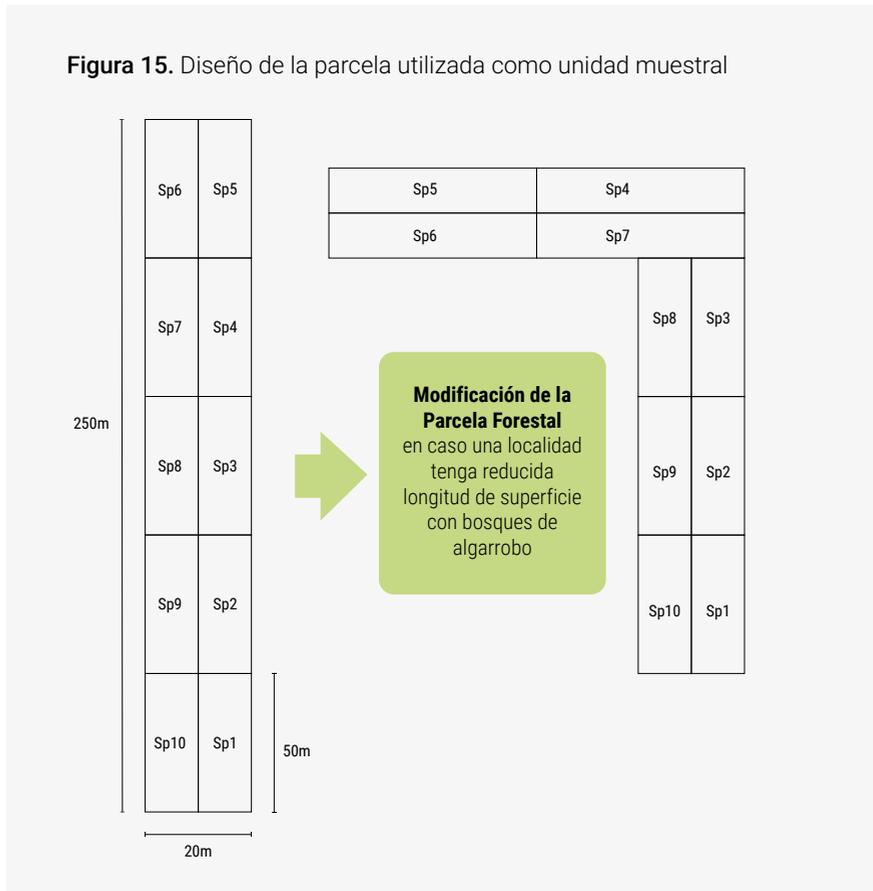


Unidad de muestreo

La unidad utilizada fue una parcela forestal de 0.5 ha (5000 m²), ubicada en cada estación de muestreo. La superficie evaluada corresponde al área mínima de muestreo propuesto para bosques de la región costa (MINAM, 2015) e inventarios forestales (FAO, 2004).

La parcela evaluada tuvo una extensión de 250 m x 20 m según los criterios señalados por Carrera (1996). Asimismo, en cada parcela se delimitaron 10 subparcelas de 50 m x 10 m, donde se evaluaron todos los especímenes "candidatos plus" que presentaron un DAP \geq 10 cm. La forma de la parcela se adaptó considerando el tamaño del bosque de algarrobo, toda vez que los parches de bosque difieren en tamaño (Figura 15).

Figura 15. Diseño de la parcela utilizada como unidad muestral



VARIABLES CONSIDERADAS EN LA EVALUACIÓN

Las variables consideradas (Albán et al., 2002; Roque-Calzada, 2017), así como las mediciones (cuantitativas) y estimaciones categóricas de datos multiestado ordenadas (cualitativas) fueron evaluadas en los individuos registrados en la parcela con DAP ≥ 10 , siendo las variables las siguientes:

VARIABLES CUANTITATIVAS

1. Altura total del árbol en metros (m).
2. Altura hasta la primera ramificación del fuste en metros (m).
3. Diámetro a la altura del pecho – DAP en centímetros (cm), medido a 1.30 m.
4. Diámetro de la copa en metros (m), resultado de multiplicar diagonal mayor y diagonal menor y dividido entre dos (2).
5. Número de ramas principales por fuste.

También se consideró una variable cuantitativa independiente, que es la altitud en la que se ubicó cada individuo (m s.n.m.), la cual fue considerada para los análisis de correlación.

VARIABLES CUALITATIVAS

6. Forma del árbol; 1 = árboles con múltiples tallos principales por debajo de 1.2 m de altura y ramas con ángulos mayores a 30° (inclinado), 2 = intermedios es decir cumple un criterio entre los valores de 1 y 3 (intermedio), 3 = árboles con un solo tallo por debajo de 1.2 m y ramas con ángulos menores o iguales a 30° (erectos).
7. Calidad de fuste; 1: calidad C, defectuoso, con defectos que representan más del 40 %, 2: calidad B, regular con defectos que representan entre el 10 - 40 % del fuste, 3: calidad A, bueno, sin defectos o defectos mínimos que no representan el 10 %.
8. Bifurcación del fuste; 1= presencia de bifurcación por debajo del DAP, 2= bifurcado a la altura del DAP, 3= no presentan bifurcación o se bifurcan por arriba del DAP.
9. Producción de frutos; jerarquizada de la siguiente forma (0, 1, 2, 3, 4); 0 = sin frutos, 1 = frutos hasta en el 25% de las ramas, 2 = frutos hasta en el 50 % de

las ramas, 3 = frutos hasta en el 75% de las ramas, 4 = frutos hasta en el 100% de las ramas.

10. Calidad de los frutos, jerarquizada de la siguiente forma (0, 1, 2, 3); 0 = muy amargo, 1 = amargo, 2 = dulce, 3 = muy dulce.
11. Calidad del follaje (considerando que se trata de especies perennifolias); 1: follaje con hojas en buen estado hasta en 1/3 de las ramas, 2: follaje con hojas en buen estado hasta en 2/3 de las ramas, 3: follaje con hojas en buen estado hasta en 3/3 (total) de las ramas. Esta variable estaría relacionada también al aspecto sanitario general del individuo de algarrobo.
12. Intensidad de infestación en hojas por *Enallodiplosis discordis* (Cuadro 4), de acuerdo al índice de defoliación en *N. pallida* (Whaley et al., 2020)
13. Intensidad de infestación en hojas por *Heteropsylla* sp., de acuerdo al índice de defoliación en *N. pallida* (Whaley et al., 2020) [Ver Cuadro 4].
14. Intensidad de infestación en hojas por *Melipotis* sp., se utilizó el índice de defoliación de *N. pallida* (Whaley et al., 2020) [Ver Cuadro 4].

Cuadro 4. Índice de Cobertura de Hojas (LCI) como indicador de la intensidad y defoliación por insectos en árboles de *N. pallida*

LCI	CARACTERÍSTICAS DE HOJAS Y FOLLAJE		
10	Verdes en toda la extensión de la hoja, nuevos brotes foliares	4	Verde-amarillas, escasa cobertura en la hoja, 30-50% de ramas defoliadas
9	Verdes en toda la extensión de la hoja	3	Amarillentas, 60-80% de las ramas defoliadas
8	Verdes con algo de amarillento	2	Amarillentas, 80-90% de las ramas defoliadas y muertas
7	Verdes con algo de amarillento, baja caída de follaje	1	>90% de las ramas defoliadas y muertas
6	Verde-amarillas, alta caída de follaje	0	Muerto (ramas polvorientas, troncos caídos)
5	Amarillentas, alta caída de follaje, 20-30% de ramas defoliadas	*5-3	Pueden tornarse verdes con la primavera, pero luego cambian a amarillas

15. Intensidad de infestación en troncos y ramas por larvas de *Melipotis* sp., se utilizaron los siguientes valores de infestación; 0 = mayor a 50 % de extensión del órgano, 1 = hasta 50 % de extensión del órgano, 2 = hasta 25 % de extensión del órgano, 3 = hasta 10 % de extensión del órgano, 4 = Sin presencia de ataque o intensidad mínima.
16. Intensidad de infestación en troncos por coleópteros barrenadores de la familia *Bostrichidae*, de acuerdo a valores de la variable 15.
17. Intensidad de infestación en troncos por succionadores de savia *Hemiberlesia* sp. y *Coccus* sp., de acuerdo a valores de variable 15.
18. Intensidad de infestación en ramas por succionadores de savia *Hemiberlesia* sp. y *Coccus* sp., de acuerdo a valores de variable 15.
19. Porcentaje de severidad de hojas por *Collethotrichum* sp., basado en la escala de valores de Orozco-Santos (1995) [Cuadro 5].
20. Porcentaje de severidad de hojas por *Alternaria* sp., basado en la escala de valores de Orozco-Santos (1995) [Ver Cuadro 5].
21. Porcentaje de severidad en ramas por *Lasiodiplodia teobromae*, basado en la escala de valores de Orozco-Santos (1995) [Ver Cuadro 5].
22. Presencia de planta parásita de la familia *Loranthaceae* (suelda con suelda); 1 = si, 0 = no.

Cuadro 5. Escala de porcentaje de severidad para hongos en ramas y hojas de *N. pallida*

CATEGORÍA	% AFECTACIÓN	CLASIFICACIÓN DE SEVERIDAD
5	0	Sano
4	hasta 5	Muy Leve
3	6 - 10	Leve
2	11 - 25	Moderado
1	26 - 50	Fuerte
0	> 50	Muy Fuerte

Se debe precisar que los insectos: *Enalodiplosis discordis*, *Heteropsylla* sp., *Melipotis* sp., coleópteros barrenadores de la familia Botrichidae, succionadores de savia de tronco y ramas *Hemiberlesia* sp. y *Coccus* sp, así como los hongos por ejemplo *L. teobromae* fueron seleccionados como variables de intensidad y severidad, respectivamente, debido a su presencia recurrente en las EM evaluadas y sobre las referencias señaladas en los estudios de Whaley et al. (2020), Juárez et al. (2016), Núñez (1993), Orozco-Santos (1995). En el caso de la presencia de insectos en la EM, la información sirvió para generar las Guías para la identificación de insectos asociados al algarrobo *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth. Volumen I: Tumbes, Volumen II: Piura (SERFOR et al., 2022, 2023).

Evaluaciones de campo

Las evaluaciones de las estaciones de muestreo en campo se realizaron el 2021 en Tumbes y el 2022 en Piura, considerando el periodo de floración o fructificación del algarrobo, de enero a marzo.

Actividades de evaluación realizadas:

- Delimitación de las parcelas de 0.5 ha.
- Colectas de muestras botánicas de la especie de algarrobo para determinación taxonómica en cada EM.
- Colectas de insectos asociados al algarrobo para determinación taxonómica en cada EM.
- Colecta de muestras de suelos para obtener información sobre aspectos de la calidad y fertilidad de suelos en las EM.
- Ubicación geográfica (coordenadas) de cada uno de los candidatos a árboles plus de algarrobo [DAP > 10 cm] de la parcela.
- Medición (cuantitativas) o estimación (categóricas) de valores de cada una de las 22 variables.

Figura 16. Fotos de evaluación del campo en los departamentos de Tumbes y Piura



Análisis de la información

La información obtenida en campo se analizó mediante las siguientes actividades:

- a) Determinación taxonómica de especies:
- En el caso del algarrobo se utilizó información de claves taxonómicas, en base a las descripciones y claves propuestas por Burkart (1976) y Mom et al. (2002).
 - En el caso de los insectos se utilizaron claves y descripciones de trabajos como los de: Whaley et al. (2020), Mormontoy et al. (2020), Juárez-Noé y González-Coronado (2020), Chipana-Auris (2019), Capistrano da Costa et al. (2019), Castillo (2013), Pena, (2013), Beaver et al. (2011), Miró-Agurto y Castillo-Carrillo (2010), Liu et al. (2008), O’Farril-Nieves y Medina-Gaud (2007), Muddiman et al. (1992), Oda y Mau (1974).
 - En el caso de hongos se realizó la siembra de muestras en placas petri conteniendo un medio de cultivo papa dextrosa con oxitetraciclina PDAO; posteriormente las estructuras fueron comparadas con la claves y descripción del trabajo de Barnett y Hunter (1972).
- b) Análisis de fertilidad y características físicas y químicas de suelos: Se aplicaron métodos analíticos en laboratorio para determinar los valores de parámetros de calidad y fertilidad de suelo (Cuadro 6), a fin de obtener información de referencia sobre el factor edáfico en las EM.

Cuadro 6. Métodos analíticos para la evaluación de parámetros de calidad y fertilidad de suelos en la EM

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Textura	kilopondio y el gramo fuerza	NOM: 021-RECNAT-2000, Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de suelos. Estudios. Muestreo y Análisis. 7. 1. 9. Detentación de la textura del suelo.
Carbonato	g CaCO ₃ /100g	NQJv1-021-RECNAT-2000 Especificaciones de Fertilidad, Salinidad Clasificación de suelos. Estudios, Muestreo y Análisis. 7.3.25. Determinación de carbonatos de calcio.
Conductividad Eléctrica	dS/m	Protocolo de Métodos de Análisis para Suelos y Lodos-Método 5.1. Conductividad Eléctrica. Extracto 1: 5 y determinación por conductivimetría (lodos y suelos) (Validado).

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Fósforo	mg/kg	Disponibles Suelos de Ácidos a Neutros: NOM-021-RECNAT-200 Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de suelos. Estudios, Muestreo y Análisis. 7.1.11. Fósforo extraíble en suelos ácidos a neutros.
Materia Orgánica	g/100 g	NOM 021-RECNAT-2000 sección 7.1.7 Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis.
Nitrógeno Total	g/100 g	NOM 021 RECNAT-2000 sección 7.3.17 Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis.
Potasio - Disponible	mg/kg	Extracción Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones-Agropecuarias. INIA, 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. 4.1 Extracción con solución de acetato de armonio mol/EL pH 7.0 y determinación por espectrofotometría de absorción y emisión atómica, con lantano) LECTURA ISO 11885. 2007. Water Quality - Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (IQP-OES).
pH	0 a 14	Protocolo de Métodos de Análisis para Suelos y Ledos. Método 4.1. pH. Suspensión y determinación potenciométrica (Lodos y Suelos) (Validado).

- c) Análisis estadístico de cada variable (cuantitativa o cualitativa) para determinar los individuos superiores de algarrobo respecto a la población evaluada; previa aplicación de la prueba de normalidad Anderson-Darling a un intervalo de confianza del 95 %, y un error de 0.05.
- d) Análisis estadísticos de correlación del conjunto de variables y determinación de variables claves para la identificación de árboles superiores de algarrobo. Las pruebas son:
- Análisis de componentes principales, para reducir la cantidad de variables agrupándolas según el grado de asociación.
 - Análisis Clúster, el cual permite agrupar a las más importantes variables de estudio según la cercanía o similitudes de sus características.
- e) Finalmente, de acuerdo a los análisis de correlación se establecieron los rangos de las variables clave para determinar árboles fenotípicamente superiores de algarrobo.

D. Resultados y discusión

Determinación taxonómica de la especie de algarrobo

De acuerdo a las colecciones botánicas realizadas en las 13 localidades en los departamentos de Tumbes y Piura, y la revisión de la bibliografía (Burkart, 1976; Mom et al., 2002; SERFOR et al., 2022, 2023) la especie de algarrobo corresponde a *Neltuma pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) C.E.Hughes & G.P.Lewis [Familia Fabaceae]. Actualmente, con sustento en el estudio molecular de Hughes et al. (2022), las especies se encuentran delimitadas en el género *Neltuma*. El nombre científico actualizado de *N. pallida*, se indica además en la "Lista Oficial de Especies Forestales".

Descripción de la especie

Árbol generalmente de 4-28 m de alto. Fuste de hasta 150 cm de diámetro. Corteza fisurada, marrón a grisácea. Individuos, con espinas o sin ellas, cuando presentes, cortas, axilares, de hasta 4 cm aproximadamente.

Braquiblasto o ramitas reducidas con nudos entrenudos muy cortos, con pocas hojas (1-3).

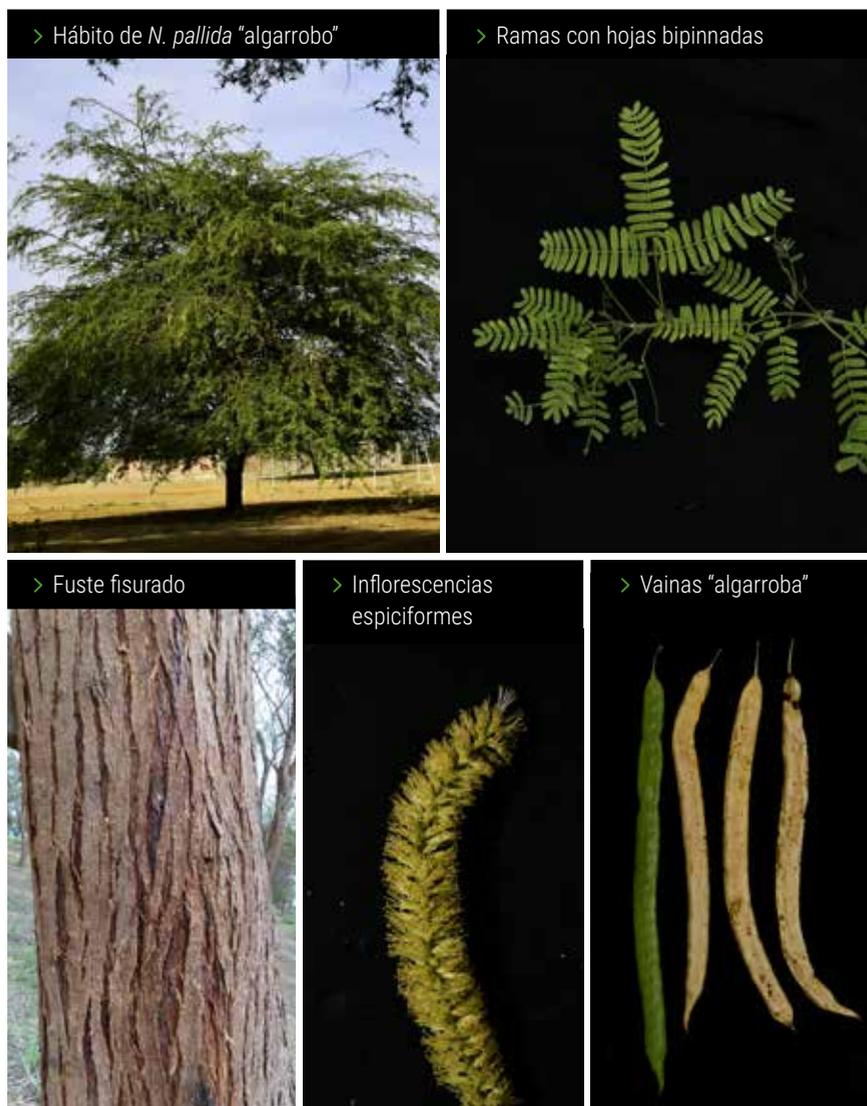
Hojas de hasta 15 cm de largo, compuestas, bipinnadas, es decir con el limbo dividido en pinnas, que a la vez tienen folíolos de segundo orden o foliólulos colocados en un raquis de segundo orden o raquilla, pubescentes, cilioladas o casi glabras; con 2-4 (incluso 6) pares de pinnas, cada pinna con 6-15 (generalmente de 10-13) pares de foliólulos; foliólulos de aproximadamente o mayor a 7 mm de largo, por 2 -2.5 mm de ancho, elípticos a elíptico-angostos, ápice mucronado, con pelos o tricomas dispersos, rígidos y agudos.

Racimo espiciforme (en forma de espiga), más largo que las hojas. Flores numerosas (200-250 por racimo), con pedicelos, cortos, verde-amarillas; cáliz de 0.5-1.5 mm de longitud, ciliolado; pétalos de 2.5-3 mm de longitud, libres, vilosos interiormente (pelos largos); estambres de 5-7 mm de longitud.

Frutos en vainas de 14 -22 (incluso 30) cm de longitud, de 1-1.5 cm de ancho, principalmente rectos o falcados, generalmente amarillos al madurar, adelgazados hacia el ápice, aproximadamente con 18-27 artejos (segmentos). Semillas de 15

a 45, de 4.8-6.2 mm de longitud, 3.7-4.6 mm de ancho y 1.8-3.2 mm de espesor, elípticas a ampliamente ovadas (Burkart, 1976; Mom et al., 2002; SERFOR et al., 2023, 2023).

Figura 17. Características botánicas de *N. pallida*



Insectos y otros artrópodos asociados al algarrobo

Se reportaron 136 especies y morfoespecies de insectos y otros artrópodos asociados al algarrobo *N. pallida* en los departamentos de Piura y Tumbes. De este grupo, se registraron 55 especies [fitófagos y xilófagos] que causan daños a diferentes órganos del algarrobo, también se reportaron hasta 59 especies de predadores entre los cuales se pueden encontrar potenciales controladores biológicos (Lamas, 1972; Núñez, 1993; Juárez et al., 2016; Juárez-Noe & González-Coronado, 2020; Whaley et al., 2020; Juárez-Noé, 2021) (Figura 18).

Dentro de las especies que causan daño a *N. pallida*, las más frecuentemente observadas corresponden a los defoliadores como *Enalodiplosis discordis* y *Heteropsylla* sp., en cuanto a los controladores biológicos, *Paraneda pallidula guticollis* ha sido la especie más frecuentemente observada (Cuadro 7, Figura 19).

Cuadro 7. Especies de insectos asociados a *N. pallida* con mayor frecuencia de observaciones en Tumbes y Piura

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	HÁBITO ALIMENTICIO
Diptera	<i>Enalodiplosis discordis</i> Gagné, 1994	Cecidomido del algarrobo	Fitófago
Hemiptera	<i>Heteropsylla</i> sp.	Psílido del algarrobo	Fitófago
Lepidoptera	<i>Melipotis</i> sp.	Gusano defoliador	Fitófago
Lepidoptera	<i>Filatima</i> sp.	Gusano pegador de hojas	Fitófago
Lepidoptera	<i>Eccopsis</i> sp.	Gusano pegador del algarrobo	Fitófago
Thysanoptera	<i>Frankliniella</i> sp.	Thrips	Fitófago
Thysanoptera	<i>Liothrips</i> sp.	Thrips	Fitófago
Coleoptera	<i>Paraneda pallidula guticollis</i> (Mulsant, 1850)	Mariquita	Depredador, controlador biológico

Figura 18. Número de especies de insectos y artrópodos asociados a *N. pallida* registrados en Tumbes y Piura por hábito alimenticio

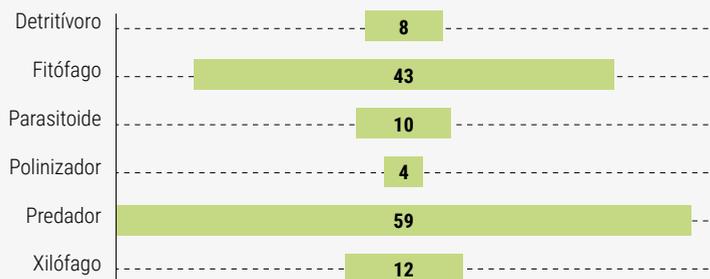


Figura 19. Principales especies de insectos asociados a *N. pallida* observados con mayor en Tumbes y Piura



Hongos asociados al algarrobo

Se reportaron 18 especies y morfoespecies de hongos asociados a *N. pallida*, de los cuales los más frecuentes han sido; *Lasiodiplodia teobromae*, *Alternaria* sp. y *Collethotrichum* sp.

Cuadro 8. Especies de hongos asociados a *N. pallida* con mayor frecuencia de observaciones en Tumbes y Piura

ESPECIE / MORFOESPECIE	ÓRGANO DONDE SE DETECTO	ASOCIADO POSIBLEMENTE A	FUENTE BIBLIOGRÁFICA	DEPARTAMENTO
<i>Alternaria</i> sp.	Hojas	Manchas necróticas	Canaflogia et al., 2007	Piura, Tumbes
<i>Aplosporella</i> sp.	Ramas	Cancro	Jamaluddin et al., 2004	Piura
<i>Aspergillus</i> sp.1	Hojas, ramas	Presencia de micelio	Canaflogia et al., 2007	Tumbes
<i>Aspergillus</i> sp.	Hojas, ramas	Presencia de micelio	Canaflogia et al., 2007	Tumbes
<i>Aspergillus</i> sp.a	Hojas	Presencia de micelio	Canaflogia et al., 2007	Piura
<i>Capnodium</i> sp.	Hojas	Indirecto, crecimiento sobre la hoja	Barnett y Hunter, 1972	Piura
<i>Cladosporium</i> sp.a	Hojas	Manchas necróticas	Canaflogia et al., 2007	Piura
<i>Cladosporium</i> sp.b	Hojas	Manchas necróticas	Canaflogia et al., 2007	Tumbes
<i>Collethotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. y Sacc.	Hojas	Manchas necróticas	Restrepo & Rada, 2017	Piura
<i>Collethotrichum</i> sp.	Hojas, frutos	Manchas necróticas	Rastro et al., 2017	Tumbes
<i>Fusarium</i> sp.	Ramas	Creciendo sobre la hoja	Peralta et al., 2015	Tumbes
<i>Helminthosporium</i> sp.	Hojas	Creciendo sobre la hoja	Observación en medio de cultivo	Tumbes

ESPECIE / MORFOESPECIE	ÓRGANO DONDE SE DETECTO	ASOCIADO POSIBLEMENTE A	FUENTE BIBLIOGRÁFICA	DEPARTAMENTO
<i>Lasiodiplodia theobromae</i> (Pat.) Griffon & Maubl	Fuste, ramas	Cancro, muerte regresiva	SENASA, 2019	Piura, Tumbes
<i>Penicillium</i> sp.	Ramas	Presencia de micelio	Mom et al., 2020	Tumbes
<i>Phoma</i> sp.	Hojas	Manchas necróticas	Barnett y Hunter, 1972	Piura
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn, 1858	Fuste	Cancro	Barnett y Hunter, 1972	Piura
<i>Rhizopus</i> sp.a	Hojas	Manchas necróticas	Peralta et al., 2015	Piura
<i>Rhizopus</i> sp.b	Ramas	Presencia de signo	Peralta et al., 2015	Tumbes

Características y fertilidad de suelo

Los suelos en los bosques de las EM a una profundidad entre 20 – 30 cm presentan una variabilidad de textura de arenosa a franco arenosa. Cabe señalar que, debido a los procesos de lixiviación y escorrentía durante eventos de precipitación intensos (por ejemplo, Fenómeno de El Niño) estos bosques se consideran relativamente bajos en nutrientes y con alta variabilidad en sus propiedades físico-químicas, estando además relacionados a la composición vegetal (Muenchow et al., 2013; Salazar Zarzosa, 2018). Los valores de los parámetros químicos y físicos del suelo evaluados en las EM mostraron esta alta variabilidad (Cuadro 9).

Árboles de algarrobo evaluados

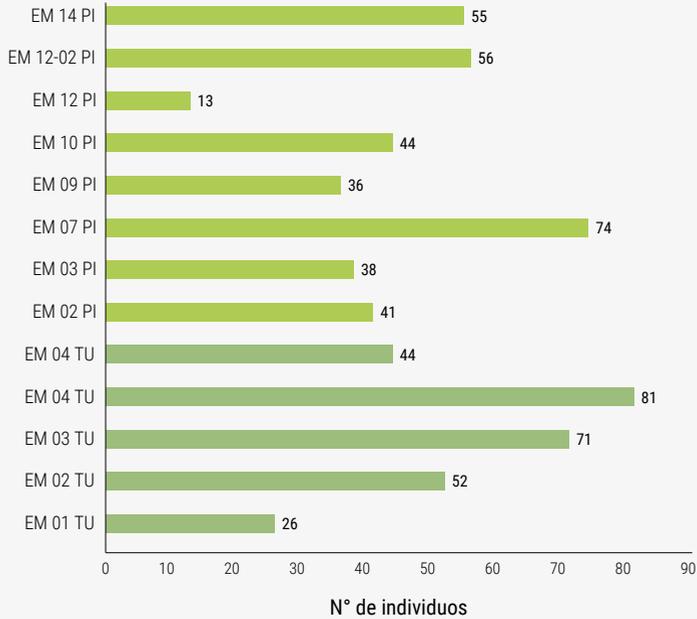
En las 13 parcelas (EM) de 0.5 ha evaluadas en los departamentos de Tumbes y Piura se registraron 631 individuos de algarrobo *N. pallida* con más de 10 cm de DAP (Figura 20). Estos correspondieron a los candidatos iniciales a ser árboles plus.

Las parcelas con mayor número de individuos de algarrobo fueron las ubicadas en, el arboreto de la Estación Experimental Agraria Los Cedros del INIA - Tumbes [81 individuos], parcela de bosque próximo a la sede de Chulucanas de SENASA – Piura [74 individuos] y la localidad de Rica Playa – Tumbes [71 individuos].

Cuadro 9. Parámetros físicos y químicos de los suelos en las EM evaluadas

DEPARTAMENTOS	ESTACIONES DE MUESTREO	pH	C.E	CARBONATOS	MATERIA ORGÁNICA	CLASE TEXTURAL	FÓSFORO DISPONIBLE	POTASIO DISPONIBLE	NITRÓGENO TOTAL
		(1:2.5)	(1:5) (DS/M)	(G CAC03 /100G)	(G/100G)	DETALLE	(MG/KG)	(MG/KG)	(G/100G)
Tumbes	EM 01 TU	8.12	0.28	1.55	0.88	Franco arenoso	32.57	341.50	0.06
	EM 02 TU	8.33	0.18	1.58	0.49	Arena	48.00	221.50	0.03
	EM 03 TU	8.68	0.06	1.48	0.26	Arena	27.82	119.10	0.03
	EM 04 TU	8.42	0.15	1.27	0.48	Franco arenoso	38.12	267.40	0.10
	EM 05 TU	8.56	0.38	1.57	0.19	Arena	28.94	74.40	0.09
Piura	EM 02 PI	7.11	1.80	2.10	4.87	Franco arenoso	3.99	399.48	<0.1
	EM 03 PI	7.30	0.07	1.4	4.10	Arenoso franco	5.10	321.48	<0.1
	EM 07 PI	5.59	0.09	< 0.1	1.73	Arenoso franco	42.54	465.85	<0.1
	EM 09 PI	6.09	0.10	< 0.1	1.97	Arenoso franco	22.78	372.70	<0.1
	EM 10 PI	6.58	0.02	< 0.1	6.00	Franco arenoso	18.77	1199.13	0.12
	EM 12 PI	7.11	0.20	1.02	1.07	Arena	95.74	173.10	<0.1
	EM 12-2 PI	6.39	0.16	< 0.1	6.70	Franco arenoso	69.89	1321.13	0.20
	EM 14 PI	7.51	0.27	1.01	0.97	Arena	8.43	226.20	<0.1

Figura 20. Número de individuos de *N. pallida* registrados en las parcelas de 13 (EM) localidades de Tumbes y Piura



Leyenda: EM en Tumbes: EM 01 TU: Bosque próximo a planta eléctrica, EM 02 TU: Pedregal, EM 03 TU Rica Playa, EM 04 TU: EEA Los Cedros INIA, EM 05 TU: Bosque faja marginal; EM en Piura: EM 02 PI: Samán Chico, EM 03 PI: Fundo Valdez, EM 07 PI: Parcela de bosque próximo a SENASA, EM 09 PI: Km 190, Dirección Olmos, EM 10 PI: Chamchape, EM 12 PI: Comunidad Campesina José Ignacio Tavera Pasapera, EM 12-2 PI: Comunidad Campesina Monte Azul, EM 14 PI: Parque Ecológico Kurt Beer



Variables en los candidatos a árboles plus

Respecto a las variables cuantitativas: DAP (cm), altura total del árbol (m), altura hasta la primera ramificación del fuste en (m), diámetro de la copa (m), número de ramas por fuste (unidad), no muestran una distribución de datos normal; no obstante, sí muestran una distribución de "j" invertida, lo que indica que hay un mayor número de individuos con valores inferiores y un menor número con valores mayores (Figura 21). Este tipo de distribución en cuanto al DAP, altura total, altura hasta la primera ramificación del fuste y tamaño de copa, se relacionan con el crecimiento de los individuos, y es propio de bosques primarios (Louman et al., 2001). Además, este tipo de distribución sobre todo de DAP, se observó también en bosques de *N. pallida* de Tumbes (Moscol et al., 2022). En cuanto a la variable de número de ramas por fuste es poco probable que se relacionen con el desarrollo de los individuos, no obstante, sí podría relacionarse con el diámetro de la copa.

En cuanto a las variables cualitativas, estas fueron reescaladas en datos numéricos en orden creciente (valores de 1, 2, 3 o incluso 4) a fin de uniformizar las correlaciones. Además, se seleccionaron las variables: forma de árbol, calidad de fuste, producción de frutos, calidad de frutos, calidad de follaje y bifurcación debido al mayor número de registros con categorías diferentes a 0 (Figura 22). Por ejemplo, variables como grado infestación o porcentaje severidad por cada especie de insecto u hongo no fueron observados en los 631 individuos evaluados de *N. pallida*.

Figura 21. Distribución de datos de las variables cuantitativas de los individuos evaluados de *N. pallida*

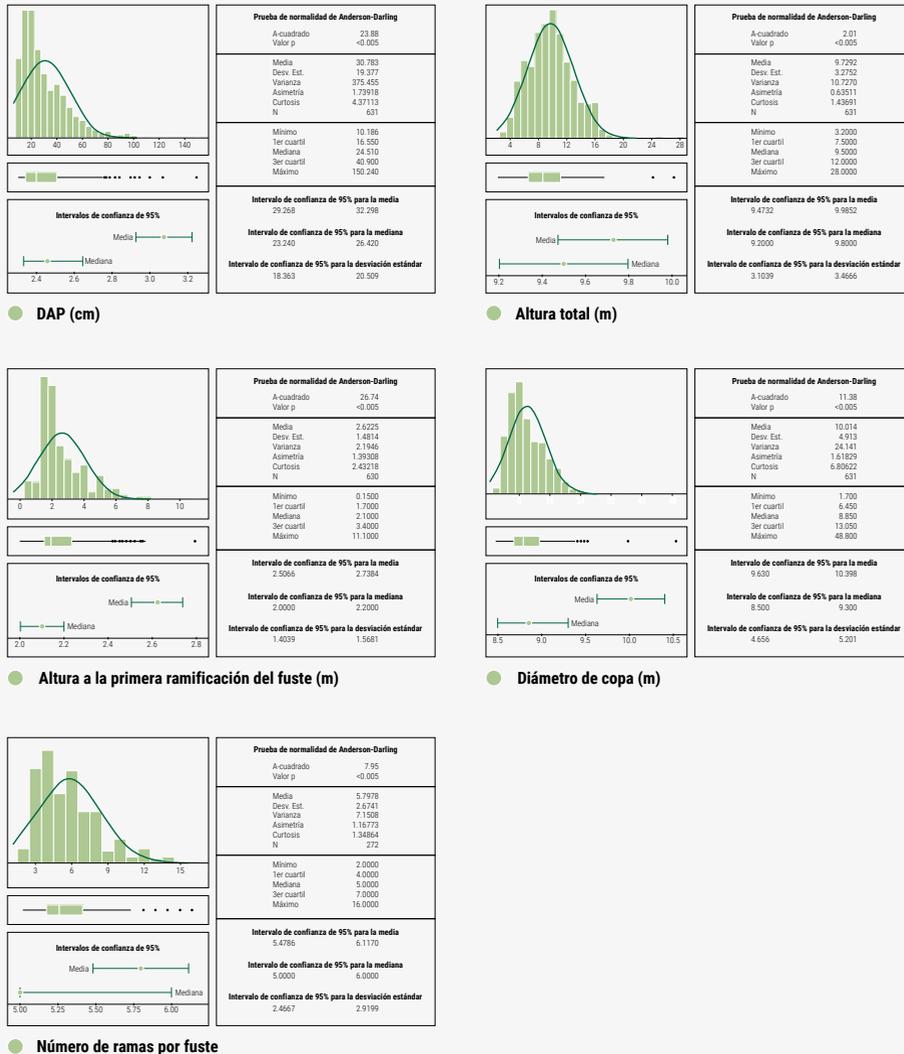
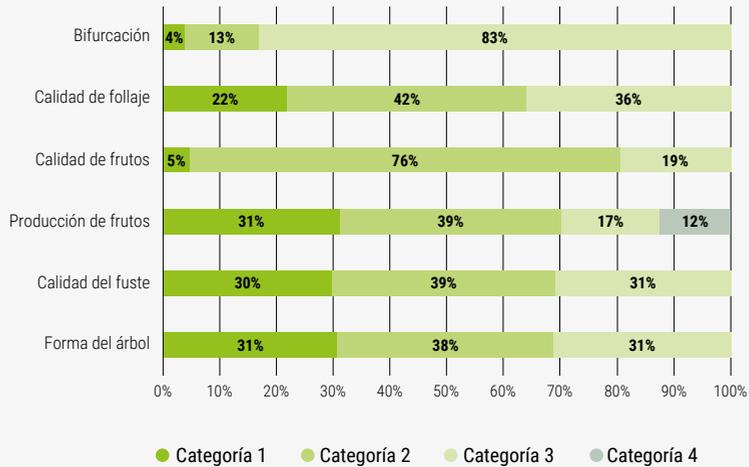


Figura 22. Categorización de principales variables cualitativas en los individuos evaluados de *N. pallida*



En general las categorías superiores oscilan entre el 83% y 12%. Asimismo, las variables cualitativas están asociadas a los aspectos productivos de la especie, como producción y calidad del fruto (algarroba), mientras que la variable calidad de follaje estaría relacionada al estado sanitario o sanidad de árbol [respecto a la copa, estado de las hojas, defoliación de los árboles] (Boa, 2008; Gobierno de Navarra, 2015; Díaz-Rivero et al., 2024).

Identificación de variables clave y rangos superiores

El análisis de componentes principales (ACP) mostró la correlación entre las 11 variables priorizadas (5 cuantitativas y 6 cualitativas). Las variables tienen en general correlación positiva, es decir que, cuando una variable se incrementa, las otras, también se incrementarán en diferentes proporciones (Figura 23). Analizando los datos de proporción, el primer componente puede explicar el 84.5 % de la variabilidad total, el segundo componente el 14.7 %.

De acuerdo a gráfico de doble proyección, se puede observar que el DAP, el diámetro de copa y la altura total del árbol están más próximas a los dos (02) componentes principales; por tanto, pueden explicar mejor la variabilidad de los datos, resaltando al DAP como la variable de mayor importancia. Asimismo, comparando el conjunto de variables con una variable independiente como la altitud (tomada como variable de referencia en campo), se puede visualizar que esta se aleja de explicar la variabilidad de los datos respecto a los componentes principales (Figura 24). Es importante recalcar que, las tres (03) variables importantes pueden explicar más del 99% de la variabilidad de los datos.

Figura 23. Análisis de ACP de variables en los individuos evaluados de *N. pallida*

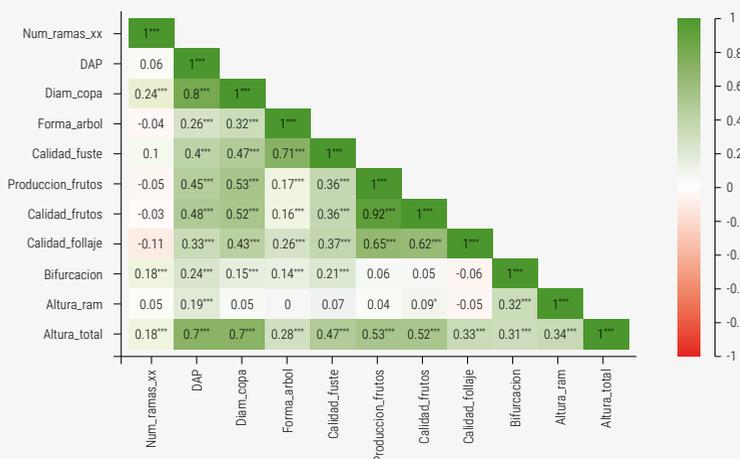
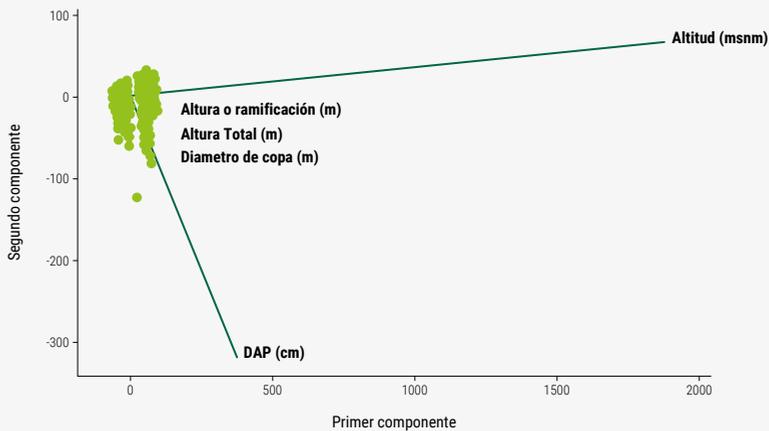


Figura 24. Proyección de variables relacionadas los componentes principales



En el análisis de cluster, se definieron inicialmente 10 grupos utilizando las variables de mayor importancia según el ACP: DAP (cm), altura total del árbol (m), diámetro de la copa (m). Además, debido a su relación al producto con mayor valor agregado de *N. pallida* "la algarroba", se utilizó también las variables cualitativas de producción y calidad de frutos. Resultado de ello, la agrupación número 7 [con 14 Individuos], es la que arroja mejores valores en lo que corresponde a DAP [87.93 cm], altura total [16.22 m], diámetro de copa [21.29 m] y con valores medios de 3.29 en producción de frutos y una media de 2.86 en valores de calidad de fruto (Cuadro 10).

Para establecer rangos (límite superior e inferior), se utilizó la el promedio y la desviación estándar (σ); es así que para el DAP la desviación estándar fue (σ) = 17.99, diámetro de copa σ = 2.92, altura total σ = 1.14; de modo que, en una primera instancia los potenciales árboles plus por lo menos deberían tener una DAP \geq 69 cm, una altura total del árbol \geq 15 m y un diámetro de copa \geq de 18 m; así como valores de producción de frutos en promedio de 2.8 (con frutos mínimo de 25% a 50 % en las ramas) y un valor promedio de 2.6 en calidad de frutos (es decir con frutos de dulces a muy dulces). No obstante, estos árboles representan solo el 2 % de la población evaluada.

Cuadro 10. Valores promedios de variables de individuos de *N. pallida* para 10 conglomerados

CLÚSTER	NÚMERO DE ÁRBOLES	PROMEDIO DE DAP (CM)	PROMEDIO DE DIÁMETRO DE COPA (M)	PROMEDIO DE ALTURA TOTAL (M)	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE FRUTOS	PROMEDIO DE CALIDAD DE FRUTOS
1	330	21.87	7.68	8.33	0.05	0.03
2	85	28.27	9.00	9.00	1.72	2.05
3	127	43.38	13.93	12.27	2.17	2.03
4	5	15.11	4.85	7.74	-	-
5	46	51.43	13.96	13.28	2.13	2.17
6	1	34.70	4.55	15.10	2.00	2.00
7	14	87.93	21.29	16.22	3.29	2.86
8	20	17.91	9.46	5.89	2.00	2.00
9	1	150.24	48.80	28.00	4.00	3.00
10	1	63.34	36.25	25.00	4.00	3.00

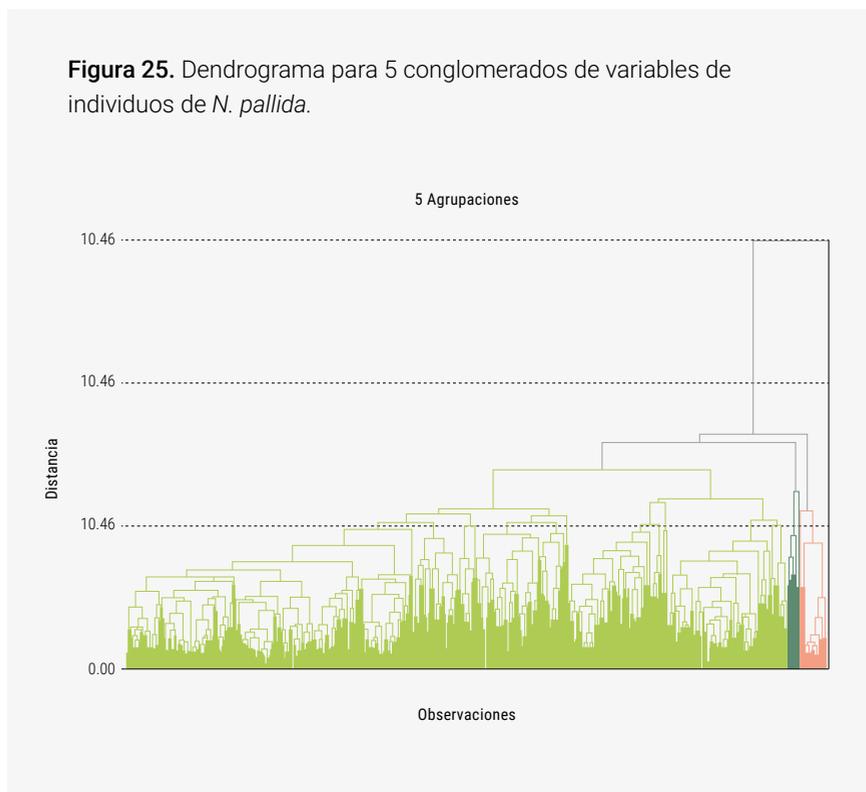
A causa de la cantidad reducida de estos potenciales árboles plus, se realizó una segunda corrida clúster con las variables previamente indicadas, pero en solo cinco (05) conglomerados (Cuadro 11, Figura 25). Los resultados muestran que, el clúster número 3 [con 10 individuos] es capaz de indicar que en una producción de frutos en promedio de 2.1 [con frutos mínimo de 25% a 50 % en las ramas] y un valor promedio de 2.2 en calidad de frutos [es decir con frutos de dulces a muy dulces] aún se mantendría las características de árboles plus, reduciendo los límites inferiores en las variables cuantitativas más importantes.

Cuadro 11. Valores promedios de variables de individuos de *N. pallida* para 5 conglomerados

CLÚSTER	NUMERO DE ÁRBOLES	PROMEDIO DE DAP (CM)	PROMEDIO DE DIÁMETRO DE COPA (M)	PROMEDIO DE ALTURA TOTAL (M)	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN DE FRUTOS	PROMEDIO DE CALIDAD DE FRUTOS
1	593	30.71	9.94	9.76	0.95	0.95
2	25	17.35	8.54	6.256	1.6	1.6
3	10	55.11	11.68	13.78	2.1	2.2
4	1	150.24	48.80	28	4	3
5	1	63.34	36.25	25	4	3



Con respecto a los rangos (límite superior e inferior), para el DAP la desviación estándar fue (σ) = 10.57, diámetro de copa σ = 3.40 , altura total de árbol σ = 1.48, de modo que en esta segunda instancia los árboles plus por lo menos deberían tener una DAP \geq 45 cm, una altura total \geq 13 m y un diámetro de copa \geq de 10 m.

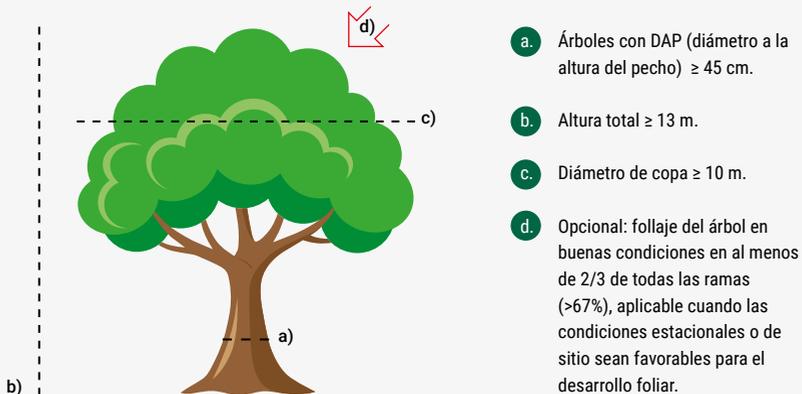


Con estas variables cuantitativas clave y sus rangos en el límite inferior, el 9% de los 631 individuos evaluados de *N. pallida* tienen valores superiores y presentan además frutos entre el 25 a 50 % de sus ramas, siendo además de dulces a muy dulces.

Se debe precisar como síntesis que las (03) tres variables clave y sus rangos agrupan a las otras variables considerando además que algunas de ellas, como las relacionadas al fruto solo están disponibles durante el periodo de fructificación del *N. pallida*.

No obstante, realizado el análisis estadístico, un aspecto adicional que se debería tener en cuenta es la sanidad general del árbol, debido que vincula hasta con 12 variables evaluadas, entre ellas intensidad de infestación por especies de insectos dañinos, severidad daños causado por especies de hongos, presencia de plantas parásitas y la calidad de follaje. De ellas, la que cuenta con todos los registros es la última [datos ordinales: follaje hasta en 1/3 de las ramas, 2: follaje hasta en 2/3 de las ramas, 3: follaje hasta en 3/3 - total de las ramas], debido a que es observable sobre todo en la estación de lluvias [inicio generalmente en noviembre hasta marzo o incluso abril] o en sitios con presencia de suelos con alta humedad [ej. zonas influenciadas a causas de ríos], y además se relacionan a la sanidad general de los individuos, (Boa, 2008; Gobierno de Navarra, 2015; MINAM, 2019; SENAMHI, 2022; Díaz-Rivero et al., 2024). Por consiguiente, se recomendaría además considerar como variable opcional, que un árbol plus sea aquel que tiene un follaje con hojas en buen estado superior a los 2/3 de todas las ramas, es decir superior al 67% cuando las condiciones de estación o sitio son adecuadas para el desarrollo foliar (Figura 26).

Figura 26. Características clave para determinar un árbol plus de algarrobo *N. pallida*



- a. Árboles con DAP (diámetro a la altura del pecho) ≥ 45 cm.
- b. Altura total ≥ 13 m.
- c. Diámetro de copa ≥ 10 m.
- d. Opcional: follaje del árbol en buenas condiciones en al menos de 2/3 de todas las ramas (>67%), aplicable cuando las condiciones estacionales o de sitio sean favorables para el desarrollo foliar.

E. Conclusiones

- Entre el 2021 y 2022, se realizaron evaluaciones en bosques de algarrobo en 13 localidades de Tumbes y Piura para determinar las características que permitan identificar árboles fenotípicamente superiores de la especie *Neltuma pallida*, considerando como principal característica de interés el fruto de algarroba debido al mayor valor agregado de los productos.
- Se obtuvo información georreferenciada de 631 árboles candidatos de árboles plus de *N. pallida*, que incluyó la toma de datos de variables cuantitativas vinculadas con datos dasométricos (diámetro del fuste y de la copa, altura a la primera ramificación y total, y número de ramas), y variables cualitativas relacionadas a la forma del árbol, calidad y bifurcación del fuste, producción y calidad de frutos, calidad de follaje, intensidad de infestación de insectos y severidad de daño por hongos.
- De acuerdo a las colectas de campo y revisión de caracteres taxonómicos, se corroboró que la especie evaluada en el estudio corresponde a *Neltuma pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) C.E. Hughes & G.P. Lewis
- Se determinaron 136 especies de insectos y arañas asociados al algarrobo, de ellos se reportó que 43 son fitófagos y 12 son xilófagos. Las especies más frecuentes observadas corresponden a los defoliadores *Enallodiplosis discordis* y *Heteropsylla* sp., en cuanto a los controladores biológicos, el más frecuente es *Paraneda pallidula guticollis*.
- Se reportaron 18 especies o morfoespecies de hongos, de ellos los más frecuentes fueron: *Lasiodiplodia teobromae*, *Alternaria* sp., y *Collethotrichum* sp.
- Los suelos en las localidades evaluadas son arenosos o francos arenosos, generalmente bajos en nutrientes y con alta variabilidad en sus propiedades físicas y químicas.
- Los análisis estadísticos aplicados indican que los caracteres clave y rango de datos para identificar árboles plus de *N. pallida* son: DAP (diámetro a la altura del pecho) ≥ 45 cm, altura total ≥ 13 m, diámetro de copa ≥ 10 m, y follaje del árbol en buenas condiciones en al menos de 2/3 de todas las ramas (>67%), aplicable cuando las condiciones estacionales o de sitio sean adecuadas para el desarrollo foliar.

F. Referencias bibliográficas

- Aguirre, A., Fassbender, D. (2012). Árboles Semilleros Árboles Plus: Consideraciones Básicas para La Selección y Manejo de Árboles Semilleros. Universidad Nacional Agraria La Molina, Arboricultura de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Arte (HAWK).
- Alban, L., Matorel, M., Romero, J., Grados, N., Cruz, G., Felker, P. (2002). Cloning of elite, multipurpose trees of the *Prosopis juliflora/pallida* complex in Piura, Peru. *Agroforestry systems*, 54(3), 173-182.
- Barnett, L., Hunter, B. (1987). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Fourth edition. Mac Millan Company.
- Bello, A., Navarrete, M. (1997). Procedimiento de selección de árboles plus de roble y raulí. Actas del Primer taller en Mejoramiento Genético de roble y raulí. Instituto Forestal, Sede Concepción, Chile.
- Beaver, R.A., Sittichaya, W., Liua, L-Y. (2011). Review of the Powder-Post Beetles of Thailand (Coleoptera: Bostrichidae). *Tropical Natural History* 11(2): 135-158.
- Boa, E. (2008). Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles, Reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO
- Burkart, A. E. (1976). A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum* 57(4), 450–525.
- Canafoglia, M., Comerio, R., Fernández, V., Vaamonde, G. (2007). Hongos toxicogénicos contaminantes de frutos de alpataco. *Rev Iberoam Micol* 24: 56-58.
- Capistrano da Costa, M. K., Diodato, M. A., Peixoto Fernandes, J. P. y Silva dos Santos, J. P. (2019). Insetos nocivos a *Prosopis* sp. no Rio Grande do Norte (Brasil) e Piura (Peru). *Agropecuária Científica No Semiárido* 15(3), 158-161.
- Carrera, F. (1996). Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biósfera Maya, Peten, Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

- Castillo, P. (2013). Insectos plagas y sus enemigos naturales en el cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao) en los valles de Tumbes y Zarumilla, Perú. *Revista Manglar* 10(2):3-16.
- Chipana-Auris, K.G. (2019). Ocurrencia estacional de un Cecidomyiidae en Algarrobo (*Prosopis pallida*) H.B.K en Pacasmayo – Perú. [Tesis de grado de la Facultad de Agronomía]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chumbimune, S.Y., Cardenas, G.P., Saravia, D., Valqui, L., Salazar, W., Arbizu, C.I. (2022). Methodology for Avocado (*Persea americana* Mill.) Orchard Evaluation Using Different Measurement Technologies. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* 38(3):259-273. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2078>
- Díaz-Rivera, J.C., Aguirre-Salado, C.A., Loredó-Osti, C., Escoto-Rodríguez, M. (2024). Identificación del estado fitosanitario de árboles mediante aprendizaje automático e imágenes de muy alta resolución espacial. *Scientia Agropecuaria* 15(2): 177-189. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.013>
- Fakopp. (2020). Tomografía acústica ArborSonic 3D. Fakopp. <https://fakopp.com/es/product/arborsonic/>
- FAO. (2004). Inventario Forestal Nacional, Manual de campo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
- Gobierno de Navarra. (2015). Salud en los bosques, Informe de estado del medio ambiente. Gobierno de Navarra.
- Grados, N., Ruiz, W., Cruz, G., Díaz, C., Puicon, J. (2000). Productos industrializables de la algarroba peruana (*Prosopis pallida*): Algarrobina y harina de algarroba. *Multequina* 9(2): 119-132.
- Hughes, C. E., Ringelberg, J. J., Lewis, G. P., Catalano, S. A. (2022). Disintegration of the genus *Prosopis* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae, mimosoid clade). *PhytoKeys* 205(8); 147-189. https://www.researchgate.net/publication/362942355_Disintegration_of_the_genus_Prosopis_L_Leguminosae_Caesalpinioideae_mimosoid_clade
- INIA. (2020). Manual técnico para la conservación y propagación de especies de algarrobo (*Prosopis* spp.). Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA.

<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1197>

- Ipinza, R. (1998). Mejoramiento Genético Forestal. Serie Técnica No. 42. Programa CONIF- Miniagricultura.
- Juárez-Noé, G. (2021). Actualización al listado de himenópteros (Insecta: Hymenoptera) de la región. *Graellsia* 77(2) e152. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2021.v77.312>
- Juárez-Noé, G., González-Coronado, U. (2020). Lista taxonómica actualizada de los insectos asociados a *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex. Wild.) Kunth (Fabaceae) de la región Piura. *Graellsia* 76(2) e110. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2020.v76.263>
- Juárez, G., Grados, N., & Cruz, G. (2016). Insectos asociados a *Prosopis pallida* (Humb.& Bonpl.ex.Wild.) Kunth en el campus de la Universidad de Piura, Perú. *Zonas Áridas* 16(1), 28-51.
- Lamas, G. 1972. A catalogue of Peruvian Asilidae (Diptera), with keys to the identification and descriptions of two new species. *Revista peruana entomología* 15(2): 304-316.
- Liu, L-Y., Schöntzer, K., Yang, J-T. (2008). A review of the literature on the life history of the Bostrichidae (Coleoptera). *Mitteilungender Münchener Entomologischer Gesellschaft* 98: 91-97.
- Louman, B., Quirós, D., Nilsson, M. (2001). Silvicultura de bosques latifoliados con énfasis em América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE
- MINAM. (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú, Memoria descriptiva. Ministerio del Ambiente - MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacionalecosistemas-peru>
- MINAM. (2015). Guía de Inventario de la Flora y Vegetación. Ministerio del Ambiente – MINAM.
- Miró-Agurto, J.J., Castillo-Carrillo, P.S. (2010). Especies de “mariquitas” (Coleoptera: Coccinellidae) en frutales de Tumbes. *Revista peruana de entomología* 46(1):21-29.

- Mom, M.P., Romero, S.M., Larumbe, A.G., Iannone, L., Comerio, R., Smersu, C.S.S., Simón, M., Vaamonde, G. (2020). Microbiological quality, fungal diversity and aflatoxins contamination in carob flour (*Prosopis flexuosa*). *Int J Food Microbiol.* 326: 108655. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108655>
- Mom, M. P., Burghardt, A. D., Palacio, R. A., Albán. L. (2002). Los algarrobos peruanos: *Prosopis pallida* y su delimitación. *Arnaldoa* 9 (1), 39-48.
- Mormontoy, S., Martos, A., Manta, M. y Chura, J. (2020). Infestación, daño y enemigos naturales de *Heteropsylla texana* en algarrobo (*Prosopis* sp.) en Tongorrape (Motupe - Lambayeque). *Anales Científicos* 81(2), 369-380.
- Moscol, J., Puestas, M., Herrera. E. (2022). Estructura y diversidad arbórea y su relación con el suelo forestal en un ecosistema de bosque seco. *Manglar* 19(4): 323-330.
- Muddiman, S.B., Hodkinson, I.D., Hollis, D. (1992). Legume-feeding psyllids of the genus *Heteropsylla* (Homoptera: Psyllodea). *Bulletin of Entomological Research* 82: 73–117.
- Muenchow, J., von Wehrden, H., Rodríguez, E.F., Rodríguez Arisméndiz, R., Bayer, F., Richter, M. (2013). Woody vegetation of a Peruvian tropical dry forest along a climatic gradient depends more on soil than annual precipitation. *Erdkunde* 67, 241–248. doi:10.3112/erdkunde.2013.03.03
- Núñez, E. (1993). Insectos del algarrobo (*Prosopis* spp.) en el Perú: costa norte (Piura) y costa central (Ica). *Revista peruana de entomología* 36: 69-83.
- Oda, C.S., Mau, R. F.L. (1974). Description and Life Cycle of the Monkeypod-Kiawe Caterpillar, *Melipotis indomita* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 21:435-441.
- O’Farrill-Nieves, H., Medina-Gaud, S. (2007). Las plagas comunes del jardín: identificación y manejo integrado. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola.
- Orozco-Santos, M. (1995). Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México. Universidad Autónoma Chapingo.

- Pena, R.C. (2013). Coleópteros das famílias Bostrichidae e Curculionidae (Scolytinae) associados a *Banisteriopsis caapi* (Spruce ex Grisebach). Araras: Universidade Federal de São Carlos (Brasil).
- Peralta, R., Zavala, F., Domínguez, Av. (2015). Evaluación de los hongos endófitos de *Prosopis* sp., XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.
- Restrepo, J. D., Rada, D. F. (2017). Estudio epidemiológico de *Colletotrichum* spp. asociado a tres especies del arbolado del campus de la Universidad del Magdalena. [Tesis para optar a Bachiller]. Universidad del Magdalena.
- Roque-Calzada, E.A. (2017). Optimización del tamaño de la parcela en un inventario forestal de bosque seco. [Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Salazar Zarzosa, P., Mendieta-Leiva, G., Navarro-Cerrillo, R.M., Cruz, G., Grados, N., & Villar, R. (2021). An ecological overview of *Prosopis pallida*, one of the most adapted dryland species to extreme climate events. *Journal of Arid Environments* 193, 104576. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104576>
- Salazar Zarzosa, C. (2018). Variabilidad funcional de *Prosopis pallida* frente a factores climáticos y edáficos en un gradiente ambiental en la costa norte de Perú. [Tesis doctoral]
- SENASA. (2019). Piura: Senasa realizará prospección fitosanitaria en bosques de algarrobo. SENASA al día. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/piura-senasa-realizara-prospeccion-fitosanitaria-en-bosques-de-algarrobo/>
- SENAMHI. (2022). Ficha Agroclimática – *Prosopis pallida*, algarrobo. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1721>.
- SERFOR, SENASA, INIA. (2023). Guía para la identificación de insectos asociados al algarrobo *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth. Volumen II: Piura. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR, Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA. <https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/960>
- SERFOR, SENASA, INIA. (2022). Guía para la identificación de insectos asociados al algarrobo *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth. Volumen I:

Tumbes. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR, Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA. <https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/924>

SERFOR. (2021). Avances sobre la investigación de algarrobo *Prosopis* (Fabaceae) en la costa norte del Perú. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR. <https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/905>

SERFOR. (2019). Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR. <https://sniffs.serfor.gob.pe/inventarios/#/publicacion/1>

UNAM. (2024). Dendrometría en Parques y Jardines. Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM. https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/1583/mod_resource/content/1/contenido/index.html

Whaley, O. Q., Borda, C., Moat, J., Wilkinson, T., Sánchez, A. B., & Gagné, R. J. (2020). Ecology and diagnosis of *Enallodiplosis discordis* (Diptera: Cecidomyiidae): A fierce new defoliator with direct repercussions for loss of *Prosopis* dry forest and livelihoods in Peru. *Revista peruana de biología* 27(4), 451–482.

Con el apoyo de

isa

REP | TRANSMANTARO | ISA PERÚ

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
Av. Javier Prado Oeste N° 2442, Urb. Orrantia,
Magdalena del Mar - Lima
T. (511) 225 9005
www.gob.pe/serfor
www.gob.pe/midagri



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SERFOR

Servicio
Nacional
Forestal y
de Fauna
Silvestre

