

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**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**

**Para optar el título de :**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**MENCIÓN FORESTALES**

**DEL AGUILA GASLA IGMAR BERNARDO**

**PROMOCIÓN 2008 - I**

**Tingo María - Perú**

**2009**

K50

D53

Del Aguila Gasla, Igmar B.

Determinación del pH y la Capacidad Buffer a Diferentes Alturas del Fuste y Corteza de la Capiroña (*Calycophyllum spruceanum* Benth) en la Zona de Tingo María Tingo. Tingo María, 2009

54 h.; 18 cuadros; 18 fgrs.; 29 ref.; 30 cm.

Tesis ( Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales )  
Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María ( Perú ). Facultad  
de Recursos Naturales Renovables.

CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM BENTH / DETERMINACIÓN-PH /

NIVELES-ALTURA / TAXONOMÍA / METODOLOGÍA / FUSTE / TINGO

MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



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 12 de febrero de 2009, a horas 04:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### “DETERMINACION DEL pH Y CAPACIDAD BUFFER A DIFERENTES ALTURAS DEL FUSTE Y CORTEZA DEL *Calycophyllum spruceanum* Benth (CAPIRONA) EN LA ZONA DE TINGO MARIA”

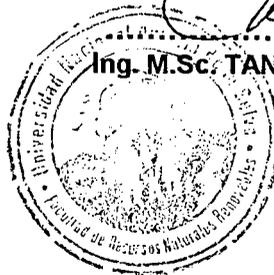
Presentado por el Bachiller: **IGMAR BERNARDO DEL AGUILA GASLA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “BUENO”.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 13 de febrero de 2009

Ing. M.Sc. RICARDO OCHOA CUYA  
Presidente

Ing. M.Sc. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO  
Vocal



Ing. MANUEL BRAVO MORALES  
Vocal

AUSENTE

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

## DEDICATORIA

A mi querida madre Bertilía Gasla Cárdenas, con la bendición de Dios, que con amor y sacrificio me guió por un buen camino desde mi infancia estimulándome con sus consejos al amor, trabajo y estudio.

A mi hermano Jaime, por su apoyo incondicional y sublime comprensión.

A mi tío Wilfredo Alva Valdiviezo, por su comprensión y desinteresado apoyo moral.

Al mis tíos: Manuel y Marcos Gasla Cárdenas por su apoyo moral.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme sabiduría y encaminarme por un buen camino para concluir mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) por ser el alma mater que me brindo la oportunidad para formarme como profesional.

Al Ing. Vejarano Jara, Pedro; por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo de investigación.

A mi tío el Ing. Alva Valdiviezo, Wilfredo; por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.

Al Ing. Aguirre Escalante, Casiano; por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Pocomucha Poma, Vicente; por su apoyo incondicional.

A los técnicos de laboratorios y técnicos del taller de aprovechamiento y maquinaria forestal, por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo y amigos.

A todos mis compañeros de aulas, amigos (as) que compartimos momentos gratos dentro de la casa de estudios.

Y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en mi formación profesional y en la realización de este trabajo de investigación ya que no alcanzó a recordar y espero que me disculpen.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Clasificación taxonómica de la Capirona.....	3
2.2. Descripción.....	3
2.2.2. Corteza externa.....	4
2.2.3. Corteza interna.....	4
2.3. Usos.....	4
2.4. Distribución y hábitat.....	5
2.5. Descripción anatómica de la Capirona.....	5
2.6. Propiedades medicinales.....	5
2.7. Albura y duramen.....	6
2.8. Composición química de la madera.....	7
2.8.1. Componentes extraíbles de la madera.....	8
2.8.2. Clasificación de los extraíbles.....	9
2.8.3. Influencia de los extraíbles en el pH .....	10
2.9. El pH.....	10

2.10. Capacidad buffer.....	12
2.11. Métodos y estudio para la determinación del ph de la madera..	14
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.2. Materiales y equipo.....	16
3.2.1. Material vegetativo.....	16
3.2.2. Materiales de campo y transformación.....	17
3.2.3. Materiales de laboratorio.....	17
3.2.4. Equipos de laboratorio.....	18
3.2.5. Reactivos.....	18
3.2.6. Equipos de campo.....	18
3.3. Métodos de análisis.....	18
3.3.1. Análisis químico proximal de la Capirona.....	18
3.3.2. Determinación de la capacidad buffer.....	18
3.4. Metodología.....	19
3.4.1. Reconocimiento y selección del material vegetativo en la plantación de Capirona.....	19
3.4.2. Apeado y tumbado.....	19
3.4.3. Recolección de trozas.....	20
3.4.4. Reconocimiento de albura, duramen y corteza.....	20
3.4.5. Obtención de aserrín.....	20
3.4.6. Molienda de astillas de la corteza.....	20

3.4.7. Secado de aserrín.....	21
3.4.8. Clasificación del aserrín.....	21
3.4.9. Preparación de soluciones.....	21
3.4.10. Mediciones de pH y Capacidad buffer.....	22
3.4.11. Determinación del porcentaje de extractivos.....	23
2.4.12. Diseño experimental.....	25
3.4.13. Componente en estudio.....	26
3.4.14. Tratamiento en estudio.....	26
3.4.15. Análisis estadístico.....	27
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>VIII. ABSTRACT.....</b>	<b>50</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1.	Alturas y diámetros de los cinco.....	20
2.	Descripción de los tratamientos en estudio.....	26
3.	Prueba de Tukey en la sección del fuste respecto al pH.....	28
4.	Prueba de Tukey en los niveles de alturas del fuste.....	29
5.	Prueba de Tukey para la interacción respecto al pH.....	30
6.	Prueba de Tukey en la sección del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.....	31
7.	Prueba de Tukey para el factor nivel de altura del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.....	32
8.	Prueba de Tukey para la interacción respecto a la capacidad buffer alcalina.....	33
9.	Prueba de Tukey para el factor sección del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.....	34
10.	Prueba de Tukey para el factor nivel de altura del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.....	35
11.	Prueba de Tukey para la interacción respecto a la capacidad buffer ácido.....	36

12.	Prueba de Tukey para el factor sección del árbol respecto al contenido de extractivos (%).....	37
13.	Prueba de Tukey para el factor nivel de altura del árbol respecto al contenido de extractivos (%).....	38
14.	Prueba de Tukey para la interacción de la sección y el nivel de altura respecto al contenido de extractivos (%).....	40
15.	Análisis de varianza para el pH de la especie Capirona ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth).....	55
16.	Análisis de varianza para la capacidad buffer ácido de la especie Capirona ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth).....	55
17.	Análisis de varianza para la capacidad buffer alcalina de la especie Capirona ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth).....	56
18.	Análisis de varianza para el contenido de extractivos de la especie Capirona ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth).....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Comparación entre las secciones del fuste respecto al pH....	29
2.	Comparación de niveles de altura del fuste respecto al pH....	30
3.	Comparación de los tratamientos respecto al pH.....	31
4.	Comparación de las secciones del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.....	32
5.	Comparación de los niveles de altura del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina .....	33
6.	Comparación de los tratamientos respecto a la capacidad buffer alcalina.....	34
7.	Comparación de las secciones del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.....	35
8.	Comparación de los niveles de altura del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.....	36
9.	Comparación de los tratamientos respecto a la capacidad buffer ácido .....	37
10.	Comparación de las secciones del fuste respecto al contenido de extractivos (%)......	38

11.	Comparación de los niveles de altura del fuste respecto al contenido de extractivos (%).....	39
12.	Comparación de los tratamientos respecto al contenido de extractivos.....	40
13.	Tumbado del material vegetativo.....	57
14.	Transformación del material vegetativo en aserrín.....	57
15.	Procedimiento para el análisis de la capacidad buffer ácida y alcalina.....	57
16.	Procedimiento para el análisis de la capacidad buffer ácida y alcalina.....	57
17.	Pesado de la muestra para la prueba de extracción o porcentaje de extractivos.....	57
18.	Proceso para el porcentaje de extractivos.....	57

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en tres etapas: Campo (plantación de Capirona de la Facultad de Recursos Naturales Renovables), transformación (taller de aprovechamiento y maquinaria forestal y laboratorio de suelos) y análisis experimentales (laboratorio de bioquímica y nutrición animal), localizados en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, distrito de Rupa Rupa, departamento de Huánuco. Se usó madera de la especie forestal Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.).

Para determinar el pH y capacidad buffer se usó madera del duramen, albura y corteza en tres niveles de altura del fuste (base, medio y ápice) de la especie mencionada, se tomó muestras de 5 árboles teniendo como referencia la Norma Técnica Peruana 251,008, sobre la selección y colección de muestras de árboles.

Los resultados obtenidos después de los análisis experimentales fueron: La Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) posee una acidez débil cuyo pH varía entre un rango de 5,05 a 6,27, existiendo estadísticamente una diferencia significativa entre los secciones y niveles de altura del fuste. La capacidad buffer ácida que posee la especie en estudio fluctúa entre 23,40 y 31,07 ml. La capacidad buffer alcalina que posee la especie en estudio fluctúa entre 29,83 y 34,33 ml. El contenido de extractivos que posee la especie varía entre un rango de 3,46 y 5,59 %.

## I. INTRODUCCIÓN

La madera está constituida principalmente por celulosa, lignina y hemicelulosa, y además por otras sustancias las cuales son en su mayoría compuestos solubles llamados componentes extraíbles los que interfieren en el comportamiento físico- químico de la madera.

El pH y la capacidad buffer (ácida y alcalina) de la madera son determinados por el tipo y cantidad de compuestos extraíbles (Polifenoles, terpenoides y otros compuestos). Estas propiedades de la madera influyen como por ejemplo en la fijación de determinados preservantes químicos, barnices y lacas, principalmente en el fraguado de adhesivos de diferentes tipos y concentraciones utilizadas en la industria forestal (tableros contrachapados, chapas, postes, etc.).

La resina urea formaldehído por su versatilidad y bajo costo, es el principal adhesivo utilizado en la manufactura de muebles con tableros contrachapados y cuya calidad de los acabados depende de la composición química de la madera, la cual se manifiesta en sus propiedades, entre otras la capacidad buffer, propiedad que impide la variación del pH al efecto de una sustancia ácida o básica que se le agregue, el conocimiento de esta propiedad hará mas viable el manejo de este recurso natural.

En ese sentido se plantea el problema de determinar la variación

de pH y capacidad buffer a diferentes alturas del fuste (parte baja, media y ápice) y corteza de cinco árboles de la especie forestal Capirona (*Calycophyllum Spruceanum* Benth.). La industria maderera necesita avanzar hacia un desarrollo tecnológico acorde con el aprovechamiento integral y sustentable del bosque, con el fin de alcanzar niveles de competitividad.

En la actualidad se cuenta con poca información científica referente a las propiedades de la riqueza forestal lo cual estaría causando un mal uso de los bosques y como consecuencia el agotamiento de este. Por lo que, con los resultados de este trabajo de investigación, se estaría contribuyendo a solucionar en parte esta problemática.

## **Objetivos**

### **General**

- Determinar el pH y capacidad Buffer a tres alturas del fuste y corteza de la especie forestal capirona (*Calycophyllum Spruceanum* Benth).

### **Específicos**

- Determinar el PH y capacidad Buffer de la albura y duramen en tres alturas del fuste (base, media y ápice) de la especie capirona (*Calycophyllum Spruceanum* Benth).

- Determinar el pH y capacidad buffer de la corteza de la Capirona.

- Determinar el contenido de extractivos de la capirona.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clasificación taxonómica de la Capirona (CERÓN, 2004)

Reino	: Vegetal.
Sub. Reino	: Cormofito.
División	: Fanorógama.
Sub. División	: Angiosperma.
Clase	: Dicotiledónea.
Sub. clase	: Dialipétalas.
Orden	: Rubiales.
Familia	: Rubiaceae.
Genero	: Calycophyllum.
Especie	: Spruceanum.

### 2.2. Descripción

La Capirona es un árbol silvestre y cultivado de hasta 30 m de alto propio de zonas tropicales húmedas. Crece en suelos con alto contenido orgánico de selva alta y baja. Comparte su territorio con otros cultivos como la guayaba, marañón, huito, pijuayo, guanábana, aguaje, cedro (ENCARNACION, 1983).

Es un árbol de fuste recto y luego ramificado. Sistema radicular pivotante y copa de forma heterogénea. La sabia es de color transparente y se

utiliza para quitar manchas de la piel. Flores pequeñas, aromáticas y bisexuales. Los frutos son capsulares cilíndricas con valvas dehiscente, semillas angulosas comprimidas aladas en ambas extremidades con endosperma carnosos.

### **2.2.1. Corteza externa**

La corteza de color petróleo brillante, sin agujones, retidoma coriáceo de color rojizo que se desprende anualmente dejando una corteza brillante.

### **2.2.2. Corteza interna**

La corteza interna presenta una textura suave y coriácea de color blando cremoso, no tiene olor ni sabor carece de látex y resina (GUTIÉRREZ *et al.*, 1999).

## **2.3. Usos**

En base a las propiedades descritas, la madera de la capirona puede utilizarse en estructuras, vigas, columnas, en pisos, machihembrados, postes, mangos de herramientas, ebanistería, artículos de deportes, escultura, arcos, etc. (KEMBER, 2001).

## **2.4. Distribución y hábitat**

La Capirona se distribuye en la amazonia de Perú y Brasil. En el Perú lo hallamos en los departamentos de Amazonas, San Martín, Huánuco,

Loreto, Madre de Dios y Ucayali. Se encuentra en los bosques primarios y secundarios, en terrenos periódicamente inundados, en las formaciones ecológicas de bosques secos tropicales, bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropical. A veces crece en comunidades - mánchales, llamados capironales (KEMBER, 2001).

### **2.5. Descripción anatómica de la capirona.**

- **Color:** En condición seca al aire, la madera es de color blanco amarillento; siendo común observar manchas con tonos oscuros.

- **Textura:** Fina.

- **Grano:** Recto a entrecruzado.

- **Anillos de crecimiento:** Poco diferenciados por bandas oscuras y claras de forma regular.

### **2.6. Propiedades medicinales.**

La capirona tiene múltiples propiedades medicinales; su corteza en infusión es útil para infecciones oculares, la diabetes y males ováricos, en emplastos es muy buen cicatrizante y antimicótico. La savia de este árbol tiene propiedades cosméticas, borra las manchas y cicatrices en la piel y previene las arrugas (KEMBER ,2001).

## **2.7. Albura y duramen**

En condición seca al aire, la albura es de color blanco cremoso y el duramen blanco amarillento. Desde este punto de vista la albura es considerada como el tejido activo del xilema (HON y NOBUO, 1990).

La albura tiene un espesor variable de 3 a 15 cm. en árboles maduros y jóvenes de rápido crecimiento, formar 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 (KOLLMANN, 1959).

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. 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).

## **2.8. 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 en dos grupos de sustancias: extraíbles y los componentes de la pared celular, estos últimos comprenden la celulosa, lignina y hemicelulosa. Cada uno de estos componentes presenta 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 (HON y NOBUO, 1990).

La composición química depende de factores diversos como: edad, especie, parte del árbol, época del año, condición del árbol y localización (AGUILAR, 2004; Vásquez *et al.*, 1987).

Existe una considerable variación en la distribución de los extraíbles en un árbol; ellos se encuentran distribuidos en follaje, madera, corteza y raíces. La corteza y las raíces son las partes donde se encuentran en mayor concentración los extraíbles (EMILIANOVA, 1969).

### **2.8.1. Componentes extraíbles de la madera**

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 menor cantidad en la lámina media, espacios intercelulares, y pared celular de traqueídas y fibras libriformes (SJÖSTROM, 1993).

A pesar de que los extractivos representan un porcentaje muy bajo en cuanto al peso de la madera, los mismos contribuyen apreciablemente en muchas de las propiedades de la madera:

- Las propiedades organolépticas de la madera, como son el color y el olor.
- Las propiedades biológicas como la resistencia al ataque de microorganismos, son producto de los extractivos. Además, estos compuestos contribuyen a las propiedades físicas de la madera como la dureza, peso específico y densidad (YOUNG, 1991).

La cantidad de extractivos decrece gradualmente en el tronco de un árbol desde el nivel del suelo hacia la copa (HON y SHIRAIISHI, 1990).

A los azúcares, el almidón y algunos compuestos nitrogenados se les encuentran en la albura. Las sustancias fenólicas se encuentran normalmente en el duramen. Existe una variación en la concentración de los

extraíbles a lo largo del tronco del árbol y entre este y las ramas (DÍAZ, 1986).

El contenido de extractos en la mayoría de las maderas es bajo. Aproximadamente de 3 - 10 % de la madera seca está constituida por sustancias extraíbles. Para coníferas esta cifra oscila entre 5 - 8 % y para latifolias, entre 2 - 4 % (POBLETE *et al.*, 1991; OTERO, 1988).

Los extractivos en general, representan un 5 % de la masa seca de la corteza, aunque su cantidad puede estar sujeta a amplias variaciones en función de la dotación genética de la planta y medio ambiente (desde 2 % hasta más de 50 %) (CARNERO, 1995).

Químicamente la corteza difiere de la madera por la presencia de polifenoles y suberina, así como por la presencia de un menor porcentaje de polisacáridos y un porcentaje más alto de extractivos (FENGEL y WEGENER, 1984).

Los extraíbles, resinas o componentes extraños de la madera son compuestos orgánicos que pueden ser extraídos con agua o solventes orgánicos neutros o aun ser volatilizados con vapor cerca de 3 % a 10 % del peso de la madera en base seca consiste de extraíbles (BROWNING, 1967).

### **2.8.2. Clasificación de los extraíbles**

Los extraíbles son clasificados generalmente en base a la similitud de las propiedades químicas o estructura química. De ésta manera, los extractivos se clasifican en tres grupos:

#### **a. Polifenoles**

En este grupo se encuentran las ligninas y sus derivados,

flavonoides y sus derivados, taninos condensados, taninos hidrolizables, estilbenos, tropolones y quinonas.

#### **b. Terpenoides**

A este grupo pertenecen los monoterpenos, diterpenos, triterpenos y esteroides.

#### **c. Otros compuestos**

Dentro de estos compuestos se encuentran los azúcares, ciclitoles, ésteres de ácidos grasos, y alcaloides (HON y SHIRAISHI, 1990).

Los taninos se hallan principalmente en la corteza, y más en la madera madura que en la madera joven (KOLLMANN, 1959).

Los extraíbles de la madera tienen efecto sobre el encolado. Aquellos que poseen la propiedad de ser hidrófobos (resinas, aceites) disminuyen la capacidad de la madera para absorber adhesivo y unirse con éste.

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

La importancia de los extractivos, radica en que éstos son los que determinan el pH y capacidad Buffer de la madera, propiedades que dependen del tipo y cantidad de los compuestos extraíbles presentes en la madera (POBLETE *et al.*, 1991; FENGEL y WEGENER, 1984).

## **2.9. El pH**

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 (ALBIN, 1975).

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 (SANTAMARIA, 1987). Por lo tanto una sustancia se comportará como ácido o base, cuando al disolverla en agua aumente la cantidad de iones  $H^+$  u  $OH^-$ . 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 (SIERRA y SALGADO, 1994).

Es posible definir con claridad el nivel de acidez o alcalinidad de una solución acuosa mediante el siguiente esquema:



Se pueden 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 de altura del pecho. Igual se encuentran

diferencias de pH entre madera de albura y de duramen.

Las variaciones de pH de varias especies determinadas mediante técnicas analíticas se atribuyen a factores tales como: temporada de volteo del árbol, pH del suelo, tiempo y condiciones de almacenamiento, altura de la troza de la cual fue extraída la muestra, si es madera de duramen, madera de albura o corteza, edad del árbol y grado de humedad de la madera (ALBIN, 1975; KOLLAMNN, 1960).

La corteza muestra en la mayoría de las especies mayor acidez que la madera y tiene un pH que varía entre 4,0 y 5,0. En especies tales como coigüe y roble, el duramen presenta mayor acidez que la corteza (ALBIN 1975).

Asimismo se puede corroborar con los antecedentes teóricos los cuales indican un aumento del valor del pH de la base a la copa, además una relación directa de pH y extractivos (ALVAREZ y HERNANDEZ, 2001).

Los valores de pH de las maderas y cortezas deben estar en un rango de 3,3 a 6,5 (AVILA *et al.*, 2006).

## **2.10. Capacidad buffer**

Se refiere a la capacidad de equilibrio de ionización que ella posee una sustancia o una solución (POBLETE *et al.*, 1991).

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.

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  $\text{pH} = 7$ . En forma similar la capacidad buffer alcalina se define como el volumen de solución de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), medido en ml, requerido para disminuir el pH inicial de un extracto de madera hasta  $\text{pH} = 3$ . La capacidad buffer total se define como la suma de la capacidad buffer alcalina y ácido. La capacidad buffer medirá, entonces, la cantidad de ácido o base requerida para ajustar o mantener el pH de la madera a un nivel dado (FENGEL y WEGENER, 1984; MALONEY, 1977).

El valor de pH y la capacidad de equilibrio de ionización (capacidad tampón) de la madera influyen 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 de ser de 3,0 a 3,5, de esta forma el pH de la madera puede retardar, acelerar o simplemente inhibir el proceso de fraguado (POBLETE, 1978).

Para las maderas menos ácidas se debe agregar al adhesivo sustancias catalizadoras como el cloruro de amonio, el cual durante la reacción genera ácido clorhídrico, bajando el valor pH del ambiente en que fragua el adhesivo. De forma similar al efecto que tiene el valor pH en el fraguado de los adhesivos, pueden presentarse problemas con algunas lacas, barnices y pinturas (POBLETE *et al.*, 1991).

En los procesos de producción de pulpa y su blanqueo, se requiere

un estricto control del valor de pH, pues la pulpa debe llegar con un valor determinado; en caso de no controlar esta variable, se verán afectadas algunas propiedades físico-mecánicas del producto final (HILLIS, 1971).

Las maderas que presentan una alta capacidad buffer alcalina no implica que tengan un 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 (SIERRA y SALGADO, 1994).

### **2.11. Métodos y estudios para la determinación del pH de la madera**

Se han propuesto diversos métodos para determinar el pH de la madera, con la finalidad de someterla a las condiciones en que ésta se expondrá al ser usada. 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 variaciones en el pH original del agua.

En el año 1941, CAMPELL y BRYANT establecieron que el pH de la madera seca (secada al aire (5 a 20 %)) es numéricamente igual al de una solución que contiene iones hidrógeno libres producidos cuando se adiciona la

madera a ella, ésta solución no sufre pérdida ni ganancia neta de iones hidrogeno. Prepararon diferentes soluciones no tamponadas de ácidos y bases de diferentes pH en donde fue sumergida la muestra de madera. La solución cuyo pH no cambia por la inmersión de la madera, medida tomada con un electrodo de vidrio de un peachímetro, representa el verdadero pH de la madera. La desventaja de este método es que se tienen que preparar una gran cantidad de soluciones a los valores aproximados de pH de la madera.

En 1966, STAMM 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 los tres resultados son comparables, sin embargo, se presentan errores de lectura del valor de pH con el método de contacto, las mediciones no se realizan 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 (JOHNS y NIAZI, 1980).

Al determinar la cantidad de extraíbles y la acidez en la corteza de cuatro especies nativas chilenas, encontraron que el valor de pH varia en forma importante dependiendo de la especie, diferencias similares se encontraron para la capacidad buffer (POBLETE y ROFFAEL, 2004).

Al realizarse un estudio sobre 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 pH que la albura (POBLETE *et. al.* ,1998).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en tres etapas: campo (plantación de capirona de la Facultad de Recursos Naturales Renovables), transformación (Taller de aprovechamiento y maquinaria forestal, y Laboratorio de suelo) y análisis experimentales (laboratorios Bioquímica y Nutrición animal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva), localizada a 1.5 Km. de Tingo María. Ubicado en la provincia de Leoncio Prado, distrito de Rupa Rupa, departamento de Huánuco a una altitud de 641 m.s.n.m. Se realizó en un tiempo de siete meses (inicio en Julio del 2008 y terminó la primera semana de febrero del 2009).

Esta zona se encuentra en la formación de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh – PST) (HOLDRIDGE, 1986).

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

##### **3.2.1. Material vegetativo**

Las muestras de la especie forestal Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), se recolectó de una plantación de 9 años de edad, que tiene la Facultad de Recursos Naturales Renovables en la zona del aguajalito dentro de la universidad.

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

Motosierra marca Sthill – Modelo 070, sierra circular, machete, pintura, combustible, bolsas térmicas, libreta de campo.

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

Tamizadores malla 40 - 60 de granulometría, balón 500 ml, matraces, espátulas, papel de filtración rápida, luna de reloj, embudo de vidrio, pipetas, cocina eléctrica, balanza mecánica, etiquetas, vaso de precipitación.

### **3.2.4. Equipos de laboratorio**

Molino, Peachímetro, balanza electrónica digital (4 dígitos), estufa, equipo soxhlet.

### **3.2.5. Reactivos**

Agua destilada, hidróxido de Sodio 0,025 N, ácido clorhídrico 0,025 N, alcohol de 96°, benceno

## **3.3. Métodos de análisis**

### **3.3.1. Análisis del contenido de extractivos**

Extractivos, método de solubilidad de la madera en alcohol – benceno y agua TAPPI T207.

### **3.3.2. Determinación de la Capacidad buffer**

La determinación del pH y capacidad buffer de la Capirona se realizó con el método reportado por JOHNS y NIAZI en 1980.

### 3.4. Metodología

Para la ejecución del trabajo de investigación se desarrolló una serie de actividades las cuales se describieron de la siguiente manera:

#### 3.4.1. Reconocimiento y selección del material vegetativo en la plantación de Capirona

En esta actividad se reconoció y se seleccionó el material vegetativo, tomando en consideración las alturas y diámetros de cinco árboles seleccionados:

Cuadro 1. Alturas y diámetros de cinco árboles.

Nº de árboles	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Diámetro (cm)
1	21,61	10,45	21,07
2	22,52	10,50	20,72
3	22,30	10,30	23,30
4	20,8	10,30	20,98
5	18,60	10,60	18,75

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.2. Apeado y tumbado

Seleccionado los cinco árboles se procedió al apeado y tumbado con una motosierra, se cortó en tres niveles del fuste (base, media y ápice) y diferenciando la albura, duramen y corteza de los árboles.

### **3.4.3. Recolección de trozas**

Se procedió a la recolección de trozas en las tres niveles del fuste (base, media y ápice), teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana ( NTP) 251,008, que trata sobre la selección y colección de muestras de árboles.

### **3.4.4. Reconocimiento de albura, duramen y corteza**

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

### **3.4.5. Obtención de aserrín**

En ésta actividad se utilizó una sierra de disco donde se obtuvo aserrín de la sección del duramen y albura a diferentes niveles del fuste (base, media y alta), y se lo codificó a cada muestra para evitar confusión. En el caso de la corteza se obtuvo astillas de aproximadamente 8 cm.x 3 cm x 3 mm (Longitud x ancho x espesor) con la ayuda de un machete y un formón a diferentes niveles del fuste (base, media y ápice).

### **3.4.6. Molienda de astillas de la corteza**

Esta actividad consistió en moler las astillas hasta convertirla en aserrín para ello se utilizó el molino del laboratorio de suelos, una vez molido se almacenó en bolsas de polietileno (para evitar alteraciones en los resultados) y después ser clasificados en mallas de 40 y 60.

### **3.4.7. Secado de aserrín**

Esta actividad se realizó en el laboratorio de anatomía de la madera y laboratorio de nutrición animal, en donde las muestras de aserrín de cada árbol fueron llevados a estufa para ser secadas a una temperatura de 70 °C por espacio de tres días, finalmente se almacenó en bolsas térmicas debidamente codificadas, con la finalidad de evitar manchas y hongos.

### **3.4.8. Clasificación del aserrín**

Para esta fase nos regimos a las Normas ASTM, que trata del análisis químico ha realizarse con madera con tamaño de partículas entre 425 y 250  $\mu\text{m}$ . La madera molida fue tamizada utilizando mallas (40 y 60). En la malla de 40, el aserrín pasado fue tamizado en la malla de 60 lo cual el aserrín retenido es el adecuado para el análisis, luego ese aserrín fue almacenado en bolsas térmicas y cerradas herméticamente hasta el ensayo respectivo.

### **3.4.9. Preparación de soluciones**

#### **3.4.9.1. Solución de reactivos**

Para el análisis de las muestras correspondientes se utilizó el hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 0,025 N.

#### **3.4.9.2. Preparación de extractos acuosas de madera**

Se utilizó el método reportado por JOHNS y NIAZI (1980), en el cual se pesó 25 gr de aserrín de cada sección (albura, duramen y corteza) y

altura del árbol (base, media y ápice) en una balanza de precisión. Luego se mezcló con 150 ml de agua destilada en un balón de 500 ml y se agitó para sumergir toda la muestra.

El balón de 500 ml se colocó en un sistema de extracción simple, dejando hervir durante 20 minutos a reflujo, una vez realizado la extracción se dejó enfriar la mezcla, para luego ser filtrada con la ayuda de una bomba de vacío y se recuperó en el matraz la mayor cantidad de líquido posible (120 ml). Posteriormente se depositó el extracto en un balón de 250 ml el cual fue sellado herméticamente para evitar la oxidación hasta el momento de determinar el pH y capacidad buffer, que se realizó en el mismo día.

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

Para realizar éstas mediciones se contó con un peachímetro previamente calibrado al inicio de cada serie de mediciones, se trabajó con el extracto acuoso de madera (120 ml) teniendo en cuenta la temperatura (20 °C aproximadamente), y se procedió a enfriar según lo requiera. Una vez homogenizada la temperatura y previamente bajo agitación se hizo la lectura del pH, introduciendo los electrodos del peachímetro en la solución, registrando su respectiva lectura; luego de esta misma solución se separó en dos vasos de precipitación (60 ml en cada uno), una vez separado se procedió a evaluar la capacidad buffer ácida, para ello se agregó con la ayuda de una pipeta la solución de NaOH hasta alcanzar un pH lo más cercano posible a 12,22, registrando los mililitros empleados en esta acción.

De manera análoga la otra muestra de extracto, se determinó la

capacidad buffer alcalina agregando gota a gota la solución de HCl hasta estabilizar el pH cercano a 2,48. Análogamente se evaluó con las demás repeticiones.

#### **3.4.11. Determinación del porcentaje de extractivos**

Para determinar el porcentaje de extractivos se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento del método de solubilidad de la madera en alcohol – benceno y agua:

- Se pesó el papel de filtración rápida (Wp).
- Una vez pesado el papel se taró la balanza analítica y se procedió a pesar 2 gr de muestra de aserrín (Wpm).
- Se envolvió la muestra con el papel, luego se colocó en el extractor del equipo de soxhlet.
- En un balón (250 ml) de cuello esmerilado, se agregó 90 ml de mezcla de alcohol – benceno en una relación de 1 a 2.
- Luego se extrajo a reflujo por espacio de 5 horas, de tal manera que al soxhlet descargue 6 veces por hora, luego se retiró la muestra del extractor y se colocó otras muestras para su posterior extracción.
- La muestra que está en el papel filtro se dejó secar al ambiente por espacio de 5 horas, luego se trasladó a la estufa a 70 °C por un tiempo de 48 horas, una vez cumplido el tiempo se retiró la muestra de la estufa a un desecador (45 minutos) para que absorba la humedad y finalmente ser pesado (Wpmse). Luego la muestra se colocó nuevamente en el extractor del equipo de soxhlet pero agregándole 120 ml de agua destilada en el balón (250 ml) y

después se prosiguió con el mismo procedimiento anteriormente descrito. Para determinar el porcentaje de extractivos total se utilizó la siguiente fórmula:

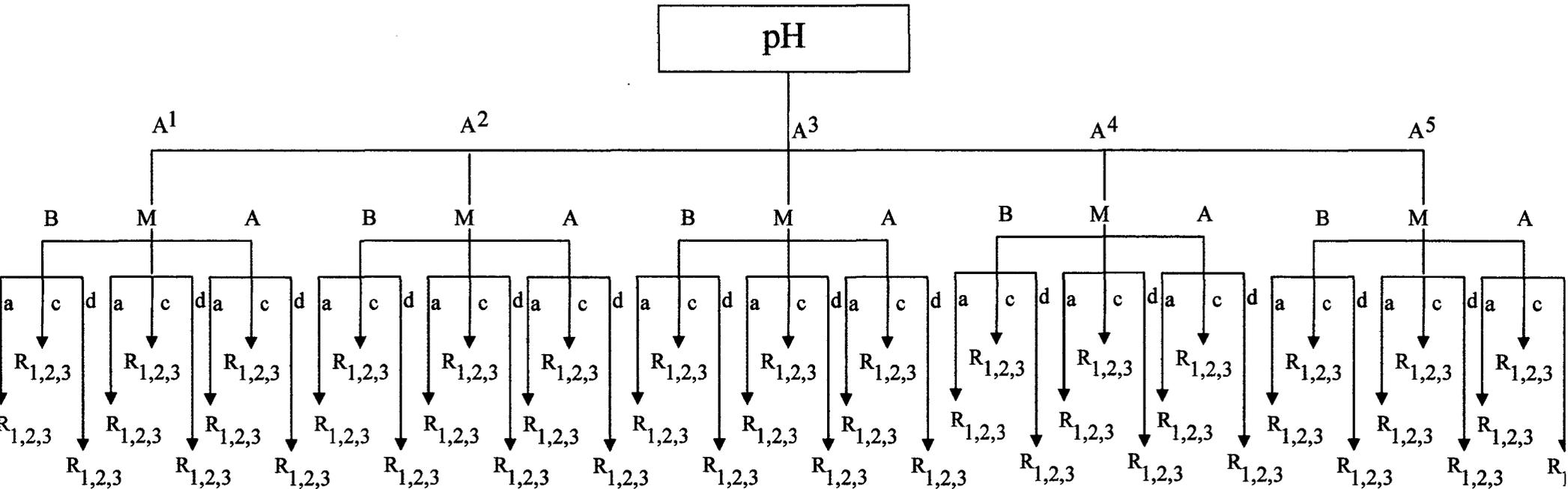
$$\% E = \left( \frac{((W_m \times K) - W_{mse})}{W_m \times K} \right) \times 100$$

**Donde:**

**W<sub>m</sub>:** Peso de la muestra inicial.

**W<sub>mse</sub>:** Peso seco de la muestra después de ser extraído.

### 3.4.12. Diseño experimental



#### Legenda:

- pH = % Hidrogeno
- B, M y A = Altura del árbol (B = baja; M = media; A = alta)
- a, d y c = Sección del árbol (albura, duramen y corteza)
- A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, A<sup>5</sup>, = N° de árboles
- R = 3 repeticiones

### 3.4.13. Componente en estudio

#### 3.4.13.1. Secciones del árbol (a)

$a_1$  = Albura

$a_2$  = Duramen

$a_3$  = Corteza

#### 3.4.13.2. Altura del árbol (b)

$b_1$  = Base

$b_2$  = Media

$b_3$  = Ápice

### 3.4.14. Tratamiento en estudio

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Clave	Combinaciones
T1	$a_1*b_1$	Albura * base
T2	$a_1*b_2$	Albura * media
T3	$a_1*b_3$	Albura * ápice
T4	$a_2*b_1$	Duramen *base
T5	$a_2*b_2$	Duramen * media
T6	$a_2*b_3$	Duramen * ápice
T7	$a_3*b_1$	Corteza * base
T8	$a_3*b_2$	Corteza * media
T9	$a_3*b_3$	Corteza * ápice

### 3.4.15. Análisis estadístico

Los resultados han sido evaluados mediante un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con experimento factorial 3 x 3 con 5 bloques (con tres repeticiones por tratamiento). Para analizar el efecto de cada uno de los componentes se sometieron a la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0,05 de probabilidad, para esta prueba se utilizó el programa SPSS 15,0 y Microsoft Office Excel.

$$Y_{ijk} = \phi_k + \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Resultados de la evaluación o variable de rendimiento.

$\phi_k$  = Efecto i, j- esimo bloque.

$\beta_j$  = Efecto del j- esimo nivel del factor B ( Alturas del árbol).

$\alpha_i$  = Efecto del i- esimo nivel del factor A (Secciones del árbol).

$\mu$  = Es el efecto de la media general.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el i- esimo nivel del factor A con j- esimo nivel del factor B (de altura y sección).

$\varepsilon_{ijk}$  = es la variación del error asociado con las ijk unidades.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Valores promedios del pH en la especie Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.)

Los resultados promedios obtenidos de las mediciones efectuadas en madera (albura y duramen) y corteza del total de los cinco árboles. Además se incluye el resultado promedio total para cada nivel de altura de la especie forestal en estudio, para esto se utilizó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.1. Secciones del fuste

Cuadro 3. Prueba de Tukey en la sección del fuste respecto al pH.

Clave	Sección	Promedio <sup>1</sup>	Tukey ( $p < 0,05$ )
a2	Duramen	5,83	a
a1	Albura	5,55	b
a3	Corteza	5,17	c

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo)

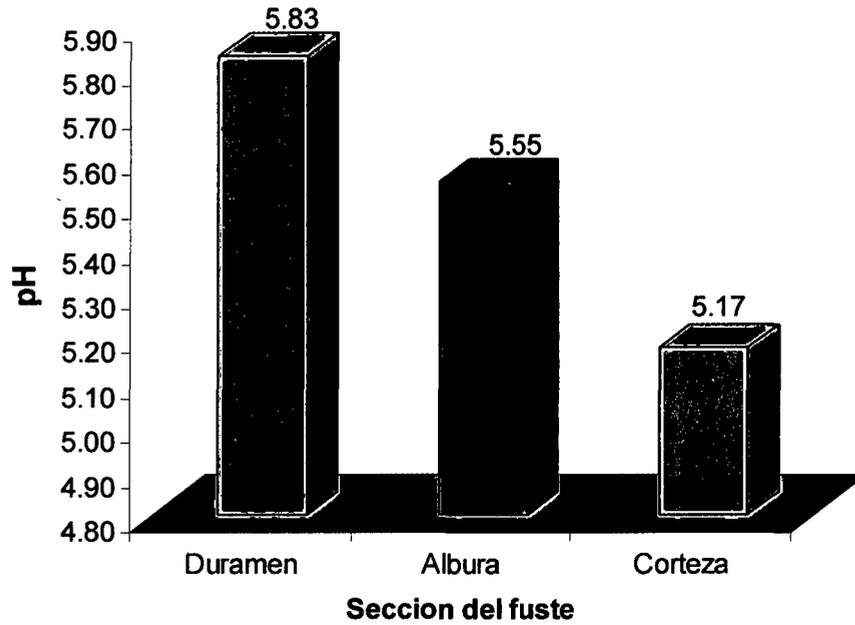


Figura 1. Comparación entre las secciones del fuste respecto al pH.

#### 4.1.2. Niveles de altura del fuste

Cuadro 4. Prueba de Tukey en los niveles de alturas del fuste respecto al pH.

Clave	Nivel	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
b1	Base	5,83	a
b2	Medio	5,54	b
b3	Ápice	5,18	c

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

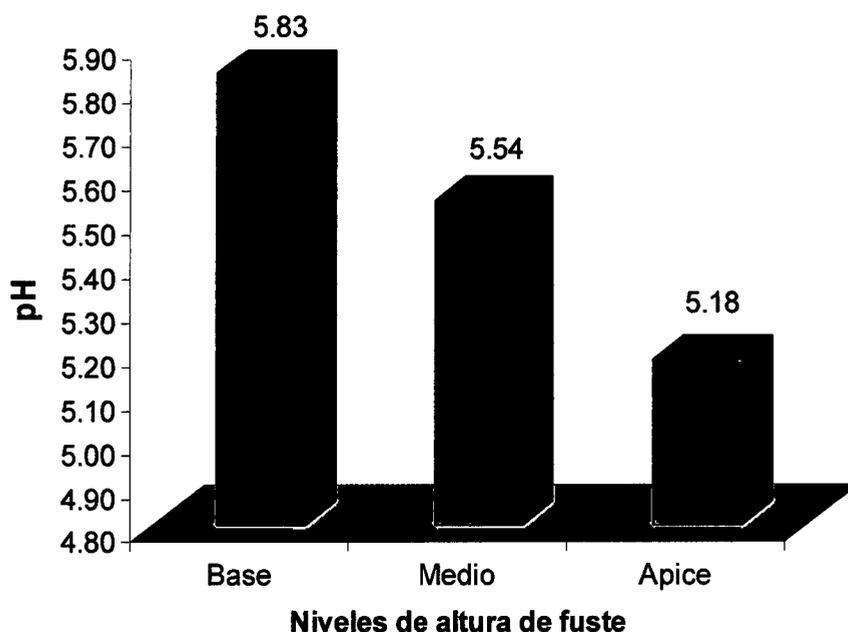


Figura 2. Comparación de niveles de altura del fuste respecto al pH.

#### 4.1.3. Interacciones entre secciones y niveles de altura del fuste

Cuadro 5. Prueba de Tukey para la interacción respecto al pH.

Tratamientos	Clave	combinaciones	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
T4	a <sub>1</sub> *b <sub>2</sub>	Base*duramen	6,27	a
T1	a <sub>1</sub> *b <sub>1</sub>	Base*albura	5,88	b
T5	a <sub>2</sub> *b <sub>2</sub>	Medio*duramen	5,87	b
T2	a <sub>2</sub> *b <sub>1</sub>	Medio*albura	5,63	b c
T6	a <sub>3</sub> *b <sub>2</sub>	Ápice*duramen	5,35	c d
T7	a <sub>1</sub> *b <sub>3</sub>	Base*corteza	5,35	c d
T3	a <sub>3</sub> *b <sub>1</sub>	Ápice*albura	5,13	d
T8	a <sub>2</sub> *b <sub>3</sub>	Medio*corteza	5,12	d
T9	a <sub>3</sub> *b <sub>3</sub>	Ápice*corteza	5,05	d

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

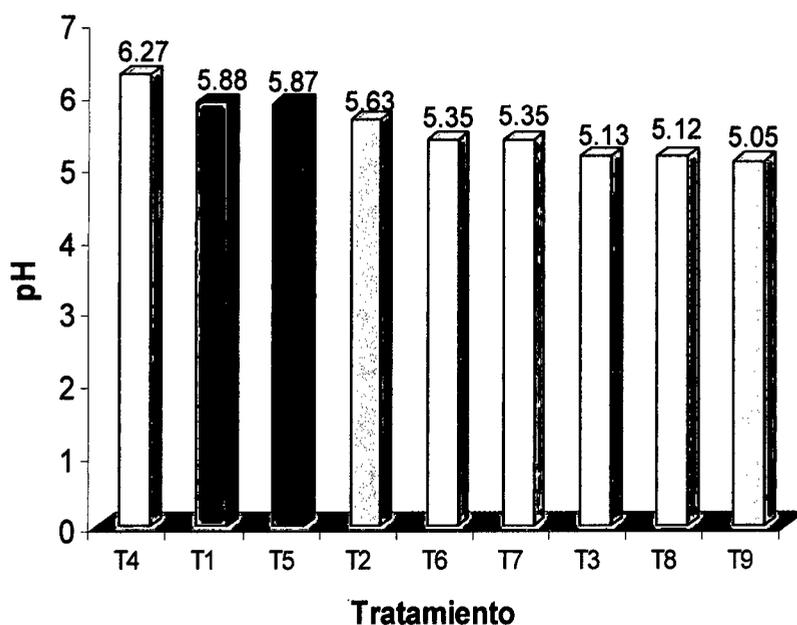


Figura 3. Comparación de los tratamientos respecto al pH.

## 4.2. Valores promedios de capacidad Buffer alcalina

### 4.2.1. Secciones del fuste

Cuadro 6. Prueba de Tukey en la sección del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.

Clave	Sección	Promedio <sup>1</sup>	Tukey ( $p < 0,05$ )
a1	Albura	32,69	a
a3	Corteza	32,07	a
a2	Duramen	31,01	a

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

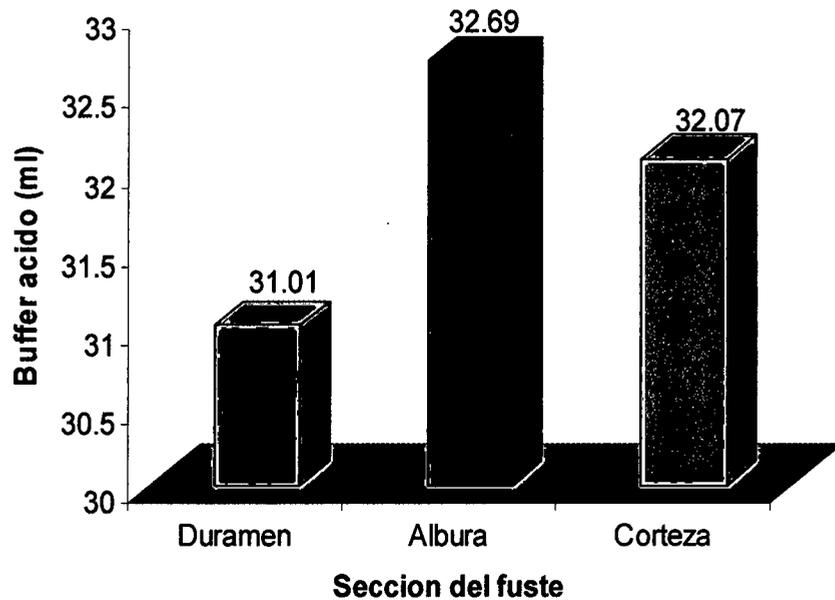


Figura 4. Comparación de las secciones del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.

#### 4.2.2. Niveles de altura del fuste

Cuadro 7. Prueba de Tukey para el factor nivel de altura del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.

Clave	Nivel	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
b1	Base	32,63	a
b2	Medio	31,76	a
b3	Ápice	31,38	a

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

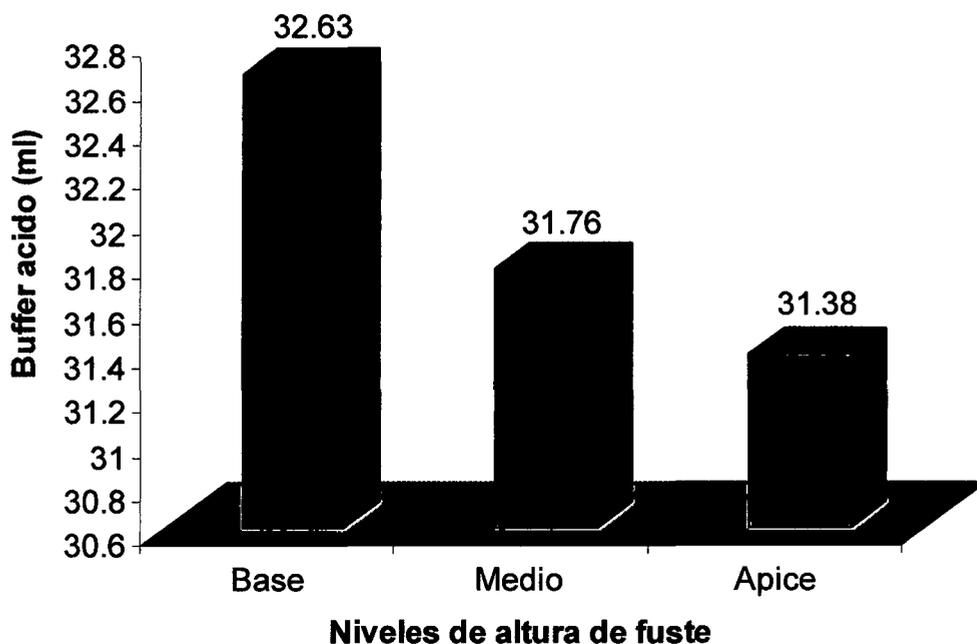


Figura 5. Comparación de los niveles de altura del fuste respecto a la capacidad buffer alcalina.

#### 4.2.3. Interacciones entre secciones y niveles de altura del fuste

Cuadro 8. Prueba de Tukey para la interacción respecto a la capacidad buffer alcalina.

Tratamientos	Clave	combinaciones	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
T1	a <sub>1</sub> *b <sub>1</sub>	Base*albura	34,33	a
T7	a <sub>1</sub> *b <sub>3</sub>	Base*corteza	33,73	a
T2	a <sub>2</sub> *b <sub>1</sub>	Medio*albura	32,13	a
T5	a <sub>2</sub> *b <sub>2</sub>	Medio*duramen	32,00	a
T3	a <sub>3</sub> *b <sub>1</sub>	Ápice*albura	31,60	a
T9	a <sub>3</sub> *b <sub>3</sub>	Ápice*corteza	31,33	a
T6	a <sub>3</sub> *b <sub>2</sub>	Ápice*duramen	31,20	a
T8	a <sub>2</sub> *b <sub>3</sub>	Medio*corteza	31,13	a
T4	a <sub>1</sub> *b <sub>2</sub>	Base*duramen	29,83	a

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

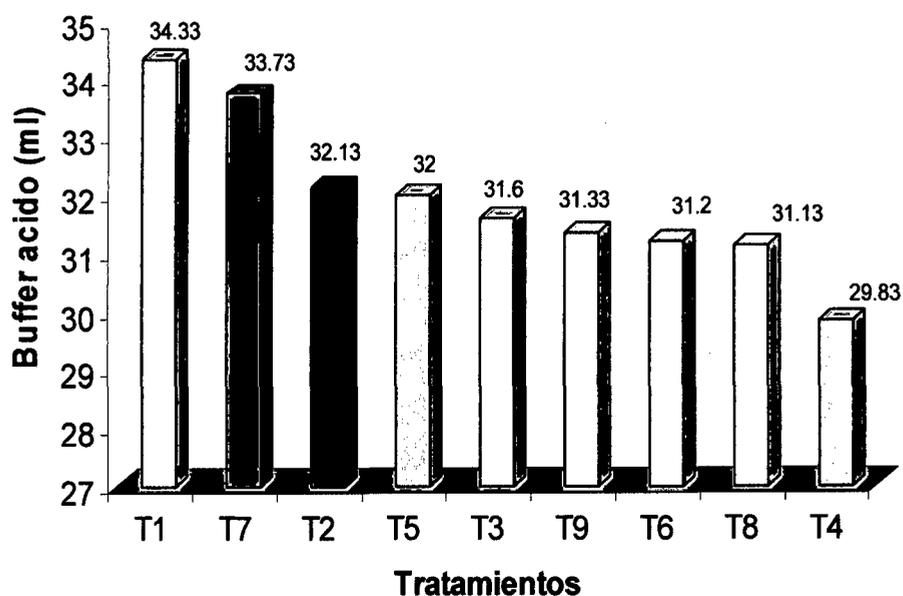


Figura 6. Comparación de los tratamientos respecto a la capacidad buffer alcalina.

### 4.3. Valores promedios de capacidad Buffer ácido

#### 4.3.1. Secciones del fuste

Cuadro 9. Prueba de Tukey para el factor sección del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.

Clave	Sección	Promedio <sup>1</sup>	Tukey ( $p < 0,05$ )
a3	Corteza	30,40	a
A1	Albura	26,34	b
a2	Duramen	24,34	b

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

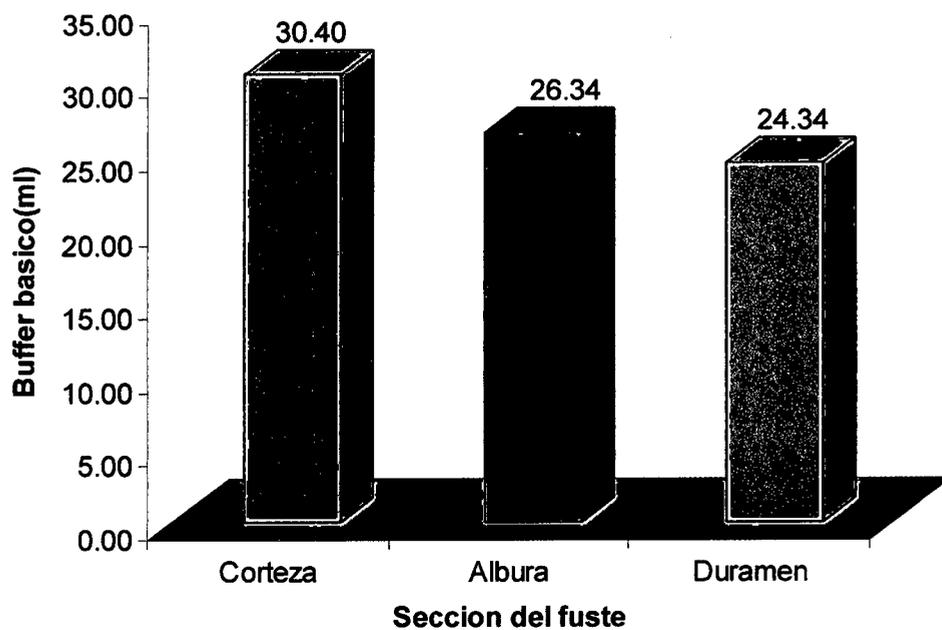


Figura 7. Comparación de las secciones del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.

#### 4.3.2. Niveles de altura del fuste

Cuadro 10. Prueba de Tukey para el factor nivel de altura del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.

Clave	Nivel	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
b1	Base	27,38	a
b3	Ápice	27,27	a
b2	Medio	26,54	a

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

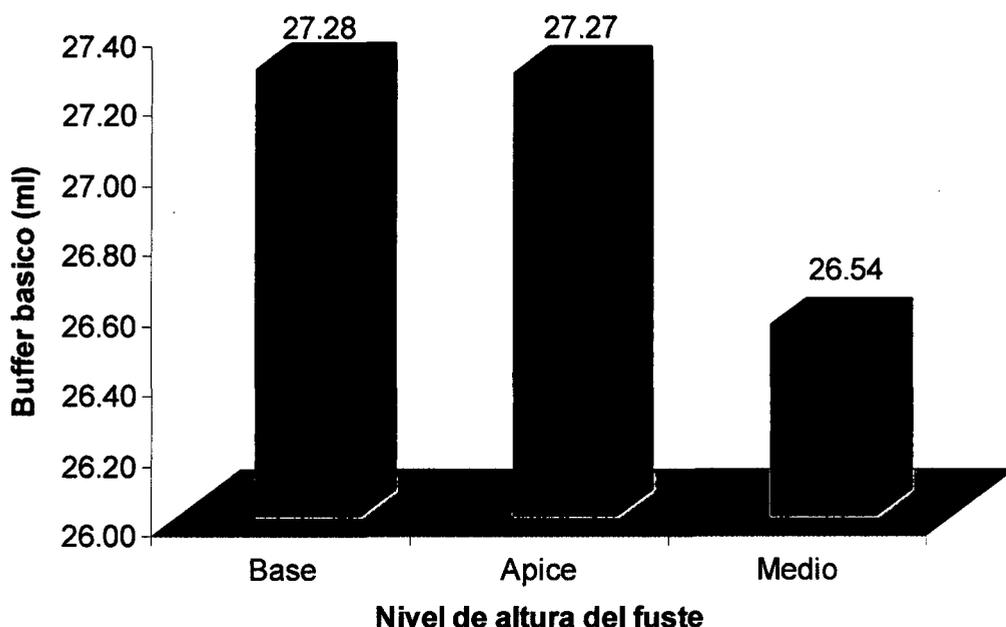


Figura 8. Comparación de los niveles de altura del fuste respecto a la capacidad buffer ácido.

#### 4.3.3. Interacciones entre secciones y niveles de altura del fuste

Cuadro 11. Prueba de Tukey para la interacción respecto a la capacidad buffer ácido.

Tratamientos	Clave	Combinaciones	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
T7	a <sub>1</sub> *b <sub>3</sub>	Base*corteza	31,07	a
T9	a <sub>3</sub> *b <sub>3</sub>	Ápice*corteza	30,20	a
T8	a <sub>2</sub> *b <sub>3</sub>	Medio*corteza	29,93	a
T3	a <sub>3</sub> *b <sub>1</sub>	Ápice*albura	27,47	a
T2	a <sub>2</sub> *b <sub>1</sub>	Medio*albura	26,30	a
T4	a <sub>1</sub> *b <sub>2</sub>	Base*duramen	25,50	a
T1	a <sub>1</sub> *b <sub>1</sub>	Base*albura	25,27	a
T6	a <sub>3</sub> *b <sub>2</sub>	Ápice*duramen	24,13	a
T5	a <sub>2</sub> *b <sub>2</sub>	Medio*duramen	23,40	a

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

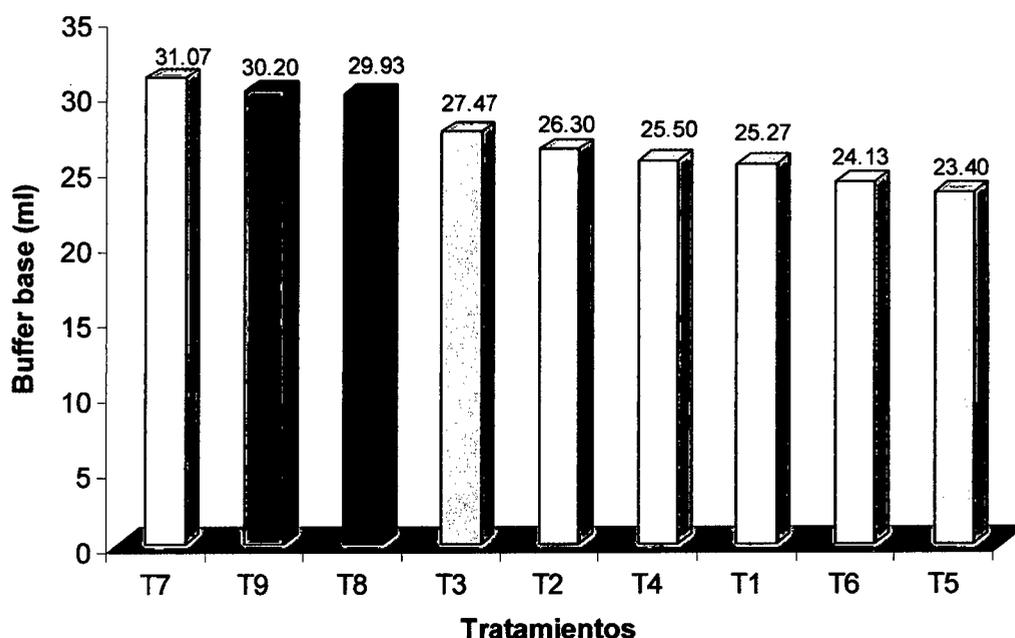


Figura 9. Comparación de los tratamientos respecto a la capacidad buffer ácido.

#### 4.4. Valores promedios del contenido de extractivo de la especie *Capirona (Calycophyllum spruceanum Benth.)*

##### 4.4.1. En las secciones del fuste

Cuadro 12. Prueba de Tukey para el factor sección del árbol respecto al contenido de extractivos (%).

Clave	Sección	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
a3	Corteza	5,33	a
a2	Duramen	3,98	b
a1	Albura	3,54	c

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

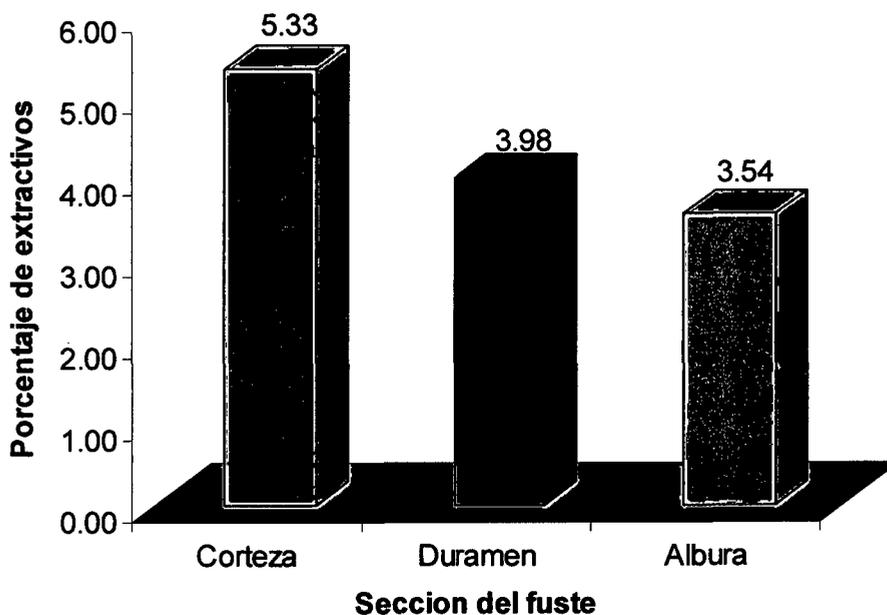


Figura 10. Comparación de las secciones del fuste respecto al contenido de extractivos (%).

#### 4.4.2. Niveles de altura del fuste

Cuadro 13. Prueba de Tukey para el factor nivel de altura del árbol respecto al contenido de extractivos (%).

Clave	Nivel	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
b1	Base	4,43	a
b2	Medio	4,27	b
b3	Ápice	4,16	c

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

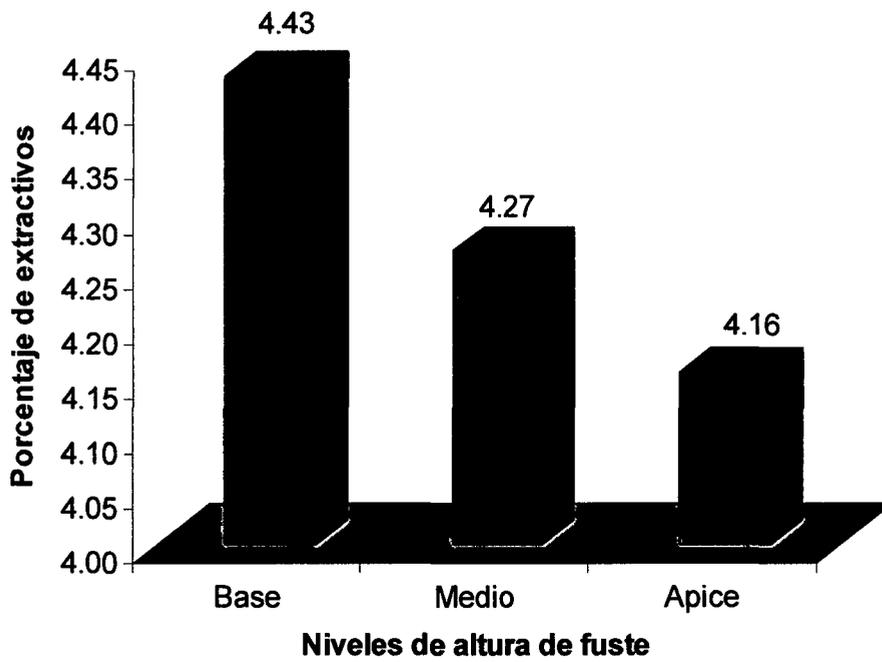


Figura 11. Comparación de los niveles de altura del fuste respecto al contenido de extractivos (%).

#### 4.4.3. Interacciones entre secciones y niveles de altura del fuste

Cuadro 14. Prueba de Tukey para la interacción de la sección y el nivel de altura respecto al contenido de extractivos (%).

Tratamiento	Clave	Combinaciones	Promedio <sup>1</sup>	Tukey (p < 0,05)
T7	a <sub>1</sub> *b <sub>3</sub>	Base*corteza	5,59	a
T8	a <sub>2</sub> *b <sub>3</sub>	Medio*corteza	5,30	b
T9	a <sub>3</sub> *b <sub>3</sub>	Ápice*corteza	5,09	c
T4	a <sub>1</sub> *b <sub>2</sub>	Base*duramen	4,07	d
T5	a <sub>2</sub> *b <sub>2</sub>	Medio*duramen	3,97	d e
T6	a <sub>3</sub> *b <sub>2</sub>	Ápice*duramen	3,91	e
T1	a <sub>1</sub> *b <sub>1</sub>	Base*albura	3,63	f
T2	a <sub>2</sub> *b <sub>1</sub>	Medio*albura	3,54	f g
T3	a <sub>3</sub> *b <sub>1</sub>	Ápice*albura	3,46	g

<sup>1</sup> Los valores representan los promedios evaluado mediante el DBCA, Prueba de Tukey (p < 0,05). Letras iguales (No Significativo) y letras diferentes (Significativo).

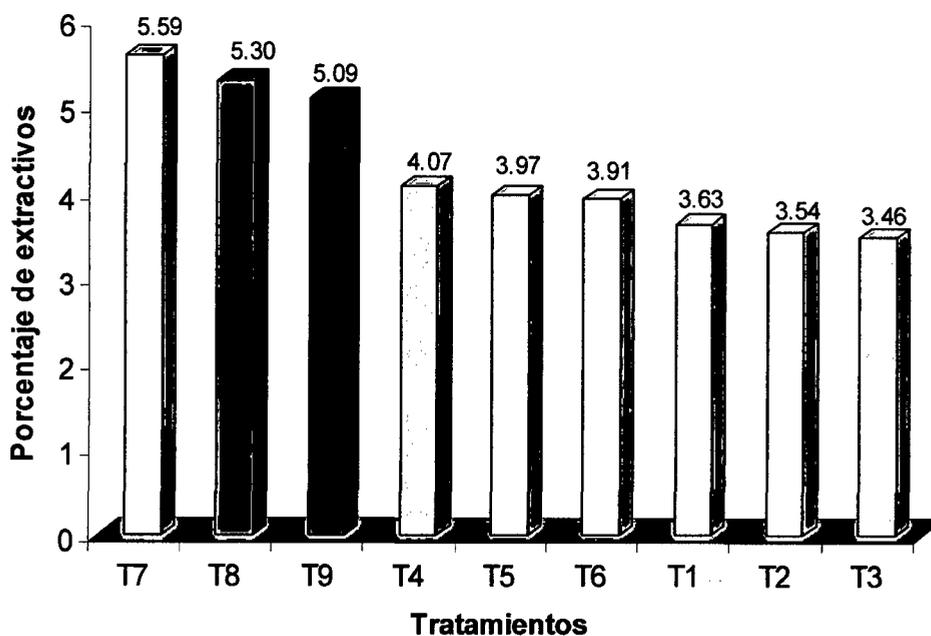


Figura 12. Comparación de los tratamientos respecto al contenido de extractivos.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. pH de la albura, duramen y corteza en tres alturas del fuste (base, media y ápice) de la especie Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.)

En la figura 1 y el cuadro 3 se muestra las comparaciones entre las secciones del fuste, donde el pH de la madera del duramen (pH = 5,83) varía significativamente con respecto a la madera de albura (pH = 5,55) y corteza (pH = 5,17). Estadísticamente existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre las secciones. Según el esquema de pH descrito por SIERRA y SALGADO (1994), las secciones del fuste presentan acidez débil. Dichos resultados son corroborados con otros trabajos realizados donde concluyen que los valores del pH de la madera y corteza deben estar en un rango de 3,3 a 6,5 (AVILA *et al.*, 2006). Asimismo la corteza muestra en la mayoría de las especies mayor acidez que la madera y tiene un pH que varía entre 4,0 y 5,0 ALBIN (1975).

ALBIN (1975) y KOLLAMNN (1960), manifiesta, que hay diferencias de pH entre madera de la albura y duramen. También explica que éstas variaciones de pH determinadas mediante técnicas analíticas se atribuyen a factores tales como: Temporada de volteo del árbol, pH del suelo, tiempo y condiciones de almacenamiento, altura de la troza de la cual fue extraída la muestra, edad del árbol y grado de humedad de la madera.

POBLETE *et al.* (1991), menciona que los valores de pH bajos

pueden ocasionar problemas de corrosión, acortando significativamente la vida útil de la maquinaria utilizada.

POBLETE *et al.* (1991); y, FENGEL y WEGENER (1984), explica que los extraíbles determinan el pH y la capacidad buffer de la madera. Estas características químicas de la madera dependen del tipo y cantidad en que se presenten estos componentes extraíbles.

En la figura 2 y el cuadro 4 se observa las comparaciones entre los niveles de altura del fuste, donde el pH de la base (pH = 5,83) varía significativamente con respecto al nivel medio (pH = 5,54) y ápice (pH = 5,18). Estadísticamente existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre los niveles. Según el esquema de pH descrito por SIERRA y SALGADO (1994), los niveles de altura del fuste presentan acidez débil. Asimismo ALBIN (1975); y, KOLLAMNN (1960), menciona que hay diferencias de pH entre madera de la base y de la copa de un árbol. También explica que éstas variaciones de pH determinadas mediante técnicas analíticas se atribuyen a factores tales como: temporada de volteo del árbol, pH del suelo, tiempo y condiciones de almacenamiento, altura de la troza de la cual fue extraída la muestra, edad del árbol y grado de humedad de la madera.

POBLETE *et al.* (1991); y, FENGEL y WEGENER (1984), explica que los extraíbles determinan el pH y la capacidad buffer de la madera. Estas características químicas de la madera dependen del tipo y cantidad en que se presenten estos componentes extraíbles. Asimismo, se puede corroborar con los antecedentes teóricos de ALVAREZ y HERNANDEZ (2001), los cuales indican un aumento del valor del pH de la base a la copa, además una relación

directa de pH y extractivos.

En la figura 3 y el cuadro 5 se muestra las comparaciones entre secciones y niveles de altura del fuste, donde el pH del tratamiento cuatro (pH = 6,27) varía significativamente con respecto a los demás tratamientos, representando el tratamiento nueve (pH = 5,05) el menor valor respecto al parámetro evaluado. Estadísticamente existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre las secciones y niveles de altura del fuste. Según el esquema de pH descrito por SIERRA y SALGADO (1994), éstas interacciones presentan acidez débil. Asimismo ALBIN (1975) y KOLLAMNN (1960), menciona que hay diferencias de pH entre madera de la base y de la copa de un árbol. También explica que estas variaciones de pH determinadas mediante técnicas analíticas se atribuyen a factores tales como: temporada de volteo del árbol, pH del suelo, tiempo y condiciones de almacenamiento, altura de la troza de la cual fue extraída la muestra, edad del árbol y grado de humedad de la madera.

## **5.2. Valores promedios de la capacidad buffer (alcalina – ácida)**

Referente a la capacidad buffer alcalina promedio en las secciones del fuste, cuyos valores se muestran en el cuadro 6 y figura 4, resultó que no existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre las secciones estudiadas. La sección que presentó el valor más alto de capacidad buffer alcalina numéricamente es la albura (32,69 ml), seguido por la corteza (32,07 ml), siendo el duramen (31,01 ml) la que muestra el valor más bajo. Dichos resultados son corroborados con otros trabajos realizados donde concluyen 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 (SIERRA y SALGADO, 1994).

POBLETE *et al.* (1991); y, FENGEL y WEGENER (1984), explica que los extraíbles determinan el pH y la capacidad buffer de la madera. Estas características químicas de la madera dependen del tipo y cantidad en que se presenten estos componentes extraíbles.

Al analizar los resultado de capacidad buffer alcalina promedio en los niveles de altura del fuste del cuadro 7, se observa que no existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre los niveles de alturas. En la figura 5, se observa el nivel de altura que presentó el valor más alto de capacidad buffer alcalina numéricamente es la base (32,63 ml), seguido el nivel medio (31,76 ml), siendo el ápice (31,38 ml) la que muestra el valor más bajo.

Los resultados obtenidos en el cuadro 8, muestran la prueba de Tukey para la interacción entre la sección y niveles de alturas del fuste, observando que no existe significancia ( $P < 0,05$ ), siendo el tratamiento uno (34,33 ml.) numéricamente superior a los demás tratamientos, seguido por el tratamiento siete (33,73 ml) y presentando el menor valor el tratamiento cuatro (29,83 ml), respecto a la capacidad buffer alcalina, tal como se muestra en la figura 6. POBLETE *et al.* (1991); y, FENGEL y WEGENER (1984), explica que los extraíbles determinan el pH y la capacidad buffer de la madera. Estas características químicas de la madera dependen del tipo y cantidad en que se presenten estos componentes extraíbles. Asimismo SIERRA y SALGADO (1994), explica que aquellas maderas que presentan una alta capacidad buffer alcalina no implica que tengan un 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.

Referente a la capacidad buffer ácida promedio en las secciones del fuste, cuyos valores se muestran en el cuadro 9, resultó que existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre las secciones, siendo superior estadísticamente la corteza (30,40 ml), seguido por la albura (26,34 ml), siendo el duramen (24,34 ml) la que muestra el valor más bajo, tal como se muestra en la figura 7.

Al analizar los resultado de capacidad buffer ácido promedio en los niveles de altura del fuste del cuadro 10, se observa que no existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre los niveles. En la figura 8 se observa el nivel de altura que presentó el valor más alto de capacidad buffer ácida, siendo superior numéricamente la base (27,38 ml), seguido por el nivel del ápice (27,27 ml), y el medio (26,54 ml) la que muestra el valor más bajo.

Los resultados obtenidos en el cuadro 11, muestran la prueba de Tukey para la interacción entre la sección y niveles de alturas del fuste, observando que no existe significancia ( $P < 0,05$ ), siendo el tratamiento siete (31,07 ml) numéricamente superior a los demás tratamientos, seguido por el tratamiento nueve (30,20 ml.) y presentando el menor valor el tratamiento cinco (23,40 ml) respecto a la capacidad buffer ácida, tal como se observa en la figura 9. Según POBLETE *et al.* (1991), y, FENGEL y WEGENER (1984). Los extraíbles determinan el pH y la capacidad buffer de la madera. Estas características químicas de la madera dependen del tipo y cantidad en que se presenten estos componentes extraíbles.

No fue posible comparar los valores de capacidad buffer alcalina y acida obtenidos en este trabajo con otros estudios debido a que no hay

antecedentes bibliográficos.

### **5.3. Valores promedios del contenido de extractivo de la especie Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.)**

Referente al porcentaje de extractivos promedio de las secciones del fuste, cuyos valores se muestran en el cuadro 12, resultó que existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre las secciones. Se observa, en la figura 10, que la sección que presentó el porcentaje de extractivos más alto estadísticamente es la corteza (5,33 %), seguido por el duramen (3,98 %), siendo la albura (3,54 %) la que muestra el valor más bajo. Dichos resultados son corroborados con otros trabajos realizados donde concluyen que el contenido de extractos en la mayoría de las maderas es bajo. Aproximadamente de 3 - 10 % de la madera seca está constituida por sustancias extraíbles (POBLETE *et al.*, 1991 y OTERO, 1988). Asimismo CARNERO (1995), explica que los extractivos en general, representan un 5 % de la masa seca de la corteza, aunque su cantidad puede estar sujeta a amplias variaciones en función de la dotación genética de la planta y medio ambiente (desde 2 % hasta más de 50 %).

DÍAZ (1986), menciona que existe una variación en la concentración de los extraíbles a lo largo del tronco del árbol y entre este, y las ramas.

Químicamente la corteza difiere de la madera por la presencia de polifenoles y suberina, así como por la presencia de un menor porcentaje de polisacáridos y un porcentaje más alto de extractivos (FENGEL y WEGENER, 1984).

POBLETE *et al.* (1998), Determinó que el duramen presenta un

mayor contenido de extraíbles y un menor pH que la albura.

Al analizar los resultado del porcentaje de extractivo promedio en los niveles de altura del fuste del cuadro 13, resultó que existe significancia ( $P < 0,05$ ) entre los niveles, mostrando en la figura 11, el nivel de altura que presentó el porcentaje de extractivos más alto estadísticamente es la base (4,43 %), seguido por el nivel del medio (4,27 %), siendo el ápice (4,16 %) la que muestra el valor más bajo. La cantidad de extractivos decrece gradualmente en el tronco de un árbol desde el nivel del suelo hacia la copa (HON y NOBUO, 1990).

Los resultados obtenidos en el cuadro 14, muestran la prueba de Tukey para la interacción entre la sección y niveles de alturas del fuste, observando que existe significancia ( $P < 0,05$ ), siendo el tratamiento siete (5,59 %) estadísticamente superior a los demás tratamientos, seguido por el tratamiento ocho (5,30 %) y presentando el menor valor el tratamiento tres (3,46 %) respecto al contenido de extractivos. tal como se muestra en la figura 12. DÍAZ (1986), menciona que existe una variación en la concentración de los extraíbles a lo largo del tronco del árbol y entre este, y las ramas.

## VI. CONCLUSIONES

1. La especie forestal Capirona (*Calycophyllum Spruceanum* Benth.), posee una acidez débil, cuyo pH varia entre un rango de 5,05 a 6,27. Estadísticamente existe una diferencia significativa entre las secciones (albura, duramen y corteza) y los niveles de altura (base, medio y ápice), en la clasificación general del pH las secciones y niveles de altura del fuste están dentro de un rango de acidez débil.
2. La Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.), posee una capacidad buffer ácida que fluctúa entre 23,40 y 31,07 ml. Estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los niveles de altura y las secciones del fuste.
3. La Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.), posee una capacidad buffer alcalina que fluctúa entre 29,83 y 34,33 ml. Estadísticamente no existe una diferencia significativa entre los niveles de altura, pero si existe significancia entre las secciones del fuste.
4. La Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.), posee un porcentaje de extractivos esta en un rango de 3,46 y 5,59 %. Estadísticamente hay diferencia significativa en las secciones y niveles de altura del fuste respecto al porcentaje de extractivos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1. Profundizar el tema de Determinación del pH y capacidad buffer con otras variables como por ejemplo: efecto de la edad, tipos de suelos, tipo de bosque, tipos de concentraciones de las soluciones de NaOH y HCl, etc. Y también incrementar los análisis físico- químico para aportar a las propiedades de la madera.**
- 2. Continuar las investigaciones con diversas especies forestales del trópico y zonas templadas de nuestros bosques amazónicos.**
- 3. Implementar los laboratorios de fitoquímica y anatomía de la madera con equipos y materiales adecuados para ejecutar investigaciones en lo que respecta a la madera.**

## VIII. ABSTRACT

The present work of investigation was carried out in three stages: I stand out (Capirona plantation of the Faculty of Natural Renewable Resources), transformation (workshop of utilization and forest machinery and laboratory of soils) and experimental analyses (laboratory of biochemistry and animal nutrition), located in the National Agrarian University of the Jungle, Rupa Rupa's district, Huánuco's department. There was used wood of the forest species Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.). To determine the pH and capacity buffer used wood of the duramen, whiteness and bark in three levels of height of the shaft (base, way and apex) of the mentioned species, one took samples of 5 trees taking as a reference the Technical Peruvian Norm 251,008, on the selection and collection of samples of trees.

The results obtained after the experimental analyses were: The Capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) possesses a weak acidity which pH different between a range from 5,05 to 6,27, existing statistically a significant difference between them sections and levels of height of the shaft. The capacity buffer acid that possesses the species in study fluctuates between 23,40 and 31,07 ml. The capacity buffer alkaline that possesses the species in study fluctuates between 29,83 and 34,33 ml. The content of extractivos that possesses the different species between a range of 3,46 and 5,59 %.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGUILAR, N. 2004. Importancia, manejo y control de los extraíbles e incrustaciones (PITCH) en la fabricación de papel. Instituto de ecología AC. Vol 10. México. 88 – 99 p.
- ALBIN, R. 1975. Determinación del pH en diversas especies de los renovales de la provincial de Valdivia. Revista bosque. Facultad de ing. Forestal .Universidad Austral.Chile. 3 a 5 p.
- ALVAREZ, W., 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 Ingenieria en maderas. Concepción, Chile. 82 p.
- ÁVILA, L., PEDRAZA, F. E., SEDANO, M. 2006. Acidez en maderas y cortezas michoacanas. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Ingenierías Arquitectura, UMSNH. Morelia, Michoacán, México. 349 p.
- BROWNING, B. 1967. Methods of Wood chemistry. Vol 1. interscience publishers. New York. 689 p.
- CARNERO, S. 1998. Fenoles de la corteza y derivados de la lignina en la síntesis de adhesivos. Universidad de los Andes. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida. Venezuela. Documento impreso 124 p.
- CERÓN, J. 2004. Evaluación de dos especies forestales Tornillo y Capirona, en sistema agroforestales en la estación experimental Alexander Von

- Humbolt - Pucallpa. UNAS - RNR. Tingo María, Perú. 3-7 p.
- DÍAZ, A. 1986. Ciencia de la madera. Ministerio de Educación Superior. La Habana, 195 p.
- EMILIANOVA, I. Z. 1969. Control químico-técnico de las producciones hidrolíticas. Edit. Lesnaya Prom. Moscú. 366 p.
- ENCARNACION, F. 1983. Nomenclatura de las especies forestales comunes en el Perú. Lima, Perú. 152 p.
- FENGEL, D. & WEGENER, G. 1984. Wood Chemistry. Ultrastructure and reactions. W. de Gruyler, Berlin and New York. 613 p.
- GUTIÉRREZ, M., BRAVO, M., PECHO, R. 1999. Evaluación de crecimiento de altura y diámetro de la Capirona para uso en construcciones rurales en la zona de Tingo María. UNAS - RNR. Tingo María. 8 -14 p.
- HILLIS, W.E. 1971. Distribution, Properties and Formation of Some Wood Extractives. Wood Science and Technology. 5:272-289 p
- HON, D., NOBUO, S. 1990. Wood and cellulosic chemistry. Editorial. Marcel Dekker, Inc. New Cork, USA. 4-230 p
- JOHNS, W., 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.
- KOLLMANN, F. 1960. 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. 189- 192 p.
- KEMBER, M. 2001. Plantas medicinales con potencial para eco negocios. Revista forestal del Perú. 25 p.

- MALONEY, T. 1977. Modern particleboard y dry - process fiberboard manufacturing. Ed. San Francisco. California. 245-246 p.
- 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.
- OTERO, M. 1988. Celulosa e papel. Tecnología de fabricação da pasta celulósica, Sao Paulo. 45-68 p.
- POBLETE, H., RODRÍGUEZ, S., ZÁRATE, M. 1991. Extraíbles de la madera, sus características y efectos sobre la utilización de esta materia prima. Publicación docente N° 34. Universidad Austral. Chile. 40 p.
- POBLETE, H., ROFFAEL, E. 2004. Acidez de la corteza de algunas especies nativas chilenas. Instituto de tecnología de productos forestales. Universidad austral de chile. Valdivia, Chile. 45 p.
- POBLETE, H., INZUNZA, R., PELEN, M. 1998. Duramen y albura de Acacia melanoxylon como materia prima para tableros de partícula. Revista bosque Universidad Austral de Chile. Chile vol. 19. 29-36 p.
- POBLETE, H. 1978. Uniones de Maderas con Adhesivos. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 48 p.
- SANTAMARÍA, F. 1987. Curso de química general. Ed. Universitario. Chile. Tomo II. 92 p.
- SIERRA, P., SALGADO, R. 1994. pH y capacidad buffer de seis especies de madera debobinables. Seminario de título Ingeniería de ejecución en maderas. Universidad Bio Bio. Chile. 72 p.

SJÖSTROM, E. 1993. Wood Chemistry: Fundamentals and applications. 2a ed.

Academic Press, Inc. San Diego, CA. 189 p.

VASQUEZ, G., ANTORRENA, L., PARAJO, E. 1987. Studies on the utilization of pinus pinaster bark. Wood science and technology 21. 65- 74 p.

YOUNG, R. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Ed. Limusa. México.

D.F. 630 p.

## **ANEXO**

Cuadro 15. Análisis de varianza para el pH de la especie Capirona

*(Calycophyllum spruceanum Benth.).*

F. variación	SC	GL	CM	FC	Sig.
Bloque	2,181	4	0,545	10,089	**
Sección (A)	9,681	2	4,840	89,550	**
Altura del árbol (B)	9,691	2	4,845	89,643	**
A*B	1,790	4	0,447	8,278	**
Error experimental	6,594	122	0,054		
Total	29,937	134			

\*\* : Altamente significativo

Cuadro 16. Análisis de varianza para la capacidad buffer acido de la especie

*Capirona (Calycophyllum spruceanum Benth.).*

F. variación	SC	GL	CM	FC	Sig.
Bloque	818,822	4	204,706	10,820	**
Sección (A)	64,744	2	32,372	1,711	NS
Altura del árbol (B)	37,344	2	18,672	0,987	NS
A*B	124,444	4	31,111	1,644	NS
Error experimental	2308,078	122	18,919		
Total	3353,433	134			

\*\* : Altamente significativo

NS : No significativo

Cuadro 17. Análisis de varianza para la capacidad buffer alcalina de la especie  
*Capirona (Calycophyllum spruceanum Benth.)*.

F. variación	SC	GL	CM	FC	Sig.
Bloque	970,27	4	242,568	14,779	**
Sección (A)	856,759	2	428,380	26,100	**
Altura del árbol (B)	15,8926	2	7,946	0,484	NS
A*B	65,063	4	16,266	0,991	NS
Error experimental	2002,4	122	16,413		
Total	3910,38	134			

\*\* : Altamente significativo

NS : No significativo

Cuadro 18. Análisis de varianza para el contenido de extractivos de la especie  
*Capirona (Calycophyllum spruceanum Benth.)*.

F. variación	SC	GL	CM	FC	Sig.
Bloque	0,129	4	0,032	6,596	**
Sección (A)	77,641	2	38,820	7927,390	**
Altura del árbol (B)	1,667	2	0,833	170,167	**
A*B	0,568	4	0,142	29,008	**
Error experimental	0,597	122	0,005		
Total	80,602	134			

\*\* : Altamente significativo



Figura 13. Tumbado del material vegetativo

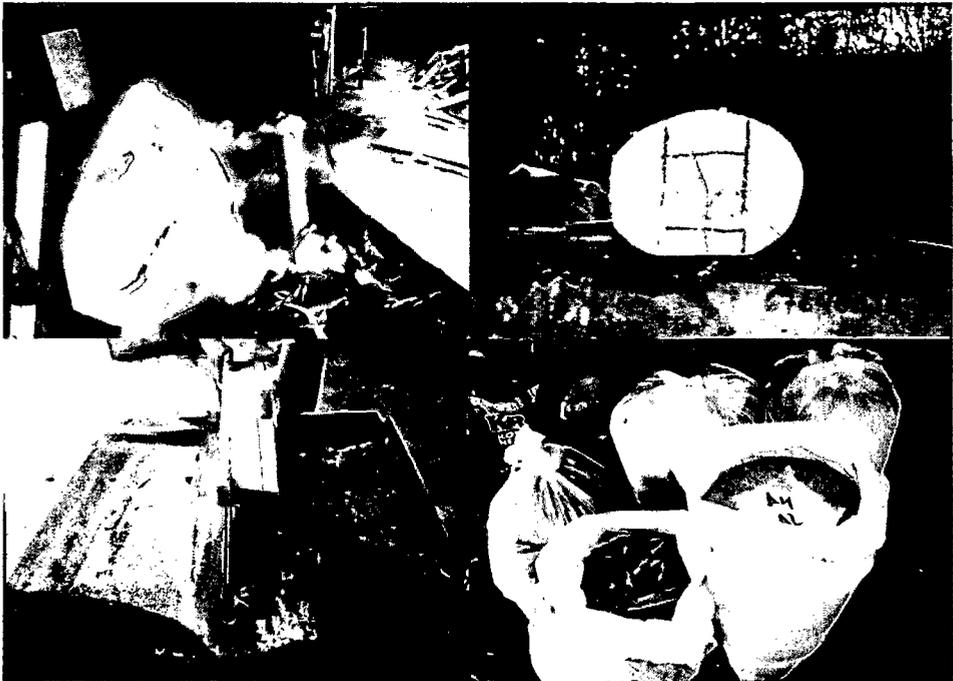


Figura 14. Transformación del material vegetativo en aserrín



Figura 15. Procedimiento para el análisis de la capacidad buffer acida y alcalina



Figura 16. Secado y molida de la corteza del material vegetativo



Figura 17. Pesado de la muestra para la prueba de extracción o porcentaje de extractivos

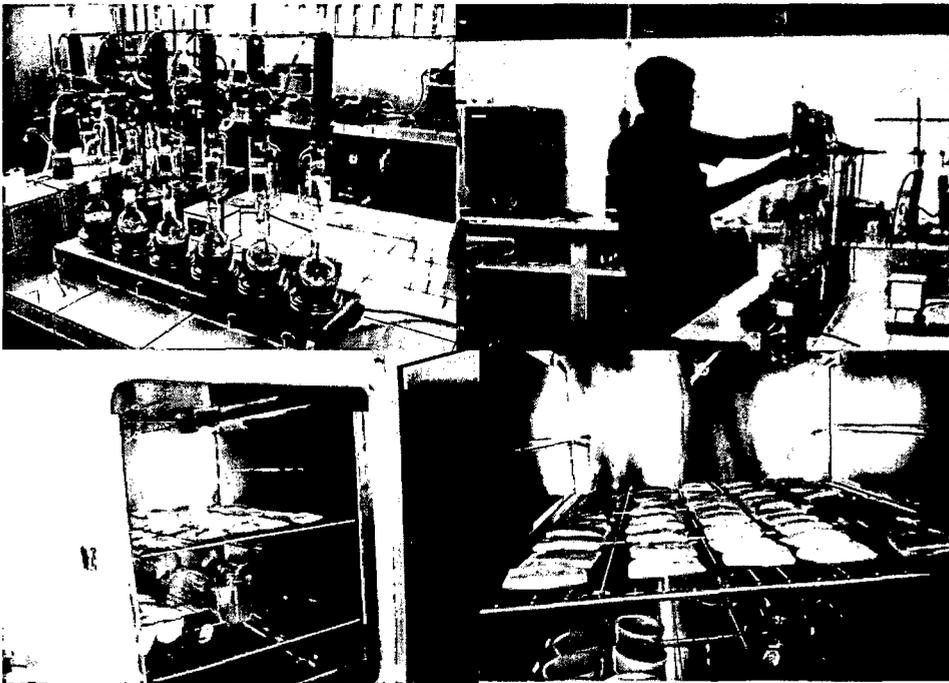


Figura 18. Proceso para el porcentaje de extractivos