



Determinación
de la producción
de vainas de

Tara

Tara spinosa
(Molina)

Britton & Rose "tara"
en bosques naturales,
plantaciones
forestales y sistemas
agroforestales



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SERFOR Servicio
Nacional
Forestal y
de Fauna
Silvestre

Determinación de la producción de vainas de

Tara

Tara spinosa (Molina) Britton & Rose "tara" en bosques naturales,
plantaciones forestales y sistemas agroforestales



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SERFOR Servicio
Nacional
Forestal y
de Fauna
Silvestre

Determinación de la producción de vainas de *Tara spinosa* (Molina) Britton & Rose "Tara" en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

Ministro de Desarrollo agrario y Riego

Vladimir Germán Cuno Salcedo

Viceministro de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

Carmen Inés Vegas Guerrero

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

Orlando Hernán Chirinos Trujillo

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 - DGPCFFS

Director General

Victor Hugo Huamán Tarmeño

Dirección de Estudios e Investigación - DEI

Directora

Fabiola Adela Carreño Villar

Autor

William Nauray Huari

Equipo colaborador

Orlando Joel Zegarra Mori

Marli América Echaccaya Alvarez

Mario Fernando Cáceres Reyna

Amalia Cecilia Delgado Rodríguez

Diseño y diagramación: Grafitti.pe

www.gob.pe/serfor informes@serfor.gob.pe

Primera edición, diciembre 2025

Disponible en: <http://repositorio.serfor.gob.pe/>

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca

Nacional del Perú N°: 2025-14297

ISBN: 978-612-5116-15-4

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso.

© Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)

Av. Javier Prado Oeste N° 2442 Urb. Orrantía, Magdalena

del Mar, Lima - Perú. Teléfono: (511) 225-9005

Cita recomendada

SERFOR. (2025). Determinación de la producción de vainas de *Tara spinosa* (Molina) Britton & Rose "Tara" en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, por su cooperación en el análisis de fertilidad de suelos del estudio en el marco de la campaña “Perú 2M: Conoce la fertilidad de tu Suelo”; así como por el apoyo el brindado por la Estación Experimental Agraria – Baños del Inca y la Estación Experimental Agraria – Andenes durante las visitas técnicas realizadas.

A Giancarlo Belloni Cáceres y hermanos [Titular] y a Rossana Romero Dulanto [Administradora] del Fundo Belloni por el acceso y facilidades para el trabajo prospectivo en una plantación forestal de tara.

Índice

1. OBJETO.....	9
2. ALCANCE	10
3. DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	11
3.1. Introducción.....	11
3.2. Metodología para la determinación de la producción	16
3.2.1. Área de estudio y modalidades de acceso	16
3.2.2. Establecimiento de clases diamétricas	18
3.2.3. Unidad de muestra.....	19
3.2.4. Tamaño y distribución de la muestra	20
3.2.4.1. Cálculo del tamaño de muestra mínimo	20
3.2.4.2. Distribución del esfuerzo de muestreo	21
3.2.5. Levantamiento de información	24
3.2.6. Variables para la caracterización de árboles productores.....	30
3.2.6.1. Diámetro a la altura al suelo (DAS)	31
3.2.6.2. Diámetro de altura al pecho (DAP)	31
3.2.6.3. Número de ramas principales (NRP).....	32
3.2.6.4. Altura a la base de la copa (ABC).....	32
3.2.6.5. Altura total del árbol (AT)	33
3.2.6.6. Altura de primera ramificación (APR).....	33
3.2.6.7. Diámetro mayor y menor de copa (D_1 y D_2)	33
3.2.6.8. Cobertura de copa (CC)	35
3.2.7. Pesado de la producción de vainas de cada árbol productor.....	35
3.2.8. Variables climáticas de sitio	37

3.2.9. Muestras de suelos.....	41
3.2.10. Análisis estadístico.....	46
3.2.10.1 Limpieza y revisión de datos	46
3.2.10.2. Diferencias en la producción de bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales.....	47
3.2.10.3. Relación entre la producción y características de los árboles	47
3.2.10.4. Factores ambientales con influencia en la producción de tara	49
3.3. Resultados de producción	51
3.3.1. Síntesis de información recopilada en campo	51
3.3.2. Limpieza y revisión de datos de producción	55
3.3.3. Diferencias en las modalidades de acceso	57
3.3.4. Relación de producción con características dasométricas claves.....	57
3.3.5. Factores ambientales relacionados a la producción.....	66
3.3.6. Buenas prácticas asociadas a la producción.....	69
4. CONCLUSIONES	71
5. RECOMENDACIONES.....	74
6. BIBLIOGRAFÍA	75
7. ANEXOS.....	84
Anexo 1. Fichas de información de Plantación.....	85
Anexo 2. Fichas de información de Bosque.....	86
Anexo 3. Fichas de caracterización de árboles.....	87
Anexo 4. Fichas de producción de árboles.....	88
Anexo 5. Variación de la producción por eje comercial y región natural.....	89
Anexo 6. Detalles del análisis estadístico de las condiciones ambientales.....	94
Anexo 7. Detalles del análisis estadístico de las características del suelo	95

Presentación

La tara es un recurso forestal de importancia socioeconómica en el país, al generar beneficios directos para productores de la costa y la sierra que aprovechan sus frutos (vainas y semillas), principalmente con destino a la industria de curtiembre y alimentaria. No obstante, la información disponible sobre su producción en los lugares de procedencia es limitada; los escasos estudios existentes presentan una alta variabilidad en sus resultados o se encuentran circunscritos a ámbitos temáticos y territoriales específicos.

Frente a esta situación, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), a través de la Dirección de Estudios e Investigación (DEI), implementó el *"Estudio de producción de tara en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales para su gestión sostenible"*, en el marco del programa Tara Ñan. Este estudio aborda la problemática identificada mediante la determinación de valores de producción con alcance nacional, lo que permitirá a los productores y a los distintos actores de la cadena productiva contar con información técnica para la planificación del aprovechamiento del recurso, considerando diversas condiciones y estadios de desarrollo de la tara, así como para la aplicación de buenas prácticas orientadas a mejorar su productividad.

El estudio se desarrolló de manera participativa y se ejecutó mediante una metodología que incluyó la evaluación de las características dasométricas de los árboles de tara y la cuantificación de su producción de vainas. Las actividades de campo se llevaron a cabo entre mayo y septiembre de 2025, con la participación de productores de ocho (08) departamentos. Asimismo, se contó con la colaboración del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) para la realización de los análisis de suelo y la recolección de material de tara.

En ese sentido, la metodología, la evaluación, el análisis y los resultados del estudio se describen en el presente documento técnico, en el cual se detallan los valores de producción de vainas por árbol de tara, de acuerdo con las modalidades de acceso, y su relación con las características del árbol productor y las condiciones ambientales. De esta manera, la publicación constituye una herramienta orientadora para la implementación de acciones que contribuyan a mejorar la competitividad en la primera fase de la cadena productiva.

En ese contexto, el presente documento técnico describe la metodología empleada, los procesos de evaluación y análisis, así como los principales resultados del estudio, detallando los valores de producción de vainas por árbol de tara según las modalidades de acceso y su relación con las características del árbol productor y las condiciones ambientales. De este modo, la publicación se constituye en una herramienta orientadora para la implementación de acciones que contribuyan a mejorar la competitividad en la primera fase de la cadena productiva.

Finalmente, el SERFOR reafirma su compromiso con el fomento de la investigación aplicada, mediante la generación de información técnica actualizada que sustente la formulación de políticas públicas de impacto y responda a las necesidades del sector forestal y de fauna silvestre.

Desiderio Erasmo Otárola Acevedo
Director Ejecutivo

SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE



1

Objeto

Determinar la producción de vainas de tara en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, a fin de orientar a los productores sobre las condiciones actuales de la producción de tara en el país y puedan implementar acciones que les permitan incrementar su competitividad.



Alcance

Documento técnico dirigido a autoridades forestales, instituciones de investigación y otros actores vinculados a la cadena productiva de la tara.

3

Desarrollo del estudio

3.1. Introducción

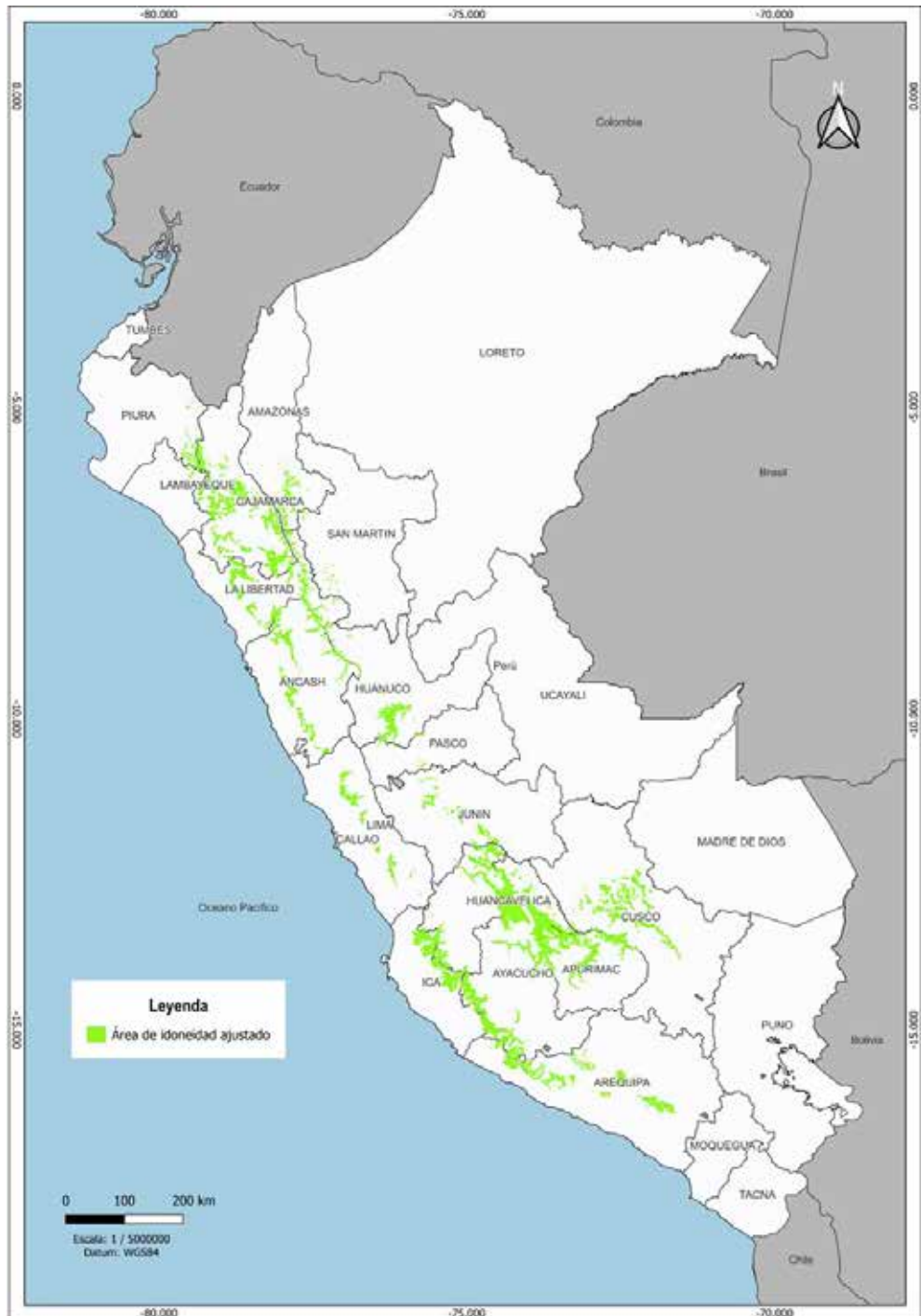
La *Tara spinosa* "tara" es una especie arbórea de importancia por su valor económico y ecológico (Villena & Seminario, 2021). Su capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y su tolerancia a suelos pobres ha favorecido su plantación en múltiples regiones del país (Narváez et al., 2019). Esta especie está ampliamente distribuida en los Andes, y desempeña un papel clave en la economía rural, siendo una fuente de ingresos para pequeños y medianos productores (MIDAGRI, 2024). Esta especie se desarrolla en suelos con baja fertilidad y escasa disponibilidad hídrica, convirtiéndose en una alternativa viable para plantaciones forestales y sistemas agroforestales (SERFOR, 2024).

La *Tara spinosa*, perteneciente a la familia de las fabáceas, es nativa de Sudamérica con una distribución que abarca desde Venezuela hasta el norte de Chile. Actualmente se sabe que su centro de domesticación se ubica en la costa peruana, y se remonta hasta 5,100 años aproximadamente. Dado que aún no ha alcanzado el nivel de planta totalmente domesticada, es posible encontrarla en estado silvestre (Villena et al., 2019). En el Perú, se encuentra en ecosistemas tanto costeros como andinos, principalmente en el flanco occidental y en los valles interandinos, entre los 500 y 3,000 metros de altitud (Cabello, 2010).

De acuerdo con las condiciones ambientales favorables identificadas y con fines de investigación, se ha estimado que el área idónea en el país para el desarrollo de *Tara spinosa* o donde puede establecerse es de aproximadamente 2'584,778.72 ha. Los departamentos que abarcan el 58% de la extensión del hábitat idóneo son Ayacucho, Cajamarca, Apurímac, Huancavelica, y Cusco. Se reconoce que la zona andina presenta las condiciones climáticas y edáficas que resultan más favorables para la especie (Figura 1).



Figura 1. Mapa con la superficie de idoneidad del hábitat de *Tara spinosa*



La especie es altamente valorada por el aprovechamiento de sus frutos en forma de vaina (Figura 2). Los principales productos derivados de la "tara" son el polvo, utilizado como tinte y curtidor de cueros, y la goma, que tiene diversos usos en la industria alimentaria como estabilizador en productos de consistencia viscosa (salsas, yogur y mermeladas). Además, se emplea en la industria farmacéutica para la producción de medicamentos dietéticos y en el tratamiento de úlceras y cicatrices.

Figura 2. Vainas de *Tara spinosa* "tara"



El aprovechamiento se lleva a cabo a través de distintas modalidades de acceso:

- a Autorizaciones para el aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera en asociaciones vegetales no boscosas, otorgados por la Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre – ARFFS¹; o,

.....
¹ Resolución de Dirección Ejecutiva N° 0258-2018-MINAGRI-SERFOR-DE. Se aprueban los lineamientos para la el otorgamiento de autorizaciones forestales para el aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera en asociaciones vegetales no boscosas.

- b** Plantaciones forestales (incluyendo sistemas agroforestales), las cuales se inscriben o actualizan en el Registro Nacional de Plantaciones Forestales conducidas por el SERFOR².

La producción de tara en el Perú se desarrolla en 18 de las 24 departamentos del país. De ellas, 17 cuentan con plantaciones registradas en el Registro Nacional de Plantaciones Forestales (RNPF).

La creciente demanda de productos derivados como el polvo y la goma de tara ha impulsado la necesidad de fortalecer la investigación sobre su rendimiento y producción en campo, con el propósito de mejorar las prácticas de manejo y optimizar la productividad en los diversos ecosistemas donde se cultiva (RED-FOR, 1996; Castell, 2012; Vega, 2019). En concordancia con ello, la "Hoja de Ruta 2024" del Consejo Nacional de la Tara (CONATARA) reconoce como una prioridad promover la investigación sobre esta especie, a fin de generar (entre otros temas) información técnica actualizada sobre la producción de tara en el país.

En este contexto, es necesario cuantificar la producción de vainas de tara por árbol de acuerdo a las condiciones actuales en el país, para que esta información sirva de base al productor para determinar su rendimiento y sobre esa base implementar buenas prácticas que le permitan incrementar su producción y mejorar su competitividad.

En tal sentido, en este documento se presenta el estudio, con la metodología aplicada, las evaluaciones de campo y toma de muestras, así como los análisis estadísticos que permitieran determinar la producción, tanto en bosques naturales como en plantaciones forestales y sistemas agroforestales (SAF) dentro del país. Además, se analiza la relación de la producción con distintas características propias de los árboles productores y el contexto climático y de fertilidad de suelos donde se desarrollan.

.....
² Resolución de Dirección Ejecutiva N° D000050-2025-MIDAGRI-SERFOR-DE. Se aprueban los "Lineamientos para la Inscripción de Plantaciones en el Registro Nacional de Plantaciones Forestales y su Actualización" y sus Anexos, los mismos que forma parte integrante de la presente Resolución.

Figura 3. Producción de vainas de *Tara spinosa* ("tara") por árbol productor



3.2. Metodología para la determinación de la producción

3.2.1. Área de estudio y modalidades de acceso

Dentro del ámbito donde la tara crece naturalmente o se establecieron como plantación o sistema agroforestales, se seleccionaron ocho departamentos del país: Cajamarca, La Libertad, Áncash, Huánuco, Ayacucho, Ica, Cusco y Tacna. La selección obedeció a los siguientes criterios:

- i Departamentos con mayor producción de vaina y polvo de tara entre 2014 y 2023 (SERFOR 2015; 2018; 2019a; 2019b; 2020; 2021; 2022; 2023; 2024).
- ii Departamentos con el mayor número de plantaciones de tara registradas en el Registro Nacional de Plantaciones Forestales - RNPF (febrero 2025) y con el mayor número de Autorizaciones para el aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera (Tabla 1).
- iii Representatividad latitudinal de la especie en el país (norte, centro y sur).

El estudio se desarrolló con la autorización de investigación científica “Estudio de producción de tara en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales para su gestión sostenible”, Resolución Directoral N° D000090-2025-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF.

Tabla 1. Cantidad de plantaciones registradas, de autorizaciones de aprovechamiento, y de productores relacionados con la producción de vainas de tara en el Perú, según departamento (febrero 2025)

Departamento	Plantaciones ⁽¹⁾		Autorizaciones ⁽²⁾		Productores ⁽³⁾
	Cantidad	Área (ha)	Cantidad	Área	Cantidad
Amazonas	106	17,119.54	-	-	135
Áncash	11	351.76	29	807.1	116
Apurímac	11	15.75	5	250.7	190
Arequipa	83	466.38	-	-	53
Ayacucho	226	8009	-	-	1910
Cajamarca	88	144,617.54	158	6,309.5	671
Cusco	36	22,504.89	13	384.9	138
Huancavelica	4	232.53	-	-	155
Huánuco	56	2,150.36	-	-	286
Ica	4	115.34	-	-	176
Junín	-	-	-	-	19
La libertad	105	2,606.56	138	4779.8	191
Lambayeque	7	69.25	-	-	9
Lima	10	98.88	-	-	58
Moquegua	2	1.05	-	-	38
Pasco	1	257	-	-	9
Piura	7	8,199.3	1	499.7	11
Tacna	54	376.65	-	-	961
Total	811	20,7191.8	344	13,031.6	5,126

⁽¹⁾ Registro Nacional de Plantaciones Forestales de la Dirección de Información y Registro del SERFOR (2025), ⁽²⁾ Información de las Autorizaciones de la Dirección de Información y Registro del SERFOR (2025), ⁽³⁾ MIDAGRI - Padrón de Productores Agrarios (2025).

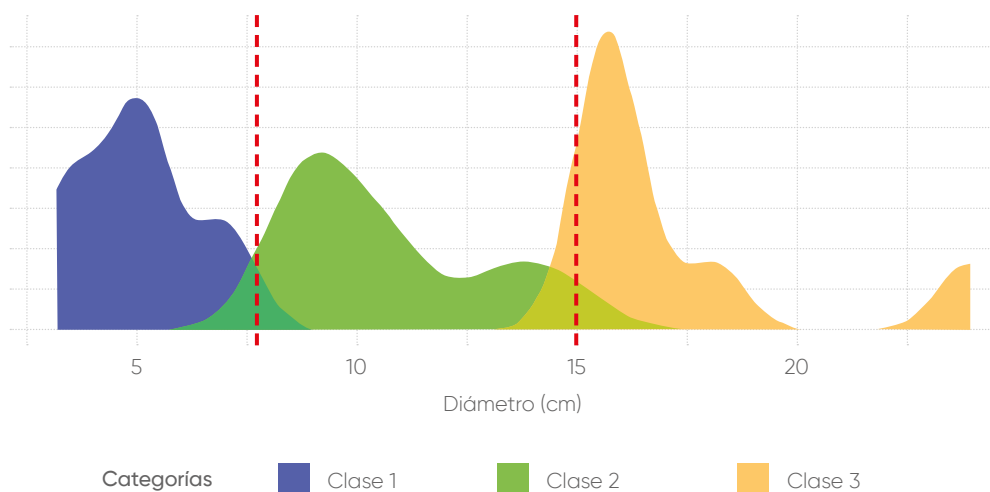
3.2.2. Establecimiento de clases diamétricas

Para diferenciar individuos con distinta edad o porte, y tener la mayor probabilidad de evaluar los diferentes tipos de producción de vainas, se clasificaron a los individuos basados en el diámetro a la altura del suelo (DAS), tal como ha sido aplicado por Cordero et al. (2016).

La clasificación se basó en un análisis de percentiles, estableciendo intervalos que equilibraron la densidad de probabilidad acumulada para una distribución más homogénea de los datos (Figura 4). Se utilizaron datos recopilados de tres plantaciones forestales medidas en un piloto en Pachacamac-Lima (2025), y los datos presentados para cuatro bosques naturales del Perú (Cordero et al., 2016).

Figura 4. Distribución de la variabilidad del DAS de árboles de Tara

Distribución de Probabilidad de Diámetros



De esta manera se establece que, para una medición general nacional, se tienen las siguientes clases diamétricas del DAS que consideran la mayor variabilidad posible (Tabla 2):

Tabla 2. Clases diamétricas referenciales del DAS de árboles de tara

Clases diamétricas	Clase 1 (Inferior)	Clase 2 (Media)	Clase 3 (Superior)
Diámetro a la altura del suelo – DAS	< 8 cm	8 – 15 cm	> 15 cm

Adicionalmente y en base al análisis indicado previamente, se plantearon categorías secundarias (alternativas) de clasificación de árboles de tara basadas específicamente de acuerdo a las distintas modalidades de acceso. De esta manera, se presentan clases y rangos para bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales:

Tabla 3. Clases diamétricas del DAS de árboles de tara en unidades de evaluación con distintas modalidades de acceso

Modalidades de acceso	Clases – DAS		
	Clase 1 (Inferior)	Clase 2 (Media)	Clase 3 (Superior)
Bosque natural	< 8 cm	8 – 23 cm	> 23 cm
Plantación forestal y sistema agroforestal	< 6 cm	6 – 12 cm	> 12 cm

3.2.3. Unidad de muestra

La unidad de muestra (n) es el peso seco de la producción de vainas de un árbol de tara por cosecha (Figura 5). Figura 5. Obtención del peso seco de la producción de vainas de un árbol de tara.

Figura 5. Obtención del peso seco de la producción de vainas de un árbol de tara

3.2.4. Tamaño y distribución de la muestra

3.2.4.1. Cálculo del tamaño de muestra mínimo

Considerando que la cantidad probable de árboles de tara en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales representa un tamaño poblacional bastante alto (por ejemplo, más de 2 millones de ejemplares en el RNPF), se estimó el tamaño de muestra requerido para evaluar correctamente las distintas clases diamétricas utilizando la siguiente fórmula (Aguilar-Barojas, 2005):

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde:

- "Z" es el valor de Z crítico a un determinado nivel de confianza ($\alpha = 0.05$)
- "p" es la proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia (y "q" su complemento aritmético) y "d" es el nivel de precisión (error absoluto) al que se desea llegar.

De esta manera se determinó que el tamaño de muestra mínimo requerido a nivel nacional fue de **340 registros de producción/árbol**, siendo este umbral determinado al 95% de nivel de confianza y 5% de error absoluto, cuando el tamaño de la población (N) es muy grande y se desea evaluar tres clases diamétricas con similar proporción.

3.2.4.2. Distribución del esfuerzo de muestreo

Según el tamaño de muestra mínimo requerido, se estableció una distribución del esfuerzo de muestreo a lo largo del territorio nacional, sobrepasando dicho valor. Para ello, se emplearon los siguientes criterios:

- Variación por región natural: costa y sierra.
- Variación latitudinal: norte, centro y sur.
- Modalidades de acceso: bosques naturales, plantaciones forestales, sistemas agroforestales.
- Clase diamétrica basal: alta (>15 cm DAS), media (8-15 cm DAS), baja (< 8 cm DAS).
- Densidad de vías de acceso: Norte, Centro-Norte, Centro, Centro-Sur y Sur.

Con base en estos criterios, se empleó el Mapa Climático del Territorio Peruano (SENAMHI, 2020) y un Mapa de densidad de redes viales (MTC, 2018), elaborado específicamente para este estudio a partir del RNPF y Autorizaciones. Ambos insumos permitieron delimitar los principales ejes comerciales por donde se moviliza la producción de tara en el Perú (Figura 6). Estos ejes fueron utilizados para analizar la variación de la producción de tara a nivel nacional, mientras que la distribución del esfuerzo de muestreo se definió de modo que representara las áreas de aprovechamiento de vainas de tara dentro de dichos ejes y las distintas modalidades de acceso.

Tabla 4. Distribución del esfuerzo de muestreo planeado por modalidad de acceso

Modalidad de acceso	Esfuerzo de muestreo (n)
Bosque natural	360 árboles
Plantación forestal	720 árboles
Sistema agroforestal	360 árboles

En las diferentes modalidades de acceso, se superó el tamaño de muestra mínimo, determinado al 95% de nivel de confianza y con 5% de error absoluto.

Figura 6: Ejes comerciales identificados para el estudio de producción



Fuentes: Mapa Climático del Territorio Peruano (SENAMHI 2020) y el Mapa de redes viales (MTC, 2028), áreas de producción de tara en el RNPF y Autorizaciones (SERFOR, 2025).

De esta manera, el esfuerzo de muestreo se distribuyó en cada uno de los ocho departamentos, con relación a las Autorizaciones de PFDM y a las plantaciones en el RNPF (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución del esfuerzo de muestreo planeado para cada departamento del Perú, considerando la modalidad de acceso para su aprovechamiento

Departamento	Eje comercial	Región natural	Esfuerzo por departamento	Plantación forestal	Bosque natural	SAF
Áncash	Norte-Centro	Sierra	180	90		
					90	
Ayacucho	Centro-Sur	Sierra	270	90		180
Cajamarca	Norte-Centro	Sierra	270	90	90	90
Cusco	Centro-Sur	Sierra	180	90	90	
Huánuco	Norte-Centro	Sierra	180	90		90
Ica	Centro-Sur	Costa	90	90		
La Libertad	Norte-Centro	Costa	180	90		
		Sierra			90	
Tacna	Sur	Costa	90	90		
Total			1,440	720	360	360

3.2.5. Levantamiento de información

En cada estación de evaluación (correspondiente a un tipo de modalidad de acceso) se planificó el levantamiento de la siguiente información:

Información mínima de registro

- Ubicación geográfica: coordenadas y elevación.
- Ubicación política: departamento, provincia, distrito, localidad.
- Datos del título habilitante o del registro de plantación forestal (superficie, número de árboles, titular).
- Periodo de evaluación: fecha inicio, fecha de fin, fechas de evaluaciones (datos cosecha y datos posteriores al secado).
- Evaluadores: nombres y apellidos.

Información complementaria

En algunos casos, en plantaciones forestales y sistemas agroforestales, también

Tabla 6. Estaciones de evaluación en bosques naturales

Código de estación evaluada	Departamento	Provincia	Distrito	Zona UTM
AN-B-I	Áncash	Huari	Chavín	18
AN-B-M		Huari	Chavín	18
AN-B-S		Huari	Chavín	18
AN-P-I		Antonio Raimondi	Chingas	18
AN-P-M		Antonio Raimondi	Chingas	18
AN-P-S		Antonio Raimondi	Chingas	18

se logró obtener datos relacionados a:

- Fertilización (se realiza "si/no", tipos de fertilizantes).
- Podas (se realizan "si/no", cuándo).
- Presencia de plagas (identificadas por los productores).
- Manejo de plagas (se realiza "si/no", principales plagas).
- Uso de pesticidas ("si/no", cuáles, cuándo).
- Riego (frecuencia, periodo, volumen de riego/ha).
- Origen del agua (manantial, aguas servidas, agua de río).
- Volumen de riego.
- Manejo de malezas ("si/no", cuándo).

Se evaluaron en total 48 estaciones de evaluación distribuidas en ocho departamentos del Perú (Tabla 6). Los formatos utilizados para registrar la información de las estaciones de evaluación, tanto para plantaciones como para bosques, se presentan en el Anexo 1 y Anexo 2.

les, plantaciones forestales y sistemas agroforestales

Este	Norte	Modalidad de acceso	Clase diamétrica	N° Registro / Autorización
266843	8961534	Bosque natural	Inferior	02-ANC/AUT-EAH-2022-017
266843	8961534	Bosque natural	Media	02-ANC/AUT-EAH-2022-017
266843	8961534	Bosque natural	Superior	02-ANC/AUT-EAH-2022-017
280795	8989603	Plantación forestal	Inferior	02-ANC/REG-PLT-2021-048
280795	8989603	Plantación forestal	Media	02-ANC/REG-PLT-2021-048
280795	8989603	Plantación forestal	Superior	02-ANC/REG-PLT-2021-048

Código de estación evaluada	Departamento	Provincia	Distrito	Zona UTM
AY-P-I	Ayacucho	Huamanga	Quinua	18
AY-P-M		Huamanga	Quinua	18
AY-P-S		Huanta	Luricocha	18
AY-S1-I		Huanta	Huamanguilla	18
AY-S1-M		Huanta	Huamanguilla	18
AY-S1-S		Huanta	Huamanguilla	18
AY-S2-I		Huamanga	Quinua	18
AY-S2-M		Huanta	Luricocha	18
AY-S2-S		Huanta	Luricocha	18
CA-B-I	Cajamarca	Contumazá	Chilite	17
CA-B-M		Contumazá	Chilite	17
CA-B-S		Contumazá	Chilite	17
CA-P-I		Cajabamba	Condebamba	17
CA-P-M		Cajabamba	Condebamba	17
CA-P-S		Cajabamba	Condebamba	17
CA-S-I		Cajabamba	Condebamba	17
CA-S-M		Cajabamba	Condebamba	17
CA-S-S		Cajabamba	Condebamba	17

Este	Norte	Modalidad de acceso	Clase diamétrica	N° Registro / Autorización
589982	8552349	Plantación forestal	Inferior	05-AYA-DRA/REG PLT-2016-095
589982	8552349	Plantación forestal	Media	05-AYA-DRA/REG PLT-2016-095
578383	8571417	Plantación forestal	Superior	05-AYA-DRA/REG PLT-2017-012
585484	8560949	Sistema agroforestal	Inferior	05-AYA/REG-PLT 2024-093
585823	8560695	Sistema agroforestal	Media	05-AYA/REG-PLT 2024-072
585823	8560695	Sistema agroforestal	Superior	05-AYA/REG-PLT 2024-072
587571	8554785	Sistema agroforestal	Inferior	05-AYA-DRA/REG PLT-2017-020
579946	8572224	Sistema agroforestal	Media	05-AYA/REG-PLT 2024-115
579946	8572224	Sistema agroforestal	Superior	05-AYA/REG-PLT 2024-115
819734	9158536	Bosque natural	Inferior	06-CAJ/AUT-EAH 2019-037
819734	9158536	Bosque natural	Media	06-CAJ/AUT-EAH 2019-037
819734	9158536	Bosque natural	Superior	06-CAJ/AUT-EAH 2019-037
819799	9158522	Plantación forestal	Inferior	06-CAJ/REG-PLT 2023-029 06-CAJ/REG-PLT-2023-042
819799	9158522	Plantación forestal	Media	06-CAJ/REG-PLT 2023-029 06-CAJ/REG-PLT-2023-042
819799	9158522	Plantación forestal	Superior	06-CAJ/REG-PLT 2023-029 06-CAJ/REG-PLT-2023-042
818696	9156244	Sistema agroforestal	Inferior	06-CAJ/REG-PTL-2019-047
818696	9156244	Sistema agroforestal	Media	06-CAJ/REG-PTL-2019-047
818696	9156244	Sistema agroforestal	Superior	06-CAJ/REG-PTL-2019-047

Código de estación evaluada	Departamento	Provincia	Distrito	Zona UTM
CU-B-I	Cusco	Anta	Mollepata	18
CU-B-M		Anta	Mollepata	18
CU-B-S		Anta	Mollepata	18
CU-P-I		Anta	Mollepata	18
CU-P-M		Anta	Mollepata	18
CU-P-S		Anta	Mollepata	18
HU-P-I	Huánuco	Huánuco	Santa María del Valle	18
HU-P-M		Huánuco	Santa María del Valle	18
HU-P-S		Huánuco	Santa María del Valle	18
HU-S-I		Huánuco	Santa María del Valle	18
HU-S-M		Huánuco	Santa María del Valle	18
HU-S-S		Huánuco	Santa María del Valle	18
IC-P-I	Ica	Ica	Salas	18
IC-P-M		Ica	Salas	18
IC-P-S		Ica	Salas	18
LL-B-I	La Libertad	Otuzco	Salpo	17
LL-B-M		Otuzco	Salpo	17
LL-B-S		Otuzco	Salpo	17
LL-P-I		Ascope	Rázuri	17
LL-P-M		Ascope	Rázuri	17
LL-P-S		Ascope	Rázuri	17
TA-P-I	Tacna	Tacna	Sama	19
TA-P-M		Tacna	Inclán	19
TA-P-S		Tacna	Inclán	19

Este	Norte	Modalidad de acceso	Clase diamétrica	N° Registro / Autorización
757501	8505104	Bosque natural	Inferior	En proceso de registro
757706	5805002	Bosque natural	Media	En proceso de registro
757672	8504933	Bosque natural	Superior	En proceso de registro
742051	9192878	Plantación forestal	Inferior	En proceso de registro
768024	8502800	Plantación forestal	Media	En proceso de registro
769625	8503950	Plantación forestal	Superior	En proceso de registro
367758	8910282	Plantación forestal	Inferior	En proceso de registro
367758	8910282	Plantación forestal	Media	En proceso de registro
367758	8910282	Plantación forestal	Superior	En proceso de registro
360729	8910915	Sistema agroforestal	Inferior	En proceso de registro
360729	8910915	Sistema agroforestal	Media	En proceso de registro
360729	8910915	Sistema agroforestal	Superior	En proceso de registro
404718	8457859	Plantación forestal	Inferior	11-ICA-011-2015
404718	8457859	Plantación forestal	Media	11-ICA-011-2015
404718	8457859	Plantación forestal	Superior	11-ICA-011-2015
753789	9108632	Bosque natural	Inferior	En proceso de registro
753789	9108632	Bosque natural	Media	En proceso de registro
753789	9108632	Bosque natural	Superior	En proceso de registro
679822	9151699	Plantación forestal	Inferior	En proceso de registro
679822	9151699	Plantación forestal	Media	En proceso de registro
679822	9151699	Plantación forestal	Superior	En proceso de registro
332485	8026663	Plantación forestal	Inferior	23-MOT/REG-PLT-2025-039
336110	8029808	Plantación forestal	Media	23-MOT/REG-PLT-2018-006
336110	8029808	Plantación forestal	Superior	23-MOT/REG-PLT-2018-006

3.2.6. Variables para la caracterización de árboles productores

Para la caracterización de árboles productores de tara se consideraron nueve variables de evaluación, las cuales incluyen medidas dasométricas generales de los árboles: Diámetro a la altura al suelo (DAS), Diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de la primera ramificación, número de ramas principales, altura a la base de la copa, altura total, diámetro mayor de la copa, diámetro menor de la copa y cobertura de la copa.

Todas las variables, excepto la cobertura de copa, son evaluadas en campo, pues son mediciones directas de la característica del árbol. A continuación, se detallan los métodos usados para evaluar cada una de estas variables (Figura 7).

Figura 7. Variables evaluadas para la caracterización de árboles productores de Tara



3.2.6.1. Diámetro a la altura al suelo (DAS)

El DAS es la medida del diámetro del tronco de un árbol tomada directamente en la base, donde el tronco emerge del suelo. Esta medición es relevante debido a que los árboles de tara suelen ramificar desde la parte baja del árbol (Cordero et al., 2014). Aunque es menos común que el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), el DAS resulta útil en estudios de regeneración o en la evaluación de árboles jóvenes.

Es necesario tener en cuenta que, al momento de la evaluación, si un árbol tuvo dos troncos que emergen desde el suelo, estos fueron considerados como individuos independientes y no se incluyeron en la evaluación (por ejemplo, superposición de copas).

La medición se realizó con una cinta métrica, registrando la circunferencia del tronco a la altura del suelo y se registró en centímetros (cm), con un decimal. Para tomar esta medida correctamente, se limpió la base del tronco de cualquier material que pueda interferir, tales como hojas, tierra o vegetación baja.

El valor del DAS se obtuvo a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{DAS} = x / \pi$$

Donde:

x = circunferencia (en cm)

π = 3.1416

3.2.6.2. Diámetro de altura al pecho (DAP)

Es la medida del diámetro del tronco a una altura de 1.3 metros sobre el nivel del suelo (Husch et al., 2003; Avery & Burkhart, 2015). Esta medición se realizó en los árboles que no ramifican hasta la altura de medición (1.3 m), utilizando una cinta métrica o wincha flexible. El valor se registra en centímetros (cm) y con un decimal.

El valor del DAP se obtuvo a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{DAP} = x / \pi$$

Donde:

x = circunferencia (en cm)

$\pi = 3.1416$

En el caso de individuos con múltiples tallos o ramificaciones a la altura del pecho, el diámetro a la altura del pecho se estimó mediante la ecuación de tallos múltiples (DAS-MS o también conocido como DBH-MS por sus siglas en inglés), que combina los diámetros individuales de cada tallo (d_1, d_2, \dots, d_n). Este cálculo se realizó sumando los cuadrados de los diámetros individuales y extrayendo la raíz cuadrada del total, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{DBH}_{\text{MS}} = \sqrt{\sum_{i=1}^6 \text{DBH}_i^2}$$

Este método permite obtener un valor equivalente de DAP que representa de forma proporcional el área basal conjunta de todos los tallos del individuo (Vaz Monteiro et al., 2016).

3.2.6.3. Número de ramas principales (NRP)

Las ramas principales son las ramas estructuralmente importantes, que se cuentan a la altura de la primera ramificación.

En el caso que la ramificación del árbol suceda antes del 1.30 m, y se evidenció la presencia de ramas principales, se midió el DAP de cada una ellas, considerándose como mediciones independientes (Navas, 2011).

3.2.6.4. Altura a la base de la copa (ABC)

Es la distancia desde la base del tronco (o fuste) hasta el punto donde comienza la

copa del árbol (Prodan et al., 1997). Esta medida es tomada en metros (m) y luego en centímetros (cm), de corresponder, con una cinta métrica semirrígida (wincha).

3.2.6.5. Altura total del árbol (AT)

Es la altura medida desde la base del tronco hasta la parte más alta de la copa. Se mide en metros (m) y luego en centímetros (cm) usando una cinta métrica semirrígida (wincha).

Cuando los árboles a medir fueron más altos (aproximadamente por encima de los 2 m), se utilizó un clinómetro, tomando registro de la distancia desde la base del árbol hasta el punto de medición, el ángulo registrado con el clinómetro, y la altura del observador.

La altura total medida con un clinómetro se calculará a partir de la siguiente fórmula:

$$H=D\times\tan(\theta)+h$$

Donde:

H = altura total del árbol (m).

D = distancia horizontal desde el observador hasta la base del árbol (m).

θ = ángulo de inclinación medido con el clinómetro.

h = altura del observador o del clinómetro respecto al suelo (m).

3.2.6.6. Altura de primera ramificación (APR)

Es la medición desde el suelo hasta la primera rama en metros (m). Se consideran ramas por encima de los 3 cm de DAP. No se debe confundir con árboles que claramente posean una división desde el suelo, ello corresponde a dos árboles diferentes (De la Cruz 2004; Vigo y Quiróz, 2006; Cabello 2009).

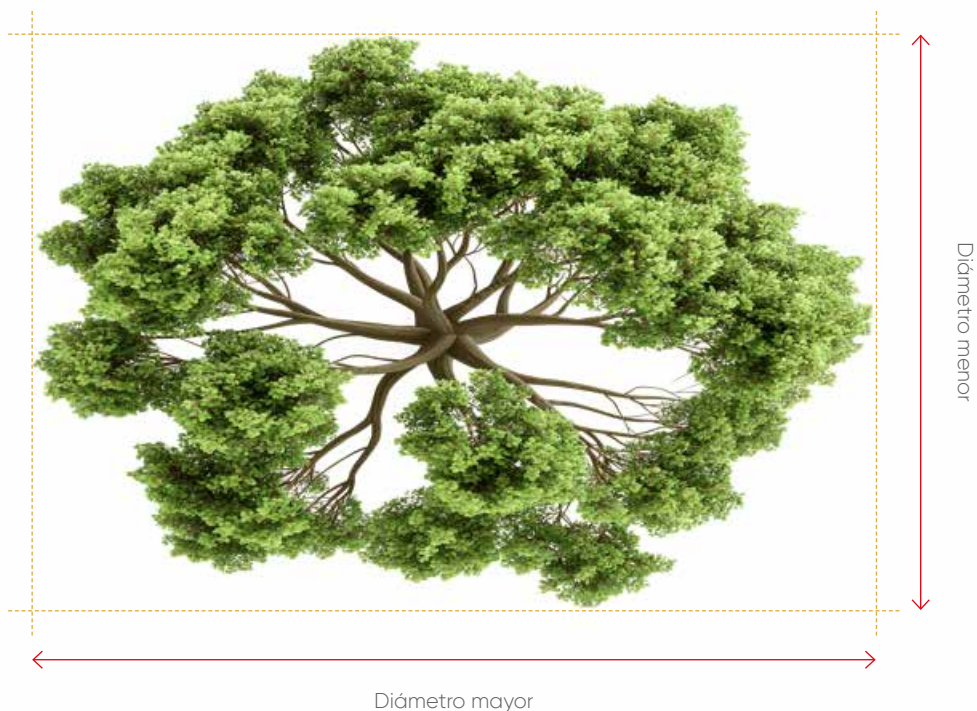
3.2.6.7. Diámetro mayor y menor de copa (D_1 y D_2)

El diámetro mayor y menor de la copa se estimó midiendo dos ejes perpendiculares proyectados sobre el suelo.

- Primero, se identificó el diámetro mayor de la copa (D_1), correspondiente a la distancia máxima entre los extremos opuestos del follaje.
- Seguidamente, se midió el diámetro menor (D_2), definido como la distancia perpendicular al diámetro mayor, también entre los extremos del follaje.

Ambas mediciones se realizaron con cinta métrica en metros (m), desde la proyección vertical del extremo más externo de las ramas hasta el punto opuesto, utilizando como referencia el centro del fuste. Las coordenadas de cada extremo fueron verificadas visualmente para asegurar que las mediciones corresponden al límite real de la copa.

Figura 8. Diámetro mayor y menor de la copa de un árbol



3.2.6.8. Cobertura de copa (CC)

Es el área proyectada por el follaje del árbol sobre el suelo. Es esencial para evaluar la densidad del dosel forestal y su impacto en factores ecológicos como la infiltración del agua y la disponibilidad de luz. Para su estimación se utilizará el Método de Proyección Vertical o Sombra de la Copa (Juárez, 2014), que consiste en medir la proyección de la copa sobre el suelo utilizando una cinta métrica y tomando el diámetro mayor (D_1) y el diámetro menor (D_2). El valor se registra en metros y sus correspondientes centímetros.

Para aplicar la fórmula de Juárez (2014), se estima primero el diámetro de la copa (d_{copa}). Este se estima a partir del promedio aritmético del diámetro mayor (D_1) y el diámetro menor (D_2). Luego, la cobertura se calcula como si fuera una elipse, utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{copa} = \frac{\pi}{4} * d_{copa}^2$$

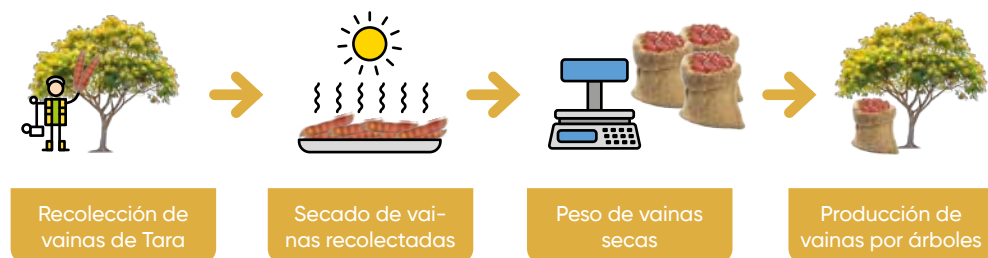
El formato para registrar información dasométrica de la caracterización de árboles productores se presenta en las fichas correspondientes del Anexo 3.

3.2.7. Pesado de la producción de vainas de cada árbol productor

La cuantificación de la producción de vainas de tara por árbol (kg), por periodo de cosecha, se realizó mediante el siguiente procedimiento (Figura 9):

- Recolección total de las vainas por individuo seleccionado.
- Secado de muestras (en caso los productores los realicen).
- Peso de las vainas secas en kilogramos (kg) con un decimal.

Figura 9: Proceso para el peso de la producción de vainas de cada árbol productor.



El formato de recolección de datos se muestra en el Anexo 4.

Consideración al momento de la cosecha:

Cabe precisar que se registró el peso de las vainas maduras de un árbol con copa individualizada, considerando el sistema de cosecha del productor; esto incluye:

- Aquellas que cayeron naturalmente al suelo, y que pueden ser recogidas en mallas, mantas u otros materiales previamente instalados.

Las vainas fueron recolectadas en sacos o bolsas para su pesado en una balanza electrónica portátil con precisión de (01) decimal.

El valor fue registrado en kilogramos (kg), descontando el peso del contenedor (saco o bolsa), correspondiendo al valor de producción de vainas de tara (kg) por árbol por cosecha.

Consideraciones en caso de secado:

Las vainas colectadas de un árbol fueron mantenidas individualmente (separadas por árbol) y puestas a secar de acuerdo con el manejo del productor (por ejemplo, 2-5 días), luego fueron pesadas individualmente con una balanza electrónica con un (01) decimal, registrando el peso en kilogramos.

Si la temporada de cosecha incluyó uno, dos o hasta tres momentos de recolección de vainas, estos pesos fueron sumados a fin de obtener el valor de la producción por la temporada de cosecha.

Articulación con los productores

Durante el desarrollo de la evaluación en campo en las ocho regiones, se coordinó con los productores el acceso a sus áreas de aprovechamiento a fin de realizar las evaluaciones durante cosecha, para no interferir con las actividades de los mismos.

3.2.8. Variables climáticas de sitio

La recopilación de los datos climatológicos se basó en la integración de registros provenientes de estaciones hidrometeorológicas del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología – SENAMHI cercanas a las estaciones de evaluación, disponible en Datos Hidrometeorológicos (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>).

Se verificó y actualizó la ubicación geográfica de cada estación evaluada, estandarizando sus coordenadas en el sistema WGS84 y complementando la información altitudinal mediante el muestreo de un Modelo Digital de Elevación – DEM (NASA, 2013). Esta etapa permitió asegurar la coherencia espacial y la comparabilidad entre estaciones.

Posteriormente, la información meteorológica: temperatura media anual, precipitación pluvial anual, humedad relativa media anual, fue descargada de manera semiautomática desde la plataforma del SENAMHI, organizándose por estación y por mes.

A partir de la base consolidada se calcularon los promedios mensuales y anuales por estación, además de los extremos térmicos y los totales de precipitación. La consistencia de los datos se evaluó comparando los valores altitudinales con el DEM y aplicando análisis estadísticos descriptivos y controles de calidad. La información climática a las estaciones del SENAMHI se describe a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Información climática recabada de cada estación del SENAMHI

Estación de evaluación	Departamento	Distrito	Estación SENAMHI	Tem. media (°C)	HR promedio (%)	PP anual promedio (mm)
AN-P-I	Áncash	Chavín	Piscobamba II	15.423	72.6	782.4
AN-P-M	Áncash	Chavín	Piscobamba II	15.423	72.6	782.4
AN-P-S	Áncash	Chavín	Piscobamba II	15.423	72.6	782.4
AN-B-I	Áncash	Chingas	Chavín	12.623	77.689	1049.6
AN-B-M	Áncash	Chingas	Chavín	12.623	77.689	1049.6
AN-B-S	Áncash	Chingas	Chavín	12.623	77.689	1049.6
AY-P-I	Ayacucho	Quinua	La quinua	12.609	62.754	786.8
AY-P-M	Ayacucho	Quinua	La quinua	12.609	62.754	786.8
AY-P-S	Ayacucho	Luricocha	Huanta	18.627	76.306	360.3
AY-S1-I	Ayacucho	Huamanguilla	Wayllapampa	18.054	66.357	740.3
AY-S1-M	Ayacucho	Huamanguilla	Wayllapampa	18.054	66.357	740.3
AY-S1-S	Ayacucho	Huamanguilla	Wayllapampa	18.054	66.357	740.3
AY-S2-I	Ayacucho	Quinua	Wayllapampa	18.054	66.357	740.3
AY-S2-M	Ayacucho	Luricocha	Huanta	18.627	76.306	360.3

Estación de evaluación	Departamento	Distrito	Estación SENAMHI	Tem. media (°C)	HR promedio (%)	PP anual promedio (mm)
AY-S2-S	Ayacucho	Luricocha	Huanta	18.627	76.306	360.3
CA-P-I	Cajamarca	Condebamba	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-P-M	Cajamarca	Condebamba	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-P-S	Cajamarca	Condebamba	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-S-I	Cajamarca	Chilite	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-S-M	Cajamarca	Chilite	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-S-S	Cajamarca	Chilite	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-B-I	Cajamarca	Condebamba	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-B-M	Cajamarca	Condebamba	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CA-B-S	Cajamarca	Condebamba	Cajabamba	16.674	65.481	794.4
CU-P-I	Cusco	Mollepata	Curahuasi	17.31	93.655	933.8
CU-P-M	Cusco	Mollepata	Soraypampa	17.31	93.655	933.8
CU-P-S	Cusco	Mollepata	Soraypampa	17.31	93.655	933.8

Estación de evaluación	Departamento	Distrito	Estación SENAMHI	Tem. media (°C)	HR promedio (%)	PP anual promedio (mm)
CU-B-I	Cusco	Mollepata	Curahuasi	17.31	93.655	933.8
CU-B-M	Cusco	Mollepata	Curahuasi	9.378	76.887	933.8
CU-B-S	Cusco	Mollepata	Curahuasi	9.378	76.887	933.8
HU-S-I	Huánuco	Santa María del Valle	Canchan	21.371	64.437	502.4
HU-S-M	Huánuco	Santa María del Valle	Canchan	21.371	64.437	502.4
HU-S-S	Huánuco	Santa María del Valle	Canchan	21.371	64.437	502.4
HU-P-I	Huánuco	Santa María del Valle	Huanuco	20.517	65.275	543
HU-P-M	Huánuco	Santa María del Valle	Huanuco	20.517	65.275	543
HU-P-S	Huánuco	Santa María del Valle	Huanuco	20.517	65.275	543
IC-P-I	Ica	Salas	Tacama	22.143	74.905	16.4
IC-P-M	Ica	Salas	Tacama	22.143	74.905	16.4
IC-P-S	Ica	Salas	Tacama	22.143	74.905	16.4

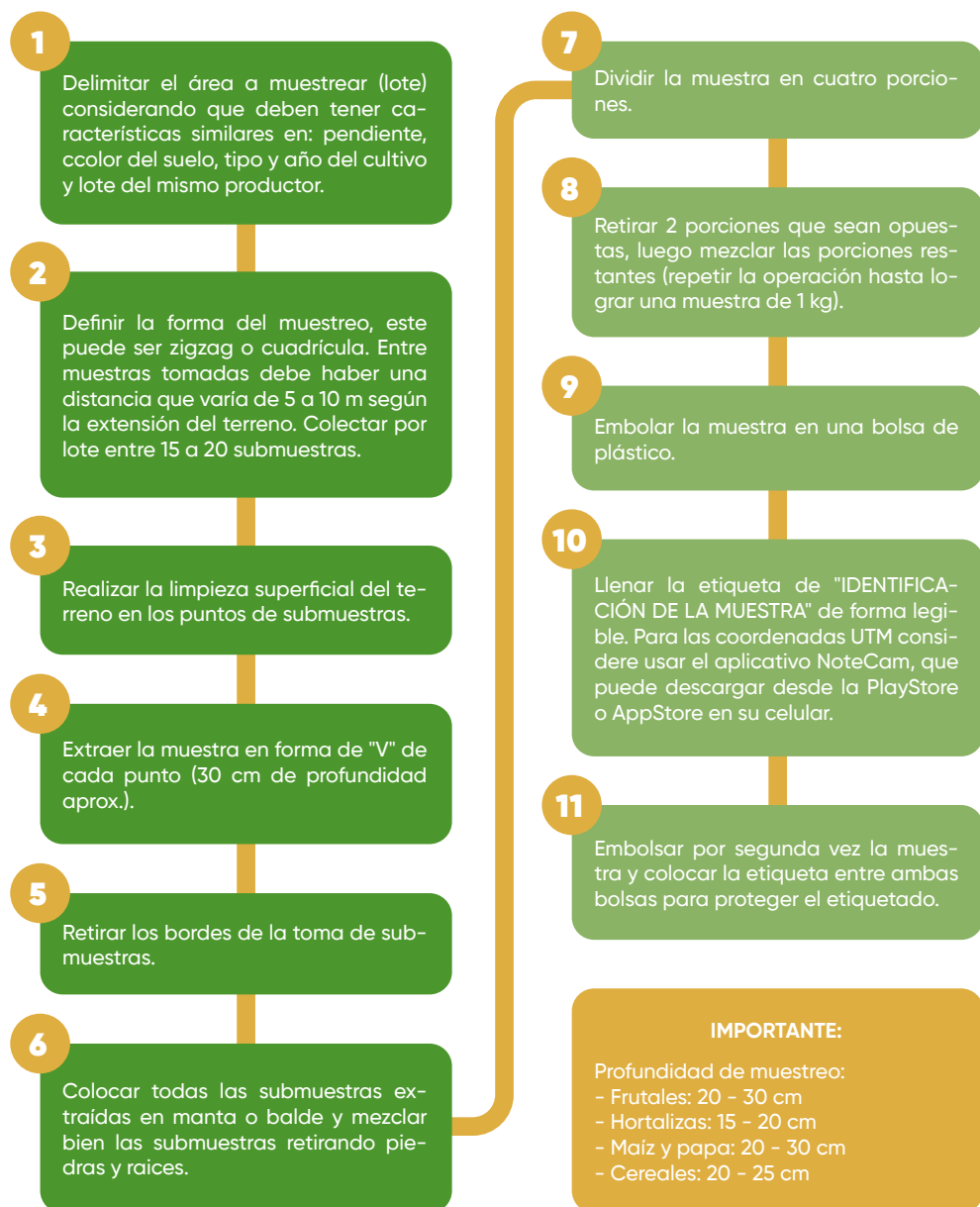
Estación de evaluación	Departamento	Distrito	Estación SENAMHI	Tem. media (°C)	HR promedio (%)	PP anual promedio (mm)
LL-P-I	La Libertad	Salpo	Casagrande	11.513	89.716	556.7
LL-P-M	La Libertad	Salpo	Casagrande	11.513	89.716	556.7
LL-P-S	La Libertad	Salpo	Casagrande	11.513	89.716	556.7
LL-B-I	La Libertad	Razuri	Salpo	21.168	79.418	14.5
LL-B-M	La Libertad	Razuri	Salpo	21.168	79.418	14.5
LL-B-S	La Libertad	Razuri	Salpo	21.168	79.418	14.5
TA-P-I	Tacna	Sama	Sama grande	19.913	91.527	25.6
TA-P-M	Tacna	Inclan	Sama grande	19.913	91.527	25.6
TA-P-S	Tacna	Inclan	Sama grande	19.913	91.527	25.6

3.2.9. Muestras de suelos

Con el apoyo del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, en el marco del proyecto “Perú 2M: Conoce la fertilidad de tu suelo”, se tomaron muestras de suelos siguiendo el protocolo descrito por la red Laboratorios de suelos, aguas y foliares (LABSAF) – INIA (INIA, 2024).

Para ello, en total se tomaron 48 muestras de suelos. Las muestras fueron recolectadas en cada estación de evaluación, considerando la modalidad de acceso y la clase diamétrica.

Figura 10. Técnica de muestreo de suelo



Fuente: INIA (2024).

Las muestras de suelos procesadas según el protocolo descrito por el LABSAF, y debidamente rotuladas, fueron entregadas a las distintas Estaciones Experimentales Agrarias (EEA) del INIA para el desarrollo de los análisis correspondientes a fertilidad de suelos (Figura 11).

Figura 11. Proceso de preparación de muestras de suelo para envío a las EEA



Los parámetros del suelo utilizados para el análisis fueron: Clase textural, pH, materia orgánica (g/kg), conductividad eléctrica (mS/m), nivel de macronutrientes (nitrógeno total, fósforo disponible y potasio disponible).

Tabla 8. Parámetros edáficos de las estaciones de evaluación

Estación de evaluación	Departamento	pH	Conductividad eléctrica	Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Potasio (K)	Fósforo (P)
AN-P-I	Áncash	8	13.6	182	2.43	827.47	11.75
AN-P-M	Áncash	8	9.2	121.2	2.19	486.97	8.18
AN-P-S	Áncash	8.2	9.7	234.1	0.93	172.29	3.35
AN-B-I	Áncash	8.1	14.1	186.5	2.85	385.3	9.66
AN-B-M	Áncash	8	14.9	382	3.52	289.1	7.8
AN-B-S	Áncash	8.2	12	343.3	1.66	258.76	6.77
AY-P-I	Ayacucho	8	15.8	2.1	0.11	617.2	21

Estación de evaluación	Departamento	pH	Conductividad eléctrica	Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Potasio (K)	Fósforo (P)
AY-P-M	Ayacucho	8	12.2	2	0.1	902	33.6
AY-P-S	Ayacucho	8.2	6.8	1.7	0.09	164.4	1.5
AY-S1-I	Ayacucho	8	9.2	1.2	0.06	342.8	0.6
AY-S1-M	Ayacucho	8	6.7	1.2	0.06	363.6	1.5
AY-S1-S	Ayacucho	7	7.2	2.6	0.13	644.4	29.8
AY-S2-I	Ayacucho	8.4	7.9	1.7	0.09	1210	0.6
AY-S2-M	Ayacucho	8	8.3	3.7	0.19	287.2	2.1
AY-S2-S	Ayacucho	7.9	9.6	3.8	0.19	298.8	1.2
CA-P	Cajamarca	7.6	13.7	33.3	1.6	275.07	-
CA-P	Cajamarca	7.3	45.1	32.3	1.4	1581.87	-
CA-P	Cajamarca	7.8	12	33.1	1.9	165.55	386.5
CA-S	Cajamarca	7.9	12.3	68.1	4.8	204.77	24.9
CA-S	Cajamarca	8	9.3	32.7	4.2	87.79	12
CA-S	Cajamarca	8	10.8	66.5	4.5	155.59	8.5
CA-B-I	Cajamarca	7.9	10.7	35.5	4.4	203.17	32.1
CA-B-M	Cajamarca	8.1	10.6	102.3	3.5	153.93	21.5
CA-B-S	Cajamarca	8.2	12.2	109.3	3.7	248.34	29.5
CU-P-I	Cusco	7.4	19.8	27.6	1.54	47.32	<2.07
CU-P-M	Cusco	7.5	2.33	46.24	3.16	136.42	9.15
CU-P-S	Cusco	7.9	19.92	66.14	2.74	192.44	66.49
CU-B-I	Cusco	7.2	16.1	95.6	8.03	898.99	2.4

Estación de evaluación	Departamento	pH	Conductividad eléctrica	Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Potasio (K)	Fósforo (P)
CU-B-M	Cusco	7	15.4	56.6	5.87	526.17	<2.07
CU-B-S	Cusco	6.6	23	81.8	8.46	949.22	2.2
HU-S-I	Huánuco	5.6	64.437	27.06	1.92	-	40.45
HU-S-M	Huánuco	5.7	64.437	29.75	2.25	-	42.16
HU-S-S	Huánuco	5.6	64.437	27.69	1.37	-	35.08
HU-P-I	Huánuco	8.1	65.275	43.9	4.52	1424.84	83
HU-P-M	Huánuco	8.54	65.275	27.2	2.76	890.48	13.93
HU-P-S	Huánuco	8.24	65.275	43.6	3.12	679.59	44.46
IC-P-I	Ica	7.8	74.905	0.5	0.025	12.58	109.96
IC-P-M	Ica	7.4	74.905	0.9	0.04	24.19	155.92
IC-P-S	Ica	7.2	74.905	0.6	0.03	20.44	105.81
LL-P-I	La Libertad	9.6	89.716	1.7	0.35	54.89	<2.07
LL-P-M	La Libertad	9.6	89.716	3.07	0.35	39.5	<2.07
LL-P-S	La Libertad	8.4	89.716	7.7	0.72	130.32	26.9
LL-B-I	La Libertad	6.5	79.418	20.5	1.28	25.71	23.3
LL-B-M	La Libertad	6.8	79.418	15.8	1.12	16.11	<2.07
LL-B-S	La Libertad	7	79.418	39.6	2.09	46.84	<2.07
TA-P-I	Tacna	7.96	91.527	3.2	0.92	2514.01	11.04
TA-P-M	Tacna	8.14	91.527	14	1.57	4804.13	25.96
TA-P-S	Tacna	8.25	91.527	<0.07	0.51	2673.34	9.49

Fuente de datos: INIA 2025, Campaña Perú 2 M.

3.2.10. Análisis estadístico

3.2.10.1. Limpieza y revisión de datos

Para garantizar la calidad de los datos empleados en el análisis, se realizó un proceso sistemático de revisión y limpieza de todas las variables evaluadas (valores de producción y características dasométricas).

- Consistencia de datos: se verificó la consistencia de los registros, eliminando duplicados y corrigiendo posibles errores de digitación.
- Normalidad y valores atípicos: se evaluó la normalidad en la distribución de los valores de producción de vainas utilizando la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965). La presencia de valores atípicos, en cada área con distinto manejo dentro de un departamento evaluado, fue identificada a través de gráficos de caja (*boxplots*), considerando a todos los valores fuera del rango intercuartílico (Tukey, 1977).

Los rangos intercuartílicos fueron obtenidos mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Límite mínimo} = Q_1 - (1.5 * IQR) ; \text{Límite máximo} = Q_3 + (1.5 * IQR)$$

Donde el Q_1 es el valor que separa el 25% inferior de los datos del 75% superior y el Q_3 es el valor que separa el 75% inferior de los datos del 25% superior. Mientras que, el valor del IQR se estimó como $IQR = Q_3 - Q_1$

En los casos en que los valores atípicos se asociaron a errores de medición, estos fueron excluidos del análisis; en cambio, cuando se trató de valores extremos válidos, se mantuvieron en el conjunto de datos para preservar la variabilidad natural de la producción de vainas en los árboles de Tara (Zuur et al., 2010).

3.2.10.2. Diferencias en la producción de bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales

Para analizar las diferencias se realizó lo siguiente:

- i Se estimó la producción media de vainas por árbol en las estaciones de evaluación con distintas modalidades de acceso. Se calculó la media aritmética simple sobre los "n" árboles muestreados en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde x_i es la producción (kg) del árbol "i" y "n" el número de árboles evaluados.

- ii Se determinó si existió diferencias en la producción entre las distintas modalidades de acceso, empleando la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis (Kruskal & Wallis, 1952), apropiada para comparar medianas entre más de dos grupos independientes cuando la distribución no es normal o las varianzas no son homogéneas.
- iii Se realizó un análisis descriptivo sobre la variación de la producción con relación a los ejes comerciales y la región natural. Este análisis se detalla en el Anexo 5.

3.2.10.3. Relación entre la producción y características de los árboles

Determinación de la relación con la producción de vainas

Para determinar la relación que existe entre las nueve (09) variables dasométricas de los árboles productivos con el valor de producción de vainas (kg), se

realizó un análisis de correlación no paramétrica utilizando los coeficientes de Spearman, adecuado para datos ordinales o para cuando los datos no siguen una distribución normal (Hernández-Lalinde et al., 2018).

El coeficiente de correlación de Spearman (ρ) está definido como:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde " d_i " es la diferencia de rangos entre las dos variables y " n " el número de casos.

Además, para cada modalidad de acceso, se generaron gráficos de dispersión entre la producción y cada variable dasométrica, incorporando líneas de tendencia ajustadas por regresión lineal. Con ello, se visualizó de manera exploratoria la dirección e intensidad de la asociación entre las variables.

Se buscó determinar el valor de producción en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales a partir de una variable dasométrica, para ellos se tomó en cuenta los siguiente:

- La intensidad de la correlación de estas variables, explicada con un valor absoluto de correlación de Spearman superior al 0.5.
- La factibilidad de medición de la variable en campo, es decir que sea fácilmente medibles por los productores y otros actores vinculados a la cadena productiva de la tara.

Con las variables seleccionadas como **más relacionadas y factibles de evaluar en campo**, se realizó la estimación del valor de producción en cada uno de los intervalos de variación.

Estimación de la producción de vainas en relación con las variables

Para estimar la producción promedio en relación con los rangos de variación de la variable explicativa más relevante, se construyó una función de densidad de probabilidad, como parte del desarrollo de estadística descriptiva.

La variación en dicha variable fue segmentada en intervalos que permitieron su rápida visualización, y en cada intervalo se estimó el valor de la producción promedio, límites inferior y superior del intervalo de confianza al 95%, y la cantidad de árboles presentes en ese intervalo.

Finalmente, la función de densidad se representó gráficamente, coloreando el área bajo la curva correspondiente a cada intervalo, lo que permitió visualizar la distribución de la variable explicativa y la magnitud promedio de la producción asociada a cada rango. De esta manera se buscó brindar un valor de producción (del límite superior) dependiendo de la modalidad de acceso y las características de los árboles.

3.2.10.4. Factores ambientales con influencia en la producción de tara

Influencia de factores climáticos

Para describir la influencia de los factores climáticos, se determinaron los intervalos de variación de las variables climáticas:

- Temperatura media mensual (°C)
- Humedad relativa media mensual (%)
- Precipitación total anual (mm)

Los intervalos creados agruparon al menos el 80% de las estaciones de evaluación, considerándose dichos rangos como referenciales de las condiciones climáticas predominantes durante la temporada de cosecha y del entorno am-

biental donde se desarrolla la producción de vainas de tara. Los análisis estadísticos complementarios sobre la relación de las variables climáticas son desarrollados en el Anexo 6.

Influencia de características del suelo

Para explorar la relación entre la producción de vainas por árbol de tara (kg/árbol) y las características fisicoquímicas del suelo, se realizaron análisis descriptivos y correlacionales, orientados a identificar los tipos de suelo y los rangos de parámetros más comunes en los sitios evaluados.

Para la evaluación con la clase textural, se elaboraron diagramas de barras mostrando la producción promedio en cada una de las clases texturales encontradas y el número de sitios evaluados con esa clase, con el fin de identificar los tipos de suelo más frecuentes en las estaciones de evaluación donde se aprovechan los árboles de tara.

Se evaluó la relación entre la producción de vainas y las variables fisicoquímicas del suelo:

- Conductividad eléctrica (mS/m): indica la cantidad de sales solubles en el suelo y se usa como medida de su salinidad.
- Materia orgánica (g/kg): representa los compuestos derivados de la descomposición de residuos vegetales y animales que contribuyen a la fertilidad del suelo.
- pH, expresa el grado de acidez o alcalinidad del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Se estimó el límite superior de la producción promedio para cada intervalo de variación de las variables edáficas. Adicionalmente, se describió los niveles de macronutrientes del suelo (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) en las estaciones de evaluación. Los análisis estadísticos complementarios sobre la relación de los parámetros edáficos son desarrollados en el Anexo 7.

3.3. Resultados de producción

3.3.1. Síntesis de información recopilada en campo

Se evaluaron las nueve (09) características de 1558 árboles de tara en ocho (08) departamentos del país (Tabla 9, Figura 12), con su respectiva evaluación de producción de vainas (kg) individualizado por árbol por temporada de cosecha, además se tomaron 48 muestras de suelos en las estaciones de evaluación para su caracterización fisicoquímica relacionada a su fertilidad. También se consideraron los factores climáticos de temperatura, humedad y precipitación en las evaluaciones. El número total de datos de producción fue superior al planificado en 8.3% (Figura 13).

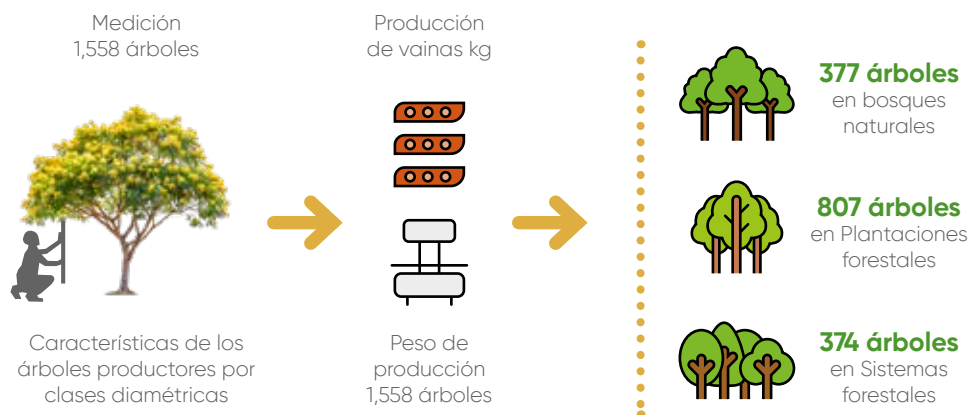
En las evaluaciones participaron 20 productores de tara, siendo vital su cooperación para recopilar la información de campo, sobre todo coincidiendo con la etapa de cosecha (Ver Tabla 6).

Tabla 9. Número de árboles evaluados en 08 departamentos del Perú

Departamento	Eje comercial	Región natural	Modalidad de acceso	N° de árboles evaluados
Áncash	Norte-Centro	Sierra	Plantación forestal	90
			Bosque natural	90
Ayacucho	Centro-Sur	Sierra	Plantación forestal	81
			Sistema agroforestal	141

Departamento	Eje comercial	Región natural	Modalidad de acceso	N° de árboles evaluados
Cajamarca	Norte-Centro	Sierra	Plantación forestal	111
			Sistema agro-forestal	98
			Bosque natural	99
Cusco	Centro-Sur	Sierra	Plantación forestal	99
			Bosque natural	90
Huánuco	Norte-Centro	Sierra	Plantación forestal	93
			Sistema agro-forestal	93
Ica	Centro-Sur	Costa	Plantación forestal	105
La Libertad	Norte-Centro	Costa	Plantación forestal	99
		Sierra	Bosque natural	97
Tacna	Sur	Costa	Plantación forestal	100

Figura 12. Esfuerzo de muestreo realizado para el estudio de producción



Ámbito

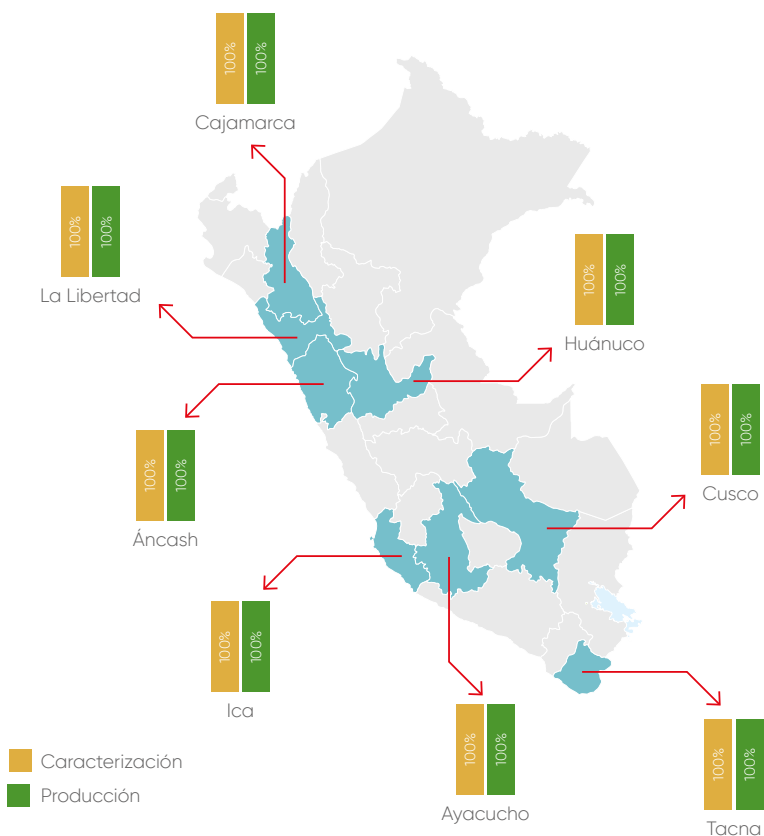


Figura 13. Evaluación de producción de vainas de tara en ocho departamentos del país

Leyenda: (a) Medición del diámetro a la altura del suelo en un Sistema agroforestal en Ayacucho. (b) medición del diámetro menor de la copa de un árbol en un bosque natural en Áncash. (c) medición del diámetro mayor de la copa de un árbol en una plantación forestal en Ayacucho. (d) Medición del diámetro mayor de la copa de un árbol en bosque natural en Cajamarca. (e) Medición de la altura total de un árbol en bosque natural en Cajamarca. (f) Medición del diámetro mayor de copa de un árbol en una plantación forestal en Ayacucho.

3.3.2. Limpieza y revisión de datos de producción

La evaluación de la normalidad en la distribución de los datos de producción por departamento y tipo de modalidad de acceso mostró seguir una tendencia variable, es decir no normal (Tabla 10). Esto es de esperarse cuando se habla de datos de producción bastante variable en el país

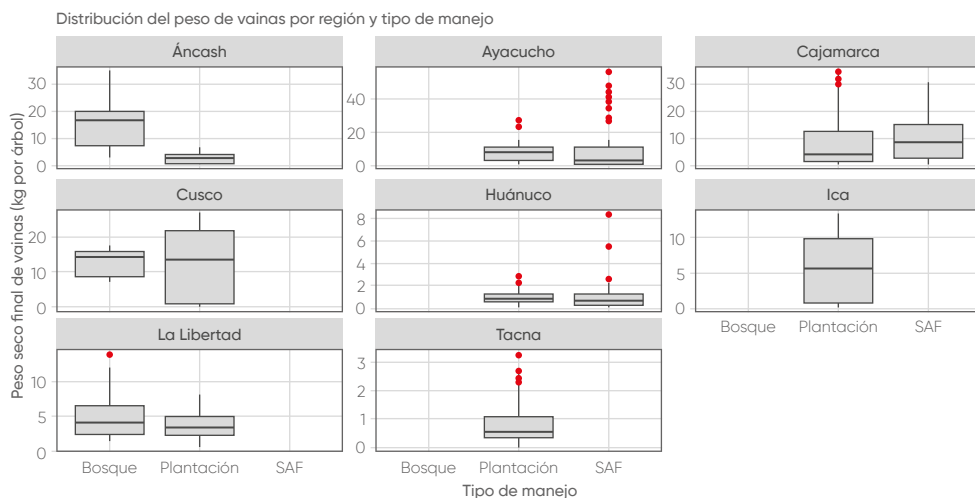
Tabla 10. Revisión de la distribución de los datos de producción de vainas de tara

Departamento	Modalidad de acceso	n	Estadístico de S - W	p-valor	Interpretación
Áncash	Bosque	90	0.960	0.01	No normal (se rechaza H0)
	Plantación	90	0.911	$1.35 \cdot 10^{-5}$	No normal (se rechaza H0)
Ayacucho	Plantación	84	0.923	$9.31 \cdot 10^{-5}$	No normal (se rechaza H0)
	SAF	155	0.705	$2.86 \cdot 10^{-16}$	No normal (se rechaza H0)
Cajamarca	Bosque	99	0.934	$8.59 \cdot 10^{-5}$	No normal (se rechaza H0)
	Plantación	116	0.799	$2.65 \cdot 10^{-11}$	No normal (se rechaza H0)
	SAF	98	0.919	$1.52 \cdot 10^{-5}$	No normal (se rechaza H0)
Cusco	Bosque	90	0.862	$1.12 \cdot 10^{-7}$	No normal (se rechaza H0)
	Plantación	99	0.891	$6.23 \cdot 10^{-7}$	No normal (se rechaza H0)
Huánuco	Plantación	97	0.890	$6.77 \cdot 10^{-7}$	No normal (se rechaza H0)
	SAF	96	0.601	$9.15 \cdot 10^{-15}$	No normal (se rechaza H0)

Departamento	Modalidad de acceso	n	Estadístico de S - W	p-valor	Interpretación
Ica	Plantación	105	0.897	$5.84 \cdot 10^{-7}$	No normal (se rechaza H0)
La Libertad	Bosque	98	0.899	$1.48 \cdot 10^{-6}$	No normal (se rechaza H0)
	Plantación	99	0.965	0.01	No normal (se rechaza H0)
Tacna	Plantación	110	0.816	$2.04 \cdot 10^{-10}$	No normal (se rechaza H0)

Por otra parte, los gráficos de cajas de la producción en los distintos departamentos mostraron la presencia de valores atípicos en estaciones de evaluación con distintas modalidades de acceso (puntos rojos en la Figura 14). Dado que estos valores podrían generar errores en la estimación estadística y agrupamiento de datos, fueron omitidos en los análisis que involucran medidas de tendencia.

Figura 14. Gráfico de cajas de la variación en la producción de vainas de tara



A partir de la remoción de los valores atípicos en cada departamento, se construyó una nueva matriz de datos de producción de vainas por árbol, con los datos dasométricos asociados. Como resultado, se obtuvo un nuevo conjunto de datos de 1486 árboles de tara.

3.3.3. Diferencias en las modalidades de acceso

Se estimó la producción promedio de los árboles en estaciones de evaluación en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, considerando la variación nacional registrada (Tabla 11). **Los resultados del análisis mostraron diferencias significativas en la producción de vainas por árbol entre los tres tipos modalidades de acceso** –bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales– (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

Tabla 11: Análisis estadístico de diferencias en la producción de vainas de tara en estaciones de evaluación con distinta modalidad de acceso

Modalidad de acceso	n	Promedio	Estadístico de S - W	p-valor
Plantación natural	778	5,01	185.16	$2.2 \cdot 10^{-16}$
Sistema agroforestal	332	5.32		
Bosque natural	376	9,17		

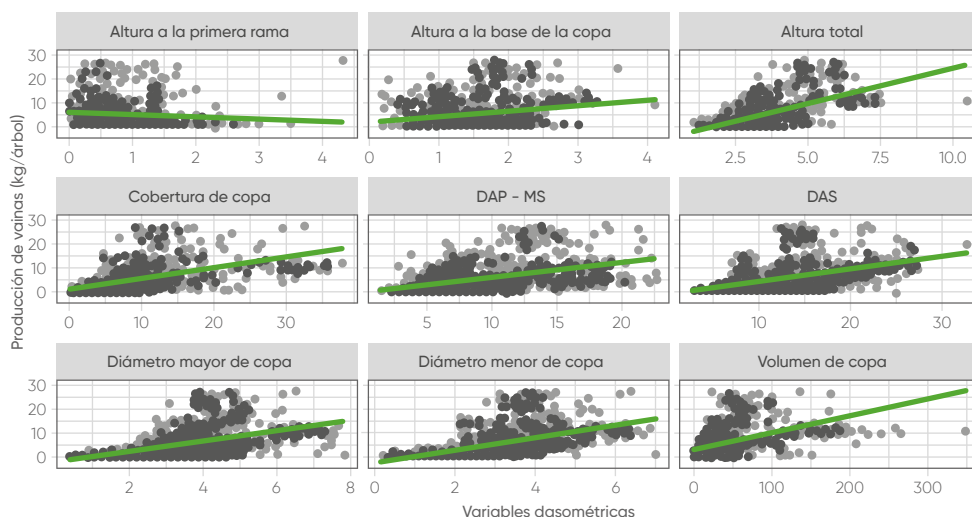
3.3.4. Relación de producción con características dasométricas claves

Se determinó cuáles fueron las características claves que tuvieron fuerte asociación con la producción de un árbol productor para bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales.

a) Característica clave y estimación de la producción de vainas por árbol en plantaciones forestales

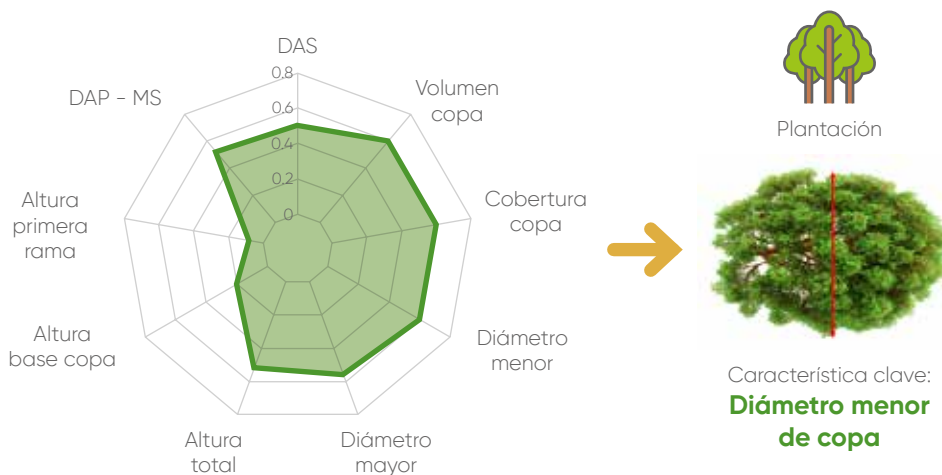
La evaluación de las 09 características claves para cada árbol productor, mostró que existió una relación positiva entre las características dasométricas y la producción en las plantaciones (en kg/árbol por cosecha), de manera que conforme aumentó el valor de alguna de ellas, aumentó la producción estimada del árbol (Figura 15). Se considera una relación fuerte cuando existe una correlación superior al 50%.

Figura 15. Relación de las características dasométricas con la producción de los árboles de tara en plantaciones forestales



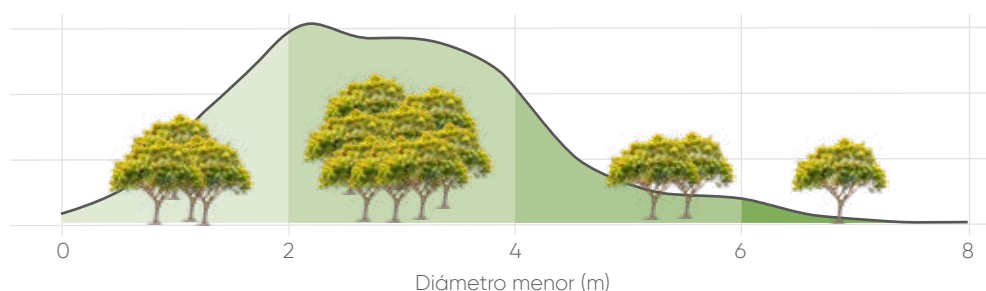
La estimación de la intensidad de la relación, a través del coeficiente de Spearman, mostró que, en plantaciones, las características que describen a la copa del árbol (como diámetro mayor/menor y cobertura) fueron las más relacionadas con la producción del mismo (Figura 16). Por otra parte, las características asociadas al fuste o a la altura del árbol no presentaron tanta relación.

Figura 16. Intensidad de la relación de las características claves con la producción de los árboles de tara en plantaciones forestales



Considerando tanto la intensidad de la relación con la producción como con la factibilidad de medición en campo, se consideró al **diámetro menor de copa** como la característica con mayor capacidad de predicción de la producción en plantaciones. La distribución de los árboles en plantaciones mostró que el diámetro menor de copa varió hasta los 7 metros, siendo más común encontrar árboles entre 1 a 5 metros (Figura 17). Árboles con más de 6 metros de diámetro menor de copa fueron escasos.

Figura 17. Distribución de los árboles en plantaciones de Tara según el diámetro menor de la copa



De acuerdo a la distribución de los árboles en plantaciones, **se estimó la producción promedio superior para cada intervalo (1 metro) de variación del diámetro menor de la copa** (Tabla 12). Se observó que, conforme aumentó el diámetro menor de la copa, aumentó la producción promedio superior de vainas, siendo el valor máximo el de 18 kg/árbol.

Tabla 12. Relación entre el diámetro menor de la copa y la producción promedio superior de vainas en árboles productores de tara dentro de plantaciones

Diámetro menor de copa						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
[0.6] (kg/árbol)	[1.1] (kg/árbol)	[3.5] (kg/árbol)	[9.4] (kg/árbol)	[10.8] (kg/árbol)	[13.4] (kg/árbol)	[18.5] (kg/árbol)

Por tanto, estos valores representan las condiciones actuales de la producción de vainas de (kg) por árbol de tara en plantaciones forestales.

NOTA TÉCNICA: Es importante destacar que, dado que el diámetro de copa está fuertemente relacionado con la producción, si se desea incrementar la producción de vainas por árbol tara, se recomienda que el espaciamiento entre árboles productores dentro de una plantación debe de ser igual o mayor 5 metros. Esto evitará que, con el crecimiento de los árboles de tara, las copas se superpongan.

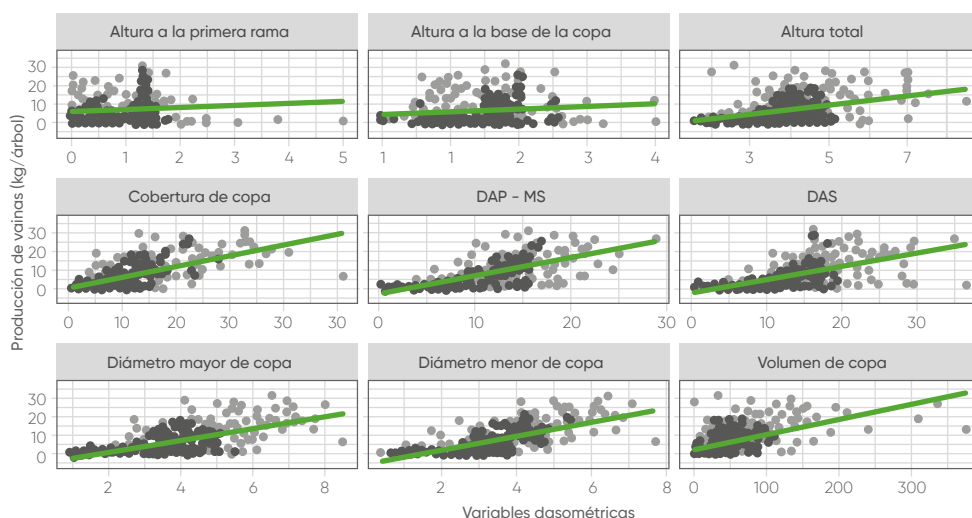
Figura 18. Plantación forestal en Ica donde se mantuvo una distancia que permite la separación entre las copas de los árboles productores



b) Característica clave y estimación de la producción de vainas por árbol en sistemas agroforestales

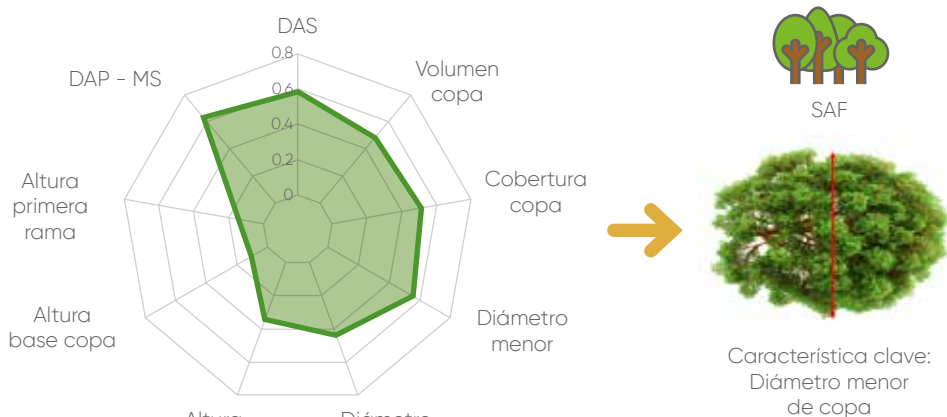
La evaluación de las nueve características claves para cada árbol productor, mostró que existió una relación positiva entre las características dasométricas y la producción en los SAF (en kg/árbol), de manera que conforme aumentó el valor de alguna de ellas, aumentó la producción estimada del árbol (Figura 19). Se considera una relación fuerte cuando existe una correlación superior al 50%.

Figura 19. Relación de las características dasométricas con la producción de los árboles de tara en sistemas agroforestales



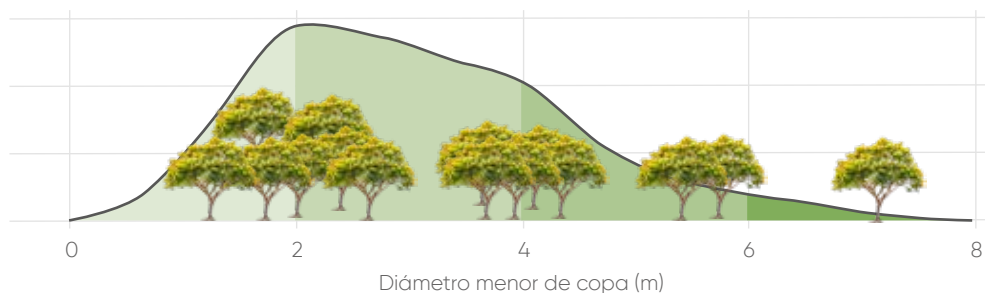
La estimación de la intensidad de la relación, a través del coeficiente de Spearman, mostró que, en sistemas agroforestales, las características que describen a la copa del árbol (como diámetro mayor/menor y cobertura) fueron las más relacionadas con la producción del mismo (Figura 20). Por otra parte, las características asociadas al fuste o a la altura del árbol no presentaron tanta relación.

Figura 20. Intensidad de la relación de las características claves con la producción de los árboles de tara en sistemas agroforestales



Considerando tanto la intensidad de la relación con la producción como con la factibilidad de medición en campo, se consideró al diámetro menor de copa como la característica con mayor capacidad de predicción de la producción en sistemas agroforestales. La distribución de los árboles en sistemas agroforestales mostró que el diámetro menor de copa varió hasta los 7 metros, siendo más común encontrar árboles entre 1 a 5 metros (Figura 21). Árboles con más de 6 metros de diámetro menor de copa fueron escasos.

Figura 21. Distribución de los árboles en sistemas agroforestales de tara según el diámetro menor de la copa.



De acuerdo a la distribución de los árboles en sistemas agroforestales, se estimó la producción promedio superior para cada intervalo (1 metro) de variación del diámetro menor de la copa (Tabla 13). Se observó que, conforme aumentó el

diámetro menor de la copa, aumentó la producción promedio superior de vainas, siendo el valor máximo el de 26 kg/árbol.

Tabla 13. Relación entre el diámetro menor de la copa y la producción promedio superior de vainas en árboles productores de tara dentro de sistemas agroforestales

Diámetro menor de copa						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
[0.5] (kg/árbol)	[1.6] (kg/árbol)	[2.7] (kg/árbol)	[6.3] (kg/árbol)	[14.4] (kg/árbol)	[19.4] (kg/árbol)	[25.9] (kg/árbol)

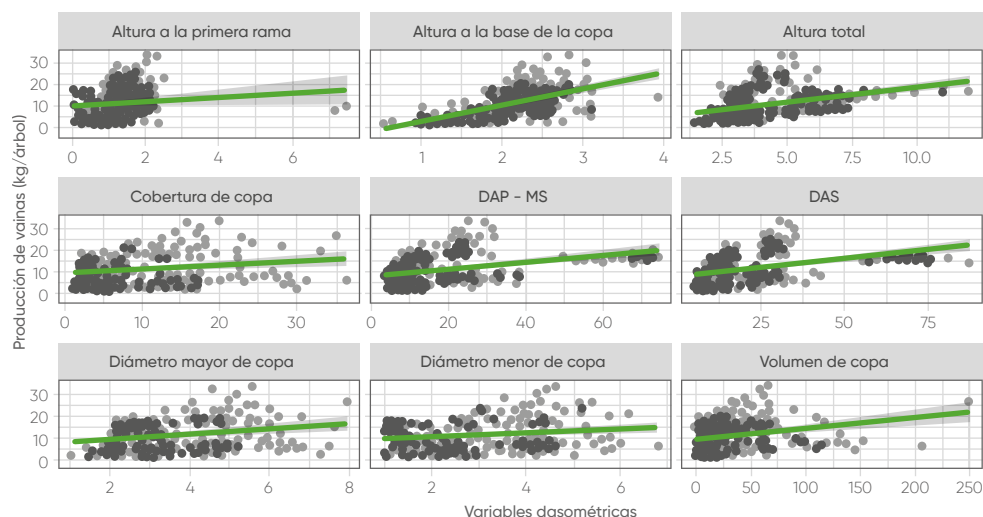
Dado que los sistemas agroforestales están bajo condiciones de manejo silvicultural, era de esperar que el tamaño de la copa de los árboles productores sea influyente en la producción de vainas de estos mismos. Por ello, la estimación de la producción potencial utilizando estos intervalos resulta factible y aplicable a sistemas agroforestales.

NOTA TÉCNICA: De igual manera que con las plantaciones, si se desea optimizar la producción de vainas de tara, se recomienda que el espaciamiento entre árboles productores dentro de un sistema agroforestal debe de ser mayor a los 5 metros. En estos sistemas, se debe de tener también en consideración que los otros cultivos arbóreos no terminen afectando o superponiendo con la copa de árboles productores de tara, pues esto podría influir en la producción de vainas esperada.

c) Característica clave y estimación de la producción de vainas por árbol en bosques naturales

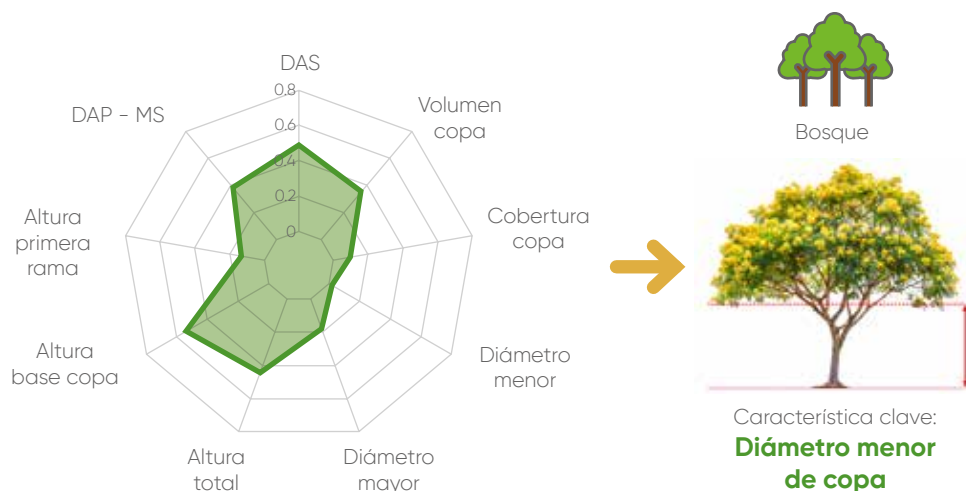
La evaluación de las nueve características claves para cada árbol productor, mostró que existió una relación positiva entre las características dasométricas y la producción en los Bosques (en kg/árbol), de manera que conforme aumentó el valor de alguna de ellas, aumentó la producción estimada del árbol (Figura 22). Se considera una relación fuerte cuando existe una correlación superior al 50%.

Figura 22. Relación de las características dasométricas con la producción de los árboles de tara en bosques naturales



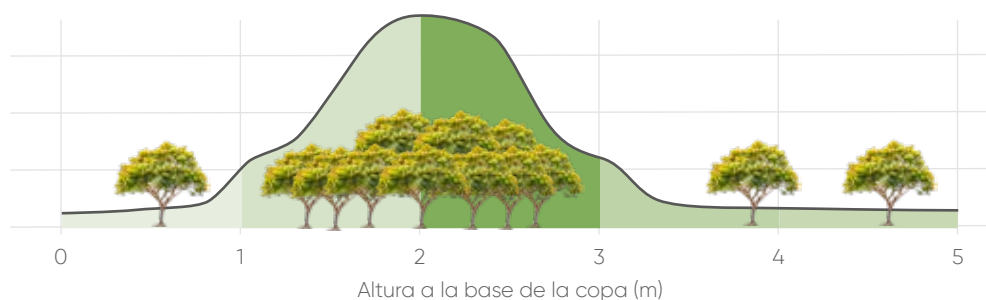
La estimación de la intensidad de la relación, a través del coeficiente de Spearman, mostró que, en bosques, las características relacionadas con la altura del árbol (como altura total y altura a la base de la copa) fueron las más relacionadas con la producción del mismo (Figura 23). Por otra parte, las características asociadas a la cobertura de la copa no presentaron tanta relación.

Figura 23. Intensidad de la relación de las características claves con la producción de los árboles de tara en bosques naturales



Considerando tanto la intensidad de la relación con la producción como la factibilidad de medición en campo, se consideró a la altura de fuste a la base de la copa como la característica con mayor capacidad de predicción de la producción en bosques. La distribución de los árboles en bosques mostró que la altura a la base de la copa varió hasta los 5 metros, siendo más común encontrar árboles entre 1 a 3 metros (Figura 24). Árboles con más de 4 metros de altura a la base de la copa fueron escasos.

Figura 24. Distribución de los árboles en bosques de tara según la altura de fuste a la base de la copa



De acuerdo a la distribución de los árboles en bosques, se estimó la producción promedio superior para cada intervalo (1 metro) de variación de la altura del fuste a la base de la copa (Tabla 14). Se observó que, conforme aumentó la altura del fuste a la base de la copa, aumentó la producción promedio superior de vainas, siendo el valor máximo el de 14 kg/árbol.

Tabla 14: Relación entre la altura de fuste a la base de la copa y la producción promedio superior de vainas en árboles productores de tara en bosques naturales

Altura de fuste a la base de la copa				
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m
[3.6] (kg/árbol)	[5.9] (kg/árbol)	[14.0] (kg/árbol)	[14.4] (kg/árbol)	[13.2] (kg/árbol)

Dado que los bosques están bajo condiciones naturales, donde la competencia por la disponibilidad de luz es un factor clave, era de esperar que la altura del fuste a la base de la copa de los árboles productores sea influyente en la

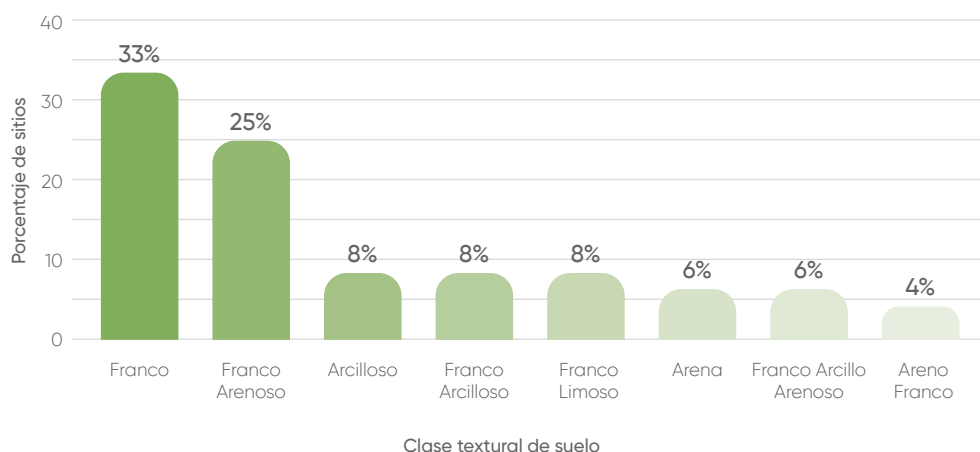
producción de vainas de estos mismos. Por ello, la estimación de la producción potencial utilizando estos intervalos resulta factible y aplicable a los bosques.

3.3.5. Factores ambientales relacionados a la producción

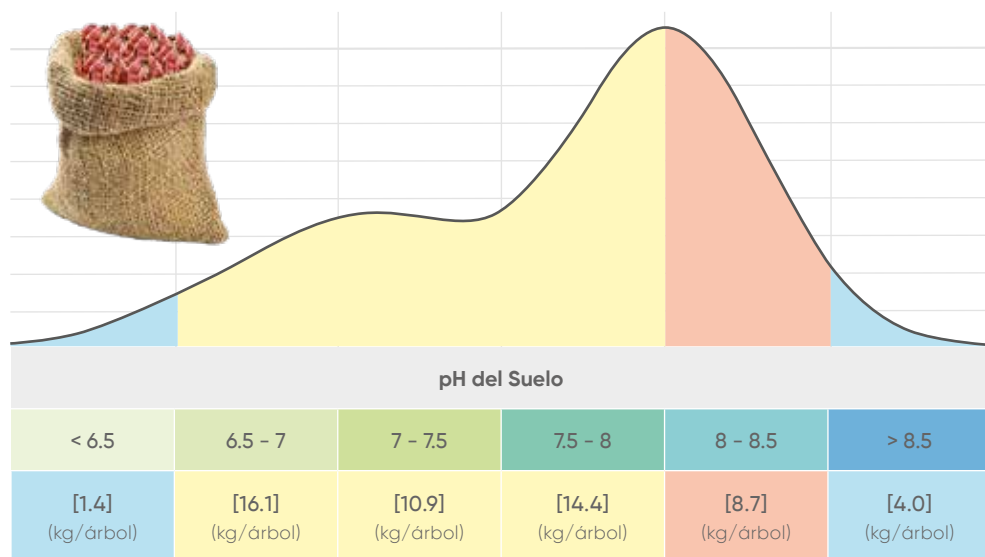
a) Características del suelo

Los árboles productores de tara se desarrollan en al menos 8 clases texturales distintas (Figura 25). La mayor cantidad de estaciones de evaluación corresponden a suelos Franco y Franco-Arenoso, lo que indicaría que estos son los suelos donde más se producen vainas de tara.

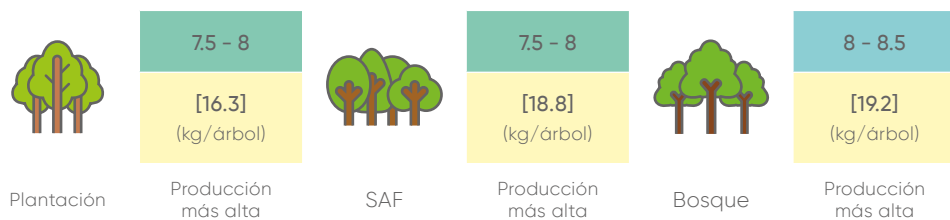
Figura 25. Distribución porcentual de estaciones de evaluación con producción de tara correspondientes a una clase textural de suelo.



Con respecto a otros parámetros edáficos relacionados a la fertilidad, se observó que el más relevante fue el pH, que estuvo relacionado de manera no lineal con la producción. Es así que la mayor producción de vainas se dio en los intervalos entre 7.0 y 8.5 de pH, lo que significa que estas son las condiciones ideales para aprovechamiento de tara (Figura 26).

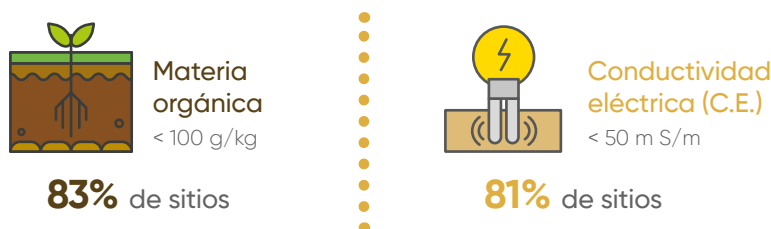
Figura 26. Producción promedio superior de vainas de tara con relación al pH

Específicamente, en plantaciones forestales y sistemas agroforestales se observó mayor producción entre 7.5 y 8.0 de pH; mientras que en bosques naturales se observó mayor producción entre 8 a 8.5 de pH (Figura 27).

Figura 27. Máxima producción promedio superior de vainas de tara en relación al PH del suelo en estaciones de evaluación con distintas modalidades de acceso.

Otras características no resultaron influyentes, pero se destaca que la gran mayoría de estaciones de evaluación presentaron suelos con conductividad eléctrica menor a 50 mS/m y materia orgánica menor a 100 g/kg (Figura 28).

Figura 28. Niveles de materia orgánica y conductividad eléctrica de los suelos donde se aprovecha la tara



b) Características climáticas

Temperatura

El 71% de las estaciones de evaluación presentó temperaturas entre 10°C a 18°C. Entre los 14°C y 18°C grados se da la mayor cantidad de producción de vainas de tara (Tabla 16).

Tabla 16. Producción promedio superior de vainas de tara con relación a los intervalos de temperatura media mensual (°C)

10°C - 12°C	14°C - 16°C	16°C - 18°C	> 18°C
[5.9] (kg/árbol)	[13.6] (kg/árbol)	[10.4] (kg/árbol)	[4.5] (kg/árbol)

Las plantaciones y sistemas agroforestales tienen la mayor producción promedio entre los 14°C y 16°C; mientras que los bosques la presentan entre 16°C y 18°C. Esto evidencia que la producción y aprovechamiento de tara se realiza generalmente en climas templados.

Humedad relativa

El 83% de las estaciones de evaluación presentó una humedad relativa entre 60% a 80%. Cuando existen condiciones de humedad relativa < 60% se da la mayor cantidad de producción de vainas de tara (Tabla 17).

Tabla 17. Producción promedio superior de vainas de tara con relación a los intervalos de humedad relativa media mensual (%)

< 60%	60% – 70%	70% – 80%	80% – 90%	> 90%
[12.1] (kg/árbol)	[10.4] (kg/árbol)	[8.8] (kg/árbol)	[5.0] (kg/árbol)	[1.0] (kg/árbol)

Tanto las plantaciones forestales, sistemas agroforestales y bosques naturales presentaron mayor producción y son más frecuentes en ambientes con humedad relativa entre 60% a 70%. Por ello, la producción y aprovechamiento de tara tiene como referencia su desarrollo en ambientes con poca humedad.

Precipitación

El 75% de las estaciones de evaluación presentó una precipitación total anual entre 50 mm a 1050 mm. Se observó que cuando existen condiciones de alta precipitación (hasta 1050 mm) se da la mayor cantidad de producción de vainas de tara (Tabla 18).

Tabla 18. Producción promedio superior de vainas de tara con relación a los intervalos de precipitación total anual (mm)

< 600 mm	700 – 800 mm	900 – 1000 mm	> 1000 mm
[5.3] (kg/árbol)	[8.8] (kg/árbol)	[18.8] (kg/árbol)	[24.5] (kg/árbol)

Las plantaciones forestales y sistemas agroforestales de tara tienen mayor frecuencia entre los 500 a 600 mm de precipitación, mientras que los bosques naturales con tara se ubican principalmente en áreas alrededor de 900 – 1050 mm de precipitación anual.

3.3.6. Buenas prácticas asociadas a la producción

Los valores de producción de vainas de tara determinados para bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, representan información

de base para que el productor y otros actores vinculados a la cadena productiva puedan incrementar su competitividad. Existen referencias que indican que la producción de tara en plantaciones forestales se incrementa por la: i) aplicación de abonamiento, ii) podas, e iii) implementación de riego (Tabla 19). Además, se debe considerar el manejo de plagas y enfermedades, así como el espaciamiento entre los árboles plantados.

Por ende, el productor de acuerdo a las condiciones actuales, puede incrementar su producción si considera los siguientes aspectos:

- Abonamiento o fertilización
- Podas
- Riego
- Manejo de plagas y enfermedades
- Espaciamiento entre árboles ≥ 5 m

Tabla 19. Referencias de prácticas que incrementan la producción de tara en plantaciones de tara

Buenas prácticas	Descripción	Incremento en la producción	Referencia
Abonamiento y fertilización	Aplicación de abono orgánico	Incremento hasta en 200% en la producción de tara.	Acosta Chilcón (2014)
	Aplicación de humus	Incremento hasta en 200% en la producción de tara.	Quintana Carmo- na & Enrique (2019)
Poda y abonamiento	Podas y aplicación de abonos orgánicos y minerales.	Incremento hasta en 231% en la producción de tara.	Quispe Titio (2010)
Riego	Aplicación de riego.	Incremento entre 10 a 50% en la producción-	Mitma Huamani (2015)
	Aplicación de riego por goteo.	Incremento en eficiencia de riegos de 54 a 97 %-	Romero Dulanto (2022)

4

Conclusiones

- ▶ De acuerdo a la Hoja de ruta 2024, del Consejo Nacional de la Tara – CONATARA, se evidencia la necesidad de promover la investigación para contar con información de la producción de árboles de tara.
- ▶ En este marco, en el 2025, se desarrolló, el Estudio de producción de tara en bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales para su gestión sostenible. Para ello se generó una metodología que implica el muestreo de la producción en ocho (08) regiones del Perú.
- ▶ Se evaluaron las características y la producción (peso en kg) de vainas en 1,559 árboles de tara, dentro bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales (SAF), sobrepasando el esfuerzo mínimo requerido al 95% de confianza y 5% de error para evaluaciones de especies con poblaciones grandes.
- ▶ La producción de vainas de tara presentó diferencias significativas entre bosques naturales, plantaciones forestales y SAF ($p < 0.05$) de acuerdo con la

prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Por tanto, los valores de producción deben ser diferenciados para las distintas modalidades de acceso.

- Las características fuertemente relacionadas a la producción ($r > 50\%$) y de fácil medición en campo por los productores y otros actores vinculados a la cadena productiva de la tara son:

- Plantaciones forestales: Diámetro menor de la copa en metros (DMC).
- Sistemas agroforestales: Diámetro menor de la copa en metros (DMC).
- Bosques naturales: Altura del fuste a la base de la copa en metros (ABC).

- El valor del límite superior de la producción promedio de vainas de tara por cosecha, y en relación a la característica clave del árbol, de acuerdo a las condiciones actuales es:

- Plantaciones forestales:

Diámetro menor de la copa (DMC)						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
0.6 kg/ árbol	1.1 kg/ árbol	3.5 kg/ árbol	9.4 kg/ árbol	10.8 kg/ árbol	13.4 kg/ árbol	18.5 kg/ árbol

- Sistemas agroforestales:

Diámetro menor de la copa (DMC)						
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m	5 - 6 m	6 - 7 m
0.5 kg/ árbol	1.6 kg/ árbol	2.7 kg/ árbol	6.3 kg/ árbol	14.4 kg/ árbol	19.4 kg/ árbol	25.9 kg/ árbol

- Bosques naturales:

Altura de fuste a la base de la copa (ABC)				
0 - 1 m	1 - 2 m	2 - 3 m	3 - 4 m	4 - 5 m
3.6 kg/árbol	5.9 kg/árbol	14.0 kg/árbol	14.4 kg/árbol	13.2 kg/árbol

- ▶ Los valores indicados de producción, son en base a las condiciones actuales en bosques naturales, plantaciones forestales y SAF y sirven de orientación técnica a los productores que aprovechan este recurso forestal, a fin de que puedan implementar buenas prácticas para incrementar su producción, y por ende mejorar su competitividad.
- ▶ En cuanto a los factores climáticos se tienen los siguientes resultados:
 - Temperatura: la tara se desarrolla principalmente entre los 14°C y 18°C de temperatura media anual. En bosques naturales se da principalmente entre 14°C a 16°C, mientras que en plantaciones forestales y SAF se da entre 16°C a 18°C.
 - Humedad relativa: la tara se desarrolla principalmente entre 60% y 70% de humedad relativa media anual. En bosques naturales, plantaciones forestales y SAF se da igualmente entre 60% a 70%.
 - Precipitación: la tara se desarrolla principalmente entre 500 mm y 1050 mm de precipitación anual. En bosques naturales se da principalmente entre los 900 mm a 1050 mm; mientras que en plantaciones forestales y SAF se da entre 500 mm a 600 mm.
- ▶ En cuanto a los factores edáficos se tienen los siguientes resultados:
 - pH: la tara se desarrolla principalmente en condiciones de pH de 7.0 - 8.5, en suelos neutros a ligeramente alcalinos. En bosques naturales se da principalmente entre 8 a 8.5 de pH, mientras que en plantaciones forestales y SAF se da entre 7.5 a 8 de pH.
 - Materia orgánica: Se desarrolla con mayor frecuencia en condiciones de menos de 100 g/kg en el suelo.
 - Conductividad eléctrica: Se desarrolla con mayor frecuencia en condiciones con menos de 50 mS/m en el suelo.
- ▶ En cuanto otros resultados derivados del estudio se estimó que, para mayor producción de árboles de tara, debe existir un espaciamiento $\geq 5\text{m}$, debido que la producción en plantaciones forestales y SAF está fuertemente relacionada al diámetro de la copa.

5

Recomendaciones

- Los valores de producción de vainas (kg) por árbol de tara por cosecha determinados para bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales de acuerdo a las condiciones actuales, deben ser considerados por los productores y otros actores vinculados a su cadena productiva como una herramienta de base a partir de la cual el productor puede incrementar su producción por la aplicación de buenas prácticas relacionadas al: abonamiento o fertilización, poda, riego, manejo de plagas y enfermedades, y espaciamiento entre árboles plantados $\geq 5\text{m}$, y de esta forma mejorar su competitividad.
- Es recomendable también tener en cuenta los factores climáticos y edáficos que propician la producción de tara en plantaciones y sistemas agroforestales, particularmente los valores de pH neutro a ligeramente alcalino necesarios. En plantaciones forestales y sistemas agroforestales, se recomienda considerar un rango de agua de 500–600 mm para el diseño y manejo del riego.



Bibliografía

Acosta Chilcón, G. (2014). Influencia de diferentes dosis de abonos orgánicos en el rendimiento de *Caesalpinia spinosa* (molína) kuntze en la provincia de San Marcos, región Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/395>

Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en tabasco*, 11(1-2), 333-338.

Alemán, F. (2009). La tara *Caesalpineae spinosa* (Mol.) O. Kuntze, especie prodigiosa para los sistemas agroforestales en valles interandinos. *Rev Acta Nova*, 4 (2-3), 300-307.

Alemán, F., Canelas, C. & Ugarte, C. (2015). Validación de descriptores de *Caesalpineae spinosa* (Molina) Kuntze ("tara"), en los valles interandinos de Bolivia. *Revista de Agricultura*, 55:12-19.

Avery, T. E., & Burkhardt, H. E. (2015). *Forest Measurements* (5th ed.). McGraw-Hill.

Balaguer, L., Arroyo-García, R., Jiménez, P., Jiménez, M. D., Villegas, L., Cordero, I., Rubio de Casas, R., Delgado, R., Ron, M., Manrique, E., Vargas, P., Cano, E., Pueyo, J. & Aronson, J. (2011). Forest Restoration in a Fog Oasis: Evidence Indicates Need for Cultural Awareness in Constructing the Reference. *PloS ONE* 6(8): e23004. Doi:10.1371/journal.pone.0023004.

Barriga, R. C. (2008). Cultivo y Aprovechamiento de la tara, *Caesalpinia spinosa*, en la Región Andina. Informe Técnico.

Barriga, R. C. (2014). Diagnóstico de la Cadena de Producción y Comercialización de la *Caesalpinia spinosa* (tara) en el Perú. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Lima.

Basurto R., L. (2011). ALNICOLSA-Productos agroindustriales de exportación. Callao-Perú. (En línea). Revisado el 10 de febrero 2025. Disponible en: <http://taninos.tripod.com>.

Bonilla, H., López, A., Carbajal, Y. & Siles, M. (2016). Análisis de variables morfométricas de frutos de "tara" provenientes de Yauyos y Ayacucho para identificar caracteres agromorfológicos de interés. *Scientia Agropecuaria*, 7, 157-164.

Cabello Liu, I. (2009). Monografía para el cultivo de la Tara (*C. spinosa* Kuntze). Perú biodiverso (En línea). Lima, Perú. Consultado 5 de noviembre 2015. Disponible en: <http://perubiodiverso.pe/assets/Monograf%C3%ADa-del-cultivo-de-la-tara1.pdf>

Cabello, I. (2010). tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. Proyecto N° Desarrollo de monografías para cinco cultivos peruanos del Proyecto Perú Biodiverso.

Carmona, R. I. (2014). Métodos de Selección de Árboles Plus. Apuntes: Curso Mejora Genética Forestal, Universidad Austral de Chile.

Castell J. (2012). tara (*Caesalpinia spinosa*): The sustainable source of tannins for innovative tanning processes [Thesis to obtain the title of Doctor, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional.

Chávez, F. (2012). Biología reproductiva de la tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze), en Paquecc 2418 msnm Huanta, Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH.

CONATARA. (2024). Hoja de ruta para fortalecer la cadena productiva de la tara.

Cordero, I., Jiménez, M. D., Delgado, J. A., Villegas, L., Balaguer, L. (2016). Spatial and demographic structure of tara stands (*Caesalpinia spinosa*) in Peru: Influence of present and past forest management. *Forest Ecology and Management*, 377, 71-82.

Crawley, M. J. (2013). *The R Book* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

De la Cruz, P. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa*- *Caesalpinia tinctoria*. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7(14), 64-73.

De la Torre, L. (2018). La tara, beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, Quito.

Devore, J. L. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Séptima edición, California Polytechnic State University.

Draper, N. R., & Smith, H. (1998). *Applied regression analysis* (3rd ed.). Wiley-Interscience.

Epiquein, M. L., Peña, A. R., Vela, E. C., & Inga, M. A. (2018). Evaluación de carbono total en bosque de tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze): Centro Poblado Señor de los Milagros. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 39-47.

Hanusz, Z. & Tarasińska, J. (2015). Normalization of the Kolmogorov–Smirnov and Shapiro–Wilk tests of normality. *Biometrical Letters*, 52(2), 85-93.

Heredia O., L. H. (2014). Proyecto de factibilidad para la instalación de 9.5 hectáreas de tara *Caesalpinia spinosa* en Centinela, Huaura, Perú. (En línea). Revisado el 12 de enero del 2025. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos74/proyecto-factibilidad-instalacion-hectareas-peru/proyecto-factibilidad-instalacion-hectareas-peru2.shtml>.

Hernández-Lalinde, J. D., Espinosa Castro, J. F., Peñaloza Tarazona, M. E., Fernández González, J. E., Chacón Rangel, J. G., Toloza Sierra, C. A., ... & Bermúdez Pirela, V. J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones.

Hurtado, M. J. R. & Silvente, V. B. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. Reire, 5(2), 83-100.

Husch, B., Beers, T. W. & Kershaw, J. A. (2003). Forest Mensuration (4th ed.).

INIA. (2024). Campaña nacional "Perú 2M: Conoce la fertilidad de tu suelo". Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/campa%C3%B1as/112115-campana-nacional-peru-2m-conoce-la-fertilidad-de-tu-suelo>

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). An introduction to statistical learning: with applications in R. Springer.

Juárez. Y. (2014). Dasometría. Apuntes de Clase y Guía de Actividades Prácticas. Primera Edición. Cochabamba, Bolivia.

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association, 47(260), 583-621.

Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W. (2004). Applied Linear Statistical Models (5th ed.). McGraw-Hill.

Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., & Li, W. (2005). Applied linear statistical models (5th ed.). McGraw-Hill/Irwin.

Linares, J. R. (2014). Estudio de la diversidad genética de individuos de poblaciones silvestres de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze "tara" mediante análisis de patrones electroforéticos de proteínas semifinales [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional.

Litton, C. M. & Boone Kauffman, J. (2008). Allometric models for predicting aboveground biomass in two widespread woody plants in Hawaii. *Biotropica*, 40(3), 313–320.

López, J. A. (2011). Caracterización de la floración y producción de vainas de tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze "tara", a diferentes altitudes en las lomas de Atiquipa (Conchara y Lloque)-Arequipa. Setiembre 2007 – mayo 2008. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional.

Mancero, L. (2008). La tara (*Caesalpinia spinosa*) en Perú, Bolivia y Ecuador. Análisis de la cadena productiva en la región. ECOBONA (Programa regional para la gestión social de ecosistemas forestales andinos).

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). Avances en la investigación sobre la tara. *Tara spinosa* (Molina) Britton & Rose en el Perú.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). Producción y Comercio de tara en el Perú.

MTC. (2018). Portal de descarga de datos espaciales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html>

Mitma Huamani, S. (2015). Requerimiento hídrico y programación de riego en el cultivo de tara (*Caesalpinia spinosa*). Pacaycasa – Ayacucho 2760 msnm. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/f850e4b7-802b-4c2d-9fc6-0ed03e89e57f>

Molina, M. (2013). El significado de los intervalos de confianza. *Pediatría Atención Primaria*, 15(57), 91–94.

Monteiro, M. V., Doick, K. J., & Handley, P. (2016). Allometric relationships for urban trees in Great Britain. *Urban Forestry & Urban Greening*, 19, 223–236.

Montgomery, D. C. & Runger, G. C. (2018). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (6ª ed.). México.

Murga-Orrillo, H., Abanto-Rodriguez, C., Fernández -Silva Dionisio, L., Chu-Koo, F.W., Schwartz, G., Nuñez Bustamante, E., Stewart, P.M., Santos Silva Amorim, R., Vourlitis, G.L. & De Almeida Lobo, F. (2023). *tara (Caesalpinia spinosa)* in Natural and Agroforestry Systems under an Altitudinal Gradient in the Peruvian Andes: Responses to Soil and Climate Variation. *Agronomy*, 13, 282. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020282>.

Navas, A.V. (2011). *Inventariación y evaluación de árboles de guarango (Caesalpinia spinosa) y determinación de áreas potenciales para su cultivo en cuatro comunidades del cantón Guano. [Tesis de pregrado, Escuela superior politécnica de Chimborazo]*.

NASA. (2013). NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Digital Elevation 30 m, Version 003 [Conjunto de datos]. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/USGS_SRTMGL1_003

Núñez, J. E., Quiala, E., de Feria, M., Mestanza, S., Gómez-Kosky, R., Cuadrado, F. R. & Leiva-Mora, M. (2017). Establecimiento de un banco clonal de *Caesalpinia spinosa* (Mol.) O. Kuntz mediante selección de árboles plus e injerto. *Biotecnología vegetal*, 17(1).

Orihuela, T. D. (2014). *Evaluación de la diversidad genética de tres poblaciones de Caesalpinia spinosa procedentes de Cajamarca, Junín y Ayacucho mediante marcadores morfométricos de frutos y marcadores moleculares RAPD [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*.

Ott, R. L., & Longnecker, M. (2015). *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*. Cengage Learning.

Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Quintana Carmona, A.A., Coronel García, C.E. Enrique (2019). Efecto de dosis creciente en la aplicación de humus en el rendimiento de Tara (*Caesalpinia spinosa*) durante el segundo año de producción, en la parte baja del valle Chancay. Universidad Pedro Ruiz Gallo. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3084>

Quispe Titio, C. (2010). Efecto del abonamiento orgánico y mineral en la producción de tara (*Caesalpinia spinosa*) en Ccaccañan a 2535 msnm. Tambillo – Ayacucho. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/c4333809-1202-48db-b330-296e11cf658>

Portal, E. (2009). Distribución altitudinal y elaboración de clave dicotómica de variedades de tara (*Caesalpinia spinosa*). Huamanga, Ayacucho. Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas.

Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Raich, J. W., Russell, A. E., & Vitousek, P. M. (1997). Primary productivity and ecosystem development along an elevational gradient on Mauna Loa, Hawaii 'i. Ecology, 78(3), 707-721.

Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. Journal of statistical modeling and analytics, 2(1), 21-33.

REDFOR. (1996). La tara: Alternativa para el Desarrollo de la Sierra. Lima, Proyecto OFPA/FAO GCP/RLA/NET/090.

Reynel, C., Pennington, T., Pennington, T., Marcelo, J., & Daza, A. (2007). Árboles útiles del Ande Peruano. Una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la Sierra y los Bosques Montanos en el Perú. Lima: ICRAF.

Romero Dulanto, R. (2022). Cambio del sistema de riego por gravedad a goteo y función de producción en el cultivo de tara (*Caesalpinia spinosa*). Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/21a0a-dc9-cd59-487b-bda3-841010e4baea>

Romero, I. (2019). Producción y Comercio de la tara. Ministerio de Desarrollo de Desarrollo Agrario y Riego.

SENAMHI. (2020). Sectorización Climática del Territorio Peruano. Nota Técnica N001-2002/SENAMHI/DMA/SPC. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3–4), 591–611.

SERFOR. (2025). Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre – SNIFFS. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <https://sniffs.serfor.gob.pe/inicio/>

SERFOR. (2024). Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre. Datos sobre la tara en el Perú. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR.

SERFOR. (2022). Avances en la investigación sobre la Tara *Tara spinosa* (Molina) Britton & Rose en el Perú. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR. <https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/933>

Sosa, R. G., Indacochea, I. L., Mora, H. E. G., Serrudo, C. F. & Rodríguez, A. C. (2016). Determinación de la viabilidad de semilla de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze y su correlación con el contenido de goma y tanino. *Revista Forestal del Perú*, 31(2), 69–80. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v31i2.1028>

Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2), 99–114.

Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley.

Turkowsky, A. (1991). Tara (*Caesalpinia tara*). In Vida Forestal.

Vega V., César (2019). Silvicultura y comercialización de la tara (*Caesalpinia spinosa* (Feuillée ex Molina) Kuntze). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.

Velásquez, J. J. V. & Seminario, J. F. (2021). Origen y domesticación de *Tara spinosa* (Leguminosae, Caesalpinioideae). Lilloa, 58(2), 131–159. <https://doi.org/10.30550/j.lil/2021.58.2/2021.11.14>.

Vigo, E., Quiroz, V. (2006). Manual: El cultivo de tara en Cajamarca. Componente “Uso de Recursos: Producción, Comercialización y Agroexportación” del Programa Desarrollo Rural Sostenible de la Cooperación Técnica Alemana – GTZ, Sede Cajamarca, en colaboración con la Asociación Civil Tierra.

Villena V., J. J., Seminario C., J. F. & Valderrama C., M. A. (2019). Variabilidad morfológica de la “tara” *Caesalpinia spinosa* (Molina.) Kuntze (Fabaceae), en poblaciones naturales de Cajamarca: descriptores de fruto y semilla. Arnaldoa, 26(2), 555–574. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26203>.

Villena- Velásquez, J. J. (2018). Variabilidad Morfológica de la Taya, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, en Bosques Naturales de nueve Provincias de Cajamarca, Perú. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.

Vizcarra, G. A. (2004). Estado actual y análisis de la estructura forestal del bosque de las Lomas de Atiquipa. Enero – Junio. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional.

Williams, L. J., & Abdi, H. (2010). Fisher’s least significant difference (LSD) test. Encyclopedia of research design, 218(4), 840–853.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution, 1(1), 3–14.



7

Anexos

Anexo 1. Fichas de información de Plantación

Anexo 2. Fichas de información de Bosque

Anexo 3. Fichas de caracterización de árboles

Anexo 4. Fichas de producción de árboles

Anexo 5. Variación de la producción por eje comercial y región natural

Anexo 6. Detalles del análisis estadístico de las condiciones ambientales

Anexo 7. Detalles del análisis estadístico de las características del suelo

Anexo 1. Fichas de información de Plantación

FICHA 1 – ESTACIÓN DE EVALUACIÓN PLANTACIÓN DE TARA														
Encargado de la Evaluación														
Nombres y Apellidos:														
Código de Estación de Evaluación:										Fecha:				
Datos de la Plantación														
Persona encargada:														
Cargo y/o Profesión:														
eMail:					Teléfono:					DNI:				
Departamento:							Provincia:							
Distrito:							Edad de la plantación (años):							
Ubicación/Referencia:														
Coordenadas UTM:			X:		Y:		Zona:			Altitud (m):				
Nombre de Plantación (de corresponder):														
Tipo de plantación:			Macizo:		SAF:		Otro:							
			Si es SAF, especies asociadas:											
Superficie sembrada (ha):					Número de árboles plantados/ha									
Número de cosechas al año:					Producción total anual (t)									
Producción máxima (t) y año:					Producción mínima (t) y año									
Año de inicio de actividad:					Origen del agua de riego:									
Volumen de riego (ha):					Frecuencia de riego:									
Número de personas que participan de la actividad (hombres/mujeres):														
Periodo de producción:			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Periodo de cosecha:			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Forma de cosecha:														
Uso de instrumentos para cosechar vainas de la copa:			SI () NO () Detallar:											
Uso de malla para cosecha:			SI () NO () Detallar:											
Plagas o enfermedades frecuentes en la plantación:			Fumagina ()			Gorgojos ()			Polillas ()			Hongos ()		
			Otros:											
Realiza control de Plagas:			SI () NO ()		¿Qué tipo?:									
Fertilización de la plantación			SI () NO ()		¿Qué tipo?:									
Realiza control de malezas:			SI () NO ()		Tipo de control:									

Anexo 2. Fichas de información de Bosque

FICHA 2 – ESTACIÓN DE EVALUACIÓN BOSQUE DE TARA																																				
Encargado de la Evaluación																																				
Nombres y Apellidos:																																				
Código Estación de Evaluación:								Fecha:																												
Datos del Bosque																																				
Persona encargada:																																				
Cargo y/o Profesión:																																				
Correo:					Teléfono:				DNI:																											
Departamento:							Provincia:																													
Distrito:							Ubicación/Referencia:																													
Coordenadas UTM		X:		Y:		Zona:		Altitud (m):																												
Nombre del Bosque o de la localidad:																																				
Número de cosechas al año:					Producción total anual (t):																															
Producción máxima (t) y año:					Producción mínima (t) y año:																															
Superficie estimada:					Número de árboles/ha (aprox.):																															
Año de inicio de actividad:					Número de personas que participan de la actividad (hombres/mujeres):																															
Temporada de lluvias:					Meses más calurosos:																															
Periodo de producción:		<table border="1"> <tr> <th>Ene</th><th>Feb</th><th>Mar</th><th>Abr</th><th>May</th><th>Jun</th><th>Jul</th><th>Ago</th><th>Set</th><th>Oct</th><th>Nov</th><th>Dic</th> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>											Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic																							
Periodo de cosecha:		<table border="1"> <tr> <th>Ene</th><th>Feb</th><th>Mar</th><th>Abr</th><th>May</th><th>Jun</th><th>Jul</th><th>Ago</th><th>Set</th><th>Oct</th><th>Nov</th><th>Dic</th> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>											Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic																							
Forma de cosecha:																																				
Uso de instrumentos para cosechar vainas de la copa:		SI () NO () Detallar:																																		
Uso de malla para cosecha:		SI () NO () Detallar:																																		
Plagas o enfermedades frecuentes del bosque:		Fumagina ()				Gorgojos ()			Polillas ()			Hongos ()																								
		Otros																																		

Anexo 3. Fichas de caracterización de árboles

[illegible]

Anexo 4. Fichas de producción de árboles

[illegible]

Anexo 5. Variación de la producción por eje comercial y región natural

Métodos estadísticos

Para el análisis de la variación en los valores de producción, los datos de los árboles se agruparon por eje comercial sumando/uniendo las regiones que componen cada eje comercial (Norte-Centro, Centro-Sur y Sur) dentro una misma región natural (Costa o Sierra), considerando solo los datos depurados por departamento y tipo de modalidad de acceso (sin valores atípicos).

La estimación de la producción media de vainas por árbol, en un eje comercial en una región natural específica, se calculó como la media aritmética simple sobre los "n" árboles muestreados dentro de cada clase diamétrica:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde X_i es la producción (kg) del árbol "i". Así mismo, se estimó la varianza muestral y el error estándar, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Varianza} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} \qquad \text{Error estándar} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde S representa la desviación estándar, estimada a partir de la raíz cuadrada de la varianza.

Los valores del límite inferior y superior, en la producción, fueron obtenidos a través de un margen de error al 95% de confianza, considerando la variación del intervalo de confianza ($IC_{Producción}$):

$$IC_{Producción} \text{ (kg/árbol)} = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde "X" es el valor promedio de producción/árbol de Tara, " $Z_{\alpha/2}$ " es el valor crítico dependiente del nivel de confianza (igual a uno 1.96 cuando se utiliza un 95% de confianza), " σ ": Desviación estándar y "n" es el número de árboles evaluados. La variación del valor de referencia se presenta mediante el valor superior del intervalo de confianza estimado para cada zona en la combinación de eje comercial y región natural descrita.

Resultados descriptivos

Los valores de la producción presentaron variación, dependiendo de los distintos ejes comerciales y las regiones naturales en las que se encontraron las estaciones de evaluación (Tabla 4).

Tabla 4: Valores de producción en los distintos ejes comerciales y regiones naturales en las que se encontraron las estaciones de evaluación con distintas modalidades de acceso de "Tara" *Tara spinosa* en Perú.

Eje	Región natural	Modalidad de acceso	n	Promedio	Límite inferior	Límite superior
Norte-Centro	Costa	Plantación forestal	99	3.71	3.35	4.07
	Sierra	Plantación forestal	294	3.59	2.99	4.20
		Sistema agroforestal	191	5.51	4.47	6.56
		Bosque natural	286	7.98	7.18	8.78

Eje	Región natural	Modalidad de acceso	n	Promedio	Límite inferior	Límite superior
Centro-Sur	Costa	Plantación forestal	105	5.69	4.87	6.51
	Sierra	Plantación forestal	180	10.05	8.87	11.23
		Sistema agro-forestal	141	5.06	3.97	6.14
		Bosque natural	90	12.94	12.25	13.63
Sur	Costa	Plantación forestal	100	0.69	0.59	0.80

En la Costa, donde las unidades de evaluación presentaron la modalidad de acceso del tipo plantación forestal, el eje comercial Centro-Sur mostró tener mayor producción que los otros ejes comerciales en la misma región natural. Es posible que la producción en el eje comercial Centro-Sur sea mayor debido al tipo de riego que presentan, pues irrigan las plantas mediante canales subterráneos, a diferencia de la irrigación en el eje Norte-Centro y Sur, donde irrigan con agua de pozo. En el caso del eje Sur, la particular baja producción puede ser atribuida a la presencia del hongo *Oidium*, no registrada en ningún otro eje de esta región natural, que terminaría afectando la salud de los árboles productores.

Tabla 5: Comparación en los valores de producción de vainas de tara, en diferentes modalidades de acceso realizados en distintos ejes comerciales y regiones naturales.

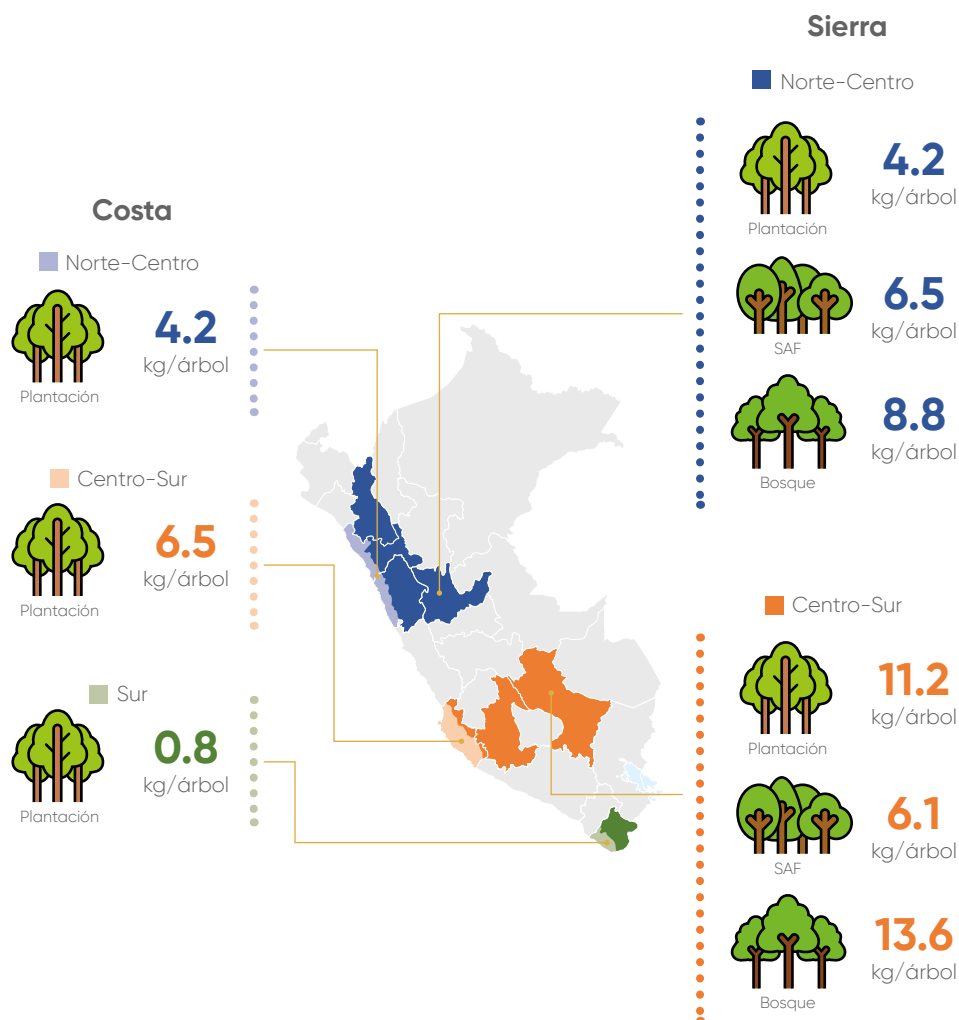
Eje	Región natural	Comparación	n	Estadístico de S - W	p-valor	Interpretación
Norte-Centro	Costa	Plantación	99	-	-	-
	Sierra	Bosque vs Plantación vs SAF	771	135.20	$4.39 \cdot 10^{-30}$	Dif. Significativas

Eje	Región natural	Comparación	n	Estadístico de S - W	p-valor	Interpretación
Centro-Sur	Costa	Plantación	105	-	-	-
	Sierra	Bosque vs Plantación vs SAF	411	85.87	2.26×10^{-19}	Dif. Significativas
Sur	Costa	Plantación	100	-	-	-

En la Sierra, donde se encontraron distintas modalidades de acceso, se evidencia que los bosques naturales siguen siendo los más productivos, tanto en el eje Norte-Centro y Centro-Sur (Tabla 5). En general, dentro de esta región natural, la zona de Centro-Sur presenta mayor producción en plantaciones y SAFs, posiblemente debido a que se implementan mayores medidas para el control de plagas y fertilización (uso de NPK y estiércol), a diferencia del eje Norte-Centro. En el caso de bosques, también se observó la mayor producción en el eje Centro-Sur; dado que estos presentan una distribución natural, es posible que la diferencia en producción sea debido a factores climáticos, como la temperatura, pues la zona Centro-Sur presenta climas más templados.

En resumen, se observó que en zonas de Sierra existió mayor producción que en zonas de Costa y, a su vez, que el eje comercial Centro-Sur mostró mayor producción de vainas que otros ejes (Figura 29). Estas diferencias pueden deberse a múltiples factores asociados como técnicas de manejo silvicultural, ambientes idóneos, presencia de plagas, etc.

Figura 29. Variación en el valor de la producción de vainas de tara, dependiendo de la modalidad de acceso realizado en cada eje comercial y región natural.



La variación observada a nivel nacional permite confirmar que, si bien existen diferencias entre las distintas modalidades de acceso, el patrón referencial donde las zonas de bosque presentan mayor producción que las plantaciones y SAFs se sigue cumpliendo, independientemente del eje comercial. Las regiones naturales, por otra parte, sí evidencian que es posible tener mayores valores de producción de vainas cuando es realizado un aprovechamiento en zonas de Sierra, ya que estos son ambientes idóneos para el crecimiento natural de los árboles de Tara.

Anexo 6. Detalles del análisis estadístico de las condiciones ambientales

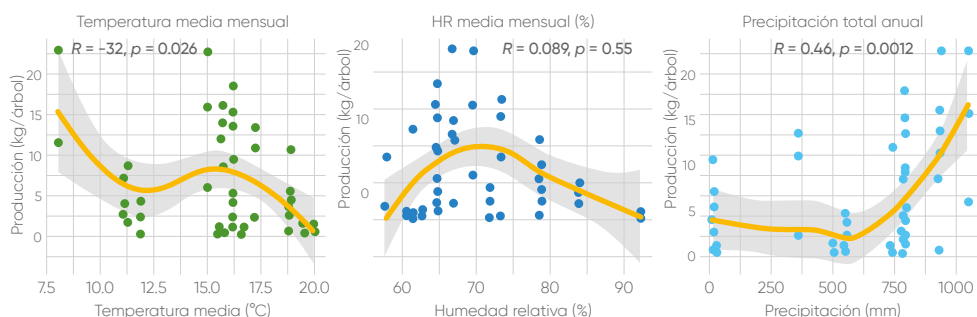
Métodos estadísticos

Para explorar la relación entre la producción de vainas por árbol (kg/árbol) y las variables climáticas de temperatura media anual (°C), humedad relativa media anual (%) y precipitación pluvial anual (mm), se construyeron diagramas de dispersión de producción de vainas frente a cada variable climática. Se añadió una línea de tendencia suavizada (loess) para visualizar patrones lineales o curvilíneos en los datos (Quinn & Keough, 2002).

Resultados descriptivos

Los parámetros climáticos no mostraron tener una relación lineal con la producción de vainas de Tara (Figura 30). Es decir, las características climáticas tuvieron ciertos rangos donde la producción de vainas fue mayor.

Figura 30: Relación de los parámetros climáticos con la producción de vainas de Tara.



Con respecto a las condiciones de temperatura, se observó que la producción a nivel nacional se da en un valor promedio de 15.8°C, considerando que el 71% de las estaciones de evaluación presentó temperaturas entre 10 a 18°C. Los rangos de variación de temperatura mostraron que entre los 14°C y 18°C grados se da la mayor cantidad de producción de vainas de Tara.

Con respecto a las condiciones de humedad relativa, se observó que la producción a nivel nacional se da en un valor promedio de 70.1%, considerando que el 83% de las estaciones de evaluación presentó valores de humedad relativa entre 60% y 80%. Los rangos de variación de humedad relativa mostraron que en zonas con menos de 60% de humedad se da la mayor cantidad de producción de vainas de Tara.

Con respecto a las condiciones de precipitación, se observó que la producción a nivel nacional se da en un valor promedio de 708mm, considerando que el 75% de las estaciones de evaluación presentó valores de precipitación entre 502 mm y 1049 mm. Los rangos de variación de precipitación mostraron que en zonas con más de 1000 mm de precipitación anual se da la mayor cantidad de producción de vainas de Tara.

Anexo 7. Detalles del análisis estadístico de las características del suelo

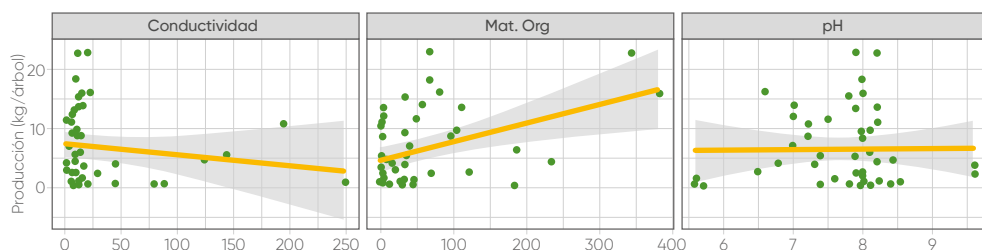
Métodos estadísticos

Se estimaron coeficientes de correlación de Spearman (Spearman, 1904; Zar, 1999). Las relaciones observadas se representaron gráficamente mediante modelos de ajuste lineal o cuadrático, según el patrón de tendencia visualizado (Crawley, 2013).

Resultados descriptivos

Con relación a los parámetros edáficos (conductividad eléctrica, materia orgánica y pH), se determinó que ninguno tuvo una relación lineal con la producción promedio de vainas de tara en las estaciones de evaluación (Figura 31). Tanto la conductividad eléctrica ($r = -0.13$) como la cantidad de materia orgánica ($r = 0.37$) en el suelo no mostraron ninguna relación fuerte con la producción.

Figura 31. Relación entre la producción de vainas de tara y los distintos parámetros edáficos de cada estación de evaluación.



Con respecto a la materia orgánica, se encontró que el 83% de las estaciones de evaluación presentaron valores con menos de 100 g/kg; mientras que, con respecto a la conductividad eléctrica, se encontró el 81% de las estaciones de evaluación presentaron valores menores a 50 mS/m. Considerando esto, es posible sugerir que esos rangos de valores sean los apropiados para la producción de Tara.

Con respecto a los macronutrientes, ni el Nitrógeno ($r = 0.29$), ni el Fósforo ($r = 0.1$), ni el Potasio ($r = -0.1$) presentaron una asociación fuerte con la producción de vainas de tara en el presente estudio. No obstante, se considera importante el poder realizar un estudio que evalúe específicamente el efecto del abonamiento en la producción, especialmente en plantaciones y sistemas agroforestales.

ISBN: 978-612-5116-15-4



Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

Av. Javier Prado Oeste N° 2442, Urb. Oarrantia,

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