

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**DETERMINACIÓN DE pH Y CAPACIDAD BUFFER EN TRES NIVELES DE
ALTURA DEL CULMO DE LAS ESPECIES DE BAMBÚ *Dendrocalamus asper*
(Schult.) Backer Y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz.**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

JORDYN FRANCOIS ALVA LEVANO

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 007-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de setiembre de 2023, a horas 8:26 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DE Ph Y CAPACIDAD BUFFER EN TRES NIVELES DE ALTURA DEL CULMO DE LAS ESPECIES DE BAMBÚ *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer Y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz”.

Presentado por el Bachiller: **ALVA LEVANO, JORDYN FRANCOIS** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.

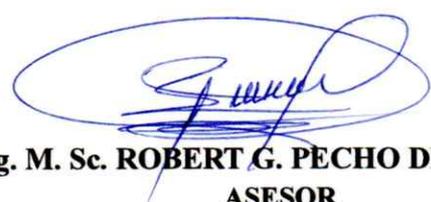
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

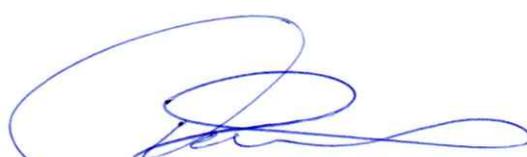
Tingo María, 19 de enero de 2024


Ing. M. Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**
PRESIDENTE


Ing. M. Sc. **RAUL ARAUJO TORRES**
MIEMBRO


Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**
MIEMBRO


Ing. M. Sc. **ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ**
ASESOR


Dra. TANIA E. GUERRERO VEJARANO
ASESOR



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 069 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DETERMINACIÓN DE pH Y CAPACIDAD BUFFER EN TRES NIVELES DE ALTURA DEL CULMO DE LAS ESPECIES DE BAMBÚ <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult.) Backer Y <i>Gigantochloa apus</i> (Schultes) Kurz.	JORDYN FRANCOIS ALVA LEVANO	19 % Diecinueve

Tingo Maria, 26 de febrero de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



DETERMINACIÓN DE pH Y CAPACIDAD BUFFER EN TRES NIVELES DE ALTURA DEL CULMO DE LAS ESPECIES DE BAMBÚ (*Dendrocalamus asper*

(Schult.) Backer y *Gigantochloa apus* (Schultes) Kurz, Poaceae)

Autor	: Jordyn Francois Alva Levano
Asesor(es)	: M.Sc. Robert Gilbert Pecho De la Cruz Dra. Tania Elizabeth Guerrero Vejarano
Programa de investigación	: Química, Anatomía y Física Forestal
Línea de investigación	: Química y Biotecnología Forestal
Eje temático	: Química Orgánica e Inorgánica
Lugar de ejecución	: Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la selva.
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: Propio

Tingo María - Perú

2023

DEDICATORIA

A nuestro Divino DIOS. Te doy gracias por iluminar y bendecir mi camino y por permitirme lograr uno de mis mayores anhelos.

A mi querida madre ROSARIO TATIANA LÉVANO PUSCAN, por brindarme su amor, apoyo incondicional, por sus sabios consejos y sacrificios brindados para así ver forjado en mí sus más anhelados sueños.

A mis queridos hermanos: ALEXANDER, ZENDY y JERSON, por su apoyo incondicional y sublime comprensión, por todos esos momentos llenos de felicidad.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva "alma mater" por haberme forjado como profesional, a la plana de docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables quienes contribuyeron en mi formación académica con sus conocimientos impartidos.
- Al Ingeniero M.Sc. Robert Gilbert Pecho De La Cruz, patrocinador del presente trabajo de investigación, por su orientación profesional durante la elaboración de la tesis.
- A la Dr. Tania E. Guerrero Vejarano, por su colaboración como patrocinadora y apoyo en el Laboratorio de Fitoquímica de la FRNR del presente trabajo de investigación
- Al señor Mario Sosa Shapiama, técnico del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, quien me brindó su apoyo en la extracción y preparación de las muestras de las cañas de bambú.
- Al personal de laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Industrias Alimentarias por brindarme las facilidades y enseñanzas, para el desarrollo de la fase laboratorio.
- A mi mejor amigo Luis Robinson Bocanegra Palma, por su arduo apoyo durante la pre y post ejecución de la tesis. Y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron significativamente en ejecución y culminación de la tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. El bambú.....	3
2.1.1. Clasificación taxonómica del <i>D. asper</i>	3
2.1.2. Clasificación taxonómica del <i>G. apus</i>	4
2.1.3. Morfología	5
2.1.4. pH.....	6
2.1.5. Concentración buffer	8
2.2. Estado del arte.....	9
2.2.1. Estudios realizados sobre el pH y la concentración buffer	10
2.2.2. Estudios de capacidad buffer ácida.....	12
2.2.3. Estudios de capacidad buffer alcalina.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.1.1. Clima.....	14
3.1.2. Zona de vida.....	15
3.2. Material y métodos	15
3.2.1. Material y equipos	15
3.2.2. Metodología.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1. El pH en tres niveles de altura del culmo de las especies <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i>	21
4.2. La capacidad buffer ácida en tres niveles de altura del culmo de las especies <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i>	25
4.3. La capacidad buffer alcalina en tres niveles de altura del culmo de las especies <i>D. asper</i> y <i>G. apus</i>	29
V. CONCLUSIONES	33
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	34
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Factores estudiados y su respectiva descripción.	18
2. Grados de libertad del diseño estadístico.	19
3. ANVA para el nivel de pH en <i>Dendrocalamus asper</i>	22
4. ANVA para el nivel de pH en <i>G. apus</i>	23
5. ANVA para el nivel de pH en <i>D. asper</i> sometida a la capacidad buffer ácida.	26
6. ANVA para el nivel de pH en <i>G. apus</i> sometida a la capacidad buffer ácida.	28
7. ANVA para el nivel de pH en <i>D. asper</i> sometida a la capacidad buffer alcalina.	30
8. ANVA para el nivel de pH en <i>G. apus</i> sometida a la capacidad buffer alcalina.	31
9. Matriz de datos.	40
10. Estadísticos descriptivos del pH en <i>D. asper</i>	42
11. Estadísticos descriptivos del pH en <i>G. apus</i>	42
12. Estadísticos descriptivos del pH en <i>D. asper</i> sometida a capacidad buffer ácida.	43
13. Estadísticos descriptivos del pH en <i>G. apus</i> sometida a capacidad buffer ácida.	43
14. Estadísticos descriptivos del pH en <i>D. asper</i> sometida a capacidad buffer alcalina.	44
15. Estadísticos descriptivos del pH en <i>G. apus</i> sometida a capacidad buffer alcalina.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Categorías ordinales del pH.	6
2.	Fluctuación de la precipitación en el distrito de Rupa Rupa.	14
3.	Fluctuación de la temperatura en el distrito de Rupa Rupa.	15
4.	Diferenciación de los términos utilizados en el proceso del estudio.	17
5.	Estadísticos para el pH en <i>D. asper</i> distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.	21
6.	Estadísticos para el pH en <i>G. apus</i> distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.	23
7.	Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer ácida en <i>D. asper</i> distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.	26
8.	Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer ácida en <i>G. apus</i> distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.	27
9.	Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer alcalina en <i>D. asper</i> distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.	29
10.	Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer alcalina en <i>G. apus</i> distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.	31
11.	Mata del bambú <i>D. asper</i>	45
12.	Codificación de secciones del culmo de bambú.	45
13.	Tamizado de aserrín de bambú.	46
14.	Balanza de precisión y aserrín de bambúes.	46
15.	Solución acuosa de bambúes.	47

RESUMEN

El uso de los bambúes en diferentes partes del mundo está en realce pero se tiene ciertas limitaciones en la selva peruana sobre la transformación, motivo por el cual el objetivo fue de estudiar el pH y la capacidad buffer en tres niveles del culmo del bambú (base, medio y ápice) de las especies *Dendrocalamus asper* y *Gigantochloa apus* en Tingo María, llevando a cabo la extracción del material vegetativo desde el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y transformada en el Laboratorio - Taller de Aprovechamiento Forestal en el distrito de Rupa Rupa del departamento de Huánuco. Se identificó las especies y se escogió en cinco matas de cada una, de los cuales fueron extraídos un culmo en estado de madures verde y otro con estado maduro, siendo llevados al laboratorio partes de culmos de la base, medio y ápice; posteriormente se obtuvo el aserrín hasta que finalmente se ha tenido que extraer soluciones acuosas de cada muestra de los cuales se les midió el pH inicial, luego se añadió de manera independientes hidróxido de sodio 0,025 N y ácido clorhídrico para la capacidad buffer. En los resultados no se logró determinar diferencias estadísticas significativas entre niveles de culmos, estados de madurez, ni entre las especies de estudio. Se concluye que el pH y la capacidad buffer de los bambúes no difirieron debido a que fueron colectados, procedieron de una sola zona o bosque.

Palabras claves: ANVA, aserrín, estadísticos, gramíneas, unidad de estudio.

**DETERMINATION OF pH AND BUFFER CAPACITY AT THREE LEVELS OF
CULM HEIGHT OF BAMBOO SPECIES *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer AND
Gigantochloa apus (Schult.) Kurz**

ABSTRACT

The use of bamboos in different parts of the world is in prominence, but there are certain limitations in the Peruvian jungle on transformation, which is why the objective of studying the pH and buffer capacity in three levels of the stem was raised in the study. of the bamboo culm (Base, middle and apex) of the *Dendrocalamus asper* and *Gigantochloa apus* species in the Tingo María area, the material was extracted from the Reserve Forest of the National Agrarian University of the Forest and transformed into the Laboratory Forest Technology, Harvesting and Machinery Workshop in the Rupa Rupa district of the Huánuco department. The species were identified and five plants were chosen from each one, from which one culm was extracted in a green maturity state and another in a mature state, parts of culms from the base, middle and apex being taken to the laboratory; Later the sawdust was obtained until finally it was necessary to extract aqueous solutions from each sample to which the initial pH was measured, then 0.025 N sodium hydroxide and hydrochloric acid were added independently for the buffer capacity. In the results, it was not possible to determine significant statistical differences between culm levels, maturity stages or between the species under study. It is concluded that the pH and the buffer capacity of the bamboos did not differ because they were collected from a single zone or forest.

Keywords: ANVA, Sawdust, statistics, grasses, study unit.

I. INTRODUCCIÓN

El bambú es un recurso forestal de mucha importancia, considerado como un producto forestal no maderable (PFNM) que genera trabajo y bienestar a la población, teniendo como ejemplo al *Dendrocalamus asper* (bambú) como una de las especies más importantes para la construcción de viviendas por su resistencia y flexibilidad que presentan sus fibras. En la región de Alto Huallaga en el año de 1953, se instaló las primeras plantaciones experimentales de adaptación de bambú en la Ex Estación Experimental Agropecuario de Tingo María, estableciéndose aproximadamente mil cepas de 15 especies de bambú en fase de vivero procedente de Puerto Rico y Georgia (EE.UU.) muchos de los cuales ha tenido resultados importantes de adaptación.

Según cálculos de la revista “HABITAD” las necesidades de vivienda de la población mundial se duplicarán a mediados del presente siglo, es aquí donde la resistente y económica guadua se convierte en una alternativa mundial para saciar el hambre de vivienda; cumpliendo adicionalmente un propósito de sustituir el empleo de la madera por otro material de construcción alternativo, económico e indicado para una región de alta sismicidad (Rodríguez, 2006).

El valor de pH y la capacidad de equilibrio de ionización de la madera influye sobre el proceso de encolado, debido a que las reacciones químicas que ocurren durante el fraguado de los adhesivos, pudiendo retardar, acelerar o simplemente inhibir el proceso de fraguado. El valor de pH es una característica que tiene influencia en varios campos del aprovechamiento de la madera: el pH influye en la corrosión de metales en contacto con ella, en la fijación de determinados preservantes químicos, en la coloración de algunas maderas expuestas a la radiación solar, en la fijación de lacas y barnices sobre su superficie y en el fraguado de colas y adhesivos, ya sea en madera sólida o en forma de chapas o partículas para la producción de tableros.

En ese sentido, se plantea el problema de determinar la variación existente de pH y la capacidad buffer en diferentes niveles del fuste del culmo (base, medio y ápice) en las dos especies de bambúes *Dendrocalamus asper* y *Gigantochloa apus*.

En Perú los trabajos de investigación sobre las propiedades de tecnologías del bambú son escasos, especialmente el pH, por lo que es necesario estudiarlas, con esta información generaremos mayor valor agregado a este recurso. El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de proporcionar información sobre el pH y la capacidad buffer (ácida y básica) de

las especies de *D. asper* y *G. apus*. Por ejemplo, la fijación de determinados preservantes químicos y principalmente en el fraguado de adhesivos de diferentes tipos de concentraciones utilizados en la industria de tableros, chapas, partículas y fibras, ante esto surge la interrogante ¿Cuál será el pH y capacidad buffer de las dos especies de bambúes a tres niveles del culmo?

1.1. Objetivo general

- Estudiar el pH y la capacidad buffer en tres niveles de altura del culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus* en la zona de Tingo María.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el pH en tres niveles de altura del culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*
- Determinar la capacidad buffer ácida en tres niveles de altura del culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*.
- Determinar la capacidad buffer en tres niveles de altura del culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El bambú

A los bambúes se les consideran como una de las plantas muy versátiles, por una característica como que le pueden dar usos a todas de sus partes obteniendo diversos productos. Bajo esta perspectiva, estas gramíneas desde tiempos antiguos fueron utilizados por distintas civilizaciones (Judziewicz et al., 1999). Los bambúes jugaron un rol muy resaltante durante la evolución de las culturas americanas, siendo en cada país empleados de distintas maneras con fines de colonización durante los procesos de asentamiento y en el caso de la agricultura ha dotado para elaborar infraestructuras agropecuarias, añadiendo a lo expuesto, favoreció en propiciar que se creen distintos instrumentos musicales, danzas, leyendas y mitos. Dicho de otra manera, a los bambúes se los apropiaron culturalmente varias comunidades urbanas y rurales de América Latina y hasta en estos tiempos distintas regiones como el eje cafetalero de Colombia que es uno de los ejemplos concerniente a este arraigo de culturas (Stamm, 2008).

Araujo (2015) menciona que, los bambúes son vegetales de contextura leñosa, suelen ser perennes, se las encuentra en macollo o también monopódico con su rizoma bien desarrollado, lo conforman culmos de elevada dureza y con huecos, su crecimiento en forma natural se caracteriza por presentar climas tropical y templado, a excepciones de Asia y Occidental. Para el caso de América fueron identificados 21 géneros distribuidos en 345 especies; los cuales vienen a constituir el único grupo de gramíneas adaptadas a los ecosistemas boscosos.

2.1.1. Clasificación taxonómica del *D. asper*

De acuerdo a Cronquist (1981), lo considera con la siguiente clasificación para el caso de la especie en estudio:

Reino	: PLANTAE
División	: MAGNOLIOPHYTA
Subdivisión	: ANGIOSPERMAE
Clase	: LIUOPSIDA
Orden	: POALES
Familia	: POACEAE
Género	: <i>Dendrocalamus</i>
Especie	: <i>D. asper</i>

2.1.1.1. Descripción del *D. asper*

Valdez (2013), menciona que, en esa especie, el culmo suele alcanzar desde los 20 m hasta los 39 m correspondiente a su altura y en el caso de su diámetro abarca un rango de 20 hasta los 30 cm. La pared del tallo tipo tubular posee el grosor entre 0,5 hasta 2,0 cm. El entrenudo dista en el rango de 30 hasta 45 cm, el rizoma tipo leptomorfo, siendo nativa desde Tailandia e India.

Al tallo se otorgan usos en las construcciones de vivienda, puente rural, cerca, conducción de agua, mueble, artesanía y demás industrias. Es adecuado en la ejecución de proyectos nuevos, como arte de engomar artículos laminados, revestimiento y artículos comprimidos (Valdez, 2013).

En su estado natural resulta dificultoso que se estandarice por la heterogeneidad encontrada a lo largo de su estructura, tanto en sus características mecánicas y físicas, razón por la cual fue difícil que se incursione masivamente en las industrias constructoras (Torres *et al.*, 2019).

El bambú presenta variaciones prolongando en toda su estructura, con respecto al volumen del radio; su distribución de las fibras disminuye desde el exterior hacia el interior que le permite presentar un refuerzo muy parecido a la barra de acero empleado en los concretos (Janssen, 2000; Amada y Untao, 2001).

Los bambúes se distribuyen en las clases: unos suelen formar macolla acompañados de hijuelos periféricos creciendo desde los rizomas que se les denominan cespitosos y hay otra clase de bambúes de caña simple que se dispersan debido a una red de rizomas que se les conoce como sufruticosos. Entre los géneros cespitosos se encuentran *Bambusa*, *Guadua* y *Dendrocalamus* que por lo general se encuentran en el trópico sin poder tolerar condiciones de helada. Entre los sufruticosos, se incluyen a *Arundinaria*, *Meloconna* y *Phyllostachys*, que se les suelen encontrarse en las regiones templadas. El género *Chusquea* se encuentra en el intermedio de las dos clases, es nativo de gradientes elevados de altitud, existiendo ciertas especies que forman macollas y otras que contienen cañas simples (López, 2011).

Al analizar un *D. asper* de tres años, se encontró que tenía mayor cantidad de celulosa (68%), seguida de la lignina (29%), además de ceniza (1,5%), soluble en agua fría (7%), materiales solubles en NaOH al 1% (25%), alcohol soluble en benceno (6%) y soluble en agua caliente en un 8% (Kamthai, 2003).

2.1.2. Clasificación taxonómica del *G. apus*

Cronquist (1981), indica la siguiente clasificación de la especie en:

Reino	: PLANTAE
División	: ANTHOPHYT (magnoliophyta)
Clase	: LILIOPSIDA (monocotiledoneas)
Sub clase	: COMMELINIDAES
Orden	: POALES
Familia	: GRAMINEA (poaceae)
Género	: <i>Gigantochloa</i>
Especie	: <i>G. apus</i>
Nombre común	: Bambú

2.1.2.1. Descripción del *G. apus*

Monroy (2006) menciona que, la altura de los culmos varía entre 10 a 20 m con el diámetro desde los 5 cm hasta los 10 cm y en el caso del entrenudo su dimensión longitudinal fluctúa de 45 a 65 cm.

Los tallos son usados en artesanía para la fabricación de muebles y algunos usos más, incluyendo la construcción de casa, cuerdas para tender ropa, culmos de pescar, jaulas para aves, cercas, etc. Esta especie es ornamental, también se ha confirmado su uso para cortinas rompe vientos en lugares azotados por fuertes corrientes de aires.

La mayoría de las especies de bambú son ácidos, sin variaciones de pH en los diferentes lugares de la caña (Chaowana *et al.*, 2012).

En caso de los autores Pereira y Beraldo (2007), ellos indican que tanto las características físicas y químicas de los bambúes difieren, esta heterogeneidad puede ocurrir por la madurez del culmo, origen de la muestra, ubicación de los elementos vasculares dentro del culmo, calidad de sitio, entre otros aspectos al que se encuentra sometido la mata de gramínea en estudio.

2.1.3. Morfología

Los bambúes se caracterizan por ser gramíneas con alta diversidad morfológica, encontrándose unos de pequeñas dimensiones de sus tallos herbáceos y por otra parte hay especies que alcanzan los 30 m en longitud de sus tallos leñosos. Por su naturaleza especializada y poca presencia de flores, se dio mayor importancia a su estructura morfológica como culmo, rizomas, ramas y hojas (Araujo, 2015).

2.1.3.1. Rizomas

Viene a ser un eje segmentado que se encuentra por lo general dentro del suelo constituyendo la parte que da soporte a la planta, además de jugar un papel de

importancia respecto a la absorción de nutrientes. Se dividen en tres partes: cuello del rizoma, rizoma y raíces adventicias. Se conocen tres formas de rizomas como son el leptomorfo, amfimorfo y paquimorfo (Londoño, 2002).

2.1.3.2. Culmo

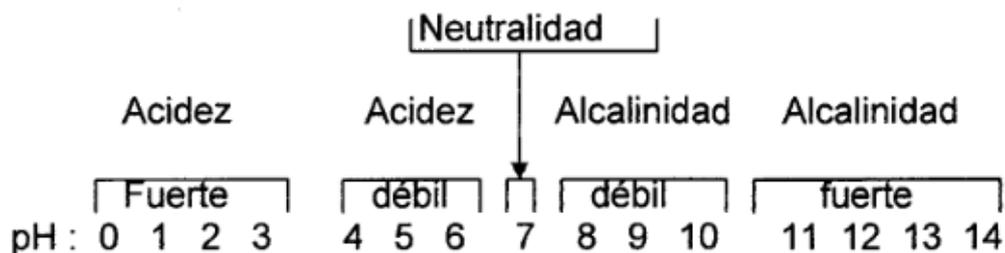
Viene a ser el eje aéreo segmentado que se origina emergiendo desde el rizoma. Es un término utilizado por lo general para bambúes leñosos, siendo conocido las partes del cuello, los entrenudos y los nudos. La primera parte es la unión del rizoma con el culmo, en el caso del segundo término es la porción que se encuentra entre nudo hasta nudo y finalmente la tercera se refiere al punto de unión de dos entrenudos (Londoño, 2002).

2.1.4. pH

Término utilizado en una unidad de medida aceptada para entender el grado de alcalinidad o acidez de las sustancias a evaluar. Resulta ser útil debido a que, en ocasiones es más detallado al emplear términos como el jugo de limón es ácido, y hay la necesidad de conocer que el pH del jugo de limón es 2,3 (Cavero, 2014).

2.1.4.1. Determinación de pH

Para Fengel y Wegener (1984) el pH es definido en las diferentes categorías de acidez o basicidad de acuerdo a los valores en un rango entre 1 hasta 14, catalogándose a la sustancia de ácido cuando el valor del pH está entre 1.0 hasta 6.0, mientras que se le denomina de básicas o alcalinas cuando las soluciones poseen valores del pH entre los 8.0 hasta los 14.0, mientras que al valor que se ubica en el centro se le califica de pH neutro (Figura 1).



Fuente: Fengel y Wegener (1984).

Figura 1. Categorías ordinales del pH.

Existen muchos factores que determina el nivel de pH en un vegetal, encontrándose diferencias en las distintas partes del árbol, además existen diferencias por la calidad del suelo, el momento en el que se aprovechó el árbol, la densidad básica, la

cantidad de humedad y las cantidades de extractivos existentes en las muestras de maderas (Kollmann, 1959).

Otros estudios como el de Aliaga (2007) para *Miconia barbeyana* (paliperro) donde indica que el pH es más ácido con 3.84 en nivel basal, 4.08 en el nivel medio y 4.07 en la madera del nivel de ápice del árbol; comportamientos contrarios del pH lo reporta Del Aguila (2009) en *Calycophyllum spruceanum* (capirona) reportando variaciones del pH en distintas partes del árbol, siendo 5,17 para la corteza, menor acidez en la parte basal con un valor de 5,83, seguido de 5,54 en la parte media y finalmente con mayor acidez de 5,18 en la parte apical del fuste, una distribución muy peculiar a pesar de encontrarse mayor cantidad de extractivos en la parte basal (4,43%), seguida de la parte media (4,27%) y en menor proporción en la parte apical (4,16%), esto es más peculiar ya que en la corteza se encontró 5,33% de extractivos; el pH no solamente estaría relacionada con los extractivos, sino con otras características como su composición de la madera.

En busca de los factores que determinan la concentración de pH en las partes de una planta, Liese (1985) menciona que, las partes inferiores de los culmos tienen más extractivos y esto contribuye a una mayor acidez; en caso de Lingfei (1991), señala que, ésta propiedad química en los bambúes es variables con valores que fluctúan desde los 4,80 hasta los 6,66, siendo el valor promedio de 5,698, específicamente al analizar la arquitectura del matas, se tienen que los bambúes que presentan los culmos dispersivos presentan desde 5,42 hasta los 6,66, los bambúes cespitosos poseen un rango de 4,80 a 5,72, siendo notorio que, en la misma especie de los bambúes se observa diferencias de pH respecto a las diferentes partes del culmo que se analizan. Para las especies dispersivas, el valor de pH en la parte de base es más alto que en la parte superior del culmo, pero para los cespitosos, el valor de pH en la parte aledaña a copa es mucho mayor que los valores reportados para la parte basal. Las capacidades de amortiguación de los bambúes con característica dispersivas están entre 0,15228 y 0,5568 miliequivalentes, por otro lado, en las especies de los bambúes cespitosos poseen un rango de variación mucho menor (Lingfei, 1991).

2.1.4.2. Influencia de los extractivos en el pH

Su importancia de conocer el contenido de extractivos es dichos componentes suelen determinar los niveles del pH y también la capacidad Buffer del leño, características dependientes de la cantidad y tipo de los extractivos (Wegener, 1984).

2.1.4.3. Efecto de edad

La edad de una especie es variable en un mismo lugar y entre lugares donde las plantas crecen. Cuando una planta posee mayor edad, su calidad es

modificada debido a distintos fenómenos. Frente a lo explicado, a una determinada edad es observado una disminución del crecimiento, el incremento de la textura media en las secciones del fuste y por lo general el incremento del grosor en la pared celular (Morales, 1968).

2.1.4.4. Efecto de sitio

La procedencia de las plantas determina la heterogeneidad que se encuentran en sus propiedades del leño. El sitio influye en su densidad básica (Sierra y Salgado, 1994). Hay reportes de que, la densidad básica en la madera suele disminuir cuando hay un aumento del índice de sitio, de un sitio adecuado la madera presenta baja densidad. Contradiendo a lo expuesto, para Morales (1968), la calidad de sitio tiene escasa o nula influencia en la densidad básica. Dichas divergencias pudieran ocurrir por la elevada heterogeneidad de condiciones que reciben los árboles donde crecen en ámbitos de regiones o países (Salvo, 1999).

Los indicadores de las propiedades químicas suelen variar de acuerdo a las especies, condición de crecimiento, las edades y también el lugar donde creció las matas de bambú (Liese, 1985).

2.1.5. Concentración buffer

Maloney et al. (1977) mencionan que, es la resistencia que pone una solución a cambiar su concentración de iones de hidrógeno (pH) por la adición de un ácido o base, también se le conoce como acción tampón y la solución que posee tales propiedades se conoce como acción buffer de la cual se posee acidez de reserva y alcalinidad de reserva.

En la madera se conoce la capacidad buffer ácida como el volumen de la solución de hidróxido de sodio (NaOH) en milímetros (ml) que se necesita con la finalidad de que se aumente el pH inicial de un extracto de madera hasta que se llegue al valor de 7 de dicho pH. De igual manera se define a la capacidad buffer alcalina como la cantidad volumétrica de la solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) expresado en milímetros, que se necesitó para que disminuya el nivel de pH inicial de un extracto de madera hasta un valor de 3, el total de capacidad buffer es la sumatoria de las capacidades buffers ácido y alcalina. En resumen, la capacidad buffer mide, la capacidad de base o ácido requerido para que se ajuste o mantenga el nivel del pH de las muestras de leño a un valor dado (Fengel y Wegener, 1984).

Poblete (1998), el valor de pH y la capacidad de equilibrio de ionización (capacidad tampón) de la madera influye sobre el proceso de encolado, debido a que las reacciones químicas que ocurren durante el fraguado de los adhesivos convencionales (urea-formaldehído UF y fenol-formaldehído FF) siguen su curso óptimo solamente con un

determinado rango de valor de pH. Por ejemplo, para UF el pH debe ser 3,0 a 3,5 de esta forma el pH de la madera puede retardar, acelerar o simplemente inhibir el proceso de fraguado.

Sierra y Salgado (1994) las maderas que poseen una alta capacidad buffer alcalina no implican que tengan alto valor de pH y viceversa, ya que la capacidad buffer alcalina es variable, independientemente del valor de pH, por ende, el pH sirve solo como un punto de referencia. Asimismo, explica que la capacidad buffer alcalina en la mayoría de las especies no se aprecia mayor diferencia entre albura y duramen, pero es poco más alta en la albura.

2.2. Estado del arte

El bambú es normalmente utilizado para fabricación de una gran variedad de instrumentos musicales, de igual manera puede encontrarse en un gran número de objetos de uso cotidiano realizados de bambú, tales como filtros de las cafeteras, pinceles, cucharas entre muchas más (Vivejardin, 2012).

En caso de la madera que se extrae de zonas templadas presentan valores de pH comprendidas entre los 3.3 hasta 6.4, en caso de las maderas provenientes del trópico, sus valores del pH se encuentran entre los 3,7 hasta los 8,2 (Felger y Wegener, 1984); esta categorización lo corrobora Javier (2010) al analizar el fuste de *Jacaranda copaiba* (huamanzamana), teniendo su mayor acidez en la base del fuste (6,34), disminuyendo hacia la parte media (6,78) y apical (6,79), siendo notorio también que en la parte basal hubo mayor cantidad de extractivos (0,894%) respecto a la parte media (0,854%) y apical (0,832%); además, es resaltante que la madera duraminizada posea mayor extractivos que la albura con valores de 1,332% y 0,388% respectivamente.

A pesar de la actual preservación del bambú con bórax como medida de tratamiento contra plagas y enfermedades es una solución económica y confiable, nadie aprecia una casa de vivienda social en bambú, ni piensa quedarse mucho tiempo en esa casa tradicional por el rechazo social. En otros estratos sociales el bambú está en la mira de los arquitectos modernos, las universidades investigan el comportamiento estructural de estas especies.

Otros usos más frecuentes para las especies de bambú nativas, es la cestería. Se emplean generalmente culmos enteros (cuando es delgado y flexible) además de las ramas de especies de los géneros: *Rhipidocladum* y *Chusquea*. Otra técnica consiste en separar el culmo en tiras longitudinales, como son las especies de género: *Oatea*, con ambos métodos

se tejen canastas, fruteros y maceteros de distintos tamaños; se fabrican gran variedad de muebles, aretes, collares, lámparas y cortinas.

Los tableros de bambú son fabricados en china desde 1940, a la fecha se han desarrollado 28 productos y más de 100 diferentes tipos o modelos. En la actualidad se producen 100 mil metros cúbicos de tableros de bambú en ese país. El bambú solo puede ser utilizado para hacer partes de casas con excepción del fogón de chimenea. El bambú es combinado con otros materiales de construcción tales como madera, arena, cal, cemento, acero y hojas de palma, de acuerdo con sus relativas eficiencias, disponibilidad y costos (Rodrigues, 2006). Cavero (2010) determinó, los valores de pH y la capacidad buffer (ácida y alcalina) de la especie *Tachigalia cavipes* (ucshaquiro blanco) en la albura y duramen en tres niveles de altura del fuste, adicionando NaOH y HCL respectivamente; donde la especie presentó valor de pH entre 6,15 a 7,07, capacidad buffer ácida fluctúa entre 7,57 a 8,71 ml y la capacidad buffer alcalina entre 0,36 a 1,42%, teniendo como conclusión de acuerdo a los resultados obtenidos, que dicha especie posee un pH adecuado y una buena capacidad buffer acida y alcalina para la industria maderera.

2.2.1. Estudios realizados sobre el pH y la concentración buffer

Malanit *et al.* (2009) determinaron el pH de *D. asper* de culmos con altura promedio de 19 m y de diámetro 11,5 cm con espesor 2 cm; del cual fue dividido en tres partes iguales cada uno con 6 m (base, medio y parte superior); donde la especie presentó valores de pH de 5,36 en la base, 5,45 en el medio y 5,38 en la parte superior del culmo, no siendo diferentes significativamente (p valor = 0,23), además, consideran que los valores del pH tienen que ser muy similares a los que presentan la madera con fines de utilizar los mismos catalizadores existentes en el mercado.

Los valores de pH en los extractos variaron entre 5,40 y 5,63 en el caso del duramen rojo estuvieron entre 5,78 y 6,27. Los resultados medios obtenidos de albura y rojo duramen se compararon entre si mediante la prueba t de Student. El pH promedio de la albura (5,48 0,16 pH intervalos de confianza) difería considerablemente de el de duramen rojo (5,86 0,18) en el P 0,05 nivel de significancia).

Malanit *et al.* (2009) determinaron la capacidad de amortiguación ácida de *D. asper* a lo largo de la longitud del culmo, al adherir ácido sulfúrico (0,01 N) obtuvo valores de 0,58 en la base, 0,54 en el medio y 0,48 miliequivalentes en el ápice; no obstante, la significancia estadística no existe entre los valores de las diferentes partes del culmo.

En Cuba, Alvarez *et al.* (2014) utilizaron humus y compost de la *Bambusa vulgaris* donde registraron un pH del 7,3 y 6,6 respectivamente, recomendando de

acuerdo a sus valores que, el humus de este vegetal, así como el compost es una opción muy importante para ser utilizados en recuperar áreas degradadas debido a que en su composición presenta el pH, la cantidad de cenizas, el nivel del calcio y el magnesio muy importantes para manejar suelos degradados.

Liese (1985) determinó que, la capacidad amortiguadora promedio de las partes inferior, media y superior del culmo son 0,58; 0,54 y 0,48 miliequivalentes respectivamente. Aunque no hubo diferencias significativas entre las secciones (valor $F = 0,27$), el valor disminuyó gradualmente de abajo hacia arriba del culmo. Las partes inferiores de los culmos tienen más extractos y esto contribuye a una mayor acidez. Se sabe que los extractos de bambú tienen alguna variación en su ubicación vertical. La parte inferior del culmo tiene contenidos de extracción significativamente más altos, particularmente con agua caliente y extractos de NaOH al 1% en comparación con el resto de las partes (Liese, 1985). Los valores de pH de *D. asper* durante la adición de ácido era evidente que tenía una resistencia extremadamente alta a los cambios en el pH y respondió débilmente a la adición de ácido (ácido sulfúrico) en comparación con la mezcla normal. madera. *D. asper* necesitaba cinco veces la cantidad de ácido que se requería para que la madera alcanzara un pH de 3,5.

La capacidad tamponadora de ácido de *D. asper* es alta en comparación con las especies de madera. Una especie de alta capacidad tampón necesita una gran cantidad de catalizador ácido para reducir el pH al nivel óptimo que se requiere para el curado de la resina. Esto puede causar problemas a *D. asper* si se utiliza como materia prima en compuestos de madera con resina comercial convencional. Algunas estrategias, como el uso de pegamento especial para producir tableros o parámetros ajustados de prensado en caliente, pueden aplicarse para mejorar el curado de la resina y, por lo tanto, también mejorar las propiedades del producto. Sin embargo, esto también significará que los costos de producción aumentarán.

Aunque las diferencias en las capacidades de amortiguación no fueron significativas, los valores variaron a lo largo de las ubicaciones de los culmos. Por lo tanto, debería requerir una consideración especial con respecto a la adición de catalizador y el curado de la resina, es decir, se necesita un pegamento especial con parámetros de prensado en caliente ajustados.

Para Malonney (1977), mientras el pH mide el nivel específico de acidez, la buferización la determina el valor a la capacidad de resistencia de la madera a cambiar su nivel pH; una madera con alta capacidad buffer necesita abundante catalizador con la finalidad de disminuir el pH a un valor que es adecuado para el óptimo curado de la resina.

Una solución buffer o tampón, tiende a resistirse a la modificación del pH en caso de añadirse ácidos o bases o también cuando exista un proceso de dilución. Un buffer o tampón está referida a una mezcla de un ácido y su base conjugada. Tiene que existir volúmenes comparables de ácidos y bases conjugadas (por ejemplo, dentro de un factor de 10) con fines de que exista un efecto tampón significativo. La capacidad de una solución buffer o tampón (β), tiende a ser una medida de la resistencia de la solución a cambiar el pH, cuando se le añade un ácido o una base fuerte (Miller, 2001).

Son soluciones que, ante el agregado de pequeñas cantidades de ácido o de base, tienen la capacidad de mantener el pH. Las soluciones amortiguadoras permiten mantener el pH del medio relativamente estable al enfrentarse con un ácido o base dentro de un rango limitado de volumen y concentración; están compuestas por un par conjugado, sus componentes ácidos y básicos no se neutralizan entre sí.

Cada solución amortiguadora tiene su propio rango efectivo de pH, el cual dependerá de la constante de equilibrio del ácido o base empleado, mientras más cercanos sean estos números, más eficientes será la solución amortiguadora.

Al evaluar catorce especies forestales en Chile, se observa que, el valor promedio del pH en solución de KCl presenta mayor acidez en comparación a la solución de agua. En la mayoría de los casos la madera muestra, mayor acidez en estado anhidro que en estado verde. Mayor cantidad de las especies presentan valores de pH entre 4,0 y 5,5. de madera anhidra. En la mayoría de los casos presenta menos acidez en la madera de la copa que de la madera de la altura del pecho (Albin, 1975).

2.2.2. Estudios de capacidad buffer ácida

Al utilizar una elevada concentración de hidróxido de sodio tiende a subir el valor del pH final residual en la refinación secundaria (8,0 a 8,5), de esta manera se mejora las resistencias y reduce el consumo de energía (Kruzolek, 2020).

En caso de un estudio realizado por Del Águila (2009), que utilizó el reactivo NaOH determinó que la especie forestal *C. spruceanum* presentaba un valor de 30,40 correspondiente a la capacidad buffer ácido en la parte de la corteza, mientras que, en caso de muestrear la parte basal del fuste se encontró un valor de 27,38, para el punto de la parte apical del fuste se encontró un valor de 27,27 y el menor valor (26,54) se determinó en el nivel medio del fuste; por ello, no fue notorio las diferentes valores bajo el punto de vista estadístico. En caso de autores como Aliaga (2007), realizó un estudio en la especie *Miconia barbeyana* reportando una capacidad buffer ácido correspondiente a 3,21 que había proveniendo

de la parte apical del fuste, otro valor inferior de 2,88 en el nivel medio y finalmente un 2,83 que representaba al nivel basal del fuste.

Para la amortiguación del pH ácido hasta el nivel óptimo para el curado de la resina de las partículas de bambú (desechos y pelado de los tallos de bambú) para producir tableros, la cantidad necesaria de HCL (ácido clorhídrico) para que el pH disminuya a 3,0 fue de 5,5 ml, por ello el bambú requiere una mayor cantidad de catalizador ácido ya que presenta una alta capacidad amortiguadora (Nurhazwani *et al.*, 2016).

Investigadores como Chaowana *et al.* (2012) y Malanit (2009) estudiaron que los bambúes tienen una resistencia extremadamente alta a los cambios en el pH y responden débilmente a la adición de ácido en comparación con madera normal. Los valores de pH de muchas especies de bambú están en el lado ácido. Además, la variación del valor de pH en las diferentes ubicaciones del culmo parecen pequeñas entre tres ubicaciones; por ello podría limitarse el uso como materia prima en madera compuesta con resina comercial convencional (Chaowana, 2013).

2.2.3. Estudios de capacidad buffer alcalina

La especie forestal *Calycophyllum spruceanum* presenta valores de capacidad buffer alcalina en la corteza 32,07 y en los niveles del fuste del árbol de 32,63 en el nivel base 31,76 en el nivel medio y 31,38 en el ápice utilizando el reactivo HCl (Del Aguila, 2009). Sin embargo, la especie *Miconia barbeyana* obtuvo valores de capacidad buffer alcalina de 7.88 en la medara de la parte base del fuste, 7,76 en la madera del ápice y 5,50 en el nivel medio del fuste (Aliaga, 2007).

De acuerdo Nurhazwani *et al.* (2016) en las partículas de bambú (desechos y pelado de los tallos de bambú) para obtener el pH alcalino se requirió 74,5 ml de NaOH (hidróxido de sodio) para obtener pH 11.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en tres fases bien diferenciados: la primera fase denominado de campo que se llevó a cabo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) que tuvo como propósito primordial en la obtención de las muestras, la etapa considerada como fase de transformación realizada en el Laboratorio - Taller de Aprovechamiento Forestal donde se acondicionó las muestras y submuestras, mientras que la tercera fase fue de la de Laboratorio, que se realizó en el Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, dichos ambientes pertenecen a Universidad Nacional Agraria de la Selva, localizada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco.

3.1.1. Clima

El mes de menor precipitación durante los tres años anteriores (a excepción del año 2020 que no se realizó el registró en algunos meses debido a la pandemia) en la ciudad de Tingo María de acuerdo a los reportes del SENAMHI (2021), se registró que el mes donde las lluvias fueron más bajas se observó en julio con una media de 100,60 mm, mientras que el mayor volumen de lluvias se reportó en el mes de noviembre con 485,57 mm; los comportamientos mensuales se mantuvieron muy similares con valores acumulados de 3489.80 mm el año 2017, 3416,60 mm el año 2018 y 3454,60 para el año 2019 (Figura 2), de los cuales se determina que la media anual de precipitación asciende a los 3453,67 mm.

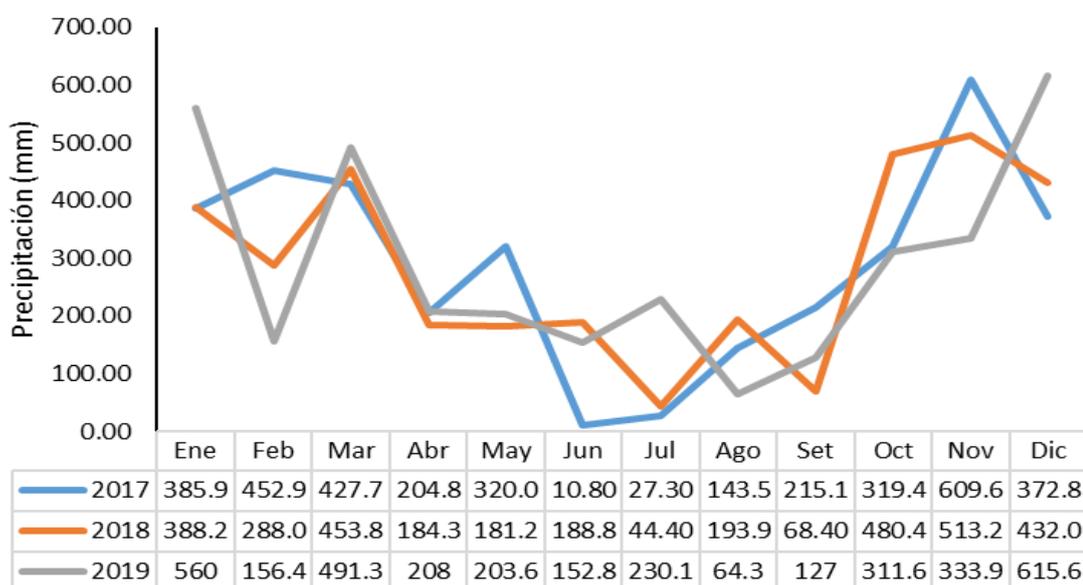


Figura 2. Fluctuación de la precipitación en el distrito de Rupa Rupa.

Analizando el comportamiento de la temperatura medioambiental para los tres años en mención, se tiene que el mes de julio reportó solamente 24,94 °C, mientras que el mes de setiembre se reportó una media de 26,01 °C; los meses menos calurosos fueron junio, julio y agosto, además, el comportamiento mensual de la temperatura a través del año es muy parecido ya que hay épocas de alta y baja temperatura (Figura 3).

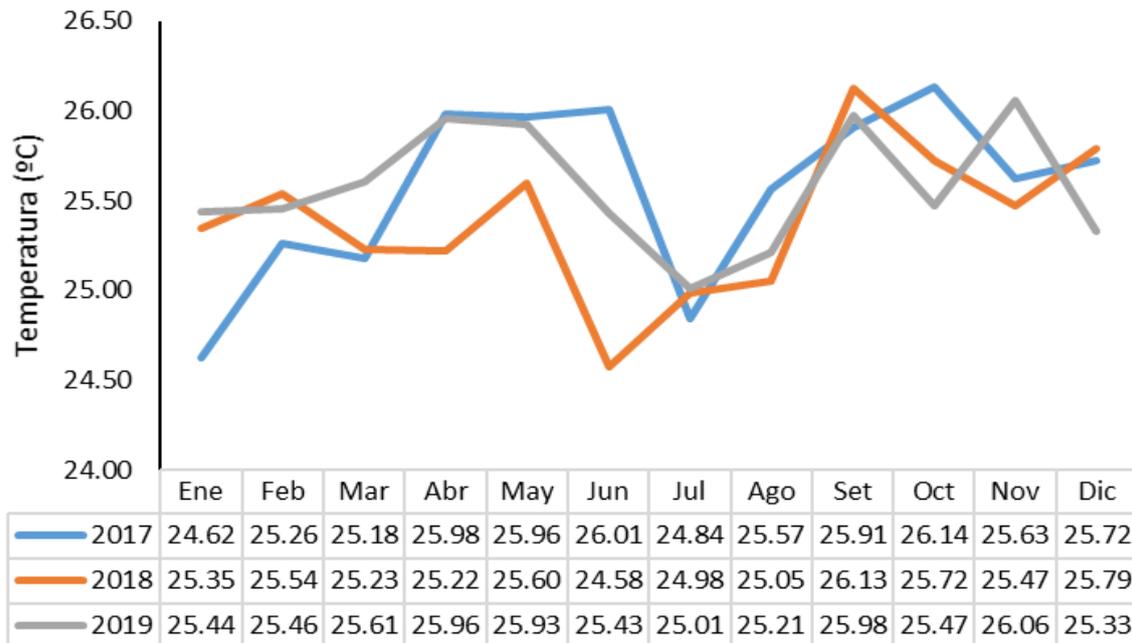


Figura 3. Fluctuación de la temperatura en el distrito de Rupa Rupa.

En caso de la humedad relativa concerniente al valor promedio de los tres años en que se consideró los datos, se reporta que es de 83,80%.

3.1.2. Zona de vida

De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge que lo interpretan en una guía del INRENA (1995), el distrito de Rupa Rupa se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre-montano (bmh) y de acuerdo con las regiones naturales del Perú, está en la selva alta o Rupa Rupa.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Material y equipos

Entre el material genéticos se consideró como parte del material biológico a las especies de bambúes: *D. asper* y *G. apus*. Las herramientas utilizadas en la fase de campo fueron un hacha y el machete, el corrector para realizar las codificaciones de las muestras a utilizar, una soga cuya dimensión fue 20 m y el cuaderno de apuntes. Como

equipos, se utilizó el destilador, tamizadores con dimensiones 40 a 60 de granulometría, equipo Soxhlet, matraces, espátulas, papel filtro, bureta y vaso de precipitación. Se utilizó a la cámara fotográfica, un computador portátil, el peachimetro, la balanza de precisión y el receptor GPS Garmin 62s. Entre los reactivos, se consideró utilizar como reactivos al agua destilada, la solución de NaOH 0.0250 N y la solución de HCl 0,0250 N.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Determinación del pH en tres niveles de altura del culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*

Con la finalidad de encontrar las dos especies en estudio dentro del BRUNAS, se accedió a información documentaria y mediante entrevistas al personal que labora en la universidad y tenga conocimiento sobre las especies de bambúes existentes y el sitio exacto donde luego se procedió a su extracción.

Procedencia de las muestras de bambú. Se realizó la selección de 10 matas de bambúes que fueron distribuidos en las dos especies mediante proporciones iguales (cinco del *D. asper* y cinco del *G. apus*), la cantidad de matas seleccionadas para el respectivo estudio estuvo adaptada en base a las indicaciones consideradas de la Norma Técnica Peruana (ITINTC 251.008) correspondiente a la selección y colección de muestras de árboles. La selección de dicha norma nacional estuvo basada en la carencia de normas similares que se hayan creado para los estudios de los bambúes a nivel del país.

Apeo de los culmos de los bambúes. Se realizó la limpieza al entorno de las matas de los bambúes a extraer, para luego comenzar con el apeado de los culmo empleando un machete y hacha, por cada mata de bambú seleccionado se procedió a extraer dos culmo (uno en estado de madurez maduro y otro que presentaban como estado de madurez al verde), obteniendo un total de 20 culmos, estos fueron cortados teniendo en cuenta los tres niveles del culmo (base, Medio o ápice), seguidamente, se procedió a extraer de cada nivel una sección del culmo cuya longitud fue de 50 cm.

Marcación de los culmos de bambú. Una vez ubicada al costado de las matas, se procedió a la codificación de cada culmo de los bambúes tomando en cuenta la numeración correlativa que facilitó la identificación de las muestras por registrarse el número de mata, nivel de altura a la que corresponde dentro de la longitud del culmo (base, medio o ápice) y el estado de madurez con la que se encontraba el culmo (verde o maduro).

Secado de las muestras de bambú. Las muestras de culmos con 50 cm de largo fueron trasladadas desde el BRUNAS hacia el Laboratorio - Taller de

Aprovechamiento Forestal, en dicho se les apiló verticalmente para disminuir el contenido de humedad y se les mantuvo por un promedio de 2 días.

Obtención de aserrín (unidad de información). El culmo del bambú fue convertido en aserrín (Figura 13) con la ayuda de la sierra disco, posteriormente se le trasladó a la estufa para ser secadas a una temperatura de 70 °C hasta obtener peso constante, finalmente se las almacenó en bolsas térmicas debidamente codificadas, con la finalidad de evitar manchas y hongos.

Clasificación de aserrín. La ejecución de las actividades de clasificación estuvo enmarcada en las Normas Americanas Society for Testing and Materials (ASTM), que registra un análisis químico para realizarse con madera de tamaño de partículas entre 425 y 250 μm , esto se adaptó para el caso del bambú, siendo así como el bambú molido fue tamizado utilizando mallas de dos dimensiones (40 y 60). La cantidad de bambú molido retenida en el tamiz de 60, es decir lo que pasó el de 40 fue adecuada para el análisis, luego el bambú molido fue almacenado en los frascos de plásticos herméticamente cerrados hasta el ensayo respectivo.

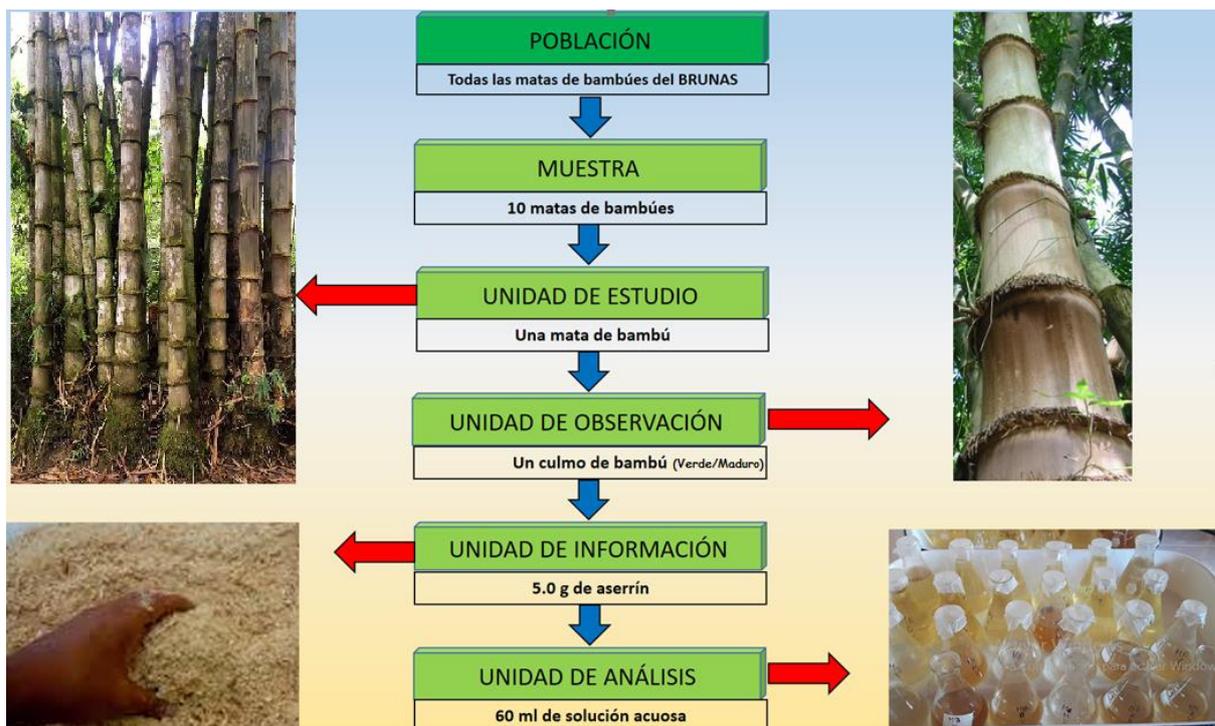


Figura 4. Diferenciación de los términos utilizados en el proceso del estudio.

Marcado de las muestras. Las muestras de aserrín fueron almacenadas en bolsas de ½ kg debidamente codificados, con letra y número correlativo que

lo identificó, el código registró la especie, número de culmo, estado de madurez del culmo y el nivel de altura del culmo. Se realizó la codificación de la siguiente manera: E1, NC1, E1, B1, siendo enumeradas consecutivamente cada unidad de observación (Figura 15) con fines de no generar confusiones al momento de medir las variables en estudio.

Preparación de extractivo acuoso del *D. asper* y *G. apus*. De las muestras de cada nivel de culmo de bambú de bambú de las especies *D. asper* y *G. apus*, se obtuvieron soluciones acuosas, esto con el fin de determinar el pH. Se pesó 5 gr de aserrín dentro de un balón de 100 ml, se le agregó 50 ml de agua destilada y se agitó para homogenizar la mezcla; el balón con la muestra se llevó a un sistema de extracción simple (Soxhlet), durante 20 minutos y luego se dejó enfriar, para luego ser filtrada empleando un papel filtro y un embudo. Posteriormente el extracto se aforó a 50 ml el cual fue sellado herméticamente para evitar la oxidación hasta el momento del ensayo; el ensayo se realizó el mismo día de la extracción de la solución

De la solución acuosa de bambú se ha tenido que extraer dos volúmenes de solución cuya capacidad fue 60 ml cada una, teniendo en cuenta la temperatura (20 °C aproximadamente). Se procedió a enfriar o calentar según lo requerido. Una vez homogenizada la temperatura y previamente bajo agitación magnética se realizó la lectura del pH introduciendo los electrodos del peachímetro en la solución, registrando las respectivas lecturas de temperatura. El esquema considerado para ello agrupamiento de las unidades en estudio se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores estudiados y su respectiva descripción.

Tratamientos				
A	B	A x B	Trat.	Descripción
a ₁	b ₁	a ₁ x b ₁	T ₁	Altura base + Estado verde
	b ₂	a ₁ x b ₂	T ₂	Altura base + Estado maduro
a ₂	b ₁	a ₂ x b ₁	T ₃	Altura media + Estado verde
	b ₂	a ₂ x b ₂	T ₄	Altura media + Estado maduro
a ₃	b ₁	a ₃ x b ₁	T ₅	Altura ápice + Estado verde
	b ₂	a ₃ x b ₂	T ₆	Altura ápice+ Estado maduro

Una vez obtenida los datos, éstos fueron analizados asumiendo que el estudio se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial de la forma 3^a X 2B (Tabla 1), es por ello que se ha recurrido al uso de una

herramienta estadística denominada análisis de la varianza (ANVA) con fines de contrastar las hipótesis planteadas (Tabla 2). Debido a que no se logró demostrar diferencias estadísticas significativas, no se realizó el contraste de las medias. Además, las variables en estudio fueron:

- **Variables independientes:** Altura del fuste, Estado de madurez.
- **Variables dependientes:** pH, Capacidad buffer ácido, Capacidad buffer alcalino.

Tabla 2. Grados de libertad del diseño estadístico.

Fuentes de variación	Fórmula utilizada
Tratamientos o combinaciones	(t-1)
Altura del culmo (A)	(a-1)
Estado de madurez del culmo (B)	(b-1)
Interacción entre los niveles de los factores A x B	(a-1) (b-1)
Error experimental	t(r-1)
Total	tr-1

3.2.2.2. Determinación de la capacidad buffer alcalina en tres niveles de altura del bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*

Para determinar la capacidad buffer alcalina, se ha tenido que preparar un reactivo como es el hidróxido de sodio (NaOH) 0,025 N, dicho reactivo se ha tenido que añadir con una pipeta a la solución acuosa de los bambúes hasta alcanzar un pH lo más cercano posible a 14, registrando el volumen en milímetros (ml) utilizados.

Los datos fueron analizados mediante el análisis de la varianza a un 95% de confiabilidad.

3.2.2.3. Determinación de la capacidad buffer ácida en tres niveles de altura de la culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*

De manera muy similar al procedimiento anterior, solamente se ha tenido que preparar el reactivo ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 0,025 N, que se tuvo que aplicar al mismo extracto de los bambúes, se determinó la capacidad buffer

alcalina agregando gota a gota de HCl hasta lograr estabilizar el pH lo más cercano a la unidad. Los valores finales fueron sometidos a un análisis de la varianza, pero no se realizó las comparaciones de medias debido a la carencia de significancia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. El pH en tres niveles de altura del culmo de las especies *D. asper* y *G. apus*

El nivel de pH en las muestras extraídas correspondientes a los diferentes niveles del culmo y a dos estados de madurez obtuvieron promedios muy cercanos en *D. asper*, existiendo una variabilidad notoria en cada combinación evaluada; el estado verde del culmo registró un promedio de 7,19 y en caso del estado maduro fue 6,86, mientras que para la especie de bambú en mención el valor del pH promedio fue de 7,02 pero también mantiene la elevada variabilidad de los resultados corroborados en la dimensión de las barras de error elaboradas con la desviación estándar de los datos (Figura 5).

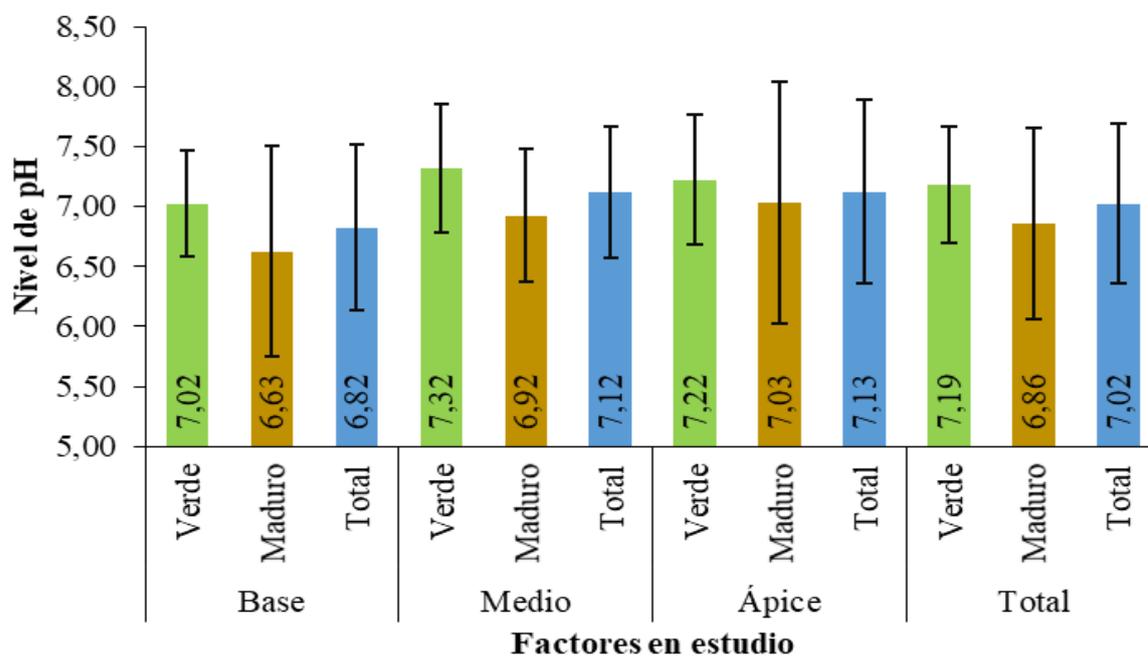


Figura 5. Estadísticos para el pH en *D. asper* distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.

En el análisis de la varianza no se logró demostrar diferencias estadísticas significativas entre los factores en estudio respecto al pH en los culmos de *D. asper*, con la que se acepta la hipótesis nula concerniente a que los valores del pH en los tres niveles del culmo que fueron muestreados presentan promedios similares; en el caso del estado de madurez del culmo también no se registró significancia estadística aceptando la hipótesis nula concerniente a que de los dos estados de madurez que fueron muestreados por matas, los

promedios del pH fueron similares; además, no hubo interacción estadísticamente significativa entre los niveles de cada factor (Tabla 3). Por otro lado, el coeficiente de variación señala que los datos correspondientes para la totalidad de las repeticiones tomadas en el estudio fueron homogéneos debido a que el valor registrado fue de 9,86%.

Tabla 3. ANVA para el nivel de pH en *Dendrocalamus asper*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Valor P
Nivel del culmo	0,598	2	0,299	0,624	0,544 ^{ns}
Estado del culmo	0,794	1	0,794	1,656	0,210 ^{ns}
Nivel del culmo * Estado del culmo	0,069	2	0,034	0,072	0,931 ^{ns}
Error aleatorio	11,507	24	0,479		
Total	12,967	29			

CV: 9,86%. sn: No existen diferencias estadísticas significativas.

Los niveles de pH en los culmos de *D. asper* fueron superiores a 6,63 en todo el culmo, valores encontrados que fueron mayores al reporte publicado por Malanit *et al.* (2009) realizados en los países de Alemania y Tailandia, en donde la distribución de dicha propiedad química en la especie de bambú *D. asper* fueron de 5,36 correspondiente a la base, 5,45 en el nivel medio y 5,38 en la parte alta del culmo, esta diferencia puede atribuirse a la zona, de origen de la muestra, calidad de sitio, edad de aprovechamiento (Liese, 1985; Pereira y Beraldo, 2007) hasta en algunos casos se le añade la ubicación de los elementos vasculares dentro del culmo, madurez del culmo, entre otros factores (Pereira y Beraldo, 2007), ya que en el estudio al comparar culmos maduros y verdes, se observa que hay menor valor de pH en los que son considerados como cañas maduras debido a que ya contienen menor cantidad de agua.

Para el caso de la especie *G. apus*, se registra valores de pH que fluctuaron entre 6,86 y 7,59, siendo ligeramente inferior en los culmos que presentaban mayor madurez por alcanzar un promedio de 7,13 respecto a los de estado verde que tuvieron un valor un poco más alcalino cuyo promedio fue de 7,31; y en caso de los niveles, se observó mayor promedio en las muestras obtenidas de la parte apical del culmo con valores de 7,59 y 7,52 para los estados de verde y maduro de dichos culmos respectivamente. Además, el promedio global del pH en la especie de bambú mencionada es de 7,22, siendo notorio la variabilidad de dicho resultado por la barra de error elaborado tomando los valores de la desviación estándar (Figura 6).

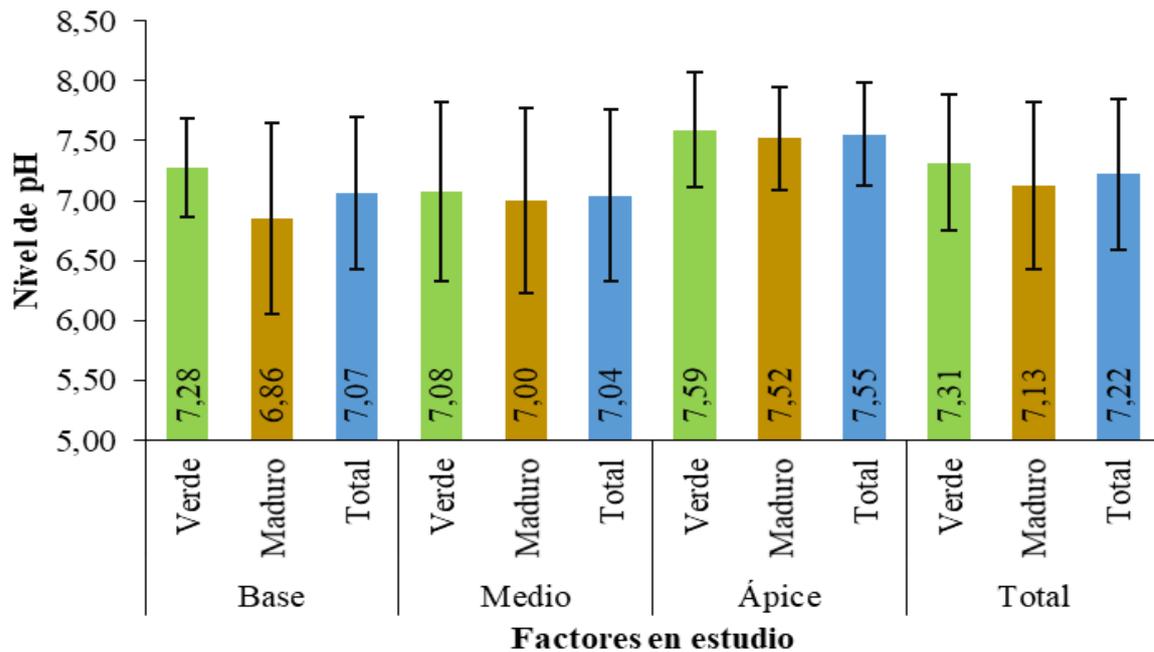


Figura 6. Estadísticos para el pH en *G. apus* distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.

En el análisis de la varianza respecto al nivel de pH en los culmos del bambú *G. apus*, teniendo en consideración el muestreo por los diferentes niveles de altura y el estado de madurez de los culmos no representaron diferencias estadísticas significativas de los valores obtenidos; además, no se determinó la existencia de la interacción estadística y significativa del contraste en los niveles en ambos factores en estudio (Tabla 4). El coeficiente de variación reporta que la variabilidad de los datos dentro del conjunto de datos correspondiente al nivel de pH de la especie mencionada es notoria la homogeneidad de dispersión, dicho de otra manera, los datos fueron homogéneos en base al coeficiente de variación expresados en porcentajes.

Tabla 4. ANVA para el nivel de pH en *G. apus*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Valor P
Nivel del culmo	1,677	2	0,838	2,125	0,141 ^{ns}
Estado del culmo	0,265	1	0,265	0,672	0,420 ^{ns}
Nivel del culmo * Estado del culmo	0,202	2	0,101	0,256	0,776 ^{ns}
Error aleatorio	9,469	24	0,395		
Total	11,613	29			

CV: 8,70%. No existen diferencias estadísticas significativas.

Los valores de los pH reportados para ambas especies en los culmos pueden ser un buen indicativo para los usos potenciales de los residuos generados al transformar los culmos debido a que tanto el aserrín como los demás residuos se pueden compostar y generar insumos para la producción de plantones o emplearlos en jardinería que sería un buen producto ya que se tiene reportes en el país cubano que al analizar las propiedades químicas del humus y compost de la *Bambusa vulgaris* presentan pH de 7,3 y 6,6 respectivamente (Alvarez *et al.*, 2014), lo cual son valores neutros que son muy adecuados para el crecimiento de las plantas o en todo caso se puede emplear en las labores de recuperación de los suelos que se caracterizan por su grado de acidez.

Además, es de suma importancia conocer el valor del pH en los bambúes (Figura 5 y 6), debido a que la tasa de reticulación (reacción química) para casi todos los adhesivos termoendurecibles que se emplean para fabricar compuestos de madera tienen directa dependencia con los valores del pH, es por esto que, el nivel de acidez de las partículas y el catalizador añadido al adhesivo tiene una función primordial en suministrar un estado adecuado en el curado de la resina. Para las especies vegetales como los bambúes que presentan valores altos de pH, se requiere utilizar un catalizador adicional en la actividad correspondiente al curado adecuado de la resina durante el prensado en caliente (Malanit *et al.*, 2009).

De acuerdo a otros antecedentes reportados, los valores obtenidos en el presente estudio difieren a pesar de ser la misma especie, esto ocurre debido a que según Kollmann (1959) registran diversos factores que determina el nivel de pH en una especie vegetal, encontrándose diferencias en las distintas partes de la planta, hay una influencia de la calidad del suelo, el momento en el que se realizó el aprovechamiento del vegetal, la densidad básica de su madera, la cantidad de humedad y la cantidad de extractivos existentes entre los tejidos leñosos.

Ligeramente se encontró que los valores de pH para ambas especies de bambúes en estudio fueron un poco mayores en la parte apical, esto lo corrobora Albin (1975) en especies forestales, en un árbol se encuentran tejidos más ácidos en la parte basal en comparación a las muestras obtenidas de la parte apical, este comportamiento se le atribuye a la cantidad de extractivos que pudiera contenerse en cada parte del fuste en caso de la madera, así como lo registró Javier (2010) en *J. copaia* donde reportó la base del fuste con 6.34 de pH, siendo de menor acidez la parte media (6,78) y apical (6,79) lo que se relaciona inversamente proporcional con la cantidad de extractivos, ya que fue 0,894% en la parte basal, 0,854% en la parte media y solamente 0,832% en la parte apical. A esto, se le refuerza el reporte de Aliaga

(2007) para *M. barbeyana* a pesar de presentar valores muy bajos de pH, hubo mayor acidez en la parte basal del árbol, pero no todo es un patrón normal de comportamiento, ya que especies como *C. spruceanum* estudiado por Del Aguila (2009) registró valores de pH más elevados fue registrado en la corteza, pero la concentración de extractivos fue de 5,33%, mientras que en caso de la madera extraída de la base del fuste registró 5,83 de pH con un 4,43% de extractivos, esto ratificaría que no solamente el pH está relacionada con el contenido de extractivos sino que hay otros factores que determinan el contenido del grado de acidez en un tejido vegetal.

Los valores de Ph de las dos especies de bambúes fueron similares, lo cual pudo haber ocurrido debido a que se encontraban en un mismo medio (bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva), obteniendo como antecedente que las condiciones de crecimiento fueron similares, en caso de la edad también debido a que se establecieron el mismo año muy enmarcado a lo explicado por (Liese, 1985); mientras que, al comparar con los valores del pH de las especies forestales el trópico, se obtuvo un valor muy elevado en las especies de gramíneas estudiadas, ya que para Malanit *et al.* (2009), los valores del pH tienen que ser muy cercanos o similares a las especies forestales maderables con la finalidad de que se pueda utilizar la misma tecnología y las prácticas aplicadas para las especies maderables al utilizarse la gramínea como materia prima alternativa en la fabricación de compuestos, de lo contrario se tendría que crear nuevas tecnologías o adaptar con cambios sustanciales que generarían los costos de producción.

4.2. La capacidad buffer ácida en tres niveles de altura del culmo de las especies *D. asper* y *G. apus*

El comportamiento del pH al someterse al extracto de la especie *D. asper* en ácido clorhídrico (HCl) 0,025 N, registró variaciones entre los 2,50 hasta 2,76, se observa ligera variación marcada en la parte basal de los culmo de la especie mencionada. Las cinco repeticiones que presentaron resultados más homogéneos respecto al promedio se observa cuando las muestras fueron extraídas de la parte apical y dichos culmos presentaban un estado verde, afirmación ratificada por la dimensión pequeña que presentan las barras de error elaboradas por la desviación estándar de los datos, mientras que el grupo que registró mayor variación se encontró en los resultados de las muestras que se obtuvieron de la parte media de los culmos con un estado maduro, siendo notorio que las barras de error fueron muy prolongados en comparación a los demás grupos analizados en el presente estudio de las dos especies de bambúes (Figura 7).

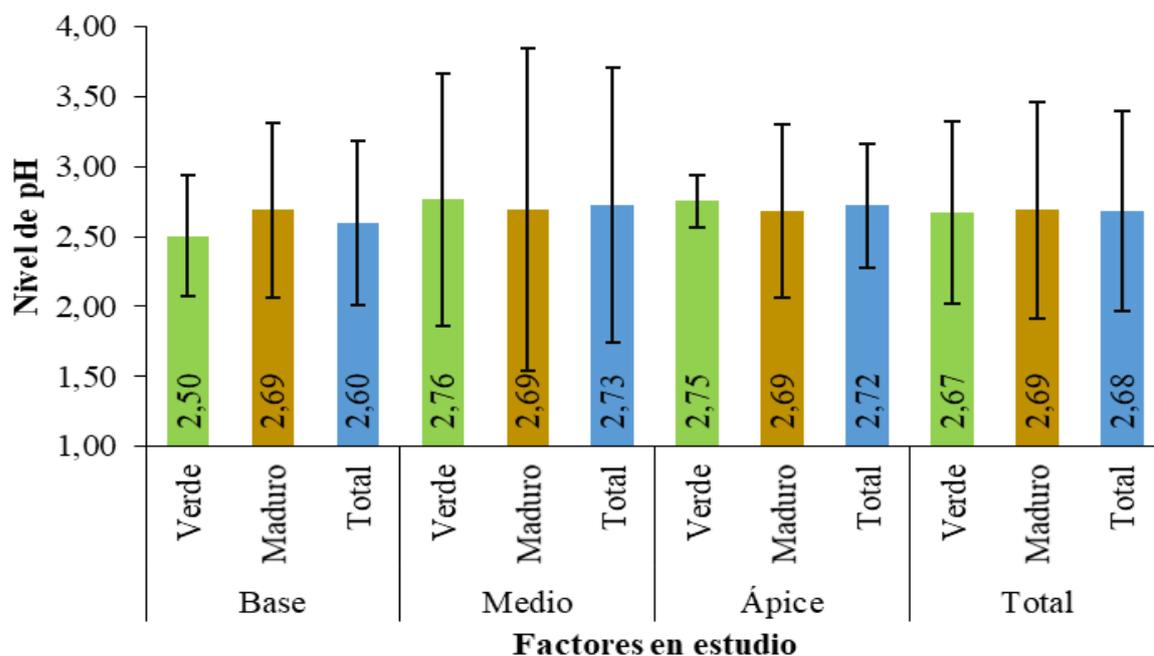


Figura 7. Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer ácida en *D. asper* distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.

La capacidad buffer ácida reportó que los culmos *D. asper* en sus diferentes niveles no presentaron diferentes valores del pH, similares observaciones se obtuvieron al analizar los diferentes estados de madurez, más aún, hubo carencia de interacción estadística significativa entre los niveles de cada factor en estudio (Tabla 5). Además, los datos registrados a la totalidad de las repeticiones para la variable mencionada fueron homogéneos debido al coeficiente de variación que fue 10,95%.

Tabla 5. ANVA para el nivel de pH en *D. asper* sometida a la capacidad buffer ácida.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Valor P
Nivel del culmo	0,107	2	0,054	0,621	0,546 ^{ns}
Estado del culmo	0,002	1	0,002	0,026	0,873 ^{ns}
Nivel del culmo * Estado del culmo	0,107	2	0,053	0,619	0,547 ^{ns}
Error aleatorio	2,068	24	0,086		
Total	2,284	29			

CV: 10,95%. No existen diferencias estadísticas significativas.

Las variaciones del pH generada desde la aplicación de ácido clorhídrico registraron un valor de 4,52 (7,19 valor inicial del pH y 2,67 valor final del pH) para culmos

verdes y la variación de 4,17 (6,86 valor inicial del pH y 2,69 como valor final del pH) para culmos maduros en *D. asper*, dicho valor final alcanzado fue logrado al añadir gran cantidad del reactivo respectivo lo que generaría gastos adicionales al trabajar los culmos de la especie de bambú en estudio; en caso de los niveles del culmo no se registró variación estadística entre los valores finales encontrados, los cuales no discrepa de los reportes considerados por Malanit *et al.* (2009) en donde la capacidad de amortiguación ácida de *D. asper* a lo largo de la longitud del culmo, al adherir ácido sulfúrico (0,01 N) obtuvo valores de 0,58 en la base, 0,54 en el medio y 0,48 miliequivalentes en el ápice del culmo; no obstante, la significancia estadística no existe entre los valores de las diferentes partes del culmo.

La capacidad buffer ácida en la especie *G. apus* registró resultados desde los 2,60 hasta 2,95 de pH para los niveles de ambos factores en estudio y las combinaciones respectivas (Figura 8).

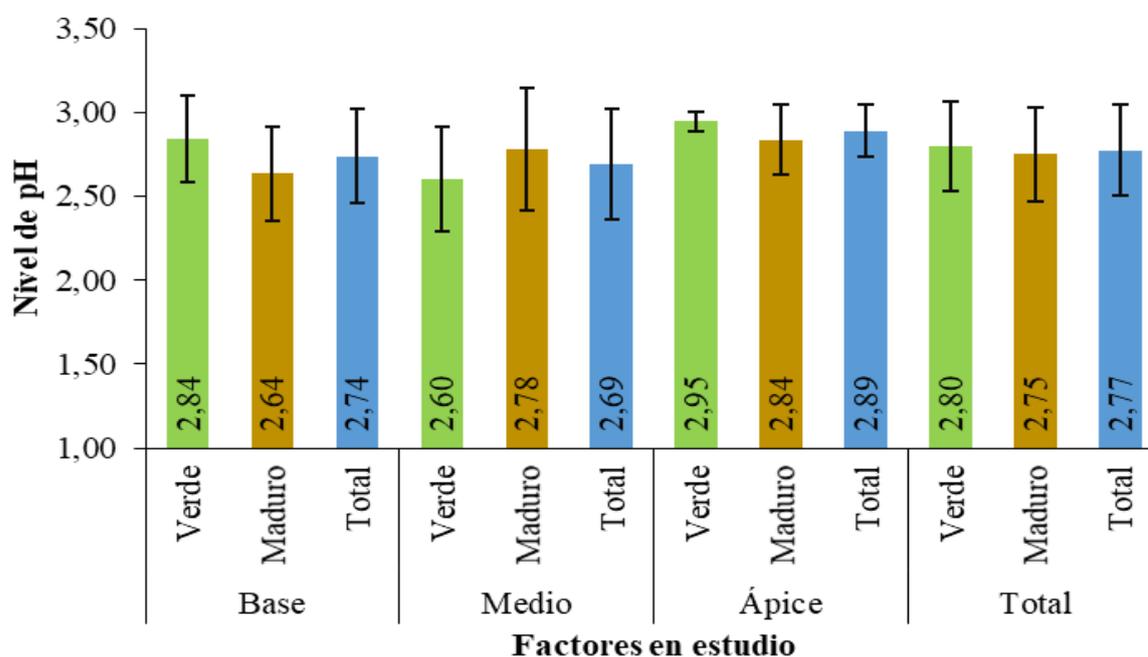


Figura 8. Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer ácida en *G. apus* distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.

La capacidad buffer ácida no repercutió de manera significativa al compararse los niveles de análisis en el culmo, el estado de madurez ni se reportó interacción estadística entre los niveles de cada factor considerado en estudio (Tabla 6). Además, los datos registrados a la totalidad de las repeticiones para la variable pH fueron homogéneos debido al coeficiente de variación que fue 9,56%.

Tabla 6. ANVA para el nivel de pH en *G. apus* sometida a la capacidad buffer ácida.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Valor P
Nivel del culmo	0,220	2	0,110	1,562	0,230 ^{ns}
Estado del culmo	0,015	1	0,015	0,219	0,644 ^{ns}
Nivel del culmo * Estado del culmo	0,202	2	0,101	1,435	0,258 ^{ns}
Error aleatorio	1,688	24	0,070		
Total	2,125	29			

CV: 9,56%. No existen diferencias estadísticas significativas.

Se ha encontrado la variación del pH en la capacidad buffer ácida, pero carecieron de significancia estadística en ambas especies estudiadas, los cuales pueden atribuirse a que solo se consideró un lugar que es el BRUNAS para obtener el material a estudiar lo cual no prevaleció en ser diferentes los resultados (Liese, 1985), a pesar que los culmos estudiados tanto entre especies y en los diferentes puntos o niveles de los culmos su anatomía es diferente a que para Torres *et al.* (2019), en sus estados natural es difícil de estandarizar las propiedades físicas como mecánicas, lo que ha dificultado su incursión masiva en la industria de la construcción; además Janssen (2000) así como Amada y Untao (2001) recalcan que los bambúes presentan variaciones prolongadas en toda su estructura, con respecto al volumen del radio; la distribución de las fibras disminuye desde el exterior hacia el interior que le permite presentar un refuerzo similar a las barras de acero en concreto.

Debido a los elevados valores que se necesitó del reactivo en ambas especies en estudio, Nurhazwani *et al.* (2016) reportan que, para la amortiguación del pH ácido hasta el nivel óptimo para el curado de la resina de las partículas de bambú (desechos y pelado de los tallos de bambú) para producir tableros, la cantidad necesaria de HCL (ácido clorhídrico) para que el pH disminuye a 3 fue de 5,5 ml, por ello el bambú requiere una mayor cantidad de catalizador ácido ya que presenta una alta capacidad amortiguadora.

Además, Chaowana *et al.* (2012) y Malanit (2009) estudiaron que los culmos de los bambúes poseen una resistencia extremadamente alta a los cambios en el pH y responde débilmente a la adición de ácido en comparación con madera normal. Los valores de pH de muchas especies de bambú están en el lado ácido. Además, la variación del valor de pH en las diferentes ubicaciones del culmo parecen pequeñas entre tres ubicaciones; por ello podría limitarse el uso como materia prima en madera compuesta con resina comercial convencional (Chaowana, 2013).

4.3. La capacidad buffer alcalina en tres niveles de altura del culmo de las especies *D. asper* y *G. apus*

La capacidad buffer alcalina en *D. asper* alcanzó mayores valores de pH en los culmos maduros del nivel medio y la parte apical, mientras que al generalizar los valores sin tener en cuenta el estado de madurez, se tiene ligera relación directa entre el incremento del pH y la altura del culmo. La variación de los datos fue ligeramente superior en los culmos que se consideraron como verdes (Figura 9).

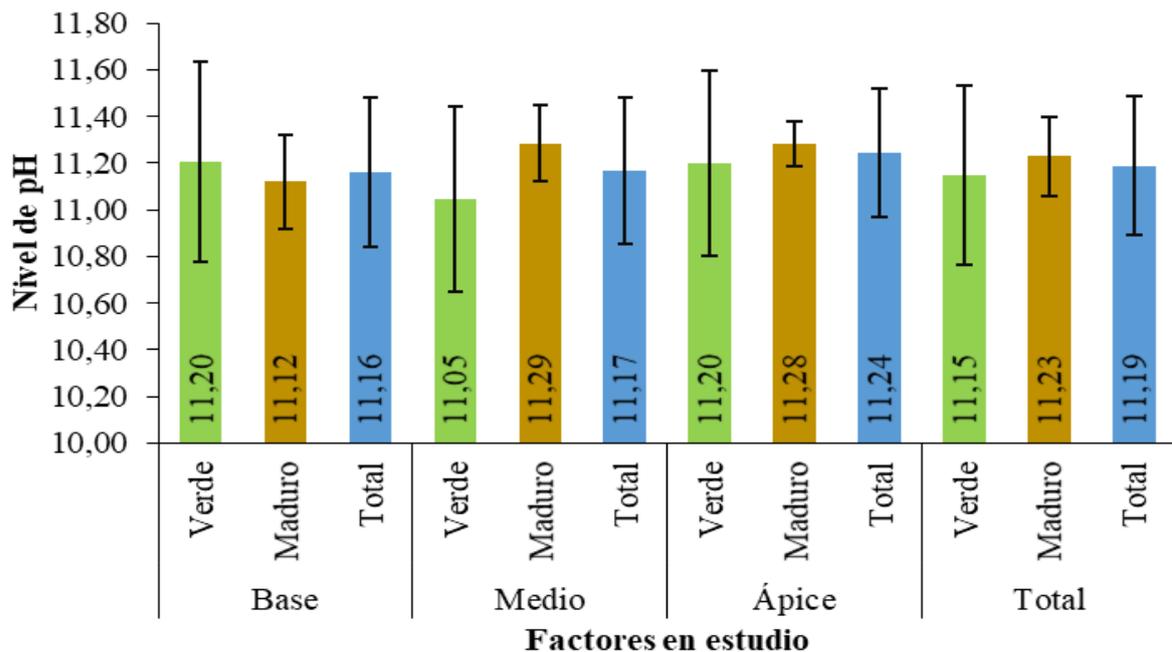


Figura 9. Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer alcalina en *D. asper* distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.

En el análisis de la varianza no se logró demostrar diferencias estadísticas significativas entre factores en estudio respecto al pH alcanzado bajo la capacidad buffer alcalina en los culmos de *D. asper*, concluyendo que las muestras obtenidas de los tres niveles de culmos presentan similar valor de pH sometida a la capacidad buffer alcalina, y en el caso del segundo factor se aceptaría la hipótesis nula que considera que, tanto el estado verde como el estado maduro de los culmos presentan similar valor del pH. Además, no hubo interacción estadística entre los niveles de cada factor (Tabla 7).

El coeficiente de variación determinado para la variable mencionada indica que, los resultados de todas las repeticiones fueron muy homogéneos ya que el valor obtenido fue de 2,77%.

Tabla 7. ANVA para el nivel de pH en *D. asper* sometida a la capacidad buffer alcalina.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Valor P
Nivel del culmo	0,041	2	0,020	0,211	0,811 ^{ns}
Estado del culmo	0,048	1	0,048	0,498	0,487 ^{ns}
Nivel del culmo * Estado del culmo	0,131	2	0,066	0,681	0,516 ^{ns}
Error aleatorio	2,313	24	0,096		
Total	2,533	29			

CV: 2,77%.

No existen diferencias estadísticas significativas.

La capacidad buffer alcalina registró valores similares en *D. asper*. concerniente a la capacidad buffer alcalina, pero se ha tenido que emplear gran cantidad de reactivo lo que generaría ser costoso al momento de masificar su aplicación, resultados acordes al reporte de Malanit *et al.* (2009), quienes añaden que, los valores que se obtienen del parámetro químico por parte del pH tienen que ser muy similares a los reportes que presentan la madera que facilitará en cierta medida al utilizar los mismos catalizadores existentes en el mercado sobre la transformación de la madera.

Lograr que se modifique el valor de pH donde se empleen abundante reactivo no facilitaría en cierta medida una rentabilidad favorable en trabajar con el bambú, Para Malanit *et al.* (2009), el valor de pH de la materia prima es muy importante para los distintos rangos de su utilización; la tasa de reticulación de la mayoría de los adhesivos termoendurecibles utilizados en la fabricación de compuestos de madera depende de los niveles de pH. Es por ello que, la acidez de las partículas y el catalizador que se añaden al adhesivo juega un papel muy importante para proporcionar un estado óptimo durante el curado de la resina. Para especies con niveles de pH más altos, se necesita catalizador adicional para curar adecuadamente la resina durante el prensado en caliente.

Para el caso de la capacidad buffer alcalina en especie *G. apus*, registró mayor variabilidad de los resultados al analizar las muestras utilizadas del nivel medio del fuste que lo especifican los tamaños de las barras de error en base a la desviación estándar de los datos, mientras que, los datos más homogéneos se obtuvieron en las cinco repeticiones de las muestras obtenidas de culmos verdes y de la parte apical ratificado por el pequeño longitud que poseen las barras de error respecto al promedio que fue 11,23; a pesar de lo indicado, los valores promedios del pH fluctuaron desde 10,93 hasta los 11,76 que reportaron los culmos verdes (Figura 10).

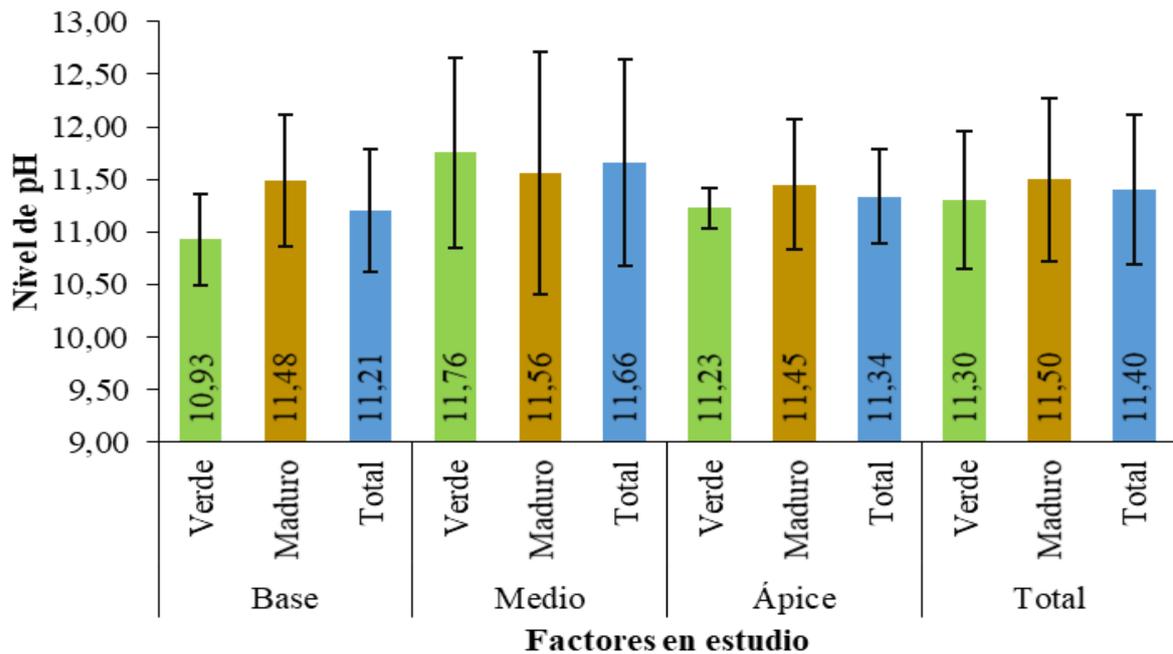


Figura 10. Estadísticos para el pH sometida a la capacidad buffer alcalina en *G. apus* distribuidos por estado de madurez y niveles de culmo.

En el análisis de la varianza no se logró demostrar diferencias estadísticas significativas entre los factores en estudio respecto al pH alcanzado bajo la capacidad buffer alcalina en los culmos de *G. apus*, además, no hubo interacción estadística entre los niveles de cada factor que se consideró en el presente estudio (Tabla 8).

Tabla 8. ANVA para el nivel de pH en *G. apus* sometida a la capacidad buffer alcalina.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Valor P
Nivel del culmo	1,078	2	0,539	1,029	0,372 ^{ns}
Estado del culmo	0,280	1	0,280	0,535	0,471 ^{ns}
Nivel del culmo * Estado del culmo	0,706	2	0,353	0,674	0,519 ^{ns}
Error aleatorio	12,564	24	0,524		
Total	14,629	29			

CV: 6.35%. No existen diferencias estadísticas significativas.

La variación del pH al considerar la capacidad buffer alcalina supera valores a 11,0 de pH, pero se emplean un volumen considerable de reactivo por lo que lo consideran como una práctica que pudiera inferir en términos económicos un valor evaluado, esto lo ratifica Lingfei (1991) al señalar que, las capacidades de amortiguación de los bambúes con

característica dispersivas están entre 0,15228 y 0,5568 miliequivalentes, por otro lado, en las especies de los bambúes cespitosos poseen un rango de variación mucho menor. Dicho bajo otro enfoque, Maloney (1977), manifiesta que, el pH mide el nivel específico de la acidez, la buferización cuantifica la capacidad de resistencia de la madera a cambiar su nivel pH; una madera con alta capacidad buffer requiere gran cantidad de catalizador para reducir el pH al nivel requerido para el óptimo curado de la resina, lo que ocurrió con los resultados por parte de las dos especies de bambúes empleados en el presente estudio.

Se observó ligera variación numérica de la capacidad buffer en los diferentes puntos analizados de los culmos y las dos especies en estudio, resultados diferentes a lo registrado por Del Aguila (2009) en la especie *C. spruceanum* que presentó valores de capacidad buffer alcalina en la corteza 32,07 y en los niveles del fuste del árbol de 32,63 en el nivel base, 31,76 en el nivel medio y 31,38 en el ápice utilizando el reactivo HCl. Sin embargo, la especie *M. barbeyana* obtuvo valores de capacidad buffer alcalina de 7.88 en la madera de la parte del fuste, 7,76 en la madera del ápice y 5,50 en el nivel medio del fuste (Aliaga, 2007).

Además, hay otros reportes como los de Nurhazwani *et al.* (2016) en las partículas de bambú (desechos y pelado de los tallos de bambú) para obtener el pH alcalino se requirió 74.5 ml de NaOH (hidróxido de sodio) para obtener un pH cuyo valor fue 11.0, estas diferencias pueden atribuirse a la composición de las especies, siendo el caso de *D. asper* con tres años de edad contenía 68% de celulosa y 29% de lignina, además de ceniza (1,5%), alcohol soluble en benceno (6%), soluble en agua caliente (8%), soluble en agua fría (7%) y materiales solubles en NaOH al 1% (25%), los cuales limitarían dichas variaciones del pH (Kamthai, 2003).

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó el valor de pH el cual presentó ligero incremento desde la base hacia el ápice del culmo, sin mostrar diferencias estadísticas significativas tanto para los bambúes *D. asper* y *G. apus*. Concluyendo que:
Para la especie *D. asper* posee acidez débil, con un pH variable de 6,63 y 7,32; para la especie *G. apus* también posee acidez débil debido a que se registró valor de pH entre 6,86 y 7,59 de los cuales se observó mayor promedio en la parte apical del culmo
2. De acuerdo con la capacidad buffer ácida en tres niveles de altura del culmo de las especies de bambúes *D. asper* y *G. apus* no difirieron entre puntos de muestreo y tampoco entre ambas especies. El *D. asper* sometido al NaOH registró una variación entre 2.50 hasta 2.76 y la *G. apus* sometida al NaOH registró desde los 2,60 hasta 2,95 de pH.
3. Considerando la capacidad buffer alcalina, se reportó que en tres niveles de altura del culmo de bambú (base, medio y ápice) de las especies *D. asper* y *G. apus*, los valores del pH fueron similares. El *D. asper* posee una capacidad buffer alcalina que fluctúa desde los 11,05 hasta los 11,29 y para la *G. apus* que fluctúa desde los 10,93 hasta 11,76.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Es necesario realizar estudios posteriores donde se le considere a las mismas especies de bambúes pero que son obtenidas de diferentes zonas cuyos patrones serán el nivel de pendiente, la altitud sobre el nivel del mar, la asociación con otros cultivos, los niveles nutricionales del suelo, entre otros, que favorecerán a aceptar o refutar las hipótesis consideradas.
2. Investigar sobre el uso de adhesivos y encolantes adecuados para el tipo de pH y capacidad buffer obtenidos bajo esta presente investigación, ya que, estas especies forestales carecen de información para su acabado y encolado.
3. En estudios similares, tener en cuenta la fase lunar con la que se cuenta en periodo de tiempo donde se extrajo los culmos de los bambúes, debido a que el satélite natural tiene cierta influencia sobre el movimiento de la sabia dentro de los culmos de los bambúes.
4. Considerar a otras especies de bambúes que se tiene en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con fines de generar una base de datos sobre esta propiedad química muy importante en este grupo de gramíneas.
5. Realizar trabajos de investigación sobre los extractivos del bambú con la finalidad de poder validar su uso en la industria.
6. Realizar estudios sobre las propiedades físicas del bambú con uso para construcciones de viviendas, ya que existe experiencias que son altamente resistentes a terremotos, también aíslan el frío, del calor y del ruido, además para su uso se requiere de poca inversión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albin, R. (1975). Determinación del pH en diversas especies de los renovales de la provincia de Valdivia. *Bosque*, 1(1-2), 3-5. <http://revistas.uach.cl/pdf/bosque/v1n1/art02.pdf>
- Aliaga, A. (2007). *Determinación de pH y capacidad buffer en tres niveles de altura del fuste de la especie Miconia barbeyana Cogniaux (paliperro)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/662/T.FRS-35.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarez, O., Cairo, P., Mollined, A., García, Y., Torres, P., Rodríguez, A., y Cuevas, F. (2014). Caracterización química de la biomasa del Bambú (*Bambusa vulgaris* Schrader ex. Wendlan): perspectivas para su utilización. *Centro Agrícola*, 41(2), 91-93. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-41-2014/numero-2-2014/34-caracterizacion-quimica-de-la-biomasa-del-bambu-bambusa-vulgaris-schrader-ex-wendlan-perspectivas-para-su-utilizacion>
- Amada, S., y Untao, S. (2001). Fracture properties of bamboo. *Composites Part B: Engineering*, 32(5), 451–459.
- Araujo, D. (2015). *Propagación vegetativa de Dendrocalamus asper (Schult. & Schult. f.) Backer ex K. Heyne y Guadua angustifolia Kunth establecidas en campo definitivo, Tulumayo - Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- Cavero, P. (2014). *Determinación de ph y la capacidad buffer en tres niveles de alturas del fuste de la especie ucshaqui blanco Tachigalia cavipes (spr. ex benth.) macbr en la zona de Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- Chaowana, P. (2013). Bambú: una materia prima alternativa para madera y compuestos a base de madera. *Investigación en ciencia de materiales*, 2(2), 90-102.
- Chaowana, P., Robkorb, K., Sriwilai, S., y Barbu, M. C. (2012). Variación de la capacidad de encolado de *Dendrocalamus asper* para compuestos de bambú. En el 9^{no} Congreso Mundial de Bambú. Amberes, Bélgica. Pp. 307-315.
- Cooperband, L. 2002. *The art and science of composting a resource for farmers and compost producers*. University of Wisconsin-Madison, Center for Integrated Agricultural Systems. <https://www.cias.wisc.edu/wp-content/uploads/2008/07/artofcompost.pdf>

- Cronquist, A. (1981). *Lista de las Clases, subClases, órdenes y familias de las angiospermas*. Columbia University Press.
- Del Águila, I. B. (2009). *Determinación del pH y la capacidad buffer a diferentes alturas del fuste y corteza de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) en la zona de Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/688/T.FRS-63.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fengel, D., y Wegener, G. (1984). *Wood chemistry, ultrastructure, reactions*. Ed. Walter de Gruyter.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (1995). *Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa*. Ministerio de Agricultura.
- Janssen, J. J. A. (2000). *Designing and Building with Bamboo*. Technical Report.
- Javier, M. R. (2010). *Evaluación de la acidez (pH) y contenido de extraíbles de albura y duramen en tres niveles de altura del fuste de la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, en Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/538/T.FRS-135.pdf?sequence=1>
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Londoño, X., Stern, M. J. (1999). *American Bamboos*. Smithsonian Institution Press.
- Kamthai, S. (2003). *Alkaline sulfite pulping and ECF- bleaching of sweet bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer)* [Tesis de posgrado, Kasetsart University]. Repositorio institucional.
- Kollmann, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Traducido por instituto forestal de investigaciones y experiencias y el servicio de la madera (2ª ed.).
- Kruzolek, C. (2020). *Aplicación de variantes del proceso de pulpado al peróxido alcalino (APMP) a *Eucalyptus grandis* de 6 Y 16 años* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Misiones]. Repositorio institucional UNAM. http://mamcyp.unam.edu.ar/images/tesis_finales/tesis_Kruzolek.pdf.
- Liese, W. (1985). *Bambúes - Biología, silvicultura, propiedades, utilización*. TZ Verlagsgesellschaft.
- Lingfei, M., Youjie, Ch., Limei, Ch., y Lian, J. (1991). Un estudio sobre el valor del pH y la capacidad tampón del material de bambú. *Journal of Bamboo Research*, 10(2), 1-7. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZZYJ199102000.htm?fbclid=IwAR1bVyWqmnTj_W-Ff9A356mfCGjZJqBN_WXFcOCDV-44oIyILJogT_XDgFMM.

- Londoño, X. (1992). Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y uso de los bambúes del nuevo mundo. *Cespedesia*, 19(62/63), 86-137.
- López, J. M. (2011). *Bambú (Bambudosiae)*. Blog. Agronomía Global. 19 noviembre 2011, España. <https://agronomoglobal.blogspot.com/2011/11/bambu-bambudosiae.html>.
- Malanit, P., Barbu, M. C., y Frühwald, A. (2009). El engomado y la calidad de unión de un bambú asiático (*Dendrocalamus asper*) para la producción de madera. *Revista de ciencia de los bosques tropicales*, 21(4), 361-368. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-gluability-and-bonding-quality-of-an-Asian-for-Malanit-Barbu/56b400490a5f5db4fa05e74c3305e73e84016447>
- Maloney, M. T. (1977). *Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing*. Milles Freeman Publication Inc.
- Miller, D. D. (2001). *Química de alimentos*. Manual de Laboratorio. Limusa, S.A.
- Monroy, E. M. (2006). *Tratamiento químico de cuatro especies de bambú para su preservación, utilizando ácidobórico-bórax-dicromato de sodio por el método de inmersión y baño caliente-frío* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.
- Morales, R. (1968). *Variación del peso específico y largo de traquéida según edad y sitio en plantación de Pinus radiata D. Don* [Tesis de pregrado, Universidad de Bio Bio]. Repositorio institucional.
- Nurhazwani, O., Jawaid, M., Paridah, M. T., Abdul, Jh., y Hamid, S. A. (2016). Tablero de partículas híbrido elaborado con desechos de chapa de bambú (*Dendrocalamus asper*) y madera de caucho (*Hevea brasilienses*). *BioResources*, 11(1), 306-323. <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/hybrid-particleboard-made-from-bamboo-dendrocalamus-asper-veneer-waste-and-rubberwood-hevea-brasilienses/>
- Pereira, M. A. R., y Beraldo, A. L. (2007). *Bambu de corpo e alma*. <https://docplayer.com.br/131856667-Bambu-de-corpo-e-alma.html>
- Poblete, H., Inzunza, R., y Pelen, M. (1998). Duramen y albura de Acacia melanoxylon como materia prima para tableros de partícula. *Revista bosque Universidad Austral de Chile*, 19, 29-36.
- Rodríguez, J. (2006). El bambú como material de construcción. *Ciencia tecnológica*, 31, 67-69.
- Salvo, S. (1999). *Caracterización de la anatomía microscópica de la madera de Pinus radiata D. Don, proveniente de la zona de arenas Bulnes- Mulchén para 20, 25 y 30 años de edad* [Tesis de pregrado, Universidad de Bio Bio]. Repositorio institucional.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2021). *Datos hidrometeorológicos en Huánuco*. Estación Tingo María. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=huanuco&p=estaciones>
- Sierra, P., y Salgado, M. (1994). *pH y capacidad buffer de seis especies de maderas debobinables*. Seminario de Título Ingeniería de Ejecución en Maderas. Universidad del Bio Bio.
- Stamm, J. (2008). *La evolución de los métodos constructivos en bambú*. En: *Segundo Congreso Mexicano del Bambú*. Puebla, México. https://www.academia.edu/4905170/La_Evoluci%C3%B3n_de_los_M%C3%A9todos_constructivos_en_Bamb%C3%BA
- Torres, B., Segarra, M., y Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5, 389-400.
- Valdez, D. (2013). *Manual para el cultivo de bambú experiencias en Guatemala*. Instituto de ciencia y tecnología agrícola (ICTA).
- Vivejardín, (2012). *Un poco de historia: el bambú*. <http://www.vivejardín.com/detalle-secciones.html?id=89>
- Wegener, G. (1984). *Wood chemistry, ultrastructure, reactions*. Editorial Walter de Gruyter.

ANEXOS

Anexo A. Base de datos y análisis**Tabla 9.** Matriz de datos.

Especie	Mata	Nivel del culmo	Estado del culmo	pH	Base	Ácido
1	1	1	1	6,99	11,41	2,37
1	1	2	1	6,6	11,34	2,45
1	1	3	1	7,44	11,46	2,41
1	1	1	2	5,33	11,14	2,4
1	1	2	2	7,01	11,44	2,4
1	1	3	2	7,13	11,16	2,34
1	2	1	1	7,4	10,44	2,95
1	2	2	1	7,33	10,4	3,03
1	2	3	1	6,38	11,3	2,97
1	2	1	2	7,03	11,06	2,94
1	2	2	2	6,63	11,38	2,91
1	2	3	2	7,53	11,35	2,87
1	3	1	1	6,3	11,38	2,42
1	3	2	1	8,1	11,11	2,94
1	3	3	1	7,73	10,5	3,01
1	3	1	2	6,86	11	2,88
1	3	2	2	7,61	11,31	2,97
1	3	3	2	7,55	11,36	2,94
1	4	1	1	7,36	11,44	2,4
1	4	2	1	7,26	10,98	2,92
1	4	3	1	7,55	11,41	2,87
1	4	1	2	7,66	10,94	2,91
1	4	2	2	7,21	11,01	2,84
1	4	3	2	7,68	11,35	3
1	5	1	1	7,05	11,35	2,38
1	5	2	1	7,29	11,4	2,47
1	5	3	1	7	11,33	2,5
1	5	1	2	6,25	11,46	2,32
1	5	2	2	6,16	11,29	2,35

Especie	Mata	Nivel del culmo	Estado del culmo	pH	Base	Ácido
1	5	3	2	5,26	11,2	2,28
2	1	1	1	6,73	11,2	2,38
2	1	2	1	8,07	11,28	2,9
2	1	3	1	7,98	11,08	2,99
2	1	1	2	7,5	11,31	2,82
2	1	2	2	7,54	11,4	3,01
2	1	3	2	7,68	11	2,92
2	2	1	1	7,4	11,07	2,92
2	2	2	1	7,6	10,87	2,98
2	2	3	1	7,21	11,3	2,99
2	2	1	2	7,31	11,25	2,3
2	2	2	2	7,58	9,8	3,05
2	2	3	2	7,73	11,4	3,02
2	3	1	1	7,05	10,16	2,92
2	3	2	1	6,31	12,76	2,37
2	3	3	1	7,57	10,98	2,85
2	3	1	2	6,05	12,58	2,38
2	3	2	2	6,89	12,62	2,38
2	3	3	2	6,78	12,5	2,48
2	4	1	1	7,84	11,13	2,97
2	4	2	1	6,94	12,71	2,39
2	4	3	1	8,15	11,35	2,95
2	4	1	2	7,49	11	2,93
2	4	2	2	5,72	12,57	2,39
2	4	3	2	7,55	11,36	2,94
2	5	1	1	7,36	11,09	3,02
2	5	2	1	6,47	11,16	2,36
2	5	3	1	7,03	11,42	2,95
2	5	1	2	5,93	11,28	2,75
2	5	2	2	7,28	11,41	3,07
2	5	3	2	7,86	10,98	2,82

Tabla 10. Estadísticos descriptivos del pH en *D. asper*.

Nivel del culmo	Estado de madurez	Media	Desv. Desviación	N	CV (%)
Base	Verde	7,02	0,44	5	6,29
	Maduro	6,63	0,88	5	13,30
	Total	6,82	0,69	10	10,10
Medio	Verde	7,32	0,53	5	7,27
	Maduro	6,92	0,55	5	8,01
	Total	7,12	0,55	10	7,76
Ápice	Verde	7,22	0,54	5	7,50
	Maduro	7,03	1,01	5	14,38
	Total	7,13	0,77	10	10,82
Total	Verde	7,19	0,49	15	6,77
	Maduro	6,86	0,80	15	11,60
	Total	7,02	0,67	30	9,52

Tabla 11. Estadísticos descriptivos del pH en *G. apus*.

Nivel del culmo	Estado de madurez	Media	Desv. Desviación	N	CV (%)
Base	Verde	7,28	0,42	5	5,71
	Maduro	6,86	0,80	5	11,60
	Total	7,07	0,64	10	9,03
Medio	Verde	7,08	0,75	5	10,56
	Maduro	7,00	0,77	5	10,96
	Total	7,04	0,72	10	10,16
Ápice	Verde	7,59	0,48	5	6,33
	Maduro	7,52	0,43	5	5,70
	Total	7,55	0,43	10	5,70
Total	Verde	7,31	0,57	15	7,76
	Maduro	7,13	0,70	15	9,81
	Total	7,22	0,63	30	8,76

Tabla 12. Estadísticos descriptivos del pH en *D. asper* sometida a capacidad buffer ácida.

Nivel del culmo	Estado de madurez	Media	Desv. Desviación	N	CV (%)
Base	Verde	11,20	0,43	5	3,82
	Maduro	11,12	0,20	5	1,83
	Total	11,16	0,32	10	2,86
Medio	Verde	11,05	0,40	5	3,61
	Maduro	11,29	0,17	5	1,46
	Total	11,17	0,31	10	2,82
Ápice	Verde	11,20	0,40	5	3,54
	Maduro	11,28	0,10	5	0,85
	Total	11,24	0,28	10	2,45
Total	Verde	11,15	0,39	15	3,46
	Maduro	11,23	0,17	15	1,51
	Total	11,19	0,30	30	2,64

Tabla 13. Estadísticos descriptivos del pH en *G. apus* sometida a capacidad buffer ácida.

Nivel del culmo	Estado de madurez	Media	Desv. Desviación	N	CV (%)
Base	Verde	10,93	0,43	5	3,96
	Maduro	11,48	0,62	5	5,44
	Total	11,21	0,59	10	5,22
Medio	Verde	11,76	0,91	5	7,71
	Maduro	11,56	1,15	5	9,95
	Total	11,66	0,98	10	8,42
Ápice	Verde	11,23	0,19	5	1,67
	Maduro	11,45	0,62	5	5,41
	Total	11,34	0,45	10	3,94
Total	Verde	11,30	0,65	15	5,76
	Maduro	11,50	0,78	15	6,75
	Total	11,40	0,71	30	6,23

Tabla 14. Estadísticos descriptivos del pH en *D. asper* sometida a capacidad buffer alcalina.

Nivel del culmo	Estado de madurez	Media	Desv. Desviación	N	CV (%)
Base	Verde	2,50	0,25	5	9,99
	Maduro	2,69	0,30	5	11,28
	Total	2,60	0,28	10	10,77
Medio	Verde	2,76	0,28	5	10,10
	Maduro	2,69	0,30	5	10,96
	Total	2,73	0,27	10	10,01
Ápice	Verde	2,75	0,28	5	10,09
	Maduro	2,69	0,35	5	12,92
	Total	2,72	0,30	10	10,97
Total	Verde	2,67	0,28	15	10,41
	Maduro	2,69	0,29	15	10,88
	Total	2,68	0,28	30	10,47

Tabla 15. Estadísticos descriptivos del pH en *G. apus* sometida a capacidad buffer alcalina.

Nivel del culmo	Estado de madurez	Media	Desv. Desviación	N	CV (%)
Base	Verde	2,84	0,26	5	9,20
	Maduro	2,64	0,28	5	10,59
	Total	2,74	0,28	10	10,12
Medio	Verde	2,60	0,31	5	11,99
	Maduro	2,78	0,36	5	12,99
	Total	2,69	0,33	10	12,34
Ápice	Verde	2,95	0,06	5	1,94
	Maduro	2,84	0,21	5	7,45
	Total	2,89	0,16	10	5,43
Total	Verde	2,80	0,27	15	9,52
	Maduro	2,75	0,28	15	10,28
	Total	2,77	0,27	30	9,76

Anexo B. Imágenes fotográficas

Figura 11. Mata del bambú *D. asper*.



Figura 12. Codificación de secciones del culmo de bambú.



Figura 13. Tamizado de aserrín de bambú.



Figura 14. Balanza de precisión y aserrín de bambúes.



Figura 15. Solución acuosa de bambúes.