



Valoración Dasométrica y Cálculo del Poder Calorífico en la madera de la Especie Forestal *Alnus acuminata kunth* en el Anexo de Pillo, Pampas- Tayacaja, 2024

Dasometric Valuation and Calculation of the Calorific Value in the wood of the Forest Species *Alnus acuminata kunth* in the Annex of Pillo, Pampas-Tayacaja, 2024

Elyane Estefany Belito Huamani 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Adiel Álvarez Tiellasuca 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Susan Karina Montes Bujaico 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Sadith Pérez Ponce 
Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

Marlyth Concha Soto 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Michael Solano Montes 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Ruth Flores Barreto 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Roy Saavedra Valdez 
Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v4i3.84>

Fecha de aceptación: 18/10/2024

Fecha de envío: 12/08/2024

RESUMEN

El artículo "Valoración Dasométrica y Cálculo del Poder Calorífico en la madera de la Especie Forestal *Alnus acuminata* en el Anexo de Pillo, Pampas-Tayacaja, 2024" presenta un estudio integral sobre la madera de *Alnus acuminata*, conocido como aliso, en el Anexo de Pillo, Pampas-Tayacaja. El objetivo principal es evaluar las características dasométricas y determinar el poder calorífico de esta especie forestal. La investigación busca proporcionar datos cruciales para la gestión forestal sostenible y el uso eficiente de la madera. Se utilizó técnicas de muestreo por estratificación y mediciones dasométricas para evaluar altura, diámetro y volumen de los árboles. El análisis del poder calorífico se llevó a cabo con una bomba calorimétrica, determinando el poder calorífico superior (PCS) y el inferior (PCI) de la madera. Los resultados indican que el PCS de *Alnus acuminata* es competitivo, aunque ligeramente inferior a otras especies como *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*. En cuanto al poder calorífico Inferior la especie forestal *Alnus acuminata kunth* tiene un valor de 451.455Kcal/kg, en cuanto al poder calorífico superior fue 990.455 Kcal/Kg, tiene una densidad moderada, una contracción volumétrica de 7% y un poder calorífico adecuado para aplicaciones energéticas, aunque con algunas variaciones según la parte del árbol y el contenido de humedad. En conclusión, la madera de aliso es valiosa tanto para la gestión forestal como para el aprovechamiento energético, con consideraciones importantes para su manejo y uso en distintos contextos.

Palabras clave: Poder calorífico, *Alnus acuminata kunth*, valoración dasométrica.

ABSTRACT

The article "Dasometric Assessment and Calculation of the Calorific Value in the wood of the Forest Species *Alnus acuminata* in the Annex of Pillo, Pampas-Tayacaja, 2024" presents a comprehensive study on the wood of *Alnus acuminata*, known as alder, in the Annex of Pillo, Pampas-Tayacaja. The main objective is to evaluate the dasometric characteristics and determine the calorific value of this forest species. The research aims to provide crucial data for sustainable forest management and efficient timber use. Stratification sampling techniques and dasometric measurements were used to assess tree height, diameter and volume. Calorific value analysis was carried out with a bomb calorimeter, determining the upper calorific value (HCV) and lower calorific value (LHV) of the wood. The results indicate that the PCS of *Alnus acuminata* is competitive, although slightly lower than other species such as *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata*. As for the lower calorific value, the forest species *Alnus acuminata kunth* has a value of 451.455Kcal/kg, as for the upper calorific value it was 990.455 Kcal/Kg, it has a moderate density, a volumetric shrinkage of 7% and a calorific value suitable for energy applications, although with some variations depending on the part of the tree and the moisture content. In conclusion, alder wood is valuable for both forest management and energy harvesting, with important considerations for its management and use in different contexts.

Keywords: Calorific value, *Alnus acuminata kunth*, dasometric assessment.

INTRODUCCIÓN

La especie forestal *Alnus acuminata kunth*, conocida comúnmente como aliso, desempeña un papel fundamental en la ecología de las regiones montañosas de América Central y del Sur. Este árbol no solo contribuye a la mejora del suelo mediante su asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno, sino que también es una fuente valiosa de madera con múltiples aplicaciones industriales y energéticas. En el contexto del Anexo de Pillo, Pampas-Tayacaja, la evaluación dasométrica y el cálculo del poder calorífico de la madera de *Alnus acuminata kunth* se presentan como herramientas esenciales para una gestión forestal sostenible y eficiente (Garzón, et al., 2021, P. 46-57).

Este artículo, tiene como objetivo principal determinar la valoración dasométrica y calcular el poder calorífico de dicha especie. La valoración dasométrica proporciona información crucial sobre el crecimiento y el volumen de los árboles, aspectos que son fundamentales para la planificación y el manejo forestal. Por otro lado, el cálculo del poder calorífico nos permite determinar la eficiencia de la madera de aliso como fuente de energía renovable (López, 2006, P. 18).

De esta manera se pretende evaluar sus características organolépticas distintivas, características taxonómicas, entre otros. En cuanto a sus características físicas, la madera de aliso presenta una densidad moderada, oscilando entre 0.56 g/cm³

cuando está seca al aire. Esta densidad, junto con su estructura uniforme, facilita su procesamiento y manejo en distintas aplicaciones. La madera de aliso también se destaca por su estabilidad dimensional, lo que minimiza el riesgo de deformaciones durante su uso (Vásquez, 2008, P. 26-34).

Por tal, esta investigación ofrece una perspectiva integral sobre las potencialidades y aplicaciones de esta especie forestal. Este estudio no solo contribuye al conocimiento científico y técnico de la especie, sino que también promueve prácticas de manejo forestal sostenible y el uso eficiente de recursos naturales.

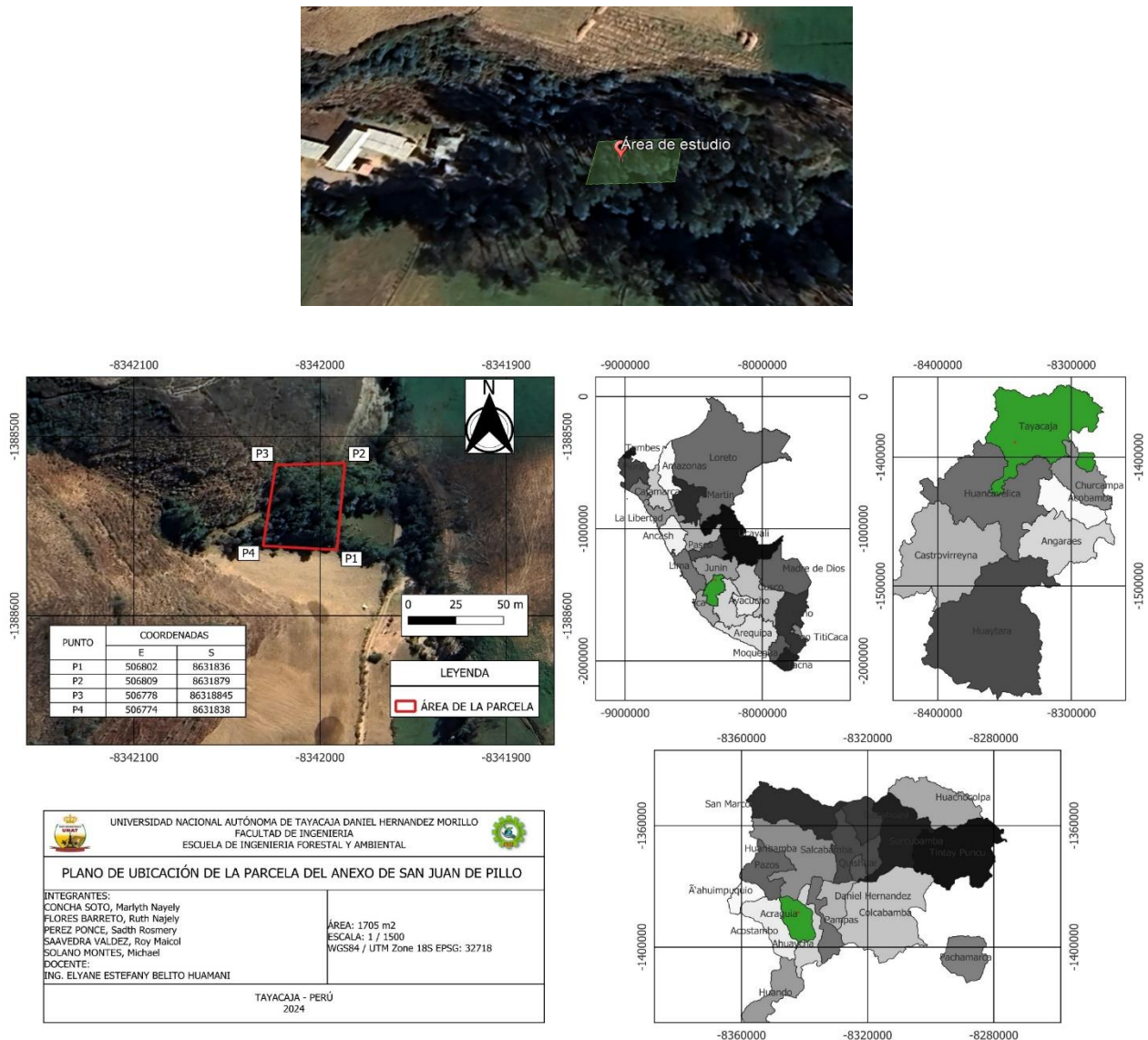
MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se hizo en el anexo de Pillo, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, situado entre las coordenadas UTM 8613.80 Km. N 8673,50. Km. Ny 468.10 Km. E, a una altitud de 3375 m.s.n.m.; la temperatura promedio es de 20°C en el día y 8°C por las noches; no obstante, entre mayo y setiembre puede bajar hasta - 4°C, con pocas lluvias.

Figura 1

Ubicación del ámbito de estudio.



Materiales y Equipos

El estudio contempló la obtención y análisis de la información necesaria para la evaluación dendrométrica (cinta métrica) de la plantación, con el fin de conocer el estado actual y la evolución de su altura, diámetro, área basal y volumen en el tiempo, para lo cual se utilizó la estimación visual, cuaderno de campo, pintura para la codificación y flexómetro para medir el área de la parcela. El diseño de muestreo estadístico utilizado fue el simple aleatorio.

Método de Muestreo

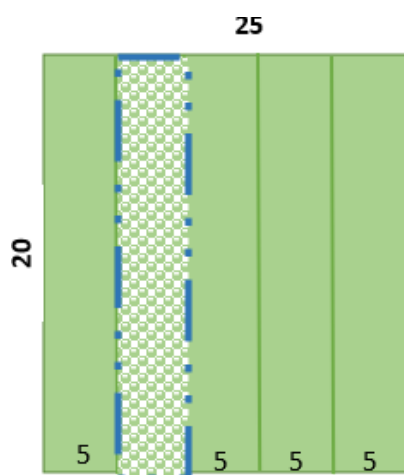
El método aplicado por estratificación se refiere a la distribución uniforme que presenta las especies arbóreas de acuerdo con la categoría diamétrica y seleccionando muestras de árboles al azar, según el

siguiente diámetro (DAP) a una altura de 1.30 m del suelo.

Asimismo, se aplicó el Método de la cuerda, es la medición en campo más utilizado, pero el más impreciso y subjetivo. Consiste en asimilar el terreno a figuras geométricas, rectángulos y triángulos, donde se toman medidas con cinta métrica. En este caso se utilizó una faja de la parcela en forma rectangular de 20x5, extrayendo solo los árboles para aprovechamiento, mientras los árboles semilleros y futura cosecha aún se evita codificar para ser aprovechado, ya que tienen otros usos.

Al aplicar la metodología en el aprovechamiento de esta especie forestal y analizar el poder calorífico, se debe de tener en cuenta lo señalado, el artículo 77 del

Reglamento para la Gestión de las Plantaciones Forestales y los Sistemas Agroforestales, aprobado por Decreto Supremo N° 020- 2015-MINAGRI, establece que el SERFOR apoya a los gobiernos regionales y gobiernos locales. en la promoción de la plantación y mantenimiento de especies arbóreas y arbustivas, de manera agrupada o individual, con fines de ornamentación, recuperación de áreas degradadas, esparcimiento, creación de micro climas, reducción del polvo sedimentable, mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones urbanas, entre otros.



Evaluación del Potencial de Biomasa

En este trabajo se estudió la especie forestal *Alnus acuminata kunth*, inicialmente se realizó una inspección detallada del área donde se encuentra la especie con la finalidad de recopilar datos sobre la ubicación, diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total ((MINAGRI, DGFFS & PCM, OSINFOR, 2012). Posterior a ello se estableció una parcela de 20 x 5 m empleando una cinta métrica para marcar el área, dado a lo anterior se hizo un muestreo por faja de la parcela de 500m².

Los datos tomados en campo fueron procesados en el programa Microsoft Excel 2016, donde se determinó los resultados de cada parámetro medido.

Determinación del área basal (AB)

Con los datos obtenidos en campo del DAP se calculó el área basal de cada una de las especies encontradas en las parcelas. Para determinar el área basal se usó la siguiente fórmula establecido por Murillo et al. (2004):

$$AB = (\pi \cdot [DAP]^2) / 4$$

Donde:

AB: Área basal (m²)

π : Valor de Pi (3.1416)

DAP: Diámetro a la altura del pecho (m)

Determinación del volumen total (V)

Para determinar el volumen total, se empleó la ecuación propuesta por FAO (2010), el cual propone calcular el volumen del fuste en la forma de un cilindro, proponiendo así la siguiente ecuación:

$$V = AB \times HC \times f$$

Donde:

V: Volumen (m³)

AB: Área basal (m²)

HC: Altura comercial (m)

f: Factor forma (0.65)

Evaluación del Poder calorífico

Determinación del poder calorífico superior experimental

El procedimiento se llevó a cabo en una bomba calorimétrica, donde se trabajó con una muestra de aproximadamente 0,2 g. Esta muestra se colocó en una bolsita de plástico, previamente pesada para determinar el contenido calorífico (e3) según una relación cal/peso establecido. Luego, se dobló la bolsita con la muestra en forma de paquetes, se ató con alambre de combustión y se colocó en el soporte de la bomba calorimétrica. Se llenó la bomba con oxígeno a 30 atmósferas y un balde con 2000 ml de agua destilada a 25°C aproximadamente se colocó dentro del calorímetro. Tras equilibrar las temperaturas, se encendió la muestra presionando el botón de ignición durante 5 segundos. Se realizó un proceso de purga para liberar el oxígeno residual, se limpió la bomba y se tituló la solución resultante para determinar el valor calorífico. Además, se midió la longitud del alambre de combustión quemado para calcular la energía liberada. Por diferencia se halló la medida del alambre que se quemó y se apuntó como e2 (cada unidad corresponde a 1 cal) (Norma ASTM-D-2015-66,1972). Los resultados se expresaron en la siguiente fórmula:

$$Kcal = \frac{(AT^\circ * ST) - (e1 + e2 + e3)}{\text{Peso de la muestra (ST)}}$$

utilizó Microsoft Excel (en la tabulación de datos de campo).

Donde

AT°: Temperatura final – temperatura inicial

e1: Calorías pos titulación

e2: Calorías liberadas del alambre

e3: Calorías de la bolsita de plástico

ST: Es el promedio de varios Standard de ácido benzoico 2483 Cal/°C

Determinación del poder calorífico inferior

Se determinará a partir del poder calorífico superior. Los resultados se expresan en la siguiente fórmula:

$$PCI = PSC - CV$$

Donde

PCI: Poder calorífico inferior (kcal/Kg)

PSC: Poder calorífico superior (kcal/Kg)

CV: Calor de vaporización (539 kcal/Kg constante).

Análisis Estadístico

La elección del análisis estadístico dependerá de la naturaleza específica de tus datos, para lo cual se

RESULTADOS

Es importante diferenciar las calidades y clasificaciones de madera, ya que en base a ellas se realiza el desglose de mediciones. Lógicamente es un factor directamente relacionado con la demanda de consumo y los procesos industriales para la obtención de productos (vigas, tablones, chapas, virutas, etc).

Respecto al sistema de mediciones el método adoptado es el del Sistema Internacional de Unidades, en el que se emplean los centímetros (cm), las toneladas para peso (Tm), el metro para la altura (m) y el metro cúbico para volumen (m3). Para los productos leñosos es muy utilizado el estéreo como medida.

Descripción taxonómica de la especie forestal *Alnus acuminata kunth*:

Describir taxonómicamente la especie forestal estudiada, implica realizar una descripción detallada y sistemática de sus características morfológicas, anatómicas, también de aspectos genéticos. Este proceso es fundamental para clasificar y nombrar correctamente a la planta dentro del sistema de clasificación biológica, siguiendo los principios de la taxonomía.

Tabla 1

Descripción taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia:	Betulaceae
Género:	Alnus
Especie:	<i>Alnus acuminata kunth</i>

Descripción de las propiedades organolépticas:

Las propiedades organolépticas de la madera se refieren a las características sensoriales que podemos percibir mediante nuestros sentidos. Estas propiedades son importantes para evaluar la calidad y

el uso potencial de la madera en diversas aplicaciones.

Tabla 2

Descripción Organoléptica

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS	DESCRIPCIÓN
Color	Castaño a Rosado
Veteado	Arcos superpuestos con líneas más oscuras.
Olor y Sabor	Ausente o no distintivo.
Brillo	Mediano a alto.
Grano	Recto y ligeramente ondulado.
Textura	Fina a mediana.

Descripción de las propiedades Mecánicas de la madera:

Las propiedades mecánicas de la madera son fundamentales para entender su resistencia y

comportamiento bajo diferentes condiciones de carga. Estas propiedades son cruciales en aplicaciones donde la madera se utiliza estructuralmente, como en la construcción de edificios, puentes, muebles, entre otros.

Tabla 3

Descripción de las Propiedades Mecánicas

Propiedad	Unidades	Valor
Módulo de Elasticidad de Flexión	Kg/cm ²	84.98
Módulo de Ruptura de Flexión	Kg/cm ²	598
Compresión Paralela	Kg/cm ²	221
Compresión Perpendicular	Kg/cm ²	61.9
Cizallamiento	Kg/cm ²	90
Dureza de lados	Kg/cm ²	379
Tensión Perpendicular	Kg/cm ²	49.2
Tenacidad	Kg-m	2.7

Fuente: Aliaga (1972) y Lastra (1987)

Descripción de las propiedades Físicas

Las propiedades físicas de la madera se refieren a características que se pueden medir o evaluar sin

alterar la estructura interna del material. Estas propiedades son importantes tanto para su clasificación como para determinar su idoneidad para diferentes usos y aplicaciones.

Tabla 4

Descripción de las Propiedades Físicas

Propiedad	Unidad	Valor
Peso	g/cm ³	0.43
Densidad	g/cm ³	0.56
Contracción Radial	%	2.2
Contracción Tangencial	%	3.2
Contracción Volumétrica	%	7
T/R	%	1.45

Fuente: Aliaga (1972) y Lastra (1987).

Descripción de las propiedades Microscópicas de la Madera de Aliso.

Tabla 5

Descripción de las Propiedades macroscópicas.

DESCRIPCION	DETALLE
Macroscópica	Vasos ligeramente visibles a simple vista, de tamaño medio, poros en mayoría solitarios y algunos múltiples radiales de 2 a 3 células en sentido radial, de mediana abundancia, porosidad difusa, con una tendencia a formar pequeñas líneas radiales y no se observan gomas o tilides dentro de los vasos del duramen. Parénquima axial visible con aumento de 10X y de tipo apotraqueal difuso escaso. Parénquima radial apenas visible con aumento de 10X, de ancho medio, se observan radios de dos anchos, de abundancia media y no estratificado Otras estructuras visibles ausentes.

Figura 1

Imagen de las propiedades macroscópicas de la madera de Alnus acuminata kunth

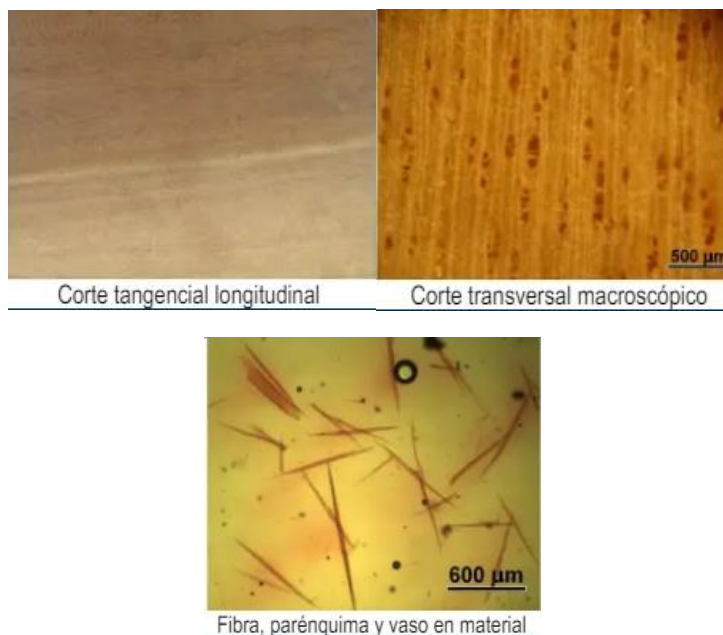


Tabla 6

Descripción de las Propiedades microscópicas

DESCRIPCION MICROSCÓPICA	DETALLE
Vasos	<ul style="list-style-type: none"> • Porosidad: difusa. • Distribución: tiende a formar cadenas radiales. Agrupamiento, exclusivamente solitarios, en promedio 85% y múltiples radiales de 2-3 células. • Frecuencia: poco numerosos, promedio de 16 poros/mm² (14-19). • Longitud: cortos, promedio de 150 µm (94-342). • Diámetro: pequeño, promedio de 75 µm (6187). • Engrosamiento helicoidal de las paredes ausentes. • Apéndices: presentes en ambos extremos y tamaño medio.

	<ul style="list-style-type: none"> • Platinas de perforación: escaliformes oblicuas de 1020 barras. • Gomas: ausentes. • Tilides ausentes. • Presencia de cristales: no se observa. • Punteaduras intervasculares simples, alternas, ovaladas, diámetro mediano, sin presencia de ornamentaciones y de diámetro medio, promedio de 7 μm (4-9). Punteaduras rayos - vasculares similar a las inter vasculares en forma y tamaño, sin presencia de ornamentaciones.
Fibras	<ul style="list-style-type: none"> • Septos de 1 a 3 por fibra. Punteaduras diminutas a bordeadas diminutas Dimensiones, fibras de largo medio, en promedio 1,02 mm (0,94-1,59), diámetro de 35 μm (23-47) y diámetro de lumen 23 μm (12-35). • Presencia de cristales ausente Estratificación, ausente.
Parénquima Radial	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo: no estratificado, se observan radios en agregados. Estratificación: ausente. Dimensiones altura de 10-27 células, altura promedio de 299 μm (111 - 375) y ancho promedio 8 μm (4-10). • Frecuencia: media, en promedio de 5 radios/mm (4-6). Tipo de células, heterocelulares, con una fila de células rectangulares en los extremos (arriba y abajo) y en la parte central de célula procumbentes. • Presencia de cristales, ausentes.
Parénquima Axial	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo: apotraqueal difuso, escaso de células tipo seriado. • Tipo de células: de 5 a 8 células por filamento. • Estratificación: ausente. • Presencia de cristales ausentes. • Traqueidas: vasicéntricas, con septos en poca cantidad.

Figura 2

*Imagen de las propiedades microscópicas de la madera de *Alnus acuminata* kunth*

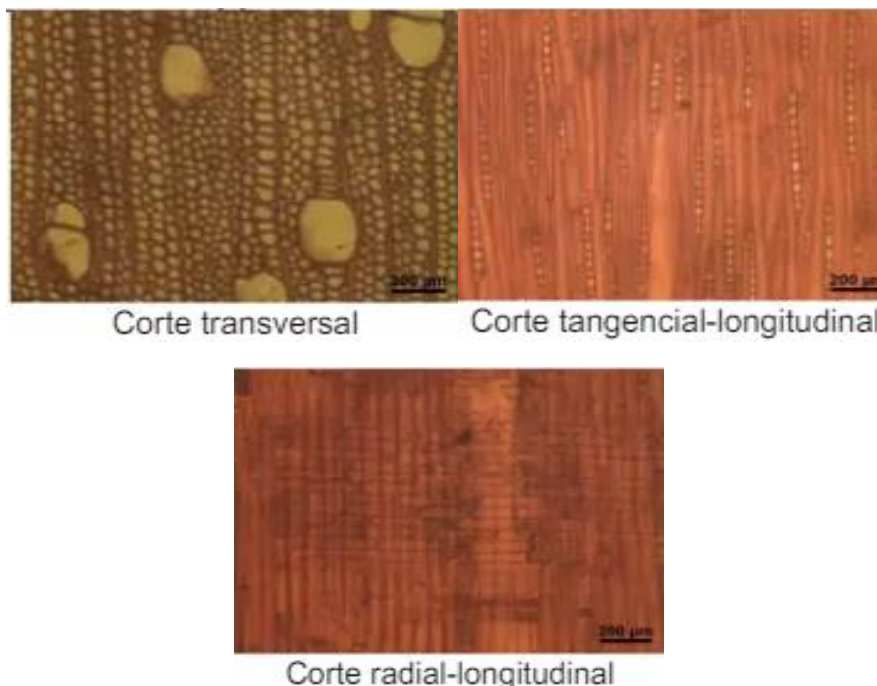


Figura 3

*Evaluación del peso del aserrín del *Alnus acuminata kunth**



Nota. Elaboración propia, 2024. Determinación del peso del aserrín del *Alnus acuminata kunth* – día 1.

Tabla 7

Diferencia de pesos del aserrín en el laboratorio

Aserrín	Nº Días	Peso	Unidad de Medida
<i>Alnus acuminata</i> (ALISO)	1	6.00	gr
	2	5.45	gr
	3	5.45	gr
	4	5.45	gr
	5	5.44	gr
	6	5.44	gr
	7	5.44	gr

Determinación del poder calorífico del *Alnus acuminata kunth*

La determinación del poder calorífico de un material, define como la cantidad de energía liberada por unidad de masa o volumen del material durante la combustión completa. Hay dos formas principales de

medir el poder calorífico: Poder Calorífico Inferior (PCI):

El PCI se refiere a la cantidad de calor liberado por la combustión completa de una unidad de masa de material, con la condición de que el vapor de agua producido durante la combustión se condensa y se recupera.

Tabla 8

Resultados del Poder Calorífico en el laboratorio

PRODUCTO	VALOR CALORÍFICO (Kcal/100g)
<i>Alnus acuminata kunth-muestra 01</i>	452.25
<i>Alnus acuminata kunth-muestra 02</i>	450.66

Poder Calorífico Superior (PCS):

El PCS es la cantidad de calor liberado por la combustión completa de una unidad de masa de material, el calor latente de vaporización del agua se considera que permanece en forma de vapor. Esto

significa que el calor liberado por la condensación del vapor de agua no se cuenta en la medición.

Tabla 9

Resultados del PCS *Alnus acuminata kunth*

CÁLCULO DEL PODER CALORÍFICO		
PCI 1	PCI 2	Unidad de medida
452.25	450.66	Kcal/Kg
Promedio PCI	451.455	Kcal/100g
Calor de Vaporización	539	Kcal/Kg
PCS	3975.55	Kcal/Kg

Tabla 10

Valoración dasométricos del *Alnus acuminata kunth*

Nº	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO	CODIFICACIÓN	HC (m)	HT (m)	DIÁMETRO (cm)	AREA BASAL (m2)	VOLUMEN (m3)
1	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A01	13	16	77	0.4657	4.238
2	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A02	15	16	77.12	0.4671	4.905
3	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A03	14	17	95	0.7088	6.946
4	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A04	13	18	82	0.5281	4.806
5	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A05	15	17	79	0.4902	5.147
6	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A06	16	19	101.8	0.8139	9.116
7	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A07	17	16	71	0.3959	4.711
8	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A08	13	18	85	0.5675	5.164
9	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A09	15	19	100.8	0.7980	8.379
10	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A010	16	17	95	0.7088	7.939
11	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A011	15	16	92	0.6648	6.980
12	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A012	17	15	97	0.7390	8.794
13	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A013	18	15	82	0.5281	6.654
14	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A014	14	16	76	0.4536	4.446
15	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A015	15	18	93	0.6793	7.133
16	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A016	15	18	84	0.5542	5.819
17	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A017	16	19	86.5	0.5877	6.582
18	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A018	15	17	75.2	0.4441	4.664
19	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A019	12	18	86	0.5809	4.879
20	ALISO	<i>Alnus acuminata Kunt</i>	P1A020	16	19	83	0.5411	6.060
TOTAL								123.360

De acuerdo a los datos dasométricos ya vistos en el anterior cuadro podemos decir que de los 20 datos de muestra del *Alnus acuminata kunth*, nos dan un

volumen de 123m3. Conocer el volumen de madera disponible también facilita la planificación económica, permitiendo a las industrias forestales y a

los propietarios de bosques gestionar sus activos de manera efectiva y maximizar el rendimiento económico sin comprometer la salud a largo plazo de los ecosistemas forestales.

Además, la medición precisa del volumen de madera contribuye a la conservación ambiental al minimizar la deforestación indiscriminada y los impactos negativos asociados. Esto incluye la protección de la biodiversidad, la calidad del agua y la mitigación del cambio climático al mantener los bosques como sumideros de carbono. En resumen, sacar el volumen de madera no solo es una práctica técnica necesaria para la industria maderera, sino también una herramienta fundamental para promover una gestión forestal equilibrada que beneficie tanto a la economía como al medio ambiente.

Valoración Dasométrica

La valoración dasométrica es esencial para entender el crecimiento y la productividad de *Alnus acuminata kunth*. Se enfoca en parámetros como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total, el volumen, y la biomasa.

Gómez et al. (2014): Realizaron un estudio en la región andina, midiendo el DAP y la altura total de árboles en parcelas fijas. Utilizaron modelos alométricos para estimar el volumen y la biomasa. Emplearon un enfoque similar, pero con la inclusión de parcelas temporales y la medición adicional de la copa de los árboles para mejorar las estimaciones de volumen.

Molina et al. (2018): Implementaron tecnologías de teledetección, combinando datos de campo con imágenes satelitales para estimar el volumen de madera a una escala regional.

Gómez et al. (2014): Encontraron que los modelos alométricos tradicionales son adecuados para estimar el volumen de *Alnus acuminata kunth*, pero sugirieron la necesidad de ajustar los modelos para diferentes condiciones ambientales. Y se lograron mayor precisión en sus estimaciones al considerar la estructura de la copa, lo que resultó en valores de volumen ligeramente superiores a los de Gómez et al”

. Molina et al. (2018): demostraron que la teledetección puede ser una herramienta poderosa para la valoración dasométrico a gran escala, aunque requiere calibración y validación con datos de campo.

Cálculo del Poder Calorífico

El poder calorífico es una medida crítica para evaluar el potencial energético de la madera de *Alnus acuminata kunth*. Este parámetro se determina mediante la combustión controlada de muestras de madera. López et al. (2017): Compararon el PCS de *Alnus acuminata kunth* con otras especies forestales, utilizando también una bomba calorimétrica y ajustando por contenido de humedad. Ramírez y Gómez (2019): Utilizaron un calorímetro adiabático, midiendo el poder calorífico neto (PCN) y considerando variaciones en el contenido de lignina y celulosa en diferentes partes del árbol.

Fernández y Soto (2015): Reportaron un PCS promedio de 19.5 MJ/kg para *Alnus acuminata kunth*, destacando su potencial como biomasa energética. López et al. (2017): Encontraron valores similares, pero señalaron que tiene un PCS ligeramente inferior a especies como *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*.

El Cálculo del Poder Calorífico: *Alnus acuminata kunth* posee un poder calorífico competitivo, aunque ligeramente inferior a otras especies comerciales. La variación en el poder calorífico según la parte del árbol destaca la importancia de un manejo integral de la biomasa.

CONCLUSIONES

La determinación del poder calorífico, tanto inferior (451.455 Kcal/Kg) como superior (3975.55Kcal/kg), subraya el valor energético de la madera, lo que es significativo para su uso como biocombustible. Finalmente, el análisis dasométrico indica que el volumen total disponible de madera de *Alnus acuminata kunth* es de 123 m³, lo que facilita la planificación y gestión de recursos para la industria forestal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gamarra Gómez, Próspero (2003). Árboles nativos de importancia económica del distrito de Marca, Recuay - Áncash. Lima: CEMED - Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. p. 51.
- Garzón, S. L. C., Barragán, J. M., Cárdenas, J. H. A., Tamayo, H. C., & Peláez, J. J. Z. (2021). Caracterización morfológica y dasométrica de *Mimosa trianae* y *Cassia moschata* de la colección de AGROSAVIA. *Temas Agrarios*, 26(1), 46-57.
- López Fierro, J. E. (2006). Propiedades físico-mecánicas del Aliso, *Alnus acuminata* HBK, proveniente de Chalaco-Piura.
- Vásquez Chimarro, S. P. (2008). Efecto de las Auxinas iba y ana en el enraizamiento de estacas forestales de las especies *Alnus acuminata* y *Polylepis racemosa* Cayambe 2008 (Bachelor's thesis).
- Calix, J. M. M. (2023). Comparación del poder calorífico de especies maderables de la zona de Honduras.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales Informe principal. Roma, Italia.
- MINAGRI, DGFFS & PCM, OSINFOR (2012). Protocolo para la evaluación de individuos maderables. Lima. 13 p.
- Murillo, O.; Meza, A; Cabrera, J. (2004). Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. Agronomía Costarricense (CR).
- European Standard (EN). 2009. EN 14918. Solid biofuels - Determination of calorific value. NSAI. Dublin, Ireland. 63 p.