

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS**  
**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**“DETERMINACIÓN DE pH Y CAPACIDAD BUFFER EN TRES  
NIVELES DE ALTURA DEL FUSTE DE LA ESPECIE *Miconia  
barbeyana* Cogniaux (PALIPERRO).**

**Tesis**

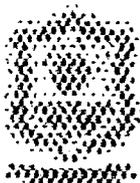
**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCION FORESTALES**

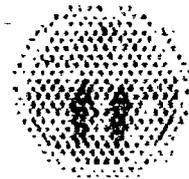
**ALBINO ALIAGA CAMPOS**

**PROMOCIÓN 2005 - II**

**Tingo María - Perú  
2007**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

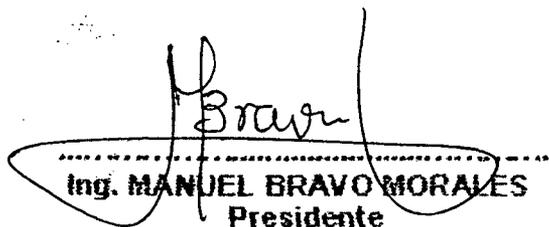
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de febrero de 2007, a horas 04:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

**“DETERMINACION DE pH Y CAPACIDAD BUFFER EN TRES NIVELES DE ALTURA DEL FUSTE DE LA ESPECIE *Miconia barbeyana* Cogniaux (PALIPERRO) “**

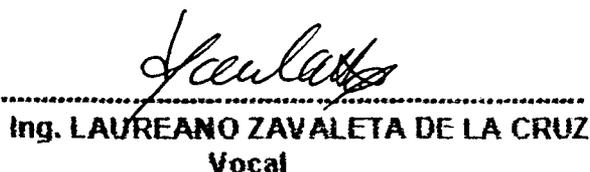
Presentado por el Bachiller: **ALBINO ALIAGA CAMPOS**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**.

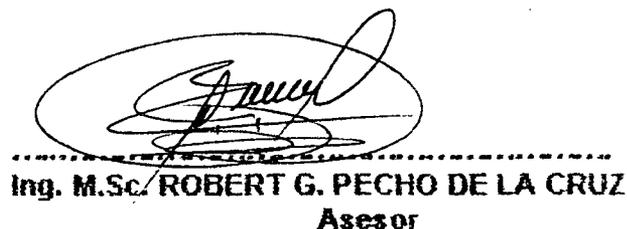
En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO, FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título de conformidad con lo establecido en el Art. 81° inc. m) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 13 de febrero de 2007

  
Ing. MANUEL BRAVO MORALES  
Presidente

  
Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO  
Vocal

  
Ing. LAUREANO ZAVALETA DE LA CRUZ  
Vocal

  
Ing. M.Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ  
Asesor

K50

A39

Aliaga Campos, A.

Determinación de pH y Capacidad Buffer a Diferentes Alturas del Fuste del Árbol de la Especie *Miconia barbeyana* Cogniaux (Paliperro) Provenientes del Brunas. Tingo Maria, 2007

58 h.; 11 cuadros; 11 fgrs; 15 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Forestal) Universidad Nacional Agraria De la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

MICONIA BARBEYANA COGNIAUX / METODOLOGÍA / PALIPERRO / PROPIEDADES FÍSICAS / COMPOSICIÓN QUÍMICA / TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERÚ

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva “alma mater”, a los docentes del departamento académico de ciencias de los Recursos Naturales Renovables, mención en ciencias forestales quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Ing. M.Sc. Robert Gilbert Pecho De La Cruz patrocinador, por su valiosa orientación, apoyo en la ejecución y redacción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Pedro Vejarano Jara por su colaboración como patrocinador y apoyo en el Laboratorio.

A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres Antonio Aliaga Dyer y Elena Campos Mendoza, ejemplos de trabajo; con amor y eterna gratitud, quienes con su abnegado sacrificio hicieron posible lograr mi máspreciado anhelo.

A mi abuela Transita Dyer Cotrina, que con su sacrificio y humildad me llenó de aliento y constancia para culminar mi carrera profesional.

A mi querida hija Jimena Aliaga Guerrero, con mucho amor y bendición eterna, que con humildad siga el ejemplo de superación.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Descripción del paliperro.....	3
2.1.1. Propiedades físicas.....	4
2.1.2. Descripción de la madera.....	6
2.1.3. Variación de la densidad según la altura del fuste.....	6
2.2. Concepto de madera.....	7
2.2.1. Formación de la madera.....	7
2.2.2. Concepto de albura y duramen.....	7
2.3. Composición química de la madera .....	9
2.4. Influencia sobre pH.....	10
2.4.1. Influencia de los extractivos en el pH.....	10
2.4.2. Efecto de edad.....	10
2.4.3. Efecto del sitio.....	11
2.5. pH de la madera.....	11
2.6. Capacidad Buffer.....	13
2.7. Estudios realizados sobre pH de la madera.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Lugar de ejecución.....	17
3.2. Materiales y equipos.....	17
a). Material biológico.....	17
b). Material de campo y transformación.....	18
c). Material de laboratorio.....	18
d). Equipos.....	18

e). Reactivos.....	19
3.3. Metodología.....	19
3.3.1. Definición de la zona en el árbol.....	19
3.3.2. Obtención de muestras.....	20
3.3.3. Reconocimiento de albura y duramen.....	20
3.3.4. Obtención de aserrín.....	20
3.3.5. Clasificación del aserrín.....	20
3.3.6. Preparación de soluciones acuosas de madera.....	21
3.3.7. Obtención de reactivos para la determinación de la capacidad buffer.....	21
3.3.8. Mediciones del pH y capacidad buffer.....	22
3.4. Análisis estadísticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	24
4.1. Valores promedio de pH.....	24
4.2. Valores promedio de capacidad buffer.....	26
4.2.1. Capacidad buffer ácido.....	26
4.2.2. Capacidad buffer alcalino.....	28
4.3. Curvas de pH y Capacidad buffer ácido y alcalino.....	30
V. DISCUSIÓN.....	37
5.1. pH.....	37
5.2. Valores promedio de buffer (Acido-Alcalino.....	38
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES.....	42
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro :</b>	<b>Página</b>
1. Valores de las propiedades físico mecánicas en probetas.....	5
2. Variación de la densidad básica según el nivel de altura del fuste.....	7
3. Valores promedio de pH en madera de albura y duramen de la especie forestal <i>M. barbeyana</i> .....	24
4. Valores promedio de Buffer ácido en madera de albura y duramen de la especie forestal <i>M. barbeyana</i> .....	26
5. Valores promedio de Buffer alcalino en madera de albura de la especie forestal <i>M. barbeyana</i> .....	28
6. Comparación de promedios del pH en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	31
7. Comparación de promedios en pH de albura y duramen de la especie forestal en estudio.....	32
8. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	33
9. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido de albura y duramen de la especie forestal en estudio.....	34
10. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	35
11. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino de albura y duramen de la especie forestal en estudio.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura:</b>	<b>Página</b>
1. Niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	19
2. Valores promedio de pH de albura y duramen por niveles de altura..	25
3. Valores promedio de buffer ácido de albura u duramen por niveles de altura.....	27
4. Valores promedio de buffer alcalino de albura u duramen por niveles de altura.....	29
5. Curvas de pH, Buffer ácido y alcalino en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	30
6. Comparación de promedios del pH en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	31
7. Comparación de promedios en pH de albura y duramen de la especie forestal en estudio.....	32
8. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	33
9. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido de albura y duramen de la especie forestal en estudio.....	34
10. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.....	35
11. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino de albura y duramen de la especie forestal en estudio.....	36

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en tres fases: fase de campo (BRUNAS), fase de transformación (Área de Aprovechamiento Forestal) y la fase de Laboratorio (Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, localizada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Se usó madera de la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux, conocido vulgarmente como "paliperro" o "palo gusano"

Para determinar el pH y la capacidad de Buffer (ácido y alcalino) se usó madera del duramen y albura de tres niveles de altura del tronco (Base, Media y Alta) de la especie forestal antes mencionada, y se tomó muestras de 5 árboles teniendo como referencia la Norma Peruana ITINTEC 251.008, sobre la selección y colección de muestras de árboles.

Los resultados obtenidos después de la evaluación fueron: La especie forestal ensayada *Miconia barbeyana* Cogniaux posee una acidez débil cuyo pH varía entre 3.84 y 4.13, asimismo no existiendo estadísticamente diferencia alguna entre madera de albura y duramen y entre niveles. La capacidad buffer ácida que posee la especie forestal en estudio fluctúa entre 5.18 y 8.36 ml. La capacidad buffer alcalina que posee la especie forestal en estudio fluctúa entre 2.84 y 3.20 ml

## I. INTRODUCCIÓN

Con el correr de los años las diferentes industrias madereras fueron dándose cuenta de la importancia de conocer muy bien la materia prima con la cual trabajaban, es así como fueron centrando sus intereses en las diferentes variables que se relacionan con sus procesos, pudiendo una vez conocidas éstas, modificarlos y mejorarlos.

En el caso de la industria de las maderas reconstituidas (contrachapados, aglomerados, fibras, etc.), la composición química de la madera tiene un rol muy importante, puesto que sus variables se relacionan íntimamente con el proceso. La acidez medida como pH o capacidad buffer es una de las más importantes ya que influye en el fraguado de las resinas. Por ello el conocer la acidez de la madera con que se trabaja permitirá elegir la formulación adhesiva más adecuada y conveniente.

En nuestro país, específicamente en nuestra amazonía, los trabajos de investigación sobre las propiedades tecnológicas de la madera son muy generales, bajo esa premisa nos abocaremos a realizar este trabajo cuya finalidad es proporcionar información sobre una de las propiedades que aun no han sido estudiados como es el pH de la especie en mención, el problema está

basado principalmente en determinar el comportamiento de la especie paliperro (*M. barbeyana*), su pH a distintas alturas del fuste comercial tanto en la parte baja, media y alta en cinco árboles de la misma especie y diferencias de pH entre albura y duramen.

La importancia de la determinación del pH radica en que estos facilitan la labor en el proceso de transformación industrial. Por ejemplo en la coloración de la madera cuando es expuesta ante la radiación solar, fijación de determinados preservantes químicos, barnices y lacas, y principalmente en el fraguado de adhesivos de diferentes tipos y concentraciones utilizados en la industria de tableros de madera sólida, chapas, partículas y fibras (ante estas dificultades es necesario resaltar la importancia de este trabajo de investigación sirva de base para trabajos futuros)

### **Objetivos**

- Determinar el pH en tres niveles de alturas del fuste (base, media y alta) en la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro”.
- Determinar el pH en albura y duramen en la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro”.
- Evaluar las diferencias de capacidad Buffer (ácido y alcalino) en tres niveles del fuste (base, media y alta) en la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro”.
- Determinar la capacidad Buffer en albura y duramen en la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro”.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Descripción de *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro”

GASCÓN (2002), describe *Miconia barbeyana* Cogniaux “paliperro” es un árbol de hasta 15 m de altura y de unos 30 cm de diámetro, con fuste recto y pocas ramas, corteza externa lisa, de color verdoso, corteza interna homogénea, blanquecina, ramitas terminales cuadrangulares, de 1-2 cm de sección, glabras, de color marrón grisáceo. Presenta hojas simples, opuestas, glabras pero con pubescencia solamente en el nervio medial por el envés, pecíolos de 2-3 cm de longitud, raramente pubescentes; laminas elípticas, de 10-18 cm de longitud por 4-6 cm de ancho, el margen entero y resuelto en la parte basal, el ápice acuminado; nervación trinervada sub basal. Inflorescencias en panículas terminales, de 6 cm de longitud por 4 cm de diámetro, con numerosas flores. Flores hermafroditas, de unos 6 mm de longitud, con hipando tubular; cáliz lobulado; pétalos blancos y ovario ínfero. Frutos en bayas de color morado; semillas piramidales a ovoides, generalmente lisas. Su fonología se ha registrado flor en septiembre y frutos en octubre-noviembre. Usos, madera muy buena para leña. Observaciones para reconocimiento de la especie: las Melastomatáceas suelen ser reconocibles por el patrón característicos de sus hojas, con dos nervios laterales y los terciarios paralelos entre si. *Miconia barbeyana* se caracteriza entre otras especies por sus grandes hojas pecioladas, glabras pero con el nervio medial pubescente en

el envés. Se distribuye en ares alteradas de la región central andina, entre los 500-2.500msnm.

Cronquist, citado por MOSTACERO et. al. (2002), describe a la especie de la siguiente manera:

Clase : MAGNOLIOPSIDA

Subclase : ROSIDAE

Orden : MYRTALES

Familia : MELASTOMATACEAE

Genero : Miconia

Especie : barbeyana

Nombre científico : *Miconia barbeyana* Cogniaux

Nombre vulgar : "Paliperro"

### 2.1.1. Propiedades físicas

ROMANÍ (2003), determinó las propiedades físicas mecánicas de la especie, en estudio a nivel de probetas, los cuales se presentan en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1. Valores de las propiedades físico mecánicas en probetas

Ensayos	Especie		Valores permisibles	
	Unidad	<i>Miconia barbeyana</i>	Wood handbook	
		Promedio	Rango	(%)
<b>1. Ensayos físicos</b>				
Densidad básica	g/cm <sup>3</sup>	0.537	0.506 - 0.554	10
Contracción vol.	%	12.069	11.54 - 12.96	16
Contracción radial	%	5.799	5.356 - 6.265	15
Contracción tg	%	10.42	10.08 - 11.00	14
<b>2. Ensayos mecánicos</b>				
<b>2.1. Flexión estática</b>				
MOR	Kg/cm <sup>2</sup>	551.5	498.1 - 633.6	16
MOE	Kg/cm <sup>2</sup>	110324	101.2983 - 122560	22
ELP	Kg/cm <sup>2</sup>	293.7	239.6 - 340.2	22
<b>2.2. Compresión paralela</b>				
MOR	Kg/cm <sup>2</sup>	292.29	258.93 - 242.66	18
ELP	Kg/cm <sup>2</sup>	211.11	176.82 - 242.66	24
MOE	Kg/cm <sup>2</sup>	128307	113282 - 148700	29
<b>2.3. Compresión perpendicular</b>				
ELP	Kg/cm <sup>2</sup>	33.83	26.68 - 37.01	28
<b>2.4. Dureza</b>				
Lados	Kg/cm <sup>2</sup>	309.3	261.9 - 361.5	17
Extremos	Kg/cm <sup>2</sup>	381.5	320.1 - 422.8	20
<b>2.5. Cizallamiento</b>				
Promedio	Kg/cm <sup>2</sup>	71.8	62.85 - 80.82	25
<b>2.6. Tenacidad</b>				
	Kg/cm <sup>2</sup>	0.78	0.272 - 1.0675	34

FUENTE: ROMANÍ (2003)

### 2.1.2. Descripción de la madera

DETIENNE (1993), realizó un estudio de las características del género *M. barbeyana* y describe que la madera presenta un color beige a marrón – rojizo, con densidades que varían de 0.50 – 0.60 g/cm<sup>3</sup> (*M. amazónica*, *M. elata*, *M. uruensis* y *M. lepidota*, *M. myriantha* y *M. abovalis*). Poros difuso, solitarios y en racimos, múltiples radiales de 2 a 4 poros, menores a 10 /mm<sup>2</sup> (*M. abobalis*, *M. poeppigii* y *M. suriamensis*) a más de 30/mm<sup>2</sup> (*M. dichorophylla* y *M. reducens*), finos a mediados de 60 a 170 μ. Las puntuaciones de los elementos vasculares es de 4 a 8 μ de diámetro. Parenquima en bandas, se presenta en cantidades variables según las especies. Fibras septadas ó divididas, de paredes menos lignificadas que aparecen más claras en la sección transversal. Filas de células compuestas de 3 a 6 elementos. Radios uniseriados en la mayoría biseriados (*M. mucronata* y *M. poeppigii*), de estructura heterogéneas: células cuadradas a ligeramente entrelazadas (*M. tomentosas*) raramente alargadas horizontalmente (*M. poeppigii*). Puntuaciones radio vasculares generalmente idénticas en tamaño a los intervasculares, pero más largas (*M. chrysophylla*, *M. elata*, *M. reducens* y *M. tomentosa*). Fibras con puntuaciones simples.

### 2.1.3. Variación de la densidad según la altura del fuste

VASQUEZ (2006), en estudio de la especie forestal *M. barbeyana* en tres niveles de altura del fuste, menciona que la densidad aumenta de base del árbol hacia el copa, dichos resultados se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variación de la densidad básica según el nivel de altura del fuste

<b>NIVELES DE ALTURA DEL FUSTE</b>	<b>Extractivos</b>	<b>Densidad básica (g/cm<sup>3</sup>)</b>
NIVEL 1	15.21	0.49
NIVEL 2	14.92	0.51
NIVEL 3	13.9	0.53

Fuente: VÁSQUEZ (2006)

## **2.2. Concepto de Madera**

### **2.2.1 Formación de la Madera**

Wilson y Loomis (1968) citados por TRUJILLO (1985), señalan que la madera es material de origen orgánico. Su formación se debe a la superposición sucesiva de los anillos de crecimiento en los árboles.

Torres (1960) Wilson y Loomis (1968), citados por TRUJILLO (1985), indican que durante el envejecimiento del árbol, este solo necesita de los anillos anuales más externos para la conducción de savia y suministros de materia transformada, mientras la madera interna va perdiendo gradualmente su actividad vital.

Gonzáles (1970), Kollmann (1959) y Torres (1960) citados por TRUJILLO (1985), manifiestan que la transformación de albura en duramen es acompañada por la fijación de resinas, gomas, taninos, esencias y productos en general muy complejos, que oscurecen su color e incrementan su duración en servicio.

### **2.2.2 Concepto de albura y duramen**

La albura se encuentra en la parte lejana al eje del tronco rodeando al duramen, su importancia radica en que es conductora de agua y nutrientes minerales desde la raíz hacia el interior de la madera, está constituida por un tejido parenquimático vivo que a menudo cumple con algunas funciones fisiológicas tal como almacenamiento de almidón y grasas (MELO, 1976). Desde este punto de vista la albura es considerada como el tejido activo del xilema (NOBUO, 1990).

La albura tiene un espesor variable de 3 a 15 cm en árboles maduros y jóvenes de rápido crecimiento, forma la totalidad de la madera, se caracteriza por ser más porosa, menos densa, más blanda y en ocasiones menos valiosa que el duramen (KOLLMANN, 1959).

El duramen se ubica en la parte céntrica del tronco junto a la médula, se origina cuando la madera formada con algunos años de antelación, sufre unos fenómenos denominados duraminización que determina como principal efecto el cambio de color, tonalidades más oscuras. Pero también se producen otros cambios, los que destaca la pérdida del contenido de humedad, la merma de sus cualidades de permeabilidad e incremento en el contenido de resinas, grasas, taninos y otras sustancias extractivas. La duraminización constituye el íntimo estado de transformación antes del siguiente proceso que es la degradación de los tejidos de los árboles (MELO, 1976).

Este proceso es uno de los efectos de que lleva consigo la madurez y envejecimiento de la planta, por el que las células más internas del xilema pierden su funcionalidad, muriendo las células vivas del parénquima y

se producen alteraciones químicas en esa parte de la madera (MELO, 1976).

Asimismo la duraminización ocurre tanto en el fuste como en las ramas y en el caso de las raíces solo sucede en aquellas raíces de mayor diámetro y más cercanas al fuste (MELO, 1976).

### **2.3. Composición química de la madera**

Para hacer un aprovechamiento óptimo de la madera desde el punto de vista químico es necesario conocer su composición química, cuyos compuestos surgen de la combinación de los elementos como Carbono 50%, Hidrógeno 6%, Oxígeno 43%, Nitrógeno 1%, Cenizas 0,5%. La que se compone, de forma general, de dos grupos de sustancias: extraíbles y los componentes de la pared celular, estos últimos comprenden la celulosa, lignina y hemicelulosa (NOBUO, 1990).

Cada uno de estos componentes presentan distintas estructuras químicas. Sus proporciones, en los vegetales leñosos, comprenden los siguientes rangos de valores. Componentes de la lignina, entre 25 y 35 % (maderas blandas), entre 17 y 25% (maderas duras); celulosa, entre 40 y 45%, prácticamente igual tanto para maderas duras que para maderas blandas); hemicelulosa, 20% (maderas blandas), entre 15 y 35 % (maderas duras). Por otra parte se puede decir que los árboles no podrían alcanzar tanta altura si sus troncos no estuvieran impregnados de lignina, cuya propiedad de aglutinamiento proporciona la dureza y rigidez necesaria a los haces de fibras celulósicas (NOBUO, 1990).

**Componentes extraíbles**, tenemos compuestos alifáticos, aromáticos, alcoholes, y varios tipos de ácidos, esterres y compuestos fenólicos, taninos, aceites esenciales, resinas, ceras y algunos alcaloides. Se incluye además a los componentes inorgánicos y a los carbohidratos solubles en agua. De esta lista solo un pequeño grupo de ellos es tecnológicamente importante. Los extraíbles están distribuidos en el lumen de la célula en los canales resiníferos, en las células parénquimáticas radiales y en menor cantidad en la lámina media, espacios intercelulares, y pared celular de traqueídas y fibras libriformes. Es importante destacar que los extractivos (extraíbles) a pesar de dar propiedades especiales tales como color, olor y durabilidad, no forman parte de la madera. El contenido de extractivos en la mayoría de las maderas es bajo, por ejemplo en especies que crecen en zonas templadas se presentan en cantidades promedio de 5% y en especies de zonas tropicales representan un 10%. Los extractivos se ubican preferentemente en el duramen, pero existe una pequeña cantidad en la albura que alcanza un promedio de 1-2%, respecto al peso seco de la madera. La cantidad de extractivos decrece en forma gradual en el árbol desde el suelo hasta la copa (WEGENER, 1984).

## **2.4. Influencia sobre el pH**

### **2.4.1. Influencia de los extractivos en el pH**

La importancia de los extractivos, en que estos son los que determinan el pH y capacidad Buffer de la madera, propiedades que dependen del tipo y cantidad de los compuestos extraíbles (WEGENER, 1984).

#### **2.4.2. Efecto de edad**

Los efectos de la edad varían por especie y localización geográfica donde los árboles crecen. El aumento de la edad en los árboles, va acompañado de una serie de fenómenos que modifican la calidad de la madera. Así para una cierta edad se verifica, un descenso en la rapidez de crecimiento, un aumento en la textura promedio para la sección del fuste y generalmente, un incremento en el grosor de las paredes celulares (MORALES, 1968).

#### **2.4.3. Efecto del sitio**

El sitio de procedencia de los árboles juega un papel muy importante en la variabilidad de las propiedades de la madera. La influencia del sitio sobre la densidad fue determinada por diversos investigadores (SIERRA y SALGADO, 1994). Se concluyó que la densidad de la madera disminuye frente a un aumento del índice de sitio, es decir, de los mejores sitios se obtiene madera de baja densidad. Sin embargo, MORALES (1968) concluye que la calidad del sitio posee poca o ninguna influencia en la densidad de la madera. Estas discrepancias pueden explicarse por la gran variación en las condiciones bajo las cuales crecen los árboles en los diferentes países y regiones (SALVO, 1999).

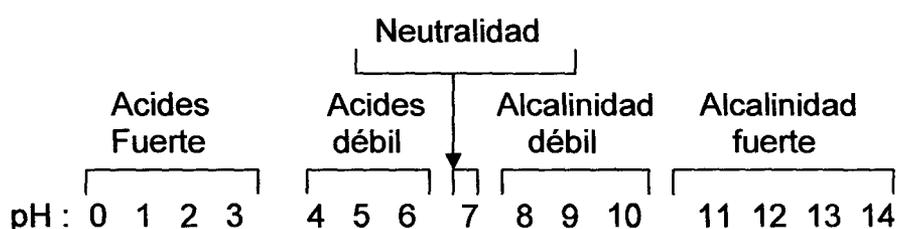
#### **2.5. pH de la madera.**

El pH de la madera es una propiedad 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 (WEGENER, 1984).

Para toda solución, la acidez o basicidad dependerá de la cantidad de iones hidrógeno o iones hidroxilo presentes es decir la concentración de iones hidrógeno e hidroxilo determinará el nivel de acidez o basicidad de la solución. Por lo tanto una sustancia se comportará el nivel de acidez o base, cuando al disolverla en agua aumente la cantidad de iones  $H^+$  u  $OH^-$  (WEGENER, 1984).

Podemos definir los diferentes niveles de acidez o basicidad mediante una escala que comprende el rango de 1 a 14. Definiéndose como ácidas las sustancias o soluciones cuyo pH esté en el rango de 1 a 6 y se definirá como básicas o alcalinas las sustancias o soluciones cuyo pH esté en el rango de 8 a 14 y el valor central se considera como pH neutro (WEGENER, 1984).



Las diferencias de pH son atribuidas al pH del suelo, temporada

de volteo, altura de la muestra en la troza, densidad, contenido de humedad de la madera y extractivos presentes en la madera (KOLLMANN, 1959). Se puede observar diferencias de pH entre madera de la base y de la copa de un árbol. La madera de la copa muestra en la mayoría de los casos, menos acidez que la altura del pecho (ALBIN, 1975). Asimismo se puede corroborar con los antecedentes teóricos los cuales indican un aumento del valor de pH de la base a la copa; además una relación directa de pH y extractivos (ALVAREZ y HERNÁNDEZ, 2001).

## **2.6. Capacidad Buffer**

Por otro lado y relacionado muy íntimamente con el pH, tenemos a la capacidad buffer, que se define como la capacidad de equilibrio de ionización que posee una sustancia o una solución. La resistencia de una solución a cambiar su concentración de iones de hidrógeno (pH) por la adición de una base o un ácido, se conoce como capacidad buffer o 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 (WEGENER, 1984).

En la madera se conoce la capacidad buffer acida como el volumen de la solución de hidróxido de sodio (NAOH) en mililitros (ml) requerido para aumentar el pH inicial de un extracto de madera hasta pH=7. En forma similar la capacidad buffer alcalina se define como el volumen de solución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), medido en ml, requerido para disminuir el pH inicial de un extracto de madera hasta pH=3, La capacidad buffer total se define como la suma de la capacidad buffer alcalina y ácido. La capacidad

buffer medirá, entonces, la capacidad la cantidad de ácido o base requerida para ajustar o mantener el pH de la madera a un nivel dado (WEGENER, 1984).

## **2.7. Estudios realizados sobre el pH de la madera**

NIAZI (1980), manifiesta que; la prepararon diferentes soluciones de ácidos y bases en ellas se sumergieron muestras de madera, la solución que no varío su pH representará el verdadero pH de la madera este método puede decirse que es mas exacto, pero por la desventaja que posee es necesario preparar una gran cantidad de soluciones con valores de pH aproximados al de la madera.

POYRY (1973), menciona que; usó el método de CAMPELL y BRYANT, para obtener una gráfica de variación de pH de la mezcla en función del pH original, interpolando para determinar el punto en que no ocurrían cambios de pH.

STAMM (1966), menciona que; comparó el método de CAMPELL y BRYANT y el usado por INGRUBER con el método de medición de pH en la superficie de la madera húmeda. STAMM, encontró que dan resultado comparable, sin embargo, el último resultó ser menos exacto, pues presentan errores en las mediciones que no se han realizado adecuadamente. Este investigador estableció, que la simple extracción usando una mezcla de madera molida y agua en proporción de 1:6 da valores satisfactorios de pH.

El procedimiento que generalmente se utiliza para determinar el pH de las maderas consiste en mezclar polvo de madera en 5 a 10 veces su

peso en agua destilada, llevada a ebullición y enfriar o simplemente agitarlo por varios minutos sin calentar, seguido de la determinación del pH del extracto de agua. Los resultados obtenidos pueden verse afectados por la extracción incompleta de los extractivos, que afectan el pH de la madera, variación de la cantidad y tipo de componentes extractivos en el agua y variación en el pH original del agua. Otro método para determinar el pH es la determinación calorimétrica de la concentración de iones de hidrógeno, que se con indicadores cuyos colores dependen del pH. Este método induce al error, ya que depende de la apreciación personal (STAMM, 1966).

POBLETE y ROFFAEL (1990), al determinar la cantidad de extraíbles y la acidez en corteza de cuatro especies nativas chilenas, encontraron que el valor de pH varía en forma importante dependiendo de la especie, diferencias similares se encontraron para la capacidad buffer.

SIERRA y SALGADO (1994), al estudiar el pH y capacidad buffer de seis especies de maderas debobinables, encontraron que el pH no varía significativamente entre las especies ensayadas a excepción del Coigue. Mientras que para la capacidad buffer muestran diferencias significativas.

POBLETE et. al. (1998), al realizar un estudio sobre el duramen y albura de *Acacia melanoxylon* como materia prima para tableros de partículas. Determinaron que el duramen presenta un mayor contenido de extraíbles y un menor valor de pH que la albura.

ALVARES y HERNANDEZ (2001), en un estudio realizado sobre la determinación de pH y Capacidad Buffer de *Pinus radiata* D. Don., donde se relacionados con las variables de altura, edad del árbol, tipo de madera (juvenil

y adulta) y composición química de la madera. Encontraron que los resultados de pH fue entre un rango de 3.85 y 5.42. El valor de la capacidad buffer ácida y alcalina promedio entre un rango de 4 – 15.4 ml. Y 2.8 – 8.8 respectivamente.

Algunos investigadores al realizar estudios sobre determinación de pH; obtuvieron resultados con un coeficiente de variabilidad menos del 30 % las cuales son considerados como un valor válido y representativo final (ALVAREZ y HERNANDEZ, 2001). Además, cuando el error experimental tiende a cero, indica el grado de precisión que ha alcanzado el experimento (VÁSQUEZ, 1990).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en tres fases: fase de campo (BRUNAS), fase de transformación (Laboratorio – Taller de Aprovechamiento Forestal) y la fase de Laboratorio (Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Localizada en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, con las siguientes coordenadas:

Latitud : 09° 09 00" Sur  
Longitud : 75° 57 00" Oeste  
Altitud : 660 m.s.n.m.

Esta zona corresponde a la formación ecológica de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmt– PST).

#### **3.2. Materiales y equipos**

##### **3.2.1. Material biológico**

Especie Forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux (paliperro o palo

gusano), la identificación estuvo a cargo de la Sección de Anatomía de la madera del Departamento de Industria Forestal de la UNALM. (Anexo 1).

### **3.2.2. Material de campo y transformación.**

- Motosierra
- Machete.
- Pintura
- Combustible (gasolina 90)
- Molino.
- Aceite Diesel

### **3.2.3. Material de laboratorio.**

- Tamizadores de 40-60 de granulometría.
- Equipo SOXHLET.
- Matraces.
- Espátulas.
- Papel filtro
- Bureta
- Vaso de precipitación

### **3.2.4. Equipos**

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Peachimetro.
- Balanza electrónica.

### **3.2.5. Reactivos.**

- Agua destilada.
- Solución de NaOH 0.0250 N.
- Solución de HCl 0.0250 N.

### **3.3. Metodología**

Para determinar el pH y la capacidad Buffer (ácido y alcalino) se usó madera del duramen y albura de tres niveles de altura del tronco (Base, Media y Alta) de la especie forestal antes mencionada, y se tomó muestras de 5 árboles teniendo como referencia la Norma Peruana ITINTEC 251.008, que trata sobre la selección y colección de muestras de árboles.

#### **3.3.1. Definición de la zona en el árbol**

Para la determinación del pH y la capacidad de Buffer en la madera se empleó tres niveles de altura del árbol teniendo como referencia a la altura comercial, desde el tocón hasta la primera ramificación Figura 1.

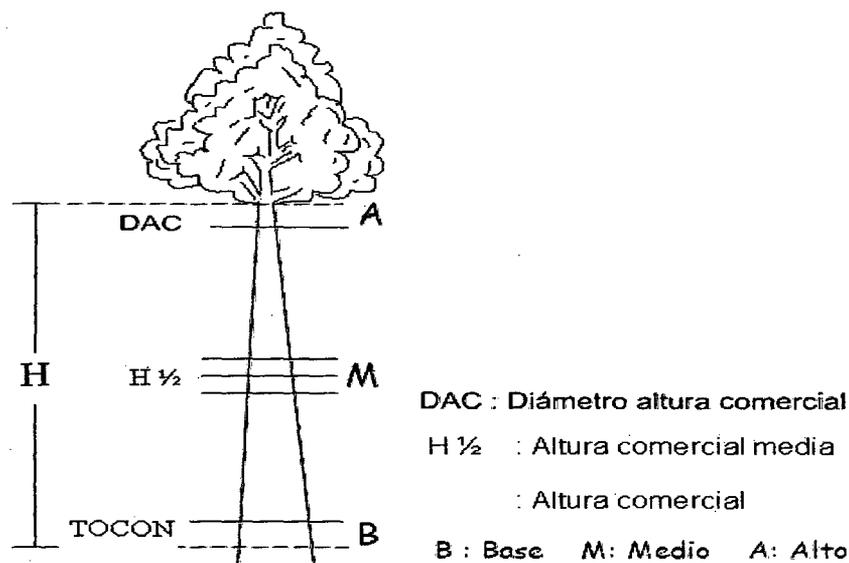


Figura 1. Niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

### 3.3.2. Obtención de muestras

Las muestras que se utilizaron en este estudio fueron obtenidas de madera de la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux. “paliperro” ó “palo gusano” extraídos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

### 3.3.3. Reconocimiento de albura y duramen

Se identificó en cada troza de 50 cm., de longitud la albura y el duramen, teniendo en cuenta el color de la madera; luego se obtuvo una sección de albura y duramen a diferentes alturas del fuste comercial del árbol.

### 3.3.4. Obtención de aserrín

De cada nivel, sea albura o duramen; se convirtió en astillas para

luego con la ayuda de un molino obtener aserrín y se llevó a una estufa para ser secadas con una temperatura de 70°C por espacio de tres días, finalmente fueron almacenadas en bolsas térmicas debidamente codificadas, con la finalidad de evitar manchas y hongos.

### **3.3.5. Clasificación del aserrín**

Para la clasificación del aserrín nos basamos en la Norma americana ASTM que trata sobre el análisis químico el cual debe realizarse con madera de tamaño de partículas entre 425 y 250  $\mu\text{m}$ . Es así que la madera molida fue tamizada utilizando mallas (40 y 60). La cantidad de madera molida retenida en el tamiz de 60, es decir lo que pasó el de 40 fue adecuada para el análisis, luego la madera molida fue almacenada en frascos de plásticos herméticamente cerrados hasta el ensayo respectivo.

### **3.3.6. Preparación de soluciones acuosas de madera**

De la muestra de cada nivel de altura del árbol se obtuvo soluciones acuosas (de albura y de duramen) esto con el fin de determinar el pH; y de estas mismas muestras, se obtuvo soluciones para la determinación de capacidad buffer (ácido y alcalino).

El procedimiento que se realizó fue: se pesó 5 g de aserrín dentro de un balón de 100 ml, se le agregó 50 ml de agua destilada y se agitó para homogenizar la muestra.

El balón con la muestra se llevó a un sistema de extracción simple (equipo SOXHLET), durante 20 minutos y luego se dejó enfriar, para

luego ser filtrada (con la ayuda de 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 fue el mismo día de la extracción de la solución.

### **3.3.7. Preparación de reactivos para la determinación de la Capacidad Buffer**

Para el análisis correspondiente, se empleó hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 0.025N.

La fórmula usada para la preparación de Hidróxido de sodio (NaOH) y el ácido clorhídrico (HCl) se detalla en el Anexo 17.

### **3.3.8. Mediciones de pH y Capacidad buffer**

Para realizar las mediciones de pH se contó con un peachimetro el cual se calibró al inicio de cada serie de mediciones. Para la determinación de la capacidad de Buffer (ácido y alcalino) del extracto acuoso de madera se separó en dos vasos (60ml en cada uno) teniendo en cuenta la temperatura (25° C aproximadamente) y se procedió a enfriar según lo requiera. Una vez homogenizada la temperatura y previamente bajo agitación magnética se midió el pH, introduciendo los electrodos del peachimetro en la solución registrando su respectiva lectura y temperatura. Luego en la misma solución y de una manera similar a la anterior se procedió a evaluar la capacidad buffer acida, para ello se agregó, con la ayuda de una bureta, gota a gota solución de NaOH 0.025N hasta alcanzar un pH lo mas cercano posible a 7, registrando los

ml empleados.

De manera análoga, se determinó la capacidad buffer alcalina agregando gota a gota de HCl hasta estabilizar el pH cercano o igual a 3.

### 3.4. Análisis Estadístico

Los resultados fueron evaluados mediante un diseño factorial 3H, 2S, 5M, 3R

$$Y_{ijkl} = U + H_i + S_j + Mk + (HS)_{ij} + (SM)_{ik} + Rl + Z_{ijkl} \begin{cases} i = 3 \\ j = 2 \\ k = 5 \\ l = 3 \end{cases}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Resultados de la evaluación

U = Promedio general de las evaluaciones

$H_i$  = Alturas del árbol

$S_j$  = Secciones del árbol

Mk = árbol

$(HS)_{ij}$  = Efecto de altura y sección

$(HM)_{ik}$  = Efecto de altura y árbol

$(SM)_{ik}$  = Efecto de sección y árbol

RI = Repeticiones

$Z_{ijkl}$  = Error experimental

Para la comparación de promedios se utilizó la prueba de Duncan a un nivel de significación de 0.05.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Valores promedio de pH

Los resultados promedios obtenidos de las mediciones efectuadas en madera de albura y duramen de cada uno de los árboles. Se incluyen además el resultado promedio total para cada nivel de altura de la especie forestal en estudio y el coeficiente de variabilidad (Cuadro 3 y Figura 2)

Cuadro 3. Valores promedio de pH en madera de albura y duramen de la especie forestal *M. barbeyana*.

Valores promedio de pH						
Árbol N°	Niveles de altura del fuste					
	B		M		A	
	Albura	Duramen	Albura	Duramen	Albura	Duramen
1	3.59	3.64	3.98	4.01	3.93	3.81
2	4.03	3.74	4.33	4.36	4.49	3.98
3	3.77	4.05	3.62	3.74	4.31	4.16
4	3.60	3.77	4.13	4.22	4.10	3.97
5	4.02	4.21	4.34	4.60	4.00	3.87
Promedio	3.80	3.88	4.08	4.19	4.17	3.96
Desviación estándar	0.22	0.24	0.30	0.33	0.23	0.13
Coeficiente de variabilidad	5.70	6.09	7.28	7.91	5.51	3.35

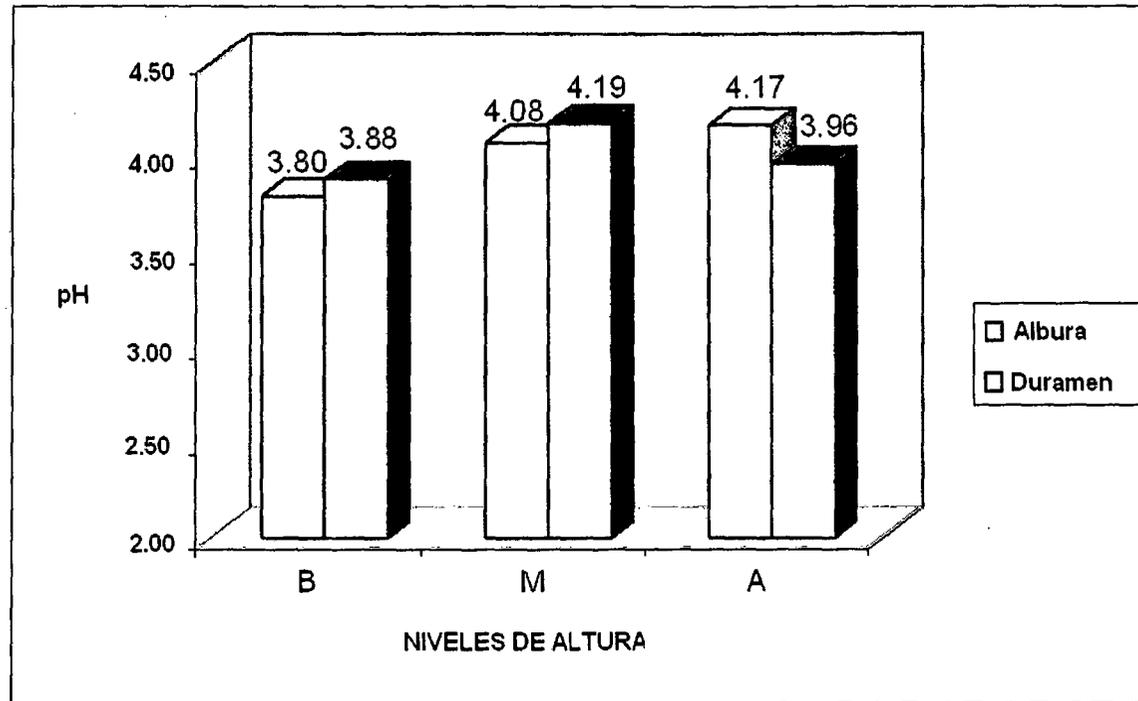


Figura 2. Valores promedio de pH de albura y duramen por niveles de altura.

## 4.2. Valores promedio de capacidad Buffer

### 4.2.1. Capacidad Buffer ácido

Se presentan los valores promedios, desviación estándar, numero de repeticiones y coeficiente de variabilidad para los resultados de capacidad buffer ácido en madera de albura y duramen en los tres niveles de altura del fuste (Cuadro 4 y Figura 3).

Cuadro 4. Valores promedio de Buffer ácido en madera de albura y duramen de la especie forestal *M. barbeyana*.

<b>Valores promedio de capacidad Buffer ácido</b>						
<b>Niveles de altura del fuste</b>						
<b>Árbol N°</b>	<b>B</b>		<b>M</b>		<b>A</b>	
	<b>Albura</b>	<b>Duramen</b>	<b>Albura</b>	<b>Duramen</b>	<b>Albura</b>	<b>Duramen</b>
1	3.0	3.2	3.1	3.1	2.7	3.5
2	2.7	2.3	3.3	2.7	3.3	3.5
3	2.5	2.2	2.3	2.0	2.7	3.2
4	2.8	2.6	2.9	2.6	3.3	3.0
5	3.3	3.7	3.5	3.1	3.5	3.4
Promedio	2.85	2.82	3.00	2.70	3.09	3.31
Desviación estándar	0.31	0.62	0.43	0.47	0.35	0.22
Coeficiente de variabilidad	10.85	21.96	14.49	17.28	11.39	6.50

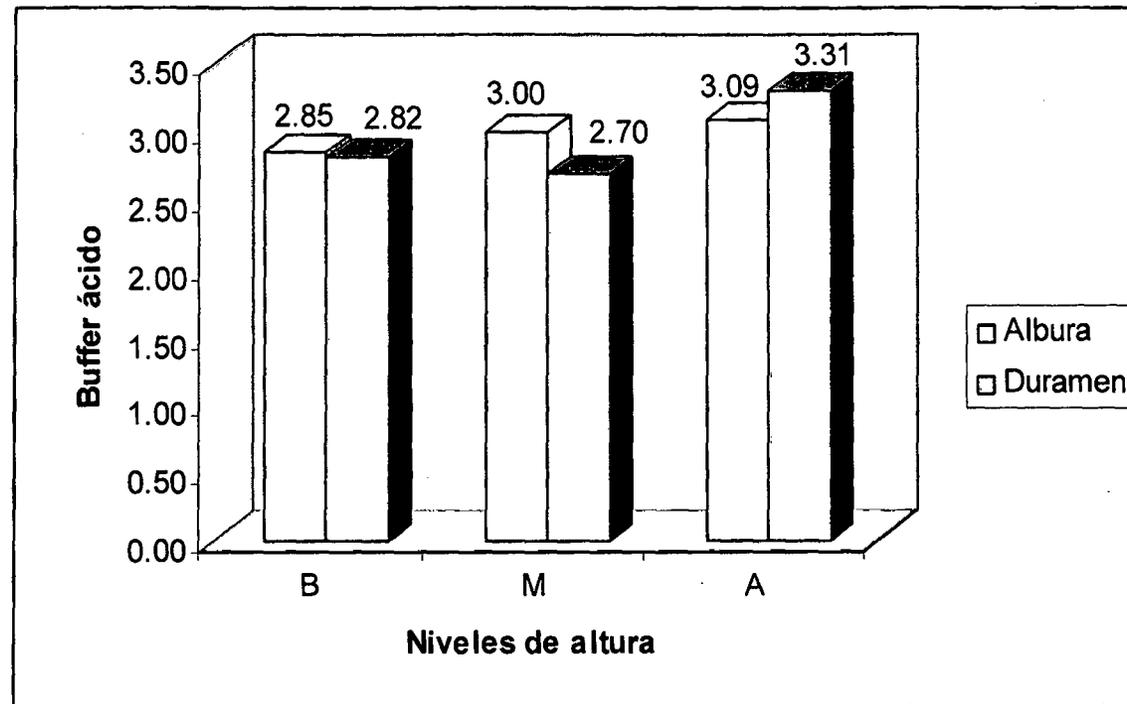


Figura 3. Valores promedio de buffer ácido de albura u duramen por niveles de altura.

#### 4.2.2. Capacidad Buffer alcalino

Se presentan los valores promedios, desviación estándar, número de repeticiones y coeficiente de variabilidad para los resultados de capacidad buffer alcalino en madera de albura y duramen en los tres niveles de altura del fuste (Cuadro 5 y Figura 4).

Cuadro 5. Valores promedio de Buffer alcalino en madera de albura y duramen de la especie forestal *M. barbeyana*.

Valores promedio de capacidad Buffer alcalino						
Árbol N°	Niveles de altura del fuste					
	B		M		A	
	Albura	Duramen	Albura	Duramen	Albura	Duramen
1	8.7	18.5	6.3	10.6	8.6	9.3
2	8.0	5.7	5.2	2.7	4.3	9.3
3	4.4	4.1	4.4	3.2	8.7	2.6
4	9.8	7.5	6.7	6.9	4.5	9.0
5	8.0	4.1	6.5	2.5	9.7	11.6
Promedio	7.77	7.97	5.85	5.18	7.15	8.36
Desviación estándar	2.01	2.03	1.00	1.50	2.10	2.40
Coeficiente de variabilidad	25.89	25.45	17.03	28.99	29.36	28.73

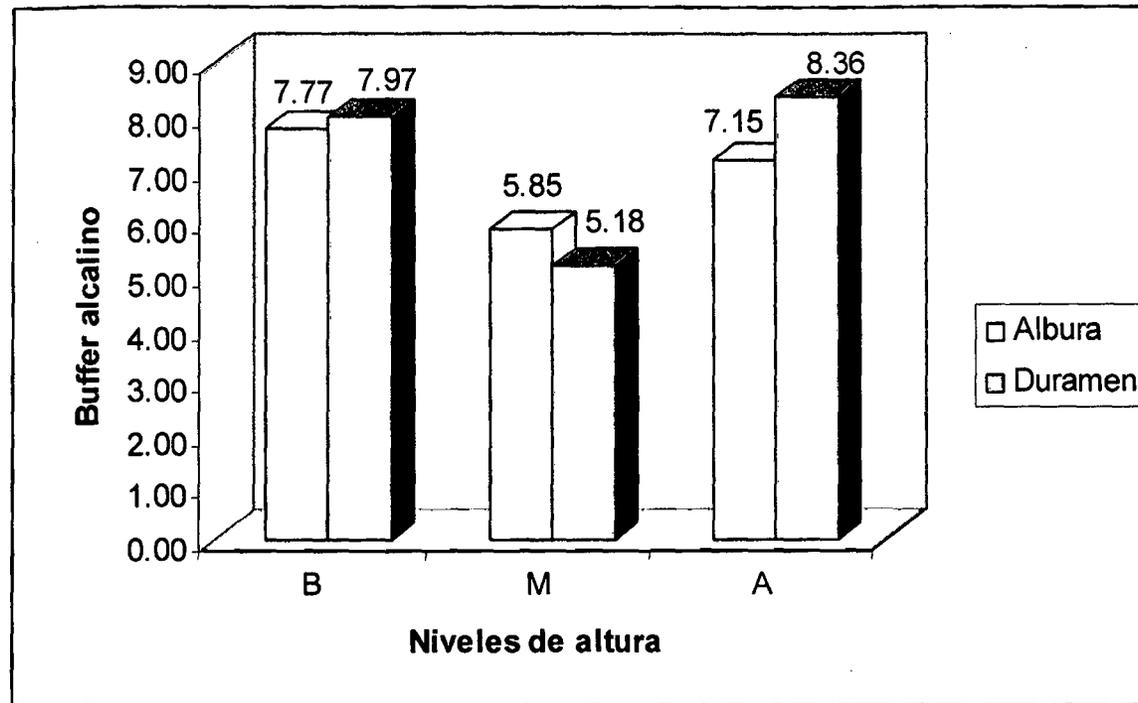


Figura 4. Valores promedio de buffer alcalino de albura u duramen por niveles de altura.

### Curvas de pH, Buffer ácido y alcalino

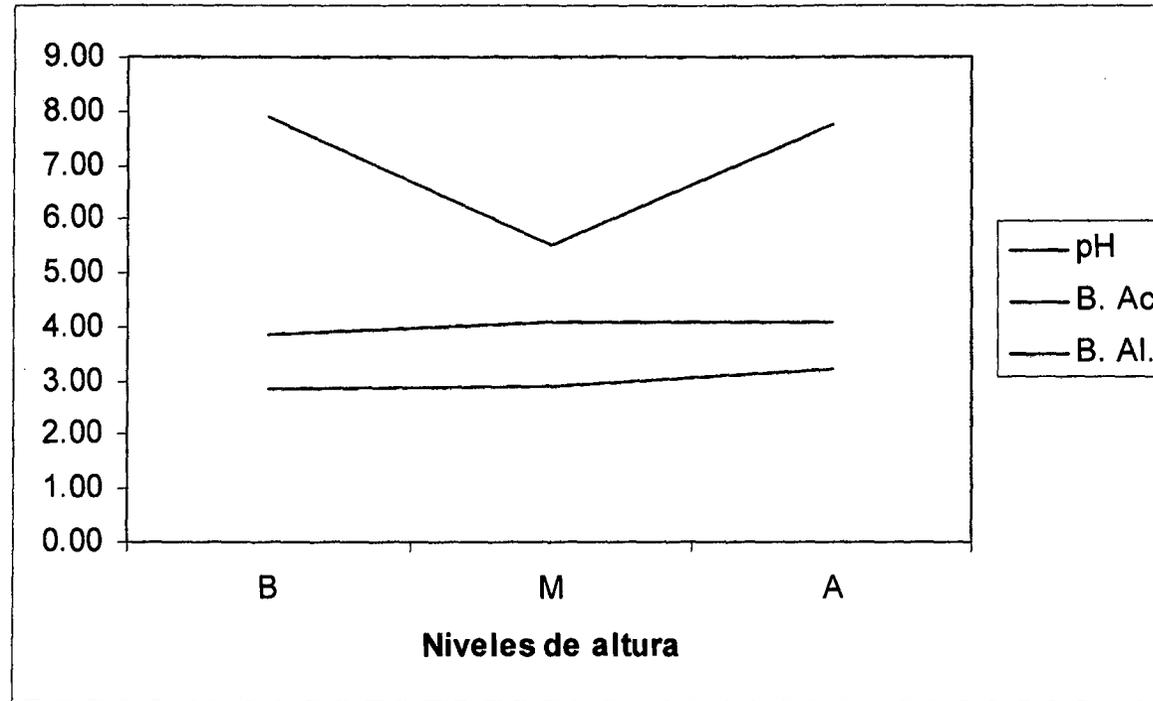


Figura 5. Curvas de pH, Buffer ácido y alcalino en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

Cuadro 6. Comparación de promedios del pH en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

OM	NIVELES	PROMEDIO	SIGNIFICACIÓN
1	M	4.08	a
2	A	4.07	a
3	B	3.84	b

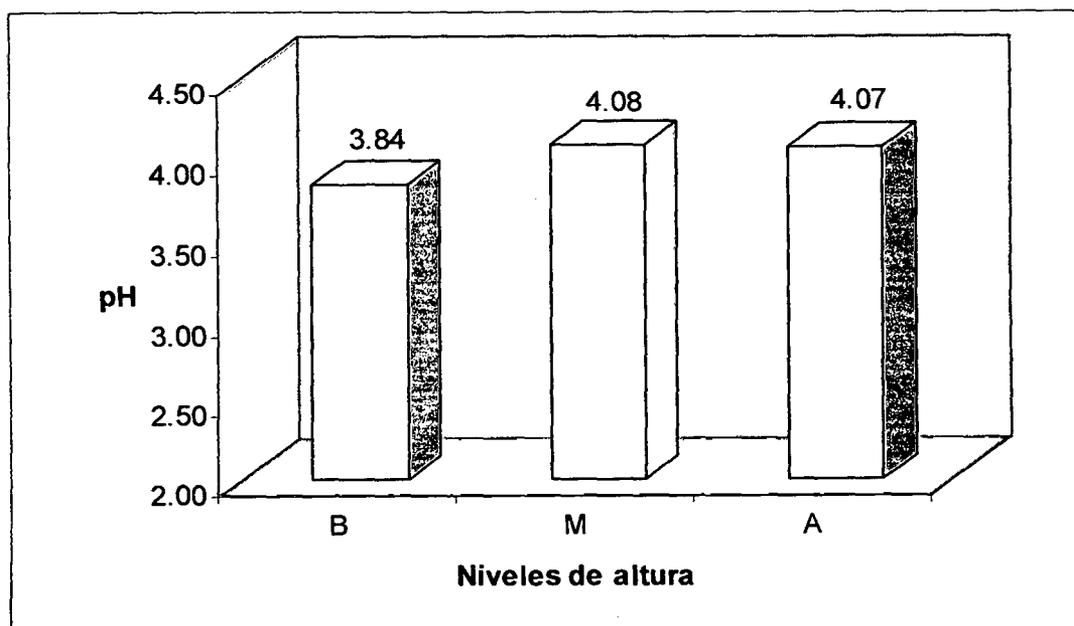


Figura 6. Comparación de promedios del pH en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

Cuadro 7. Comparación de promedios en pH de albura y duramen de la especie forestal en estudio

OM	SECCIÓN	PROMEDIO	SIGNIFICACIÓN
1	A	4.02	a
2	D	3.97	a

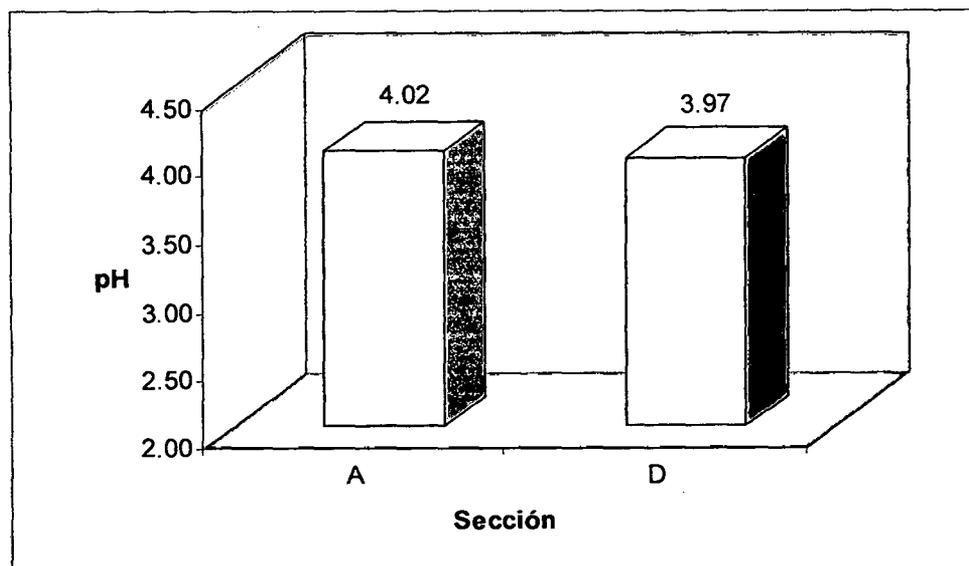


Figura 7. Comparación de promedios en pH de albura y duramen de la especie forestal en estudio

Cuadro 8. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio

OM	NIVELES	PROMEDIO	SIGNIFICACIÓN
1	A	3.21	a
2	M	2.88	b
3	B	2.83	b

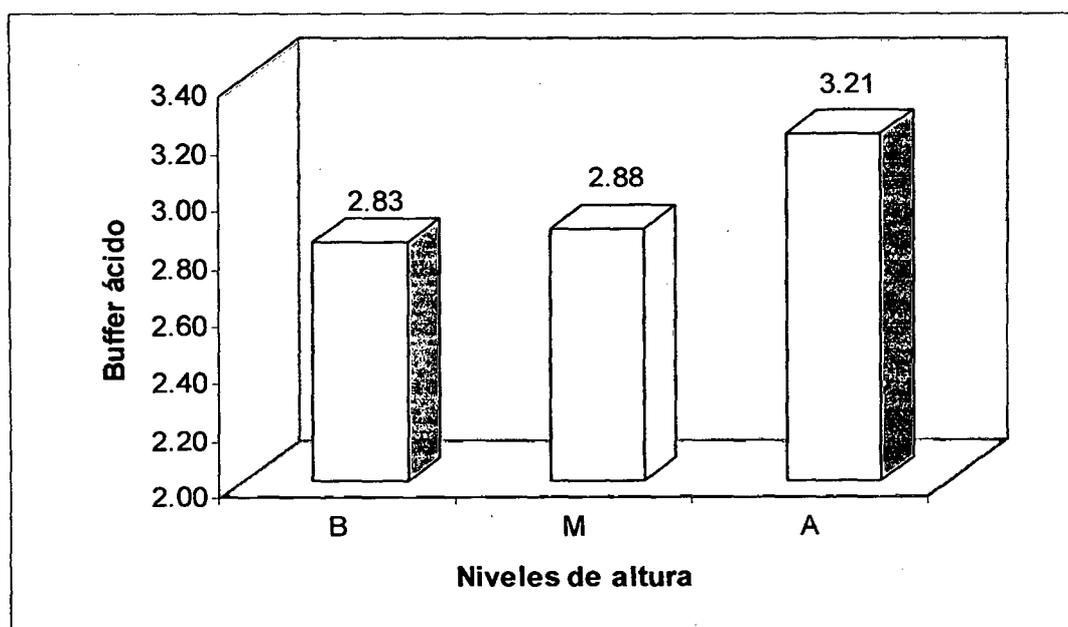


Figura 8. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

Cuadro 9. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido de albura y duramen de la especie forestal en estudio.

OM	SECCIÓN	PROMEDIO	SIGNIFICACIÓN
1	A	2.99	a
2	D	2.95	a

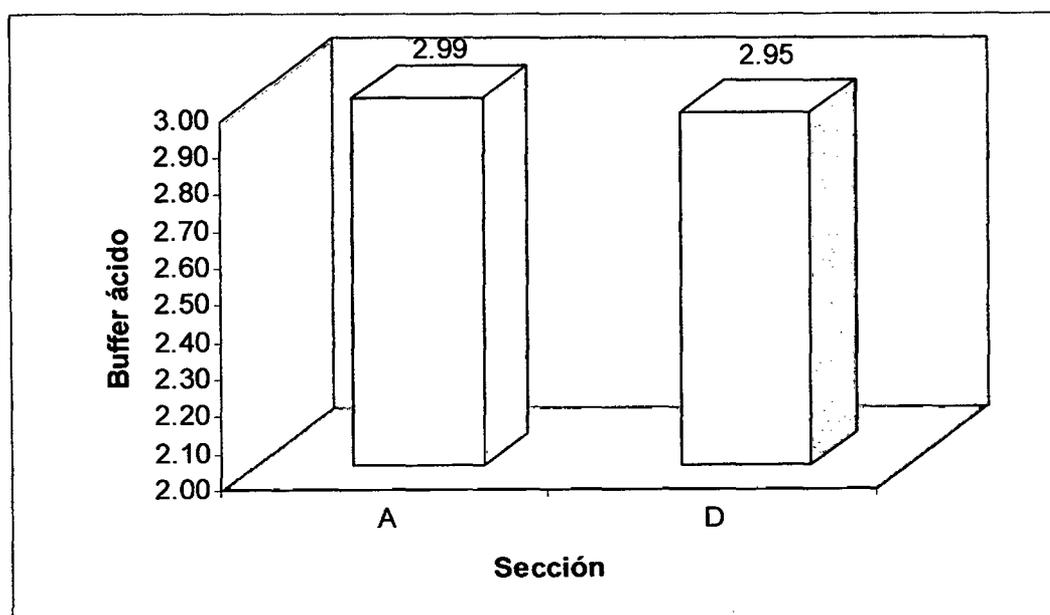


Figura 9. Comparación de promedios de capacidad Buffer ácido de albura y duramen de la especie forestal en estudio.

Cuadro 10. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

OM	NIVELES	PROMEDIO	SIGNIFICACIÓN
1	B	7.88	a
2	A	7.76	a
3	M	5.50	b

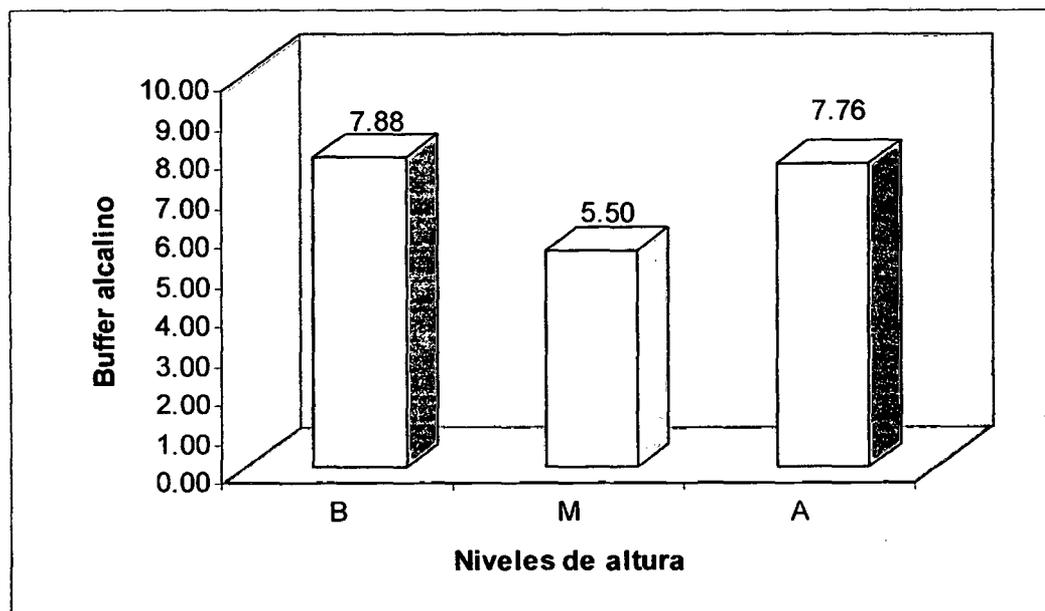


Figura 10. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino en los niveles de altura del árbol de la especie forestal en estudio.

Cuadro 11. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino de albura y duramen de la especie forestal en estudio

OM	SECCIÓN	PROMEDIO	SIGNIFICACIÓN
1	D	7.17	a
2	A	6.92	a

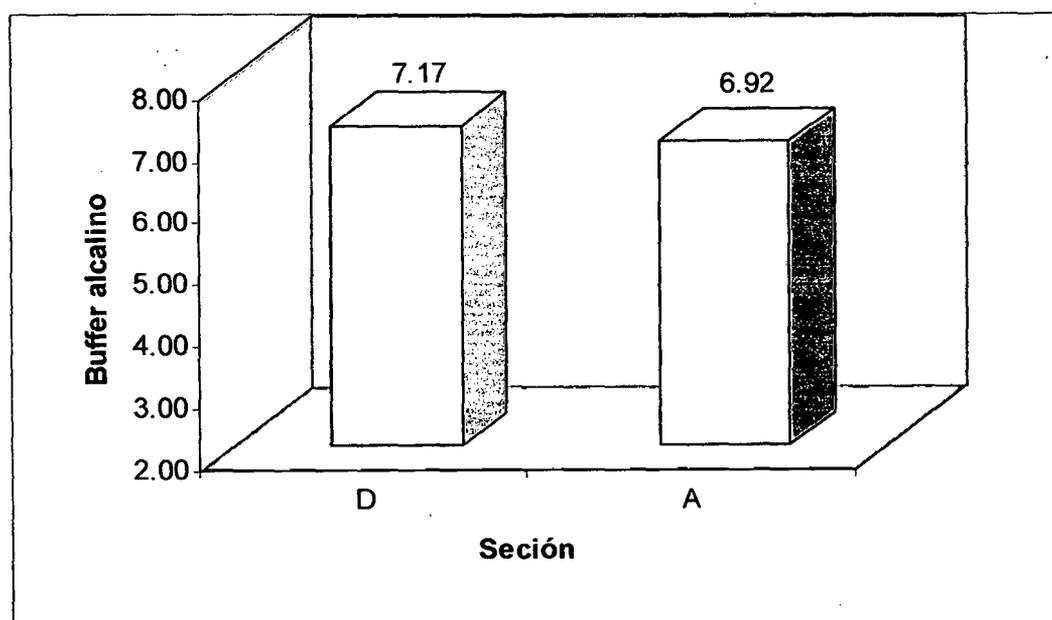


Figura 11. Comparación de promedios de capacidad Buffer alcalino de albura y duramen de la especie forestal en estudio.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. pH

Los coeficientes de variabilidad de los valores promedio de pH en madera de albura y duramen (Cuadro 3), presentan valores menores al 30 % tal como mencionan algunos investigadores al realizar estudios sobre determinación de pH; que resultados con un coeficiente de variabilidad menos del 30 % son considerados como un valor válido y representativo final (ALVAREZ y HERNANDEZ, 2001). Cuando el error experimental tiende a cero, indica el grado de precisión que ha alcanzado el experimento (VÁSQUEZ, 1990). Esto indica que el error experimental fue controlado de manera aceptable, debido al buen desempeño de la metodología empleada para el presente trabajo de investigación.

En la Figura 6 y Cuadro 6, se muestra la comparación de promedios (prueba de Duncan al 0.05) de pH en tres niveles de altura del fuste de los cinco árboles, donde indica que el nivel medio (M) alcanzó el mayor promedio de pH sin superar estadísticamente al nivel alto (A), pero sí al nivel base (B). Asimismo que el nivel base (B) presentó menor promedio en pH, siendo estadísticamente diferente a los niveles alto (A) y medio (M). Se puede observar diferencias de pH entre madera de la base y de la copa de un árbol. La madera de la copa muestra en la mayoría de los casos, menos acidez que

la altura del pecho (ALBIN, 1975). Las diferencias de pH son atribuidas al pH del suelo, temporada de volteo, altura de la muestra en la troza, contenido de humedad de la madera y extractivos presentes en la madera (KOLLMANN, 1959). Dicha variación se puede deber principalmente al contenido de extractivos de la madera que aumenta de la copa hacia la base del árbol (VASQUEZ, 2006), Asimismo se puede corroborar con los antecedentes teóricos los cuales indican un aumento del valor de pH de la base a la copa; además una relación directa de pH y extractivos (ALVAREZ y HERNÁNDEZ, 2001).

En la Figura 7 y el Cuadro 7 se muestra que la madera de albura alcanzó mayor valor promedio en pH que el duramen, pero estadísticamente no existe diferencia entre albura y duramen. Dichos resultados son corroborados con otros trabajos realizados donde concluyen que dichas maderas tienen una tendencia a permanecer constante ((ALVAREZ y HERNÁNDEZ, 2001; SIERRA y SALGADO, 1994). Así mismo POBLETE (1998), en un estudio de *Acacia melanoxyton*, encontró que el valor del pH de la albura es mayor que el duramen.

## **5.2. Valores promedio de Buffer (ácido - Alcalino)**

Los coeficientes de variabilidad de los valores promedio de capacidad buffer ácido en madera de albura y duramen Cuadro 4, presenta valores menores al 30 % los cuales son considerados como valores validos representativos finales (ALVAREZ y HERNANDEZ, 2001). Cuando el error experimental tiende a cero, indica el grado de precisión que ha alcanzado el experimento (VÁSQUEZ, 1990). Esto indica que el error experimental fue

controlado de manera aceptable, debido al buen desempeño de la metodología empleada para el presente trabajo de investigación.

Se muestra la comparación de promedios de capacidad buffer ácido (prueba de Duncan al 0.05) en tres niveles de altura del fuste de los cinco árboles donde indica que El nivel alto (A) alcanzó el mayor promedio de buffer ácido, superando estadísticamente a los niveles medio (M) y bajo (B). Asimismo que el nivel bajo (B), presentó menor promedio en buffer ácido, siendo estadísticamente igual al nivel medio (M) (Figura 8 y Cuadro 8).

Por otro lado, en el Cuadro 9 se muestra que la madera de albura (A) alcanzó el mayor promedio en capacidad buffer ácido, sin superar estadísticamente a la sección de duramen (D).

Se presenta los coeficientes de variabilidad de los valores promedio de capacidad buffer alcalino en madera de albura y duramen, presenta valores menores al 30 % los cuales son considerados como valores válidos representativos finales (ALVAREZ y HERNANDEZ, 2001). Cuando el error experimental tiende a cero, indica el grado de precisión que ha alcanzado el experimento (VÁSQUEZ, 1990). Esto indica que el error experimental fue controlado de manera aceptable, debido al buen desempeño de la metodología empleada para el presente trabajo de investigación. (Cuadro 5).

En la Figura 10 y Cuadro 10, se muestra la comparación de promedios de capacidad buffer alcalino (prueba de Duncan al 0.05) en tres niveles de altura del fuste de los cinco árboles, donde indica que el nivel bajo (B) alcanzó el mayor promedio en buffer alcalino, sin superar estadísticamente al nivel alto (A) pero si al nivel medio (M).

La madera de duramen (D) alcanzó el mayor promedio en capacidad buffer alcalino, sin superar estadísticamente a la sección de albura (A). (Figura 11 y Cuadro 11).

## VI. CONCLUSIÓN

1. La especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux posee una acidez débil cuyo pH varia entre un rango de 3.84 a 4.13.
2. Estadísticamente existe una diferencia significativa entre el nivel bajo (B) y los niveles medio (M) y alto (A); pero en la clasificación general de pH los tres niveles están dentro del rango de acidez débil.
3. Estadísticamente la madera de albura y duramen son iguales no existiendo diferencia significativa entre ambas.
4. La capacidad buffer ácida que posee la especie forestal en estudio fluctúa entre 5.18 y 8.36 ml.
5. La capacidad buffer alcalina que posee la especie forestal en estudio fluctúa entre 2.84 y 3.20 ml.
6. Estadísticamente la capacidad buffer ácido en los niveles medio (M) y bajo (B) son iguales y estos son diferente significativamente al nivel alto (A).
7. Estadísticamente la capacidad buffer alcalino en los niveles medio (M) y alto (A) son iguales, pero estos diferentes al nivel bajo (B).
8. Estadísticamente la capacidad buffer ácido en madera de albura (A) y duramen (D) son iguales.
9. Estadísticamente la capacidad buffer alcalino en madera de albura (A) y duramen (D) son iguales.

## **VII. RECOMENDACIÓN**

1. Se recomienda, para futuras investigaciones, profundizar más en el tema de pH y capacidad buffer y las variables que influyan en estas propiedades de la madera debido a la importancia que tiene ya sea en la calidad del producto final como en la capacidad de producción de la empresa forestal.
2. Realizar el mismo trabajo de investigación para otras especies forestales de nuestra amazonía.
3. Para futuras investigaciones sería muy importante implementar los laboratorios del Área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera con equipos y materiales adecuados para desarrollar investigaciones referentes a las propiedades tecnológicas de la madera.

## ABSTRACT

The present work of research has taken in three stages; field stage (BRUNAS) stage of transformation (forest exploitation area) and the laboratory stage (laboratory of biochemistry of the faculty of food Industry) of the National Agrarian University of the forest located in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado Province, Huanuco Department. It used wood of forest specie *Miconia barbeyana* Cogniaux, to know like ordinary: "paliperro" or "palo gusano"

To determine the pH and the buffer capacity (acid and alkaline) it has used wood from duramen and albura of three levels of height from trunk (base, half and tall) of the forest having as reference the Peruvian norm ITINTEC 251.008 on the selection and collection of models of trees.

The results obtained after of the evaluation were; the forest specie *Miconia barbeyana* Cogniaux to own weak acidity whose pH varied between 3.84 and 4.13; likewise not existing statistical difference between wood of albura and duramen and between levels. The capacity acid buffer that own the specie forest in research fluctuate between 5.18 and 8.36 ml. The capacity alkaline buffer that own the specie forest in research fluctuate between 2.84 and 3.20 ml.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBIN R. 1975. Determinación del pH en diversas especies de la provincia de Valdivia. Revista Bosque. Facultad de Ingeniería forestal. Chile. 30 p.

ALVAREZ W. y HERNÁNDEZ V. 2001. Determinación del pH y la capacidad buffer de la madera de *pinus radiata* D.Don, proveniente de la zona III Arenales Bulnes - Mulchen. Seminario de Titulación Universidad del Bio Bio. Departamento Ingeniería en maderas. Concepción-chile. 82 p.

DETIENNE P. 1983. Atlas de identificación dos bois de l' amazonic et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical. Nogent – sur Morn, Francia. 349 p.

GASCON A. 2002. Manual de campo de especies forestales de bosque ribereño en la microcuenca Wara, San Alberto, Oxapampa – Perú. Trabajo de fin de carrera – UNALM. Lima. 90 p.

KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Traducido por Instituto forestal de investigaciones y experiencias y el servicio de la madera. 2da. Edición. Madrid - España. Tomo I.

- MELO, R. 1976. Pulpa kraft de mezclas de maderas nativas del sur de Chile. Laboratorio de Productos Forestales-Instituto de Investigación Tecnológica. Escuela de Ingeniería. Universidad de Concepción, Chile. Parte I. 106 p.
- MOSTACERO LEON J. MEJIA C. F. y GAMARRA T. 2002. Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Vol. I. Ed. Normas Legales S.A.C. 667 p.
- MORALES, R. 1968. Variación del peso específico y largo de traquída según edad y sitio en plantación de *Pinus radiata* D. Don. Proyecto de título Ingeniería Civil en Industrias Forestales. Universidad de Bio Bio. Bio Bio – Chile. 106 p.
- NIAZI, K. 1980. Effect of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of urea-formaldheyde resin”. *Wood and fiber*. Vol. 12 N° 4. 255 p.
- NOBUO, S. 1990. *Wood and cellulosic chemistry*. Editorial. Marcel Dekker, Inc. New Cork, USA. 4-230 p.
- POBLETE, H. y ROFFAEL, E. 1990. Acidez de la corteza de algunas especies nativas chilenas. Instituto de Tecnología de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 45 p.

- POBLETE, INZUNZA y PELEN. 1998. Duramen y albura de *Acacia melanoxylon* como materia prima para tableros de partículas. Revista Bosque UACH. Chile. Vol. 19. 29 – 36 p.
- POYRY, J. 1973. Evaluation of selected chilean native Wood species for paper manufacture. Report N° 2-003. Appendix IV, Table 1.
- ROMANI, A. 2003. Estudio de flexión en postes de transmisión eléctrica y propiedades físicas – mecánicas relacionadas de las especies gabilan blanco (*Caraipa myrciodos*) y palo gusano (*miconia barbeyana*) del valle de palcazo. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú, Universidad Nacional agraria la Molina. 64 p.
- SALVO S., L. 1999. Caracterización de la anatomía microscópica de la madera de *Pinus radiata* D. Don proveniente de la zona de arenales Bulnes – Mulchén para 20, 25 y 30 años de edad. Proyecto de Título Ingeniería Civil en Industrias Forestal. Universidad de Bio Bio. Bio Bio – Chile. 118 p.
- SIERRA P. y SALGADO 1994. pH y capacidad buffer de seis especies de maderas debobinables. Seminario de Título Ingeniería de Ejecución en Maderas. Universidad del Bio Bio. Bio – Chile. 118 p.
- STAMM, A. 1966. A comparison of three methods for determining the pH of

Word and paper. Forest products journal. Circle Item 26. 310 p.

TRUJILLO C., F. 1985. Durabilidad natural de ocho especies forestales del Perú en medio Nutritivo natural. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú, Universidad Nacional agraria la Molina. 151 p.

VÁSQUEZ 1990. Estadística general con énfasis de muestreo. Tercera edición. Lima Perú. Edit. Milagros S.A. 218 p.

VÁSQUEZ P. J. 2006. Durabilidad natural en tres niveles del árbol de la especie forestal *Miconia barbeyana* Cogniaux (paliperro) a la acción del hongo *Ganoderma applanatum*. Tesis Ing. Recursos Naturales renovables Mención Forestales. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. 53 p.

WEGENER, G. 1984. Wood chemistry, ultrastructure, reactions. Editorial Walter de Gruyter. New York, USA. 221 p.

# **ANEXO**

Cuadro 12. Análisis de variancia pH de la especie forestal *Miconia barbeyana* en tres niveles de altura del árbol.

<b>Fuente de Variabilidad</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F c</b>	<b>Sig</b>
Tratamientos	9	1.28	0.14	3.3	*
Bloques	4	0.77	0.19	4.45	*
A	2	0.37	0.18	4.25	*
B	1	0.02	0.02	0.42	NS
A*B	2	0.13	0.06	1.48	NS
Error	20	0.86	0.04		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>2.14</b>			

NS = No significativo

\* = Significativo a un nivel de 5 % de probabilidad

Coefficiente de variabilidad fue de 5.18 %.

Cuadro 13. Análisis de variancia del Buffer ácido de la especie forestal *Miconia barbeyana* en tres niveles de altura del árbol.

<b>Fuente de Variabilidad</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F c</b>	<b>Sig</b>
Tratamientos	9	3.77	0.42	5.36	*
Bloques	4	2.60	0.65	8.29	*
A	2	0.85	0.43	5.45	*
B	1	0.01	0.01	0.15	NS
A*B	2	0.31	0.16	2.01	NS
Error	20	1.56	0.08		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>5.34</b>			

NS = No significativo

\*= Significativo a un nivel de 5 % de probabilidad

Coefficiente de variabilidad fue de 9.41 %.

Cuadro 14. Análisis de variancia del Buffer alcalino de la especie forestal  
*Miconia barbeyana* en tres niveles de altura del árbol.

<b>Fuente de Variabilidad</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F c</b>	<b>Sig</b>
Tratamientos	9	151.50	16.83	1.9	NS
Bloques	4	110.82	27.71	27.70533	*
A	2	35.95	17.98	17.97733	*
B	1	0.48	0.48	0.481333	NS
A*B	2	4.24	2.12	2.121333	NS
Error	20	177.79	8.89		
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>329.29</b>			

NS = No significativo

\* = Significativo a un nivel de 5 % de probabilidad

Coefficiente de variabilidad fue de 12.21 %.

Cuadro 15. Valores de pH de madera de albura en el árbol 1.

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO pH
	Alturas	r1	r2	
B	3.59	3.57	3.6	3.59
M	3.96	3.99	3.99	3.98
A	3.93	3.92	3.95	3.93

Cuadro 16. Valores de pH de madera de duramen en el árbol 1

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO pH
	Alturas	r1	r2	
B	3.61	3.64	3.66	3.64
M	4.01	4	4.01	4.01
A	3.8	3.82	3.82	3.81

Cuadro 17. Valores de pH de madera de albura en el árbol 2

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO pH
	Alturas	r1	r2	
B	4.02	4.07	4.01	4.03
M	4.34	4.32	4.33	4.33
A	4.47	4.49	4.51	4.49

Cuadro 18. Valores de pH de madera de duramen en el árbol 2

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		3.73	3.76	3.74	3.74
M		4.38	4.35	4.36	4.36
A		3.98	3.99	3.97	3.98

Cuadro 19. Valores de pH de madera de albura en el árbol 3

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		3.76	3.79	3.75	3.77
M		3.65	3.59	3.63	3.62
A		4.31	4.33	4.29	4.31

Cuadro 20. Valores de pH de madera de duramen en el árbol 3

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		4.06	4.05	4.03	4.05
M		3.74	3.74	3.73	3.74
A		4.16	4.15	4.17	4.16

Cuadro 21. Valores de pH de madera de albura en el árbol 4

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		3.58	3.62	3.61	3.60
M		4.13	4.11	4.14	4.13
A		4.08	4.1	4.11	4.10

Cuadro 22. Valores de pH de madera de duramen en el árbol 4

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		3.77	3.78	3.77	3.77
M		4.21	4.23	4.23	4.22
A		3.97	3.98	3.97	3.97

Cuadro 23. Valores de pH de madera de albura en el árbol 5

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		4.03	4.01	4.02	4.02
M		4.34	4.33	4.36	4.34
A		3.99	4	4.02	4.00

Cuadro 24. Valores de pH de madera de duramen en el árbol 5

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO pH	
	Alturas	r1	r2		r3
B		4.19	4.2	4.23	4.21
M		4.49	4.64	4.67	4.60
A		3.86	3.87	3.88	3.87

Cuadro 25. Valores de buffer ácido en madera de albura en el árbol 1

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ACIDO
	Alturas	r1	r2	
B	3.2	2.8	3	3.0
M	3.2	3	3	3.1
A	2.8	2.8	2.6	2.7

Cuadro 26. Valores de buffer ácido en madera de duramen en el árbol 1

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ACIDO
	Alturas	r1	r2	
B	3.4	3.2	3.0	3.2
M	3	3.1	3.1	3.1
A	3.6	3.6	3.4	3.5

Cuadro 27. Valores de buffer ácido en madera de albura en el árbol 2

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ACIDO
	Alturas	r1	r2	
B	2.6	2.6	2.8	2.7
M	3.2	3.2	3.4	3.3
A	3.4	3.2	3.2	3.3

Cuadro 28. Valores de buffer ácido en madera de duramen en el árbol 2

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ACIDO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		2.3	2.4	2.3	2.3
M		2.8	2.8	2.6	2.7
A		3.2	4	3.2	3.5

Cuadro 29. Valores de buffer ácido en madera de albura en el árbol 3

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ACIDO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		2.6	2.4	2.5	2.5
M		2.4	2.4	2.2	2.3
A		2.7	2.8	2.6	2.7

Cuadro 30. Valores de buffer ácido en madera de duramen en el árbol 3

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ACIDO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		2.2	2.2	2.3	2.2
M		1.9	2	2	2.0
A		3.2	3.2	3.2	3.2

Cuadro 31. Valores de buffer ácido en madera de albura en el árbol 4

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ACIDO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		2.4	3	3	2.8
M		2.9	2.8	2.9	2.9
A		3.4	3.2	3.3	3.3

Cuadro 32. Valores de buffer ácido en madera de duramen en el árbol 4

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ACIDO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		2.7	2.5	2.7	2.6
M		2.6	2.7	2.5	2.6
A		3.1	3	2.9	3.0

Cuadro 33. Valores de buffer ácido en madera de albura en el árbol 5

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ACIDO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		3.5	3.2	3.2	3.3
M		3.2	3.6	3.6	3.5
A		3.4	3.8	3.2	3.5

Cuadro 34. Valores de buffer ácido en madera de duramen en el árbol 5

<b>Especie Miconia barbeyana</b>	<b>REPETICIONES DURAMEN</b>			<b>PROMEDIO BUFFER ACIDO</b>	
	<b>Alturas</b>	<b>r1</b>	<b>r2</b>		<b>r3</b>
B		4.7	3	3.4	3.7
M		3.4	3	3	3.1
A		3.3	3.4	3.4	3.4

Cuadro 35. Valores de buffer alcalino en madera de albura en el árbol 1

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ALCALINO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		8.7	8.6	8.8	8.7
M		6.4	6	6.6	6.3
A		8.9	8.3	8.5	8.6

Cuadro 36. Valores de buffer alcalino en madera de duramen en el árbol 1

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ALCALINO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		19	18.4	18	18.5
M		10.1	10.9	10.7	10.6
A		8.8	9.2	9.8	9.3

Cuadro 37. Valores de buffer alcalino en madera de albura en el árbol 2

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ALCALINO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		8.5	7.7	7.7	8.0
M		5.2	5.2	5.3	5.2
A		4.5	4	4.4	4.3

Cuadro 38. Valores de buffer alcalino en madera de duramen en el árbol 2

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ALCALINO
	Alturas	r1	r2	
B	5.5	5.9	5.8	5.7
M	2.8	2.6	2.7	2.7
A	10	8.5	9.5	9.3

Cuadro 39. Valores de buffer alcalino en madera de albura en el árbol 3

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ALCALINO
	Alturas	r1	r2	
B	4.6	4.4	4.3	4.4
M	4.6	4.2	4.4	4.4
A	8.7	8.5	8.8	8.7

Cuadro 40. Valores de buffer alcalino en madera de duramen en el árbol 3

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ALCALINO
	Alturas	r1	r2	
B	3.9	4.1	4.4	4.1
M	3.2	3.1	3.3	3.2
A	2.6	2.5	2.6	2.6

Cuadro 41. Valores de buffer alcalino en madera de albura en el árbol 4

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ALCALINO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		11.3	10.1	8	9.8
M		6.6	6.7	6.9	6.7
A		4.6	4.4	4.5	4.5

Cuadro 42. Valores de buffer alcalino en madera de duramen en el árbol 4

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES DURAMEN			PROMEDIO BUFFER ALCALINO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		7.1	7.9	7.4	7.5
M		6.8	7	6.9	6.9
A		8.8	9.2	9.1	9.0

Cuadro 43. Valores de buffer alcalino en madera de albura en el árbol 5

Especie Miconia barbeyana	REPETICIONES ALBURA			PROMEDIO BUFFER ALCALINO	
	Alturas	r1	r2		r3
B		8.2	7.7	8	8.0
M		6.4	6.4	6.8	6.5
A		8	10	11.2	9.7

Cuadro 44. Valores de buffer alcalino en madera de duramen en el árbol 5

<b>Especie Miconia barbeyana</b>	<b>REPETICIONES DURAMEN</b>			<b>PROMEDIO BUFFER ALCALINO</b>
	<b>r1</b>	<b>r2</b>	<b>r3</b>	
<b>Alturas</b>				
B	3.6	4.2	4.4	4.1
M	2.6	2.6	2.4	2.5
A	11.8	11.2	11.8	11.6

**Obtención de reactivos para la determinación de la Capacidad Buffer**

$$N^{\circ} E = W (\text{NaOH}) / WE$$

$$N^{\circ} E = V * N$$

$$\text{Por lo tanto: } W (\text{NaOH}) = V * N * WE$$

Donde:

$N^{\circ} E$  = Número Equivalentes.

$W (\text{NaOH})$  = Peso (gr) de HCl.

$WE$  = Peso Equivalente (gr.).

$V$  = Volumen de la solución a preparar en litros

$N$  = Normalidad.